

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-graduação em
Engenharia de Produção

**SISTEMAS DE TRATAMENTO
DE EFLUENTES TÊXTEIS**
-
**ANÁLISE COMPARATIVA
ENTRE AS TECNOLOGIAS USADAS
NO BRASIL E NA PENÍNSULA IBÉRICA**
(02 volumes)

Manoel Francisco Carreira

Volumes 01 e 02

Florianópolis

Janeiro de 2006

Manoel Francisco Carreira

**SISTEMAS DE TRATAMENTO
DE EFLUENTES TÊXTEIS**

-

**ANÁLISE COMPARATIVA
ENTRE AS TECNOLOGIAS USADAS
NO BRASIL E NA PENÍNSULA IBÉRICA**

Tese apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina
como parte do requisito para obtenção
Título de Doutor em
Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Flávio Rubens Lapolli, Dr.

Florianópolis
Janeiro/2006

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)
(Biblioteca Central – UEM, Maringá – PR., Brasil)

C314s

Carreira, Manoel Francisco

Sistemas de tratamento de efluentes têxteis :
Análise comparativa entre as tecnologias usadas no
Brasil e na Península Ibérica / Manoel Francisco
Carreira. -- Florianópolis : [s.n.], 2006.
2 v. : il. Color., figs., tabs.

Orientador : Prof. Dr. Flávio Rubens Lapolli.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia de
Produção, 2006.

1. Tratamento de efluentes - Indústria têxtil - Brasil.
2. Tratamento de efluentes - Indústria têxtil - Península
Ibérica. 3. Indústria têxtil - Portugal e Espanha. 4. Inovações
tecnológicas - Tratamento de efluentes têxteis. I. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em
Engenharia de Produção. II. Título

CDD 21.ed. 628.48

Manoel Francisco Carreira

SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS -

-

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS TECNOLOGIAS
USADAS NO BRASIL E NA PENÍNSULA IBÉRICA**

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 20 de janeiro de 2006.

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.
Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA (membros)

Prof^a. Maria Ángeles Lobo Recio, Dr^a.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Moderador

Prof. Flávio Rubens Lapolli, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Orientador

Prof^a. Edis Mafra Lapolli, Dr^a.
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Membro

Prof^a. Maria T. S. P. de Amorim, Dr^a.
Universidade do Minho – Portugal
Membro

Prof^a. Rosangela Bergamasco, Dr^a.
Universidade de Estadual de Maringá - UEM
Membro

Prof^a. Silgia Ap. da Costa, Dr^a.
Universidade de São Paulo – USP
Membro

Reflexão

*Ainda que eu fale as línguas dos homens
e dos anjos, se não tiver amor,
serei como o bronze que soa, ou como
o címbalo que retine.*

*Ainda que eu tenha o dom de profetizar
e conheça todos os mistérios e toda a ciência;
ainda que eu tenha tamanha fé, a ponto
de transportar montanhas,
se não tiver amor, nada serei.*

*E ainda que eu distribua todos os
meus bens entre os pobres
e ainda que entregue o meu próprio
corpo para ser queimado,
se não tiver amor,
nada disso me aproveitará.*

*O amor é paciente, é benigno,
o amor não arde em ciúmes,
não se ufana, não se ensoberbece,
não se conduz inconvenientemente,
não procura o seu interesse,
não se exaspera,
não se ressentido do mal;
não se alegra com a injustiça,
mas regozija-se com a verdade.*

*Tudo sofre, tudo crê, tudo espera,
tudo suporta.*

Apóstolo - Paulo.

Homenagem

In memoriam

Manuel Carreira

N- 08/08/1917

F- 02/01/2003

*Ao pai querido,
que lutou durante 85 anos,
com dignidade e altivez;
na juventude cruzou o mar,
adentrou as matas;
diante das dificuldades nunca esmoreceu;
não teve oportunidade de estudar,
mas sabia do seu valor;
ensinou-me as pequenas coisas,
como assobiar e tirar a prova dos nove,
mas também me ensinou grandes coisas,
a lutar sempre e nunca desistir,
transformar as derrotas em fonte de brio,
as vitórias em estímulo para novos desafios.
Por isso e por muito mais,
é que a conquista de hoje é dele também,
e daquela que tanto me amou,
a minha mãe.*

Obrigado por tudo.

Dedicatória

*A minha amada, companheira e cúmplice, Suely,
por estar em todos os momentos
ao meu lado.*

*Aos meus buguelinhos
Matheus, Fernanda e Jhonatan.*

Agradecimentos

Alegro-me em deixar aqui consignadas minhas sinceras manifestações de gratidão e reconhecimento a quantos comigo colaboraram nesta jornada, principalmente:

Ao prof. Dr. Flávio Rubens Lapolli pela orientação, confiança, compreensão, paciência, incentivo e, sobretudo, irrestrito apoio ao longo do caminho.

À prof^a. Dr^a. Maria Teresa Amorim do Departamento de Engenharia Têxtil da Universidade do Minho – Portugal, pela orientação durante o estágio de doutorado, pelo empenho na viabilização das pesquisa e pelo companheirismo e a amizade.

Às professoras Doutoras Rosangela Bergamasco e Célia R. G. Tavares, do Departamento de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá, primeiramente pela amizade e depois pela confiança demonstrada quando da suas recomendações ao orientador.

Aos professores Gilberto C. Antonelli, José Eduardo Pitelli e Jabra Haber, do Departamento de Engenharia Têxtil da Universidade Estadual de Maringá, pela amizade e companheirismo.

Aos novos amigos, Adriana Kieckhöfer (Marília), André Longaray (Rio Grande), Maria Teresa Rodrigues (Guimarães-Portugal), Verônica (Rússia), Erkan (Turquia) e Silgia Costa (Brasil/Portugal), pela amizade que é eterna.

À Universidade Estadual de Maringá, por autorizar o afastamento para a pós-graduação em período integral; à Universidade Federal de Santa Catarina, por disponibilizar o curso de pós-graduação, e à Universidade do Minho, pela concessão do estágio de doutoramento sem custos financeiros.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão de bolsa institucional em nível nacional e a bolsa de estágio de doutoramento na Universidade do Minho – Portugal pelo período de nove meses, que foram imprescindíveis para o desenvolvimento do trabalho de pesquisa.

Agradecimentos aos colaboradores brasileiros

Sem a colaboração das indústrias têxteis este trabalho não teria sido possível; desta forma os nossos sinceros agradecimentos a todos os responsáveis técnicos e administrativos das empresas listadas a seguir, assim como aos entrevistados que se dispuseram a responder a todas as indagações a respeito dos STETs.

Empresas	Cidade	Entrevistados	Função
Anglian Water	Brusque – SC	Hildebrando	Superintendente
Artex - Coteminas	Blumenau – SC	Rubens Sulze Adolfo Ribert	Gerente industrial Responsável STET
Canatiba Têxtil Ltda	Santa Bárbara D'Oeste – SP	José Maria Fort Lídio Correa Lima	Gerente industrial Responsável pelo STET
Cermatex - Tecidos Cia. Hering	Sta Bárbara -SP Blumenau – SC	Martinho Guidolon João Ademir Berchtold Paulo César Duarte Josiani Orsi	Responsável. STET Gerente de engenharia Analista de ambiente Resp – STET
Cia. Jauense S/A	Jaú – SP	Roberval A. C. Mazzuia Tineto Kawaguchi	Ger. de manut. e STET Gerente de qualidade
Döhler Ltda Karsten S/A	Joinville – SC Blumenau – SC	José Mário Ribeiro Frank Edson Maas Vanessa D. B. Pelenz	Diretor técnico Técnico ambiental Resp. gestão ambiental
Malwee Malha Ltda	Jaraguá do Sul	Cassiano R. Minatti	Analista ambiental
Marisol Malhas S/A	Jaraguá do Sul	Silene Seibel Fernando Scarburro	Diretora industrial Analista ambiental
Momento Engenharia	Blumenau	Álvaro G. P. Borges	Diretor operacional
Santista Têxtil S/A	Americana	Luís Furquim da Silva	Diretor técnico
Sulfabril Malhas	Blumenau	José Keller	Técnico ambiental
TEKA – Kuehnrich	Blumenau	Olídio Mordhorst Flávio Andrade	Diretor industrial Resp. STET

Às direções administrativas e aos entrevistados dos órgãos públicos que participaram da pesquisa, os nossos agradecimentos.

Órgão público	Cidade	Entrevistados	Função
Faema	Blumenau	Rosalene Zumach	Superintendente de controle
Fatma – regional	Blumenau	Luzia Scarnieri Vieria	Chefe de análise de projeto
Polícia Ambiental	Blumenau	Dhiogo Cidral de Lima	Tenente Comandante 6º Pelotão Proteção Ambiental

Agradecimentos aos colaboradores portugueses

Pela confiança dos administradores das indústrias têxteis portuguesas em permitir o processo de coleta de dados em suas empresas, pois a decisão de fornecer dados de interesse da empresa a pesquisador estrangeiro é, a princípio muito difícil. Assim fica aqui enaltecida a coragem e desprendimento de todos. A mesma coisa se pode dizer a respeito dos entrevistados.

Empresas	Cidade	Entrevistados	Função
Valindo Acab. Têxteis	Fafe	Alípio Aguiar	Diretor administrativo e sócio proprietário
Câmara Municipal	Barcelos	Claudia Gala	Engenheira de ambiente
Ecobarcelos	Barcelos	Carla Sacarneiro	Responsável pelo STET
Crispim Abreu Têxtil	Famalicao	Arthur Belém	Superintendente
Coats Clark Ltda	Vila Nova Gaia	José Antônio Ribeiro	Diretor técnico
		Alexandre Assis	Gerente da tinturaria
		Jorge Caravela	Depto. Engenharia
Mundotêxtil Soc. Exp.	Vizela	Ricardo Texeira	Resp. Gestão ambiental
Tinturaria Adalberto	Santo Tirso	Dra. Ana Paula P. Silva	Diretora administrativa
Tinturaria Risetâmega	Marco de Canaves	Carla Rodrigues	Responsável STET
Tinturaria Riler	Vizela	Antônio Manuel Santana	Responsável ambiental
SIDVA	Guimarães e Santo Tirso	Cláudio Costa	Resp. técnico Tratave
		Norberta Coelho	Resp. téc. Águas do Ave
J.M.A. Felpos Ltda	Guimarães	Elizabeth Silva	Gerente de ambiente e qualidade
T.M.G.	Guimarães	Dulce Joel	Resp. Gestão ambiental
Manuel Gonçalves		Guilherme Farias	Gerente manutenção
Coelima	Guimarães	Otávio Pereira	Diretor industrial
Tinamar	Barcelos	Manuel Pinheiro	Diretor industrial
Barroso Malhas Lda	Barcelos	Antônio Barroso	Sócio proprietário
		Antônio Barroso Filho	Gerente de qualidade
CPM –	Guimarães	Carlos Pimenta Machado	Sócio proprietário
Pimenta Machado		Renato da Silva	Responsável STET
Paulo Oliveira	Covilhã	Marta de Oliveira	Resp. STET
Lavadora - Penteadora Manuel Tavares	Guarda	Pedro Lemos	Gerente produção

À direções administrativa e ao entrevistado do órgão público ambiental que participou da pesquisa o nosso agradecimento.

Órgão público	Cidade	Entrevistado	Função
CCDR-N	Braga	António L. de Oliveira	Gerente fiscalização

Às empresas de projetos de tratamento de efluentes e aos entrevistados (projetistas) que contribuíram com a pesquisa um sincero obrigado.

Projetistas	Cidade	Empresa	Função
Venceslau Correa	Braga	Amblink Ambiental Ltda	Diretor
Moinhos da Costa	Santo Tirso	Moinhos - Água e Energia Ltda	Diretor
F. Duarte	Porto	F. Duarte e Duarte	Diretor

Aos pesquisadores que participaram da pesquisa com a suas opiniões sinceras, as nossas considerações.

Pesquisador	Cidade	Instituição	Função
Dra. Isolina Gonçalves	Covilhã	Universidade Beira Interior	Professora de disciplinas ambientais
Dra Tereza Amorin PhD	Guimarães	Universidade do Minho	Professora de disciplinas ambientais

Instituto	Cidade	Pesquisador	Função
Idite-Minho Centro de pesquisa	Braga	António Sanfins	Diretor de pesquisa
Citeve Centro de pesquisa	Famalicão	Moinhos - Água e Energia Ltda	Diretor

Agradecimentos aos colaboradores espanhóis

Aos administradores e entrevistado das indústrias de acabamento têxtil espanholas, pela forma simples, sincera e aberta como nos receberam, além do desprendimento em dividir as experiências vividas em relação ao ambiente.

Empresas	Cidade	Entrevistados	Função
Sara & Lee Grupo Sans	Barcelona	Jaime Porta Espasa	Diretor técnico
Tybor S.A.	Massaranes	Carles Fa	Resp. Ambiental
Hidrocolor S.A.	Girona	Josep More I Pruna	Engº Têxtil Resp. Ambiental

Ao pesquisador espanhol que participou da pesquisa com as suas opiniões sinceras, as nossas considerações.

Pesquisador	Cidade	Instituição	Função
Dr. Martin Crespi	Terrassa	Universidade de Barcelona	Pesquisador ambiental Têxtil

Resumo

CARREIRA, Manoel Francisco. **Sistemas de tratamento de efluentes têxteis – Análise comparativa entre as tecnologias usadas no Brasil e na Península Ibérica**. 2006. 2v. 674f. Tese de doutorado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

Orientador: Dr. Flávio Rubens Lapolli

A indústria têxtil é um dos mais importantes segmentos de transformação industrial, no Brasil e em todo o mundo. As vestimentas fazem parte das necessidades básicas de todos os seres humanos, e assim a indústria têxtil tem o seu lugar de destaque na economia. Desde o final do século XIX esta atividade se destaca industrialmente tanto no Brasil como na Península Ibérica, e ao longo de toda a sua história sempre ficou evidente a poluição gerada pelos seus efluentes líquidos, que, em geral, apresentam o inconveniente de colorir os corpos receptores. O presente trabalho busca resgatar o perfil do desenvolvimento dos projetos de sistemas de tratamento de efluentes têxteis (STETs) no Brasil, e o faz através de um paralelo com o que ocorre na Península Ibérica na área ambiental. Os cenários brasileiros e ibéricos são distintos quanto à cultura histórica, mas quanto à cultura ambiental se pode dizer que surgem no mesmo período e desenvolvem-se de forma semelhante, com a diferença de que a cultural ambiental Ibérica é chancelada pela Comunidade Européia (CE), enquanto a brasileira pode-se dizer que é chancelada pelo mundo global. Fizeram parte da pesquisa as maiores indústrias têxteis dos pólos das regiões de Americana (SP), Blumenau (SC), Minho (PT), Covilhã (PT) e Barcelona (ES), além dos órgãos ambientais e alguns pesquisadores têxteis. Com as informações obtidas pôde-se fazer uma análise detalhada do uso de todas as tecnologias de tratamento de efluentes encontradas, como também foi possível montar diagramas de força ambiental (DFAs) para a compreensão da macrogestão ambiental dos efluentes têxteis nos cenários pesquisados. Os resultados são algumas diretrizes para os projetos de STETs e a proposta do que seria um cenário ideal em termos de sustentabilidade para os efluentes têxteis no Brasil.

Palavras-chave:

Tratamento de efluentes têxteis; gestão ambiental, Brasil e Península Ibérica.

Abstract

CARREIRA, Manoel Francisco. **Systems of treatment of textile effluents - A comparative analysis among the technologies used in Brazil and in the Iberian Peninsula.** 2006. 2v. 674f. Thesis of doctor in Systems and Production of Engineering. Program Post Graduation, UFSC, Florianópolis in Brazil.

Advisor: Dr. Flávio Rubens Lapolli

The textile industry is one of the most important segments of industrial transformation, in Brazil and all over the world. The vestments are part of all the human beings basic needs, and then the textile industry has its prominence place in the economy. Since the end of the century XIX this activity stands out industrially in Brazil and in the Iberian Peninsula, and along all its history it was always evident the pollution generated by its liquid effluents, that, in general, present the inconvenience of coloring the receiving bodies. The present work searches to rescue the profile of the development of the projects of systems of treatment of textile effluents (STTEs) in Brazil and it makes it through a parallel with what it happens in the Iberian Peninsula in the environmental area. The Brazilian and Iberian sceneries are different with relationship to the historical culture, but with relationship to the environmental culture it can be said that appear in the same period and they developed in a similar way, with the difference that the environmental cultural Iberian is sealed by the European Community (EC), while the Brazilian can be said that is sealed by the global world. They made part of the research the largest textile industries of the poles of the areas of Americana (SP), Blumenau (SC), Minho (PT), Covilhã (PT) and Barcelona (ES), besides the environmental organs and some textile researchers. With the obtained information it could be made a detailed analysis of the use of all the technologies of treatment of found effluents, as well as it was possible to set up diagrams of environmental force (DAFs) for the understanding of the environmental macromangement of the textile effluents in the researched sceneries. The results are some guidelines for the projects of STTEs and the proposal of what it would be ideal scenery in sustainability terms for the textile effluents in Brazil.

Key-words:

Treatment of textile effluents; environmental management, Brazil and Iberian Peninsula.

Sumário

Resumo	12
Abstract	13
Lista de Figuras	23
Lista de Tabelas	32
Seqüência lógica do trabalho	33
1 INTRODUÇÃO	35
1.1 Situação problema	37
1.2 Objetivos da pesquisa	40
1.2.1 Objetivo geral	40
1.2.2 Objetivos específicos	40
1.3 Justificativas	41
1.4 Delimitação da pesquisa	42
1.5 Hipótese principal	44
1.5.1 Hipóteses secundárias	44
1.6 Relevância e contribuição	45
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	46
2.1 Construção do conhecimento (cognitivo)	46
2.2 Análise de sistema dinâmico por linguagem sistêmica	49
2.3 Contextualização dos assuntos têxteis	56
2.3.1 Legislação aplicada aos resíduos têxteis	56
2.3.1.1 Legislação ambiental brasileira	56
2.3.1.1.1 Resíduos líquidos - Brasil	57
2.3.1.1.2 Resíduos sólidos - Brasil	63
2.3.1.1.3 Licenças ambientais - Brasil	66
2.3.1.1.4 Penalidades e multas ambientais - Brasil	68
2.3.1.2 Legislação ambiental - Península Ibérica - (PI)	70
2.3.1.2.1 Legislação ambiental - Portuguesa	70

2.3.1.2.1.a Efluentes líquidos - Portugal.....	72
2.3.1.2.1.b Resíduos sólidos - Portugal.....	75
2.3.1.2.1.c Licenças ambientais - Portugal.....	80
2.3.1.2.2 Legislação ambiental Espanhola - Catalunha	82
2.3.1.3 Aplicação das diretivas ambientais comunitárias europeias.....	84
2.3.2 Processo fabril têxtil e os resíduos gerados.....	85
2.3.3 Caracterização dos resíduos têxteis	91
2.3.3.1 Resíduo líquido – visão qualitativa e quantitativa	93
2.3.3.2 Cor - parâmetro de impacto ambiental	102
2.3.3.3 Cor - formas de remoção.....	109
2.3.3.3.1 Remoção de cor por processos primários.....	110
2.3.3.3.2 Remoção de cor e degradabilidade - tratamento secundário.....	113
2.3.3.3.3 Remoção de cor – processos avançados - Tratamento terciário.....	117
2.3.3.3.3.a Processos oxidativos e não-fotoquímicos.....	117
2.3.3.3.3.b Processos fotoquímicos.....	119
2.3.3.3.3.c Processo fotocatalítico.....	122
2.3.3.3.3.d Adsorção	124
2.3.3.3.3.e Membranas.....	125
2.3.3.3.3.f Processos combinados.....	137
2.3.3.4 Toxicidade do efluente têxtil	138
2.3.3.5 Remoção de AOX.....	141
2.3.3.6 Metais pesados no efluente têxtil.....	143
2.3.3.7 Resíduos sólidos	145
2.3.4 Minimização de resíduos - carga hidráulica e orgânica.....	149
2.3.4.1 Recuperação de gomas.....	152
2.3.4.2 Recuperação de lixívia de soda cáustica.....	160
2.3.4.3 Recuperação de lanolina – fibra de lã	166
2.3.4.4 Recuperação de corantes.....	166
2.3.4.5 Alvejamento com peróxido de hidrogênio.....	169
2.3.4.6 Reutilização e reciclagem dos efluentes têxteis	170
2.3.4.6.1 Reciclagem dos efluentes	170
2.3.4.6.2 Reciclagem de efluentes após remoção de corante	172
2.3.5 Tipos de tratamento para efluente têxtil	174
2.3.5.1 Tratamento preliminar.....	174

2.3.5.1.1 Segregação dos efluentes.....	174
2.3.5.1.2 Gradeamento	176
2.3.5.1.3 Peneiramento.....	176
2.3.5.1.4 Desarenação e caixa de gordura	178
2.3.5.1.5 Resfriamento.....	179
2.3.5.1.6 Homogeneização e equalização	180
2.3.5.1.7 Neutralização	182
2.3.5.1.7.a Neutralização com ácidos.....	184
2.3.5.1.7.b Neutralização com dióxido de carbono (CO ₂).....	186
2.3.5.1.7.c Neutralização com gás de combustão (CO ₂).....	189
2.3.5.2 Tratamento primário	190
2.3.5.2.1 Físico-químico.....	190
2.3.5.2.1.a Coagulação e floculação	191
2.3.5.2.1.b Flotação.....	194
2.3.5.2.1.c Sedimentação (decantação).....	196
2.3.5.3 Tratamento secundário.....	199
2.3.5.3.1 Processos anaeróbios.....	199
2.3.5.3.2 Processos aeróbios.....	200
2.3.5.3.2.a Lodos ativados	201
2.3.5.3.2.b Filtro biológico	205
2.3.6 Eficiências dos processos usados nos STETs.....	207
2.3.7 Fluxogramas de STETs implantados	209
3 ASPECTOS METODOLÓGICOS	220
3.1 Pesquisa - definição.....	220
3.2 Classificação da pesquisa	221
3.3 Metodologia do trabalho	223
3.3.1 Aplicação do estudo de caso	224
3.3.2 Fontes de informações para o trabalho.....	224
3.3.3 Forma de obtenção e registros das informações	226
3.3.4 Critérios para seleção das fontes de informação	227
3.3.5 Forma de designação dos atores no contexto da pesquisa	230
3.3.6 Receptividade para aplicação das entrevistas	231

4 CENÁRIOS E ATORES.....	232
4.1. Brasil – pólo têxtil de Americana (SP).....	232
4.1.1 Ações ambientais - Americana (SP).....	234
4.1.2 Cetesb – Pólo têxtil de Americana (SP)	235
4.1.3 STETs - Pólo têxtil de Americana (SP)	236
4.1.3.1 Santista Têxtil S/A - (Americana – SP)	236
4.1.3.2 Canatiba Têxtil (Santa Bárbara D'Oeste – SP).....	237
4.1.3.3 Companhia Jauense de Tecidos (Jauú – SP)	238
4.1.3.4 Cermatex (Santa Bárbara D'Oeste – SP).....	239
4.2. Brasil – pólo têxtil de Blumenau (SC)	239
4.2.1 Ações ambientais - Blumenau (SC)	241
4.2.2 Órgãos ambientais – Pólo têxtil de Blumenau (SC)	241
4.2.3 STETs - Pólo têxtil de Blumenau (SC)	243
4.2.3.1 Anglian Water – STETs - (Brusque – SC)	243
4.2.3.2 Artex – Grupo Coteminas – (Blumenau – SC).....	244
4.2.3.3 Dölher Têxtil (Joinville – SC).....	244
4.2.3.4 Companhia Hering (Blumenau – SC)	245
4.2.3.5 Karsten Têxtil (Blumenau – SC)	246
4.2.3.6 Malwee Malhas (Jaraguá do Sul – SC)	246
4.2.3.7 Marisol (Jaraguá do Sul – SC).....	247
4.2.3.8 Tecelagem Kuehnrich - Teka (Blumenau – SC)	247
4.2.3.9 Sulfabril têxtil (Blumenau – SC).....	248
4.2.3.10 Momento Engenharia Ambiental – Aterro Industrial - (SC).....	248
4.3. Brasil – projetistas	249
4.4. Brasil – pesquisadores.....	249
4.5. Portugal – pólo têxtil do Minho (Vale do Rio Ave - PT).....	250
4.5.1 Ações ambientais - Minho (PT)	251
4.5.2 Órgãos ambientais – Minho (PT).....	252
4.5.3 STETs – Minho (PT).....	252
4.5.3.1 Têxtil Adalberto Tinturaria – (São Tirso – Minho-PT).....	253
4.5.3.2 Barroso Malhas – (Barcelos – Minho-PT).....	253
4.5.3.3 Carlos Pimenta Machado – Tinturaria (Guimarães – Minho-PT)	254
4.5.3.4 Coelima – Indústrias têxteis - (Guimarães - Minho-PT)	254
4.5.3.5 Coats Clark (Vila Nova de Gaia – Minho-PT)	255

4.5.3.6 Crispim & Abreu Têxteis (Famalicão – Minho - PT).....	255
4.5.3.7 Estação de Tratamento de Barcelos (Barcelos – Minho-PT).....	256
4.5.3.8 J.M.A. – Felpos (Guimarães – Minho - PT)	256
4.5.3.9 Mundotêxtil Sociedade Exportadora (Vizela – Minho - PT)	257
4.5.3.10 Riler – Indústrias Têxteis (Vizela – Minho - PT).....	257
4.5.3.11 Risetamega Acabamentos Têxteis (Marco Canaves – Minho-PT)	258
4.5.3.12 SIDVA – Serzedelo e Rabada – Tratave (Guimarães – Minho).....	258
4.5.3.13 T.M.G. Acabamentos Têxteis (Guimarães – Minho - PT).....	260
4.5.3.14 Tinamar (Barcelos – Minho - PT).....	261
4.5.3.15 Valindo Acabamentos (Fafe – Minho - PT).....	261
4.6. Portugal – pólo têxtil de Covilhã (Serra da Estrela)	262
4.6.1 Ações ambientais - Covilhã (PT).....	263
4.6.2 STETs – Covilhã (PT)	264
4.6.2.1 Paulo de Oliveira - Têxteis – (Covilhã – Serra da Estrela - PT).....	264
4.6.2.2 Lavadora de Lã Manuel Tavares (Guarda – Serra da Estrela - PT) .	265
4.7 Projetistas - Portugal.....	265
4.8 Pesquisadores e centro de pesquisa - Portugal	266
4.9 Órgão ambiental CCDR-N - Portugal.....	267
4.10 Ong's ambientais - Portugal.....	267
4.11. Espanha – pólo têxtil da Catalunha - Barcelona	268
4.11.1 Ações ambientais – Região da Barcelona (ES)	269
4.11.2 STETs – Catalunha (ES).....	270
4.11.2.1 Abanderado - Sara & Lee – (Catalunha – Girona - ES).....	271
4.11.2.2 Hidrocolor Acabamentos Têxteis - (Barcelona - ES)	271
4.11.2.3 Tybor SA – (Massanes – Catalunha - ES).....	272
5 RESULTADO DA PESQUISA DE CAMPO	273
5.1 Sintetização dos resultados das entrevistas – STETs	273
5.1.1 IBA-01	274
5.1.2 IBA-02	283
5.1.3 IBA-03	289
5.1.4 IBA-04	298
5.1.5 IBB-01	304
5.1.6 IBB-02	313

5.1.7 IBB-03	321
5.1.8 IBB-04	330
5.1.9 IBB-05	335
5.1.10 IBB-06	342
5.1.11 IBB-07	348
5.1.12 IBB-08	356
5.1.13 IBB-09	363
5.1.14 IBB-10	369
5.1.15 IPM-01.....	379
5.1.16 IPM-02.....	386
5.1.17 IPM-03.....	392
5.1.18 IPM-04.....	399
5.1.19 IPM-05.....	405
5.1.20 IPM-06.....	413
5.1.21 IPM-07.....	420
5.1.22 IPM-08.....	424
5.1.23 IPM-09.....	428
5.1.24 IPM-10.....	433
5.1.25 IPM-11.....	438
5.1.26 IPM-12.....	443
5.1.27 IPM-13.....	447
5.1.28 IPM-14.....	452
5.1.29 IPM-15.....	457
5.1.30 IPC-01	461
5.1.31 IPC-02	466
5.1.32 IEB-01	471
5.1.33 IEB-02	479
5.1.34 IEB-03	484
5.2 Informações dos órgãos ambientais	493
5.2.1 Órgão ambiental – São Paulo (Americana).....	493
5.2.2 Órgão ambiental – Santa Catarina (Blumenau)	495
5.2.2.1 Órgão ambiental – estadual – regional Blumenau	496
5.2.2.2 Órgão ambiental – estadual – Polícia ambiental.....	498
5.2.2.3 Órgão ambiental – municipal	500

5.2.3	Orgão ambiental - Portugal	502
5.3	Informações dos centros de pesquisa (pesquisador)	504
5.3.1	Pesquisadores ambientais têxteis no Brasil	505
5.3.1.1	Pesquisador PB-01 - Brasil.....	505
5.3.1.2	Pesquisador PB-02 - Brasil.....	507
5.3.2	Pesquisadores ambientais têxteis em Portugal.....	509
5.3.2.1	Pesquisadores do centro de pesquisa - Portugal	509
5.3.2.2	Pesquisador do instituto de desenvolvimento - Portugal	511
5.3.2.3	Pesquisador universitário - Portugal	514
5.3.3	Pesquisas têxteis na Espanha	516
5.3.3.1	Centro de Pesquisas Têxteis – Pesquisador - Espanha.....	517
5.4	Informações dos projetistas	519
5.4.1	Projetistas brasileiros	519
5.4.1.1	PBA - 01 (Brasil).....	520
5.4.2	Projetistas portugueses.....	524
5.4.2.1	PPM - 01 (Portugal).....	524
5.4.2.2	PPM - 02 (Portugal).....	528
5.4.2.3	PPM - 03 (Portugal).....	533
6	ANÁLISES DOS RESULTADOS.....	541
6.1	Localizações das indústrias têxteis.....	541
6.2	Ações que envolve o processo industrial.....	543
6.2.1	Recuperação de calor	543
6.2.2	Co-geração de energia elétrica e o uso do gás natural.....	545
6.2.3	Recuperação de goma.....	546
6.2.4	Recuperação de soda cáustica (NaOH).....	548
6.2.5	Reúso de efluentes baseado na condutividade.....	549
6.3	Tratamento preliminar – sólidos grosseiros	551
6.4	Tratamento primário.....	551
6.4.1	Tanque de homogeneização e equalização.....	551
6.4.2	Neutralização	553
6.4.2.1	Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄).....	554
6.4.2.2	Gás carbônico - (CO ₂)	555
6.4.2.2.1	CO ₂ - puro	555

6.4.2.2.1 CO ₂ – Reaproveitamento de gases de combustão	556
6.4.2.3 STET sem processo de neutralização	557
6.4.2.4 Sintetização da análise em relação à neutralização	558
6.4.3 Inversão de posição entre o físico-químico e o biológico	559
6.4.4 Tratamento químico - decantação versus flotação	561
6.4.5 Tratamento secundário - biológico	563
6.4.5.1 Processos biológicos diferenciados dos lodos ativados	566
6.4.5.2 Forma de injeção O ₂ nos processos biológicos aeróbios	567
6.4.6 Tratamento terciário	569
6.4.6.1 Remoção de cor	570
6.4.6.2 Desidratação do lodo têxtil (químico e biológico).....	572
6.4.6.3 Disposição do lodo têxtil (químico e biológico)	575
6.4.6.4 Reaproveitamento de efluente têxtil	576
6.4.6.5 Tecnologias avançadas (membranas, ozonização e outras).....	578
6.4.7 Questões ambientais envolvendo os STETs.....	579
6.4.7.1 Sistema de gestão ambiental (SGA) na indústria têxtil.....	579
6.4.7.2 Certificação ISO 14.001.....	581
6.4.7.3 <i>Marketing</i> ambiental	582
6.4.7.4 Envolvimento da comunidade local	583
6.4.7.5 Legislação ambiental e órgãos ambientais (fiscalização).....	585
6.4.7.6 Toxicidade dos efluentes têxteis.....	588
6.4.7.7 Desenvolvimento de pesquisas científicas	589
6.4.7.8 Processos diferenciados utilizados nos STETs pesquisados	590
6.4.7.9 Serviços de projetos de STETs	592
7 ANÁLISE GLOBAL EM LINGUAGEM SISTÊMICA.....	594
7.1 Situação dos cenários pesquisados	594
7.1.1 Região de Americana (SP-Brasil).....	594
7.1.2 Região de Blumenau (SC-Brasil)	602
7.1.3 Região do Minho (Portugal)	612
7.1.4 Região de Barcelona – Catalunha (Espanha)	623
7.2 Comparação entre os cenários – Brasil – Portugal e Espanha.....	628
7.2.1 Comparação do cenário – Brasil <i>versus</i> Portugal	628
7.2.2 Comparação do cenário – Brasil <i>versus</i> Espanha	631
7.3 Cenário hipoteticamente ideal	634

8 CONCLUSÕES GERAIS.....	636
8.1 Informações relevantes obtidas na pesquisa.....	636
8.2 Considerações sobre os objetivos.....	642
8.3 Considerações sobre as hipóteses.....	643
8.4 Considerações finais.....	645
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	646
10 APÊNDICE.....	667
10.1 Roteiros dos questionários.....	667
10.1.1 Roteiro para questionamento - indústrias têxteis.....	667
11 ANEXOS.....	674
11.1 Figuras.....	674

Lista de Figuras

Figura 2.01 – Ciclo da dinâmica da metodologia científica	47
Figura 2.02 – Relações do conhecimento	47
Figura 2.03 – Relações sócio-econômico ambiental	48
Figura 2.04 – Diagrama de enlace causal (adaptação para condições ambientais) .	51
Figura 2.05 – Diagrama do enlace de uma dor de cabeça.....	54
Figura 2.06 – Arquétipo – Controle de poluição	55
Figura 2.07 - Classificação dos corpos receptores – Res. Conama nº 357/2005.....	58
Figura 2.08 - Súmula dos padrões para efluentes líquidos – limite de despejo.	60
Figura 2.09 - Classificação dos resíduos sólidos - potencial de risco à saúde.....	64
Figura 2.10 - Classificação dos resíduos sólidos – Norma NBR 10.004/5/6 e 7.	65
Figura 2.11 - Súmula padrões para resíduos sólidos – limites de disposição.	65
Figura 2.12 - Macrorrepresentação da estrutura ambiental portuguesa.....	71
Figura 2.13 - Portaria 423/97 - Parâmetros de descarga para o setor têxtil.....	72
Figura 2.14 - Valores-limites de emissão de efluentes líquidos - Portugal	74
Figura 2.15 - Valores-limites de emissão - substâncias organocloradas - Portugal ..	75
Figura 2.16 - Critérios de classificação de RSs - Composição do Eluato.....	76
Figura 2.17 - Critérios de classificação dos RS - Propriedades físico-químicas.....	77
Figura 2.18 – Classificação de Resíduos Sólidos usada pela UE	78
Figura 2.19 - Valores-limite de metais pesados no solo agrícola - Portugal.....	79
Figura 2.20 - Principais valores-limite dos parâmetros de despejos	83
Figura 2.21 – Classificação das fibras têxteis	85
Figura 2.22 – Fluxograma fabril-têxtil básico e os resíduos sólidos gerados.	86
Figura 2.23 - Lista de poluentes têxteis - relacionados a processos e fibras.	92
Figura 2.24 – Estrutura molecular do corante mauveína.....	102
Figura 2.25 – Estrutura molecular de grupos químicos dos principais corantes.	103
Figura 2.26 – Classificação dos corantes pela solubilidade em água e aplicação. .	106
Figura 2.27 - Classificação de corantes por uso e natureza química.	108
Figura 2.28 - Principais aspectos ecológico dos corantes.....	109
Figura 2.29 - Eficiências da flotação em efluentes têxteis.....	113
Figura 2.30 - Biodegradação de corantes têxteis - Cultura bacteriana.....	116
Figura 2.31 – Relações - substrato - tamanho da partícula - tipo de membrana.....	126
Figura 2.32 – Esquematização de retenção de sólidos em diferentes membranas	127

Figura 2.33 – Classificação das membranas em função do fluxo	127
Figura 2.34 – Classifica das membranas em função da configuração	127
Figura 2.35 – Sistema tubular de membrana de ultrafiltração em espiral.	128
Figura 2.36 – Esquemas de sistemas de bioreatores de membranas.....	130
Figura 2.37 – Esquema de recuperação de água industrial têxtil por NF e RO.	132
Figura 2.38 - Comparação de eficiência para diferentes tipos de membranas	133
Figura 2.39 - Resumo das principais tecnologias usadas em STETs	135
Figura 2.40 - Métodos específicos de tratamento para STETs	136
Figura 2.41 - Informações ecotoxicológica – corante ácido vermelho 17 (azo).....	139
Figura 2.42 - Aminas aromáticas de tingimento com azocorantes - Clivagem	140
Figura 2.43 – Esquema de vias biológicas em tratamento de azocorantes	140
Figura 2.44 - Metais pesados versus a fontes contaminação têxtil	144
Figura 2.45 - Relação de corantes metálicos em uso na indústria têxtil.....	144
Figura 2.46 – Tipos de desengomagem.....	154
Figura 2.47 – Processo de engomagem/desengomagem e recuperação de goma	158
Figura 2.48 – Unidade de Ultrafiltração.....	158
Figura 2.49 – Membrana de ultrafiltração.....	158
Figura 2.50 – Fluxo de balanço de massa de recuperação de lixívia de soda	162
Figura 2.51 – Detalhe do estágio de recuperação de lixívia de soda.....	163
Figura 2.52 – Sistema recuperação de lixívia de soda com 3 estágios.....	164
Figura 2.53 – Esquema de filtração de membranas para recuperação de índigo...168	
Figura 2.54 – Esquema para recuperação água - microfiltração.....	173
Figura 2.55 – Membrana de microfiltração – recuperação água e pasta.	173
Figura 2.56 – Peneira hidrodinâmica.....	177
Figura 2.57 – Resíduo de lavanderia	177
Figura 2.58 – Peneira rotativa - escova.....	177
Figura 2.59 - Peneira rotativa jato d'água	177
Figura 2.60 – Trocador de calor - placa	180
Figura 2.61 –Trocadores calor -tubulares	180
Figura 2.62 – Distribuição de equilíbrio das espécies carbonatadas.....	187
Figura 2.63 – Distribuição de equilíbrio das espécies carbonatadas.....	188
Figura 2.64 – Misturador lento axial	192
Figura 2.65 – Representação da ação dos polieletrólitos.....	193
Figura 2.66 – Floculador vertical de paleta	193

Figura 2.67 - Principais coagulantes e floculantes para aplicação em STETs.	194
Figura 2.68 - Processos de flotação e sistemas de geração de bolhas.	195
Figura 2.69 – Flotador com raspador de espuma sem recirculação (típico).....	196
Figura 2.70 – Sistema de decantação com raspador	197
Figura 2.71 – Sistema de decantação com lamela.....	197
Figura 2.72 – Esquema do sistema de lodos ativados.	201
Figura 2.73: Processos de lodos ativados e principais variantes.	202
Figura 2.74: Vantagens e desvantagens do processo de lodos ativados.....	203
Figura 2.75: Vantagens e desvantagens do filtro biológico (percolador).....	206
Figura 2.76 – Fluxograma de STET projetado na década de 1970 – (biológico). ...	209
Figura 2.77 – Fluxograma de STET de 1970 físico-químico e biológico)	210
Figura 2.78 – Fluxograma STET – Tratamento biológico e land-application (1970)	211
Figura 2.79 – Fluxograma de STET – Acabamentos de fios de algodão	212
Figura 2.80 – Fluxograma de STET – 20 indústrias têxteis e esgoto	213
Figura 2.81 – Fluxograma do STET – Condomínio de 200 indústrias - Alemanha..	214
Figura 2.82 – Fluxograma do STET – Tratamento conjunto têxtil e sanitário.....	215
Figura 2.83 – Fluxograma de um STET – Utilização de tecnologias avançadas.....	216
Figura 2.84 – Fluxograma STET – Efluentes têxteis e sanitários - Condomínio	217
Figura 2.85 – Fluxograma STET – Efluentes têxteis e sanitários - Condomínio	218
Figura 2.86 – Fluxograma STET – Efluentes têxteis e sanitários - Condomínio	219
Figura 4.01 – Mapa da localização da cidade de Americana – São Paulo.....	232
Figura 4.02 – Foto: o rio Piracicaba, nas proximidades de Piracicaba	234
Figura 4.03 – Mapa da localização da cidade de Blumenau – Santa Catarina	240
Figura 4.04 – Fotos do rio Itajaí-açu - STETs - IBA-02	241
Figura 4.05 – Mapa da localização da região do Minho – Portugal.....	250
Figura 4.06 – Fotos do rio Ave em dois pontos distintos.....	252
Figura 4.07 – Distribuição das unidades do SIDVA da bacia do Ave	259
Figura 4.08 – Localização de Covilhã dentro do território português.	262
Figura 4.09 – Vale e rio Zêzere – Região da Serra da Estrela.....	263
Figura 4.10 – Localização de Barcelona no contexto da Península Ibérica.	268
Figura 4.11 – Classificação da qualidade da água da península ibérica.....	269
Figura 4.12 – Rio Besòs da nascente a desembocadura - Barcelona.....	270

Figura 5.01 - Síntese de dados da empresa IBA-01	274
Figura 5.02 – Foto do STET da empresa IBA-01	275
Figura 5.03 – Foto do tanque anóxico da empresa IBA-01	277
Figura 5.04 – Foto da bactéria filamentosa tipo 1851.	278
Figura 5.05 – Foto do filtro biológico – empresa IBA-01.	279
Figura 5.06 – Fluxograma do STET – empresa IBA-01.	279
Figura 5.07 – Foto do lodo biológico - empresa IBA-01.	281
Figura 5.08 - Síntese de dados da empresa IBA-02	283
Figura 5.09 – Esquema do primeiro STET da empresa IBA-02 (1986).....	284
Figura 5.10 – Comparação - lodo de leito de secagem e o centrifugado - IBA-02 .	285
Figura 5.11 – Esquema do STET depois do 1º “upgrade” (1996) - IBA-02	285
Figura 5.12 – Fotos do STET - IBA-02	286
Figura 5.13 – Fotos do efluente do STET - IBA-02	288
Figura 5.14 - Síntese de dados da empresa IBA-03	289
Figura 5.15 – Foto aérea da empresa IBA-03	290
Figura 5.16 – Fluxograma do STET da empresa IBA-03	290
Figura 5.17 – Sistemas de reciclagem de soda cáustica e goma sintética	291
Figura 5.18 – Presença de espuma nos tanques de homogeneização e biológico.	294
Figura 5.19 – Efluente final e lodo químico e biológico da IBA-03	295
Figura 5.20 - Síntese de dados da empresa IBA-04	298
Figura 5.21 – Fluxograma esquemático do STET da IBA-03	299
Figura 5.22 – Filtro-prensa, lodo prensado e leito de secagem (coberto)	300
Figura 5.23 – Coloração do efluente bruto e tratado – IBA-04	303
Figura 5.24 - Síntese de dados da empresa IBB-01	304
Figura 5.25 – Desenho esquemático do parque florestal da IBB-01	305
Figura 5.26 – Fotos do aterro industrial da IBB-01	306
Figura 5.27 – Fluxograma esquemático do STET da IBB-01	307
Figura 5.28 – Sistema de neutralização de efluente por gases de combustão	308
Figura 5.29 – Vista aérea do processo biológico – valo de oxidação- IBB-01	309
Figura 5.30 – Comparação visual dos efluentes bruto e final – IBB-01	310
Figura 5.31 – Tela do programa de controle e automação do STET – IBB-01	311
Figura 5.32 - Síntese de dados da empresa IBB-02	313
Figura 5.33 – Vista aérea da unidade IBB-02	314
Figura 5.34 – Fluxograma do STET da IBB-02	316

Figura 5.35 – Secagem do lodo da IBB-02	317
Figura 5.36 – Sistema de resfriamento utilizado na IBB-02	318
Figura 5.37 – Comparação de coloração dos efluentes bruto e tratado na IBB-02.	319
Figura 5.38 – Gráfico de pizza referente à distribuição de área da IBB-03.....	321
Figura 5.39 – Montagem de fotos do parque ecológico da IBB-03.....	322
Figura 5.40 - Síntese de dados da empresa IBB-03	323
Figura 5.41 – Montagem de fotos que mostram diferentes tipos de aeração.....	324
Figura 5.42 – Fluxograma esquemático do STET da IBB-03	325
Figura 5.43 – Montagem de fotos para comparação visão do efluente IBB-03.....	326
Figura 5.44 – Campanha do “Naturinho” pela coleta seletiva na IBB-03.....	327
Figura 5.45 - Síntese de dados da empresa IBB-04	330
Figura 5.46 – Posicionamento da IBB-04 em relação ao centro da cidade.....	331
Figura 5.47 – Multiciclone e lavador de gases da IBB-04.	332
Figura 5.48 – Fluxograma esquemático do STET da IBB-04.	333
Figura 5.49 - Síntese de dados da empresa IBB-05	335
Figura 5.50 – Fluxograma esquemático do STET da IBB-04.	338
Figura 5.51 – Comparação visual dos dois tanques de aeração da IBB-05.....	339
Figura 5.52 – Problema de bulking no decantador secundário da IBB-05.	340
Figura 5.53 – Comparação visual entre efluente no inicial e final do STET.	341
Figura 5.54 - Síntese de dados da empresa IBB-06	342
Figura 5.55 – Fluxograma do STET da IBB-06.	343
Figura 5.56 – Secador rotativo de lodo e amostra de lodo seco.	344
Figura 5.57 – Forma de aeração do tanque biológico da IBB-06.	345
Figura 5.58 - Síntese de dados da empresa IBB-07	350
Figura 5.59 – Fluxograma esquemático do STET da IBB-07.	351
Figura 5.60 – Perfil e fluxo de efluente e ar do efluente no Deep Shaft.	352
Figura 5.61 – Comparação visual entre efluente bruto e tratado – IBB-07.....	353
Figura 5.62 – Lagoas de disposição de lodo têxtil – aterro industrial – IBB-07	353
Figura 5.63 – Vista aérea da cidade e o sistema tratamento - IBB-07.	355
Figura 5.64 - Síntese de dados da empresa IBB-08	356
Figura 5.65 – Prensa desaguadora e secador de lodo – IBB-08.....	358
Figura 5.66 – Fluxograma esquemático do STET IBB-08.	359
Figura 5.67 – “Qualito” - defensor da qualidade dos produtos e do ambiente.....	360
Figura 5.68 – Vista aérea da fábrica e do STET – IBB-08.	362

Figura 5.69 – Monitoramento através de bioteste com peixes – IBB-08.	362
Figura 5.70 - Síntese de dados da empresa IBB-09	363
Figura 5.71 – STET construído em aço carbono – IBB-09.....	365
Figura 5.72 – Fluxograma esquemático do STET – IBB-09	366
Figura 5.73 – Comparação visual de coloração entre efluente bruto e o tratado.	367
Figura 5.74: Síntese de dados da empresa IBB-10.....	370
Figura 5.75 – Fluxo esquemático de implantação do aterro industrial - classe 2.	372
Figura 5.76 – Preparação da célula de resíduo de classe 2	373
Figura 5.77 – Sistemas auxiliares usados no aterro industrial – IBB-10.	373
Figura 5.78 – Fluxograma de operação do aterro.	374
Figura 5.79 – Comparação visual entre o efluente bruto (lixiviado) e o tratado.	375
Figura 5.80 – Vista aérea do aterro industrial – IBB-10.....	376
Figura 5.81 – Lago a jusante do aterro – pontos de monitoramento do aterro.....	376
Figura 5.82 - Síntese de dados da empresa IPM-01	379
Figura 5.83 – Fluxograma esquemático do STET da IPM-01.....	381
Figura 5.84 – Comparação visual da cor entre efluentes na IPM-01.....	382
Figura 5.85 – Filtro aeróbio percolador do STET da IPM-01.....	383
Figura 5.86 - Síntese de dados da empresa IPM-02.....	386
Figura 5.87 – Fluxograma esquemático do STET da IPM-02.....	388
Figura 5.88 – Tanque biológico e prensa desaguadora do STET da IPM-02.....	389
Figura 5.89 – Efeito da ozonização na remoção de cor na IPM-02.....	389
Figura 5.90 - Síntese de dados da empresa IPM-03.....	392
Figura 5.91 – Fluxograma do STET da IPM-03.....	394
Figura 5.92 – Tanque de homogeneização e lodos ativados por batelada	395
Figura 5.93 – Equipamentos e esquemas da coagulação, floculação e flotação.	396
Figura 5.94 – Armazenamento de lodo químico e biológico no pátio da indústria.	396
Figura 5.95 – Baterias de membranas de ultrafiltração e osmose reversa.	397
Figura 5.96 - Síntese de dados da empresa IPM-04.....	399
Figura 5.97 – Recuperação de soda	400
Figura 5.98 – Fluxograma esquemático do STET da IPM - 04.....	401
Figura 5.99 – Imagens envolvidas com o lodo químico e biológico da IPM - 04	403
Figura 5.100 – Fluxograma esquemático do sistema integrado da IPM - 05	407
Figura 5.101 - Síntese de dados da empresa IPM-05.....	408
Figura 5.102 – Imagens do processo de desidratação da IPM - 05	409

Figura 5.103 – Situação dos aterros da IPM - 05	410
Figura 5.104 – Visualização da cor do efluente da IPM - 05	411
Figura 5.105 – Vista aérea de um sistema	412
Figura 5.106 - Síntese de dados da empresa IPM-06.....	414
Figura 5.107 – Vista aérea do sistema integrado da IPM - 06.....	415
Figura 5.108 – Fluxograma esquemático do sistema integrado da IPM – 06.....	416
Figura 5.109 – Vista do filtro aeróbio percolador – aeração natural - IPM – 06	417
Figura 5.110 – Efluente na saída dos decantadores primário e secundário.....	418
Figura 5.111 - Síntese de dados da empresa IPM-07	420
Figura 5.112 – Fluxograma esquemático do STET – IPM-07	421
Figura 5.113 – Leito de secagem desativado – IPM-07	422
Figura 5.114 – Tanque biológico – IPM-07.	422
Figura 5.115 - Síntese de dados da empresa IPM-08.....	424
Figura 5.116 – Desidratação do lodo químico – IPM-08	425
Figura 5.117 – Tanque de homogeneização com pré-oxigenação.....	425
Figura 5.118 – Fluxograma do STET (Processo físico-químico) – IPM-08	426
Figura 5.119 – Comparação visual de cor entre os efluentes bruto e tratado	427
Figura 5.120 - Síntese de dados da empresa IPM-09.....	428
Figura 5.121 – Tanque biológico próximo à margem do rio – IPM-09.....	429
Figura 5.122 – Fluxograma esquemático da IPM-09.....	430
Figura 5.123 – Filtro de proteção do trocador de placa da IPM-09	431
Figura 5.124 – Separação do lixo – coleta seletiva na IPM-09	432
Figura 5.125 - Síntese de dados da empresa IPM-10.....	433
Figura 5.126 – Equipamento de recuperação de soda cáustica na IPM-10	434
Figura 5.127 – Equip. de neutralização por gases de combustão – IPM-10	435
Figura 5.128 – Fluxograma esquemático da IPM-10.....	436
Figura 5.129 - Síntese de dados da empresa IPM-11	438
Figura 5.130 – Fluxograma do pré-tratamento do efluente IPM-11	439
Figura 5.131 – Tanque de homogeneização – efluente colorido e sem agitação....	440
Figura 5.132 – Ponto de despejo de efluente apenas pré-tratado – IPM 11	441
Figura 5.133 - Síntese de dados da empresa IPM-12.....	443
Figura 5.134 – Fluxograma esquemático do pré-tratamento – IPM 12	445
Figura 5.135 – Comparação visual entre efluente bruto e recuperado.....	446
Figura 5.136 - Síntese de dados da empresa IPM-13.....	447

Figura 5.137 – Vista aérea da IPM - 13.....	448
Figura 5.138 – Fluxograma esquemático do pré-tratamento da IPM -13	448
Figura 5.139 – Recuperação de soda cáustica e neutralização com CO2 puro.....	450
Figura 5.140 - Síntese de dados da empresa IPM-14.....	452
Figura 5.141 – Fluxograma do STET implantado em 1986 na IPM - 14	453
Figura 5.142 – Filtro prensa desativado na IPM - 14.....	453
Figura 5.143 – Fluxograma do pré-tratamento na IPM - 14	454
Figura 5.144 - Síntese de dados da empresa IPM-15.....	457
Figura 5.145 – Pré-tratamento e corpo receptor da IPM - 15.....	458
Figura 5.146 – Fluxograma esquemático do STET da IPM - 15.....	459
Figura 5.147 – Construção do tanque biológico e decantador – IPM-15.....	460
Figura 5.148 - Síntese de dados da empresa IPC-01	461
Figura 5.149 – Fluxograma esquemático do STET da IPC - 01.....	462
Figura 5.150 – Fotos da lã suja e limpa – processo industrial da IPC - 01.....	463
Figura 5.151 – Visualização dos efluentes bruto e tratado (final) da IPC - 01.....	464
Figura 5.152 – Processo de lodos ativados – aeração por venturi - IPC - 01	465
Figura 5.153 - Síntese de dados da empresa IPC-02	466
Figura 5.154 – Fluxograma esquemático do STET da IPC - 02.....	467
Figura 5.155 – Tratamento biológico – Valo de oxidação do STET da IPC - 02	468
Figura 5.156 – Comparação visual da coloração do efluente da IPC - 02.	468
Figura 5.157 – Lodo gerado no STET da IPC - 02.....	469
Figura 5.158 - Síntese de dados da empresa IEB-01	471
Figura 5.159 – Fluxograma esquemático do STET da IEB - 01	472
Figura 5.160 – Sistema biológico - bioflotação da IEB - 01.....	473
Figura 5.161 – Sistema de bombeamento e injeção de ar da IEB - 01	474
Figura 5.162 – Sistema de desidração do lodo da IEB - 01.	475
Figura 5.163 – Decantador lamelar e os filtros de areia da IEB-01	476
Figura 5.164 – Vista aérea da indústria e o corpo receptor da IEB-01.....	477
Figura 5.165 - Síntese de dados da empresa IEB – 02.....	479
Figura 5.166 – Fluxograma esquemático do STET da IEB-02	480
Figura 5.167 – Etapas da desidração do lodo químico e biológico da IEB-02	481
Figura 5.168 – Efluente bruto tanque biológico e efluente final da IEB-02.....	482
Figura 5.169 – Filtro eletrostático da IEB-02	483
Figura 5.170 - Síntese de dados da empresa IEB-03	485

Figura 5.171 – Fluxograma esquemático do STET da IEB-03	486
Figura 5.172 – Tratamento biológico do STET da IEB-03	487
Figura 5.173 – Conjunto de membranas de ultrafiltração do STET da IEB-03.....	489
Figura 5.174 – Conjunto de membranas de osmose reversa do STET da IEB-03..	490
Figura 5.175 – Comparação visual entre os efluentes no STET da IEB-03.	491
Figura 5.176 – Filtro eletrostático do STET da IEB-03.	492
Figura 7.01 - Dados básicos das unidades pesquisadas na região de Americana. 595	
Figura 7.02 – Diagrama de força ambiental (DFA) – região de Americana - SP.....	596
Figura 7.03 – Rio Itajaí-açu, perímetro urbano Blumenau – Área poluída.....	602
Figura 7.04 - Dados básicos das unidades pesquisadas na região de Blumenau ..	603
Figura 7.05 - Diagrama de força ambiental (DFA) – região de Blumenau - SC.....	604
Figura 7.06 – Diagrama de força ambiental (DFA) – cidade de Brusque - SC.	609
Figura 7.07 – Flagrante de poluição – rios Vizela e Ave – Bacia do Minho.....	613
Figura 7.08 - Dados básicos das unidades pesquisadas na região do Minho.....	614
Figura 7.09 - Diagrama de força ambiental (DFA) – SIDVA - região do Minho (PT)	615
Figura 7.10 – Diagrama de força ambiental (DFA) – STETs próprios – Minho(PT)	621
Figura 7.11 – Corpo receptor dos efluentes da IEB-01 – Catalunha – ES	624
Figura 7.12 - Dados básicos das unidades pesquisadas na região da Catalunha. .	624
Figura 7.13 – Diagrama de força ambiental (DFA) – região da Catalunha – ES.....	625
Figura 7.14 - Comparativo entre os cenários do Brasil e de Portugal	629
Figura 7.15 - Comparativo entre os cenários do Brasil e da Espanha	632
Figura A-01: Balanço de Soda Cáustica I – Sistema Recuperação de lixívia	674
Figura A-02: Balanço de Soda Cáustica II – Sistema Recuperação de lixívia	674

Lista de Tabelas

Tabela 01 - Consumo de água na indústria têxtil – fibras naturais.....	94
Tabela 02 - Consumo de água segregado para fibras de algodão.....	96
Tabela 03 - Consumo de água na indústria têxtil – Fibras químicas e lã	96
Tabela 04 - Caracterização dos efluentes de fibras naturais (exceto lã).....	98
Tabela 05 - Caracterização dos efluentes de fibras naturais (exceto lã).....	98
Tabela 06 - Caracterização dos efluentes de fibras química.....	99
Tabela 07 - Caracterização dos efluentes de fibras química.....	99
Tabela 08 - Valores médios de parâmetros ambientais – Fibras naturais.....	100
Tabela 09 - Valores médios de parâmetros ambientais – Fibras químicas	100
Tabela 10 - Valores médios de parâmetros de poluição – fibras de lã (lavagem)...	101
Tabela 11 - Valores médios de parâmetros de poluição – Tingimento de lã.....	101
Tabela 12 - Coeficiente de afinidade e percentual de fixação de corantes.	103
Tabela 13 - Percentuais de perda de corante - Não-fixação.	104
Tabela 14 - Consumo brasileiro de corantes - 2002. - Estimativa de não-fixação...	105
Tabela 15 - Comparação entre a flotação convencional e a modificada	112
Tabela 16 - Principais processos de separação por membranas.....	126
Tabela 17 - Concentração de metais pesados em efluentes de tingimento	143
Tabela 18 - Característica do lixiviado de lodo de STETs – 100% algodão	146
Tabela 19 - Comparação de custo para disposição de lodo têxtil	147
Tabela 20 - Valores específicos de DQO na desengomagem.....	155
Tabela 21 - Valores para o dimensionamento de sistema de ultrafiltração	159
Tabela 22 - Dados de lixívia de mercerização - segundo vários autores	161
Tabela 23 - Parâmetros de dimensionamento - Recuperadora de lixívia de soda ..	165
Tabela 24 - Reuso - operações de tingimento e os parâmetros de controle	171
Tabela 25 - Susceptibilidade dos corantes na remoção por coagulação.	191
Tabela 26 - Taxa de aplicação para decantação de efluentes industriais.	198
Tabela 27 - Parâmetros de dimensionamento para processos lodos ativados.	205
Tabela 28 - Parâmetros de dimensionamento para filtro biológico percolador.....	207
Tabela 29 - Eficiência dos processos biológico e químico – efluentes têxteis	207
Tabela 30 - Eficiência dos processos presente em STETs	208
Tabela 31 - Análise de efluente final do STET da IEB - 01	474

Seqüência lógica do trabalho

A busca pela fundamentação e análise deste trabalho passa por dois pontos distintos, que podem ser assim definidos: no primeiro momento, procura-se identificar parâmetros que possam subsidiar a interpretação e compreensão das formas de concepção dos STETs, de modo a atender às necessidades atuais de desenvolvimento ambiental no segmento têxtil; no segundo momento, são montados os diagrama de forças dos cenários propostos e, seguindo-se a análise comparativa das tecnologias usadas nos STETs empregados no Brasil e na Península Ibérica.

A estrutura deste trabalho de tese está organizada em 11 seções, dispostas seqüencialmente, conforme se segue:

- 01 – introdução, objetivos e metas;
- 02 – fundamentação teórica;
- 03 – aspectos metodológicos;
- 04 – cenários e atores;
- 05 – resultado da pesquisa de campo;
- 06 – análise dos resultados;
- 07 – análise global em linguagem sistêmica;
- 08 – conclusões gerais;
- 09 – referências bibliográficas;
- 10 – apêndice;
- 11 – anexos.

No capítulo 1 se tem a introdução, problematização, objetivos, justificativa, delimitação da pesquisa, hipóteses da tese, relevância e contribuição, além da seqüência lógica do trabalho.

No capítulo 2 é desenvolvida uma revisão bibliográfica baseada nas principais questões do trabalho, que são: os diagramas de força sistêmica, a caracterização dos processos industriais e os diferentes tipos de tratamento de efluentes utilizados na indústria têxtil.

O capítulo 3 inicialmente faz uma classificação da pesquisa realizada, e em seguida descreve-se a metodologia aplicada para atingir os objetivos propostos no trabalho.

No capítulo 4 os atores e os cenários são identificados e caracterizados no contexto da pesquisa, ou seja, todas as empresas, os órgãos ambientais, os projetistas e pesquisadores são relacionados e é traçado o perfil e o envolvimento de cada um dentro de seu cenário.

No capítulo 5 são apresentados os resultados da pesquisa de campo, destacando-se os pontos positivos e negativos dos processos históricos de implantação dos STETs de cada elemento participante dos cenários em estudo.

No capítulo 6 é feita uma análise comparativa entre os diferentes STETs empregados nos cenários pesquisados.

O capítulo 7 utiliza-se dos dados da pesquisa de campo para compor os diagramas das forças envolvidas em cada cenário e fazer uma análise macroambiental entre os diferentes cenários.

No capítulo 8 tem-se o ápice do trabalho. Nele se tem a conclusão a respeito dos da análise comparativas e dos diagramas de força sistêmica montados e também são prescritas algumas recomendações, com o objetivo de se ter uma seqüência da linha de pesquisa, de forma a possibilitar a montagem de modelos dinâmicos para cada cenário estudado.

Nos capítulos 9, 10 e 11 encontram-se relacionados e dispostos de forma opcional a consulta do leitor, as referências bibliográficas, o apêndice (roteiros das questões aplicadas na pesquisa) e os anexos (dados), respectivamente nesta ordem.

“Nós não herdamos a terra de nossos pais,
nós pegamos de empréstimo de nossos filhos”
John Henry Brown (1820 – 1895).

Esta seção discorre sobre os principais objetivos que levaram ao desenvolvimento e à formalização do presente trabalho. Busca esboçar os vários aspectos através da introdução, problematização, objetivos, justificativa, delimitações, relevância, contribuição e estrutura do trabalho.

1 INTRODUÇÃO

Na elaboração de qualquer produto, seja ele essencial ou não à vida dos seres humanos, existirá sempre uma interferência direta ou indireta na qualidade do ambiente. Assim, a mentalidade ecológica passa a se agregar a todos os produtos destinados à sociedade.

Segundo Kaminiski (2000), a mudança de mentalidade ecológica dos produtores de bens e serviços se deve basicamente a três fatores:

- pressão do mercado consumidor;
- cobrança de instituições públicas e privadas;
- ganho econômico.

Estes fatores, em conjunto ou individualmente, interferem nos lucros ou prejuízos das empresas. A questão deixa de ser puramente ecológica e ideológica para ser um diferencial de desempenho econômico no mundo altamente competitivo em que nos encontramos.

Porter (1999), ao abordar a questão ambiental em relação à competitividade das indústrias, desmistifica a visão que a regulamentação ambiental (controle) possa trazer prejuízos às empresas. Afirma que a poluição é resultado de um processo produtivo ineficiente e que a solução destes problemas sempre produziu aumento de competitividade entre as empresas. Na busca de satisfazer as regulamentações ambientais, os processos produtivos são revistos e conseqüentemente aperfeiçoados, e assim **podem** surgir muitas inovações tecnológicas.

Assim, o binômio tecnologia de produção e tecnologia ambiental requer um elo de integração, que é o programa ou sistema de gestão ambiental (SGA), e em alguns casos já se tem o Sistema Integrado de Gestão (SIG), que é composto pelo tripé: qualidade (ISO 9000), meio ambiente (ISO 14000), saúde e segurança (ISO 18000).

Nesta situação pode-se destacar a empresa têxtil Companhia Hering S/A, Blumenau - Santa Catarina, pioneira no segmento têxtil na implantação de sistemas de qualidade e ambiente, que desde 2001 tem implementado o SIG em suas unidades industriais. Para as empresas, a implantação de sistema de gestão só passa a ser viável quando gera custo-benefício favorável, e este pode vir na forma de economia de recursos por unidade produzida ou diminuição do reprocesso, pela melhoria da qualidade dos produtos e da imagem institucional – associada a produtos ecologicamente corretos - além da redução dos custos com penalizações, quando do não-cumprimento da legislação.

Neste novo milênio, em qualquer tecnologia de produção deve-se ter, agregada, a tecnologia ambiental para garantir a competitividade do produto final. A tecnologia têxtil (fios, tecidos, vestimentas e produtos de não-tecidos) enquadra-se no perfil de tecnologia de produção que necessita da agregação da tecnologia ambiental para a viabilização do sucesso dos seus produtos, principalmente na questão da imagem institucional de empresa ecologicamente correta, dado que a maioria dos produtos gerados pela indústria têxtil entra em contato direto com o corpo das pessoas.

A tecnologia ambiental utilizada atualmente no processo têxtil é fruto do desenvolvimento ocorrido nas décadas de 1970, 1980 e 1990, desenvolvimento este que teve início na conscientização do homem em relação às necessidades de se controlar a poluição. Neste período constata-se uma grande evolução no campo da gestão ambiental, principalmente nas áreas de efluentes líquidos e gasosos. O melhor desempenho destas áreas se deve ao fato de a poluição nelas ser pontual, assim os efeitos sobre o ambiente são concentrados apenas em alguns pontos. A sociedade nestas situações exerce sempre uma forte pressão sobre os órgãos fiscalizadores e conseqüentemente tal exigência se converte em ações de controle dos focos, com melhores resultados para essas áreas.

O tratamento de resíduo nas indústrias têxteis tiveram nas últimas décadas consideráveis avanços tecnológicos, principalmente em relação aos líquidos e gasosos. Quanto aos sólidos, atualmente estão sendo implementadas algumas soluções, que dependem primeiramente e principalmente de uma adequada solução para os efluentes líquidos, pois na maioria das situações a origem primária dos resíduos sólidos está no tratamento dos resíduos líquidos através de coagulação, floculação, flotação, sedimentação, filtração e desidratação.

É relativa aos efluentes têxteis a principal abordagem deste trabalho. Ela consiste na busca de informações precisas, as quais serão usadas na construção de diagramas de força para uma análise comparativa em sistemas de tratamento de efluentes têxteis – STETs – implementados no Brasil e na Península Ibérica. Tais análises, poderão auxiliar projetistas de STETs durante a tomada de decisão, propiciar uma melhor adaptação às condições de cada tipo de indústria têxtil, isto tudo baseado nas melhores tecnologias existentes e emergentes, como também nas exigências da legislação e da comunidade regional.

1.1 Situação problema

Considerando-se a abordagem principal deste trabalho, os resíduos líquidos e sólidos existentes nas industriais têxteis, se presume que anualmente são desenvolvidas e projetadas inúmeras estações de tratamento desses resíduos, além das estações já existentes e que necessitam de *upgrade* para melhorarem suas eficiências. Todas elas precisam de uma análise individual para se definir a melhor solução de tratamento a ser adotada.

Dentro do segmento têxtil há uma gama muito variável de produtos finais, conseqüentemente a matéria-prima, os produtos auxiliares e o processo industrial são suscetíveis de grandes variações. Além destas questões têxteis, existem também as questões geográficas e sociais que envolvem cada uma das unidades industriais existentes ou a serem projetadas e implantadas, as quais geraram concepções distintas para a definição dos STETs.

Desta forma, surge o seguinte questionamento: será que as diferentes concepções de STETs atingem a eficiência de remoção de carga necessária para no mínimo se ter o cumprimento da legislação ambiental? Para esta situação supracitada, se presume haver um certo quadro de ineficiência nesses STETs; assim surgem outros questionamentos a respeito das causas destas supostas ineficiências, as quais são relacionadas a seguir:

- os STETs são mal-operacionalizados?
- há falhas de dimensionamento nos projetos dos STETs?
- a concepção dos projetos de STETs são equivocados?

Primeiro, se a causa da ineficiência do STET for “má operacionalização do sistema”, o problema é simples, bastando um treinamento através de assessoria ambiental competente. Mas, caso o problema seja devido ao segundo item, “falhas de dimensionamento no projeto do STET”, então só poderá ser resolvido com ajustes no projeto original, cuja dificuldade neste caso é considerada de grau médio. Finalmente, caso o problema seja referente ao terceiro item, “concepção equivocada do STET”, então o problema é sério e complexo, pois em alguns casos, segundo a concepção de tratamento adotada a solução passa pelo projeto de um novo STET. Quando está situação ocorre em indústrias de médio e grande porte, o prejuízo financeiro pode ser da ordem de milhões de dólares, além que às vezes os impactos ambientais são irreparáveis e nesses casos não há dinheiro que recomponha o ambiente impactado.

Quando os problemas da ineficiência das estações são referentes aos resíduos líquidos e gasosos, a agressão ambiental é facilmente detectada (visualmente ou através de análises físico-químicas e/ou bacteriológicas) pela comunidade ou pelos órgãos fiscalizadores, que podem interditar a estação, fazendo cessar as descargas poluidoras, até que os problemas sejam resolvidos. Apesar do processo poluidor ter ocorrido, a carga poluidora (líquida e/ou gasosa) gerada durante as descargas irregulares se dissipa facilmente no ecossistema global (mares e/ou atmosfera). Nesta situação, quando a agressão ao ambiente é interrompida a partir de sua constatação, a natureza passa a partir desse momento a oferecer novamente as condições para que o ecossistema possa se recuperar naturalmente.

Porém, quando o problema se refere aos resíduos sólidos, a agressão torna-se difícil de ser detectada em curto prazo, pois as contaminações do solo e lençol freático são dissipadas lentamente, dada a baixa velocidade de penetração dos elementos contaminantes no solo, além que, a princípio, os resíduos estão confinados em um ambiente restrito (aterro). Assim, a detecção dos problemas em relação aos resíduos sólidos apresenta um tempo de retardo maior em comparação aos efluentes líquidos e/ou gasosos, esse tempo pode chegar até a algumas décadas, e, em alguns casos, a detecção só ocorre mesmo muitos anos depois da própria desativação do sistema de tratamento.

Os tratamentos dos efluentes são realizados em sistemas complexos, assim erros de concepção do STET são de extrema gravidade para o ambiente. Nos casos dos efluentes líquidos e gasosos devem cessar imediatamente os despejos e se efetuar a readequação do sistema, independentemente do prejuízo financeiro. No caso dos resíduos sólidos, os efeitos poluidores persistem sobre o solo, mesmo que tenha cessado sua disposição, o que exige um processo de remediação.

Nesse instante, tem-se o seguinte questionamento: por que ocorrem os erros de concepção no STET? Se há regulamentação ambiental, se as tecnologias de tratamento estão disponíveis, se os sistemas de tratamento têm preferência quanto ao financiamento dos recursos financeiros, se é sabido que a sociedade está se tornando mais participativa nas questões ambientais, o que ocorre então? A resposta para deste questionamento não é simples de ser elaborada, são muitas as variáveis e os atores envolvidos nas decisões dos projetos dos STETs. Se o conjunto de fatores envolvidos são extenso, se muitos dados estão na forma subjetiva, isto significa que o questionamento passou a ser um problema de ordem complexa e a individualidade de cada caso passa a ter que ser considerada.

A problematização deste trabalho consiste em compreender através de uma análise comparativa entre diferentes tipos de STETs, quais seriam as melhores concepções de tratamento para os resíduos têxteis no Brasil. Só assim, será possível evitar erros de concepção nos projetos de STETs e conseqüentemente evitar danos ambientais, que muitas vezes podem ser irreparáveis, como a contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas por metais pesados e produtos cancerígenos.

1.2 Objetivos da pesquisa

O tema da pesquisa está centrado na problemática da gestão ambiental dos STETs. E, assim, estar auxiliando os projetistas na definição das melhores tecnologias de tratamento aplicadas aos STETs, considerando as condições individuais que cada empreendimento têxtil está sujeito dentro do contexto brasileiro.

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver uma análise comparativa entre os diferentes tipos de tecnologias usadas nos STETs do Brasil e da Península Ibérica para se ter quais são as melhores opções de tratamento dos resíduos têxteis para as condições brasileiras.

1.2.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral proposto foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- realizar uma revisão bibliográfica para identificar e conhecer a maioria das tecnologias de tratamentos de efluentes, que já foram empregadas ou ainda encontram-se em evidência nas indústrias têxteis de todo o mundo;
- através de pesquisa de campo, identificar os atores envolvidos no processo de seleção das tecnologias empregadas nos STETs e estabelecer a relação entre estes atores, além de conhecer o perfil histórico dos primeiros STETs utilizados no Brasil e na Península Ibérica;
- detectar os erros dos projetos de STETs que ocorrem com maior frequência no Brasil e na Península Ibérica;
- elaborar e analisar diagramas de força sistêmica para os cenários pesquisados, considerando os atores, a poluição e gestão ambiental,
- comparar os diferentes STETs do Brasil e da Península Ibérica, identificando as melhores ações de preservação ambiental em relação aos poluentes da indústria têxtil.

1.3 Justificativas

Quando se busca pesquisar quais seriam os melhores STETs, constata-se a deficiência de bibliografia específica para o desenvolvimento de projetos de sistemas de tratamento de efluentes, mas se deve ressaltar que o problema não é específico da indústria têxtil, pois ocorre para todos segmentos industriais. Quando se pesquisam autores conceituados na área de saneamento ambiental, como Chernicharo (1997), Braile (1985), Mecalff & Eddy (1991) e Eckenfelder (2000) e outros, ao apresentarem os diversos processos de tratamento de resíduos, eles em geral o fazem através de quadro comparativo de vantagens e desvantagens de cada processo, principalmente em relação à eficiência de remoção de carga e custos de investimento e operação. Dificilmente se recomenda um determinado sistema de tratamento vinculando a sua atividade industrial; o máximo que fazem é relacionar atividades industriais nas quais os tratamentos foram testados e obtiveram respostas satisfatórias, quanto a tratabilidade e à eficiência de remoção de carga. Assim, a escolha dos processos para o sistema de tratamento de efluentes ficam baseadas em análises subjetivas destas referências ou na experiência do projetista.

A definição do STET que se enquadre corretamente no contexto da indústria em questão é de suma importância para o sucesso do empreendimento. Os equívocos surgem com maior intensidade quando o projetista ainda não detém grandes experiências, ou as já vivenciadas não tenham tido muito êxito. Nesses casos as elaborações dos projetos STETs ficam seriamente comprometidas. Presume-se que cada projetista ou empresa de projeto possua uma metodologia própria para definição dos sistemas que projetam, baseadas principalmente nas suas experiências e conhecimentos, mas também usam as análises comparativas como a proposta neste trabalho para tomarem as suas decisões, principalmente porque parte de observações de sistemas em regime de operação e em escala industrial.

Essas situações de erros na seleção de tecnologias para STETs são de difícil comprovação, pois não são registradas bibliograficamente, porque não existe interesse comercial na divulgação das falhas. Destarte o presente trabalho se justifica porquanto procura identificar as formas como são desenvolvidos os projetos dos STETs e ao mesmo tempo comparar tecnologias de tratamento em uso.

Assim, os conhecimentos das metodologias atualmente empregadas para a definição dos STETs possibilitam a análise das falhas existentes, que principalmente estão alicerçadas na falta de compreensão das forças (tecnológicas e políticas) envolvidas em cada caso, pois deixar de considerar fatos importantes que envolvem os atores e os cenários onde se desenvolvem tais projetos.

A análise dos diferentes tipos STETs em uso no Brasil e na Península Ibérica não será a solução definitiva para as possíveis falhas na concepção dos projetos de sistemas de tratamento, mas com certeza fará com que o projetista possa analisar as diferentes possibilidades de sistemas para o cenário em estudo e construir o seu conhecimento a partir dessa visualização e interação de todos os atores envolvidos (comunidade regional organizada, órgãos governamentais, centros de pesquisas, a empresa, fornecedores de materiais, equipamentos e serviços, além de outros elementos que possam surgir), lembrando-se que o projetista também é um ator envolvido na solução do problema.

Evitar falhas na concepção de projetos de STETs, diminui custos para as empresas e preserva o ambiente, faz com que a comunidade circunvizinha às unidades industriais passa a ter a sua qualidade de vida respeitada.

1.4 Delimitação da pesquisa

A definição do campo de amostragem da pesquisa faz com que os dados possam ser sintetizados dentro de um menor espectro e desta forma a análise dos resultados passa a ter um maior grau de confiabilidade. Também não se deve esquecer que a delimitação do campo de pesquisa deve ser feita de forma racional e que permita serem atingidos os objetivos propostos no trabalho.

Considerando-se a Carta Têxtil de 2002, elaborada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, que indicava serem 545 as indústrias de acabamento têxteis (tingimento) no Brasil, distribuídas praticamente em todas as regiões do país (IPT, 2002), era evidente a necessidade da delimitação dessa amostra.

Assim foram feitas algumas considerações para se obter o campo de amostragem da pesquisa. É de conhecimento geral que as indústrias têxteis estão localizadas umas próximas das outras, formando os chamados pólos fabris. Em função de ter como um dos objetivos do trabalho o conhecimento histórico da forma como os primeiros STETs foram implantados e posteriormente adaptados, a escolha recaiu sobre os pólos têxteis mais antigos (criação superior a 50 anos) e bem-sucedidos, que, no caso do Brasil são os de Americana (SP) (tecidos planos algodão) e Blumenau (SC) (tecidos de malharia algodão). Conjuntamente, os dois pólos possuem mais de 100 indústrias de acabamento têxtil - tingimento e estamparia (Sindtex e Sinditec - 2002).

É importante que além da pesquisa realizada no Brasil se tivesse um outro parâmetro para se contrapor a estes dados, a fim que as análises dos STETs pudessem ser enriquecidas e assim, poderem ser mais abrangentes.

Desta forma, novamente se faz necessário novas considerações. Não seria simples a aplicação de uma pesquisa subjetiva e de campo com as empresas, projetistas, órgãos ambientais e a comunidade organizada em um cenário internacional. Desta forma, foi necessária a ajuda de uma instituição e um pesquisador com credibilidade perante esses atores em terras estrangeiras. A Universidade do Minho - Guimarães - Portugal - Uminho, se moldou segundo esse perfil, porquanto mantém convênios com a Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (onde se desenvolve o presente trabalho) e a Universidade Estadual de Maringá - UEM (origem do pós-graduando), e, por outro lado, o orientador deste trabalho já desenvolve outras parcerias com a co-orientadora do Uminho. Também a “Universitat Politècnica de Catalunya”, através do “Instituto de Investigación Têxtil y Cooperación Industrial de Terrasa – Intexter” propiciaram que algumas indústrias têxteis da região da Catalunha, mais precisamente de Barcelona participassem da pesquisa de campo.

As pesquisas realizadas em Portugal e na Espanha atendem aos requisitos de se contrapor, dado que, como o Brasil, Portugal e Espanha são também países em busca da sustentabilidade ambiental que é exigida pela Comunidade Européia, a qual a mesma política ambiental para todos os países membros. Portugal e Espanha estão sujeitos ao cumprimento das directivas ambientais européias desde 1996.

Em Portugal, segundo dados de 2002, do Centro de Estudos Têxteis Aplicados (Cenestap, 2002) são aproximadamente 350 indústrias de acabamento têxtil (tinturaria e estamparia), concentradas em apenas dois pólos, um na região do Alto Minho (Norte do país) e outro em Beira Interior - Serra da Estrela (região central).

Na Espanha, segundo dados de 2003, Associação das Indústrias Têxteis de Produtos de algodão – Aitpa -, somente na região de Barcelona são 175 unidades industriais de acabamento, cuja matéria-prima principal é o algodão. São gerados aproximadamente 23.000 empregos diretos. Considerando o setor têxtil e do vestuário são mais de 2600 empresas e 94.000 empregos diretos (Aitpa, 2004).

1.5 Hipótese principal

É que pela análise comparativa dos diferentes STETs seja possível concluir quais são as melhores tecnologias de tratamento de efluentes têxteis em uso atualmente (2005), além de uma variedade de informações que poderão ser utilizadas pelos projetistas de STETs e assim evitar alguns erros de projetos.

1.5.1 Hipóteses secundárias

Dentro da macrodimensão apresentada na hipótese principal, têm-se algumas hipóteses que podem se definir como secundárias:

- para dois cenários distintos poderão ser gerados diagramas de forças semelhantes ou mesmo iguais, mas isso necessariamente não condiciona a geração de análises semelhantes, ou mesmo iguais;
- a complexidade da análise comparativa estará diretamente relacionada com a complexidade do diagrama de força;
- é possível que em função dos questionamentos e comparações realizadas na análise comparativa, tecnologias emergentes passem a ser usada com maior frequência quando da implantação de novos STETs,
- a análise dos cenários (Brasil – Portugal - Espanha) quando comparados podem evidenciar a cultura de cada região.

1.6 Relevância e contribuição

A atividade têxtil está mundialmente disseminada, principalmente por seu potencial econômico e social. Em relação ao ambiente, pode se dizer que as cargas poluidoras não são das maiores, porque existem outras atividades industriais com potencial poluidor muito superior ao da indústria têxtil. O problema ambiental de maior complexidade em relação aos resíduos têxteis está na questão da cor nos efluentes líquidos, existindo algumas opiniões, que o problema é mais estético (visual) do que orgânico ou inorgânico nos corpos receptores. Outro grande problema pode surgir quando da eliminação da cor por algum tipo de processo que venha a gerar resíduos sólidos (lodo). Independentemente do lodo de ser puramente químico ou biológico, o tratamento apresenta um certo grau de dificuldade, principalmente em relação a inertização e a disposição no solo.

Tal situação, ao longo do tempo, pode produzir uma relação conflituosa, ou seja, as empresas têm que se adaptarem às exigências ambientais, sempre cada vez mais rígidas, e daí a questão passa a ser extremamente relevante. Quanto maior grau de exigências ambientais, certamente os custos de produção das indústrias se tornam maiores, e assim em geral surgem relações conflitantes entre as empresas, os órgãos governamentais e a sociedade organizada. Mas, apesar dos conflitos, é muito importante o envolvimento da sociedade, dos governos, dos projetistas, dos pesquisadores e das empresas na solução desses problemas. Os reflexos socioambientais na construção de uma sociedade justa, em que todos sejam respeitados e as questões ambientais sejam levadas a sério, transcendem o espaço físico ocupado pelas empresas (geradoras de resíduos) e envolvem a todos, dada a sua relevância na busca da melhor qualidade de vida de toda a sociedade.

Espera-se que este trabalho possa contribuir para a melhoria da qualidade técnica dos STETs a serem implantados ou modificados no Brasil. Pois são através dos questionamentos científicos e socioambientais dos pontos críticos dos STETs que os projetistas podem decidir pela melhor alternativa de tratamento. Todos os STETs que passam por questionamentos, de entendimento ou de contestação, acabam por serem melhores estruturados e com menor possibilidade de erros de concepção.

“A conservação é a mais inteligente e eficaz
forma de usar os recursos naturais.”

Joseph Holmes, (1902 – 1984)

Esta seção apresenta uma revisão bibliográfica relativa aos processos de linguagem sistêmica e assuntos relevantes (caracterização, remoção de cor e carga, geração de lodo, tipos de tratamento) e pertinentes aos resíduos gerados pela indústria têxtil. Tal revisão propiciará subsídios para a interpretação e compreensão da análise comparativa dos STETs, principalmente nos processos de acabamento (tingimento e estamperia).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Construção do conhecimento (cognitivo)

A inserção deste tópico subsidia a compreensão de como nascem e se formam os modelos mentais que constituem a base da construção de qualquer análise sistêmica de um fenômeno natural ou sociocultural que tenha ocorrido no universo. Neste trabalho não se tem a pretensão do detalhamento filosófico a respeito da construção do conhecimento, mas sim apresentar uma ferramenta que possa representar os envolvimento do conhecimento e das relações entre atores de um cenário e suas interações socioambientais.

A capacidade de aprender e ensinar estão presente em todas as espécies do reino animal, principalmente na humana, e é ela a semente embrionária do saber, pois aumenta o conhecimento e desenvolve a ciência (D' Ambrosio, 1999). Ou seja, ciência e o conhecimento se fundem no exato momento de suas concepções, o que dificulta o processo de distinção de ambos no sistema global do saber. Segundo Sampaio (1999), a busca primaz da ciência está em entender e explicar racionalmente a natureza e os fenômenos que ocorrem no mundo real e, assim, desvendar os mistérios que nada mais são do que a falta do conhecimento verdadeiro.

O processo no qual se discute o desenvolvimento da construção de diagramas sistêmicos para à análise comparativa entre dois sistemas distintos requer um conjunto de habilidades e técnicas cognitivas, como formulação da situação, teste de hipóteses, abstração e idealização. Nessa perspectiva, a metodologia científica pode ser representada como um ciclo em que primeiramente se fazem as observações e somente a partir daí que se é construído o diagrama de força sistêmico. Posteriormente se desenvolve a análise do objeto, conforme é mostrado na figura 2.01 (Hartley *et al.*, 1991).



Figura 2.01 – Ciclo da dinâmica da metodologia científica

Fonte: Adaptação - Hartley *et al.* (1991, p.224).

A espécie humana, constantemente, questiona a sua existencialidade e procura interpretar a si própria e ao universo em que está inserida, buscando significado em tudo e em todos. Transforma as representações da realidade em conhecimento e relaciona tudo ao fenômeno vida, o qual pode ser representado por um tripé constituído pelo indivíduo, pela natureza e a sociedade, conforme pode ser visto na figura 2.02 (Pinkler, 1998).

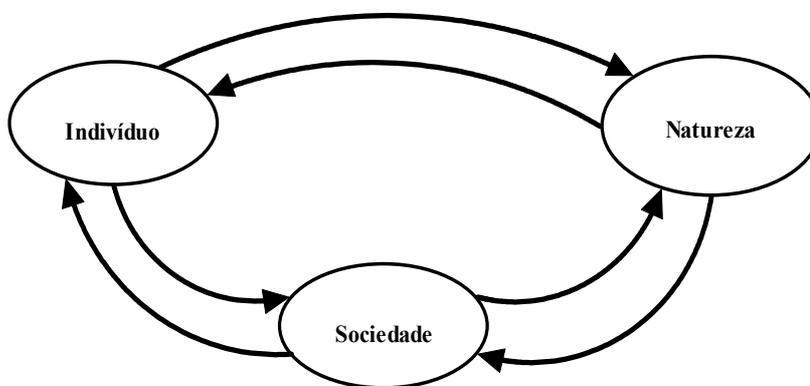


Figura 2.02 – Relações do conhecimento

Fonte: Pinkler (1998 p.167).

Na seqüência se busca a definição de realidade, da qual existem inúmeras vertentes. O enfoque que se busca neste trabalho se esquia dos temas polêmicos e adota a corrente materialista, onde a realidade é tudo. Tudo foi real, tudo é real e tudo continuará real (D' Ambrosio, 1999). Dentro deste contexto de realidade, a espécie humana se distingue das demais por buscar explicações e meios de convívio. Nesta busca ocorre a construção do conhecimento, que segundo Piaget, acontece quando se desenvolvem ações físicas ou mentais sobre os objetos que, ocorrido o desequilíbrio, geram “assimilação” ou “acomodação”, segundo um “esquema”. No sistema cognitivo, “esquema” é um processo de arquivamento de dados com estruturas mentais, pelas quais os indivíduos organizam o meio; já a “assimilação” é uma ordenação dos novos eventos dentro da estrutura do “esquema”; e finalmente, a “acomodação” é a modificação na estrutura do “esquema” em função da especificidade do objeto para a concretização da “assimilação” da ação (Lopes, 1996).

Para exemplificar melhor a relação de conhecimento dentro do contexto socioeconômico-ambiental, a figura 2.03 é uma adaptação de Tietenberg (2000) que se molda às relações de conhecimento representadas pela figura 2.02 (Pinkler, 1998). Nelas o indivíduo passa a ser um elemento jurídico (indústrias - gerador de poluição), mas as interações permanecem as mesmas, ou seja, o sistema socioeconômico efetua a extração dos recursos naturais do sistema ambiental e os transforma em bens de consumo. Como parte do resultado da transformação se tem a geração de resíduos, que pelo ciclo natural tende a ser absorvido pelo meio.

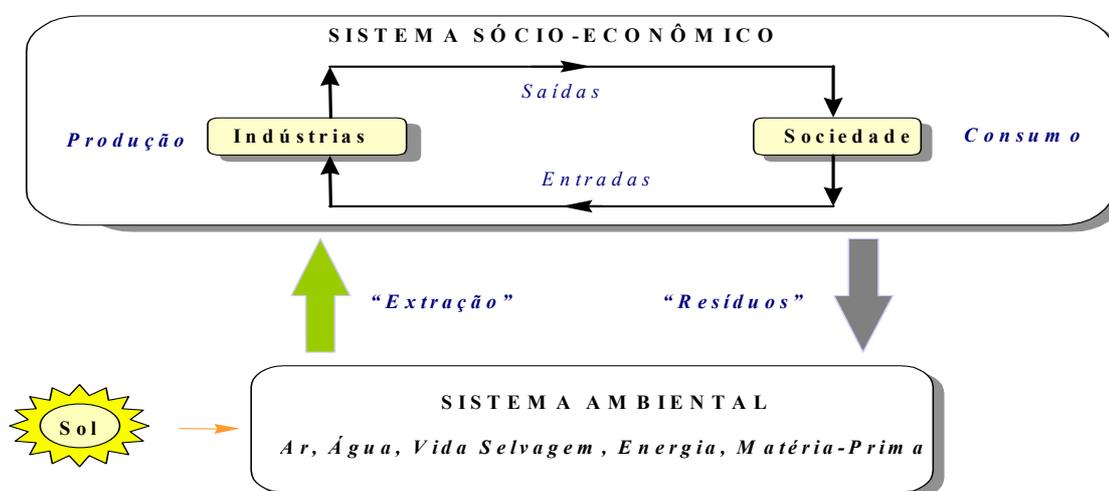


Figura 2.03 – Relações sócio-econômico ambiental
Fonte: Adaptação de Tietenberg (2000, p.231)

O desenvolvimento do conhecimento é um processo complexo, extremamente dinâmico e sem término, no qual a cognição está vinculada à organização intelectual (epistemologia) e social, além da educação, e, conseqüentemente, sujeita a condições específicas de estímulo e de subordinação ao contexto natural, cultural e social (Fenley, 1979).

Todas essas tentativas de formulação de teorias e conceitos para explicar o conhecimento, ou melhor, a realidade, é que caracteriza a ciência cognitiva como uma atividade metódica. Desta forma é que se processa o ciclo de aquisição individual e social do conhecimento.

Para a elaboração de um projeto de STET é necessário passar pelo ciclo da construção do conhecimento, tanto individual quanto social e coletiva, pois é somente desta forma que os sistemas de apoio à decisão podem colaborar para que os equívocos iniciais possam ser evitados e, assim se obtenha o desempenho desejável do sistema, o que resultará em melhor custo-benefício para as indústrias, para a preservação do ambiente e melhor qualidade de vida para a sociedade.

2.2 Análise de sistema dinâmico por linguagem sistêmica

A origem da análise do sistema dinâmico está no estudo da teoria do servomecanismo e *feedback*, que foram desenvolvidas inicialmente por Jay W. Forrester a partir da década de 1950 e passaram a ter aplicação mais efetiva no início da década de 1980, com os trabalhos de Peter Senge, conforme relatado pelo próprio Forrester (1989).

Mas antes de abordar os sistemas dinâmicos é necessária a definição de sistema, que nada mais é que um conjunto de elementos quaisquer ligados entre si por uma cadeia de relações, os quais agem como uma estrutura organizada. Um sistema não inclui apenas aspectos físicos, mas também os aspectos sociopolíticos inerentes às atividades individuais de cada elemento, de tal forma que possibilite as ligações entre esses mesmos elementos (Anderson, 1997).

Para Goodman (1989) a dinâmica de sistema é definida como um elemento de busca da compreensão da estrutura e do comportamento dos sistemas constituídos de enlaces interativos (*feedback*). Também Bellinger (1996) define sistema como uma entidade que mantém sua existência através da interação mútua entre suas partes, ou seja, ele não pode ser representado somente pelas partes considerada individualmente ou independente: deve, sim, propiciar a inter-relação entre as partes, de forma a caracterizar o todo. Ou seja, em um sistema, as partes influenciam-se reciprocamente, de forma direta ou indireta, segundo um fluxo de controle. Para Senge (1990, p.82), esse fluxo possui uma natureza “recíproca, já que todo o controle é, simultaneamente, causa e efeito, ou seja, o controle nunca terá um sentido único”. Para caracterizar um controle é preciso ter opções de sentido; por exemplo, um determinado elemento A pode controlar B, como pode controlar C, e nada impede que C possa controlar A através de um ciclo gerado por um *feedback* ou enlace.

Para melhor representar toda essa dinâmica de sistema, existe uma ferramenta que é a linguagem sistêmica. A forma de abordagem deste assunto está baseada em Senge (1990), Senge & Sterman (1994) e Senge *et al.* (1996), haja vista que a maioria dos outros autores também usa essas literaturas como base para referenciar as suas afirmações. Essa nova forma de pensamento (sistêmico) deve ajudar a mapear e melhorar as análises globais dos sistemas. Para tanto é essencial a mudança de mentalidade, a qual se concretiza pelos seguintes conceitos:

- nova forma de pensar sobre as inter-relações dos elementos da realidade, ou seja, através de cadeias circulares causa-efeito, e não mais por cadeias lineares de causa-efeito e,
- nos processos, as mudanças carecem de um tempo de maturação, não são instantâneas.

O grande diferencial de pensar sistemicamente está na forma de ciclos, ou melhor, de cadeia circular de causa-efeito, em que se considera o efeito do *feedback* ao longo do tempo. A maioria dos sistemas possui tempos de maturação para a produção dos efeitos desejados. Quando o *start* de uma determinada ação não considerar esse tempo, com certeza gerará ações equivocadas sobre o sistema, ou ainda, fará com que o sistema passe do “*set-point*” (Senge, 1990).

Para melhor entendimento e visualização do sistema dinâmico através de linguagem sistêmica, se faz uso de um diagrama chamado de enlace causal ou “*causal-loop-diagram*”, que também pode ser denominado de diagrama de força sistêmica (DFS), que é apresentado na seqüência pela figura 2.04.

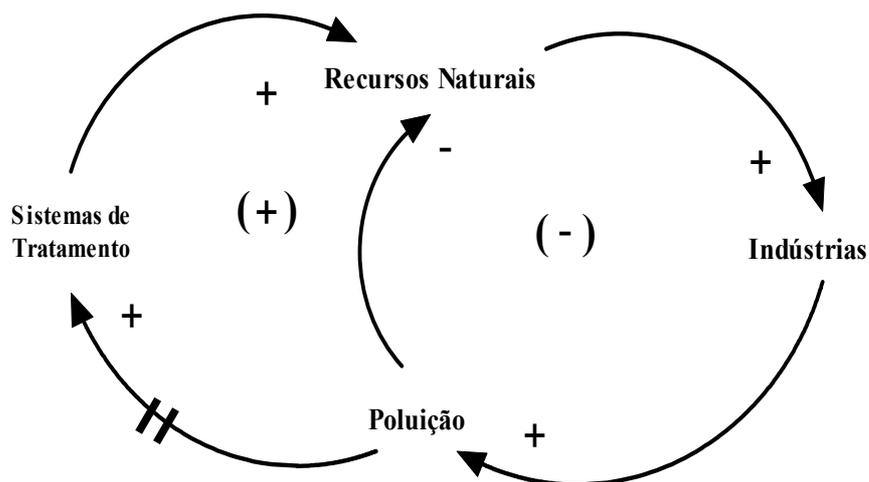


Figura 2.04 – Diagrama de enlace causal (adaptação para condições ambientais)
 Fonte: Primária - Adaptação de Goodman (1989, p.5)

O diagrama da figura 2.04 é constituído dos seguintes elementos:

- Variáveis: elementos ou fatores relevantes do sistema. No exemplo em questão, são as quantidades de “recursos naturais”, o número de “indústria” de transformação, taxa de “poluição” e a taxa de construção de “sistemas de tratamento” de efluentes.
- Relacionamento: as linhas com setas indicam o fluxo de controle ou influência de cada variável, uma sobre as outras. A forma de relacionamento é indicada por sinais “+” (positivo) ou “-” (negativo). No primeiro caso, o sinal “+” indica que a variação positiva do elemento gerado causa uma variação também positiva no elemento que recebe o efeito da variação (no exemplo, o aumento do número de indústrias de transformação causa um aumento na taxa de poluição gerada no ambiente). No segundo caso, o sinal “-” indica que uma variação positiva do elemento gerado causa uma variação negativa no elemento que recebe o efeito da variação (no exemplo, o aumento da taxa de “poluição” gera uma diminuição na quantidade dos “recursos naturais” disponíveis).

- **Atrasos:** o elemento é representado por “| |”, sinal que indica que o elemento introduzido requer um tempo de espera para que surta os efeitos desejados sobre o sistema. No exemplo, a introdução de “sistemas de tratamento” de efluentes no sistema propicia a redução do grau de poluição e, conseqüentemente, melhora a disponibilidade de “recursos naturais” para o sistema; apenas a recuperação dos “recursos naturais” requer um certo tempo, dadas as condições físicas e biológicas que o sistema está submetido.
- **Enlace ou *feedback*:** é o ciclo de causa-efeito, em que a perturbação em um elemento (variável) causa uma variação na origem como resposta. A polaridade do ciclo pode ser identificada a partir de um elemento qualquer - com variação positiva ou negativa – dentro do ciclo, se o efeito resultante da variação sobre o próprio elemento for no mesmo sentido (positivo com positivo). Neste caso o ciclo é chamado de *feedback* positivo (+); caso o efeito resultante sobre o próprio elemento seja em sentido inverso, gera um *feedback* negativo (-). No exemplo da figura 2.04, o *feedback* positivo (+) é constituído da seguinte forma: o aumento do “recursos naturais” gera a possibilidade de um maior número de “indústrias” de transformação, que aumenta a taxa de “poluição” no ambiente; como conseqüência se tem o aumento do número de “estações de tratamento”, que minimiza os impactos no ambiente, e, em alguns casos, a recuperação dos “recursos naturais”, ou seja, aumento destes “recursos”. O ciclo descrito apresenta sempre o mesmo sentido, por isso o *feedback* é positivo (+). Já o *feedback* negativo (-) é constituído da seguinte forma: o aumento do “recursos naturais” gera a possibilidade de um maior número de “indústrias” de transformação, que aumentam a taxa de “poluição” no ambiente; como conseqüência se tem a diminuição dos “recursos naturais” pela própria contaminação destes recursos. O ciclo descrito apresenta o sentido inverso (origem positiva e destino negativo), por isso, o *feedback* é negativo (-).
- **Linhas cheia ou tracejada:** a cheia representa ações de indução direta, ou seja, de causa e efeitos simultaneamente. Enquanto a linha tracejada representa ações de indução indireta, ou seja, a causa e o efeito não estão vinculados diretamente, de forma que as ações e as respostas não são simultâneas, ou seja, existe uma etapa de execução distinta entre a primeira ação e a resposta final.

Resumindo, os *feedbacks* positivos são denominados de enlaces de reforço, enquanto os *feedbacks* negativos são denominados de enlaces de balanceamento. Além disso, é importante mencionar que a determinação dos efeitos de um elemento sobre outro é feita de forma a manter constantes todos os demais efeitos sobre o elemento afetado.

Na maioria dos casos, os *feedbacks* positivos (+) (reforço) produzem ciclos viciosos, que são denominados de efeito “bola de neve”. Em geral essas estruturas geram crescimento ou colapsos exponenciais. Já os *feedbacks* negativos (-) (balanceamento) criam os mecanismos de equilíbrio do universo. Geralmente induzem a um equilíbrio natural, ou melhor, um equilíbrio de ação e reação. No exemplo da figura 2.04, em que se tem a situação de nosso planeta, onde atualmente se vivencia o efeito de *feedback* positivo. As indústrias aumentam incessantemente e, por conseqüência, o grau de poluição é cada vez maior, exigindo mais sistemas de tratamento que recuperam parte dos recursos degradados, e desta forma possibilita a geração de mais indústrias (efeito bola de neve). Mas, no caso dos sistemas de tratamento não sejam implementados, em curto espaço de tempo, os recursos naturais tenderão ao esgotamento; assim, o número de indústrias tenderá a diminuir, pela falta de recursos naturais (desequilíbrio), e, teoricamente, se terá a redução do grau de poluição pela pior maneira possível, o caos generalizado, ou seja, a falta de recursos naturais.

Para exemplificar a linguagem sistêmica se tem a seguinte situação, um indivíduo se encontra com dor de cabeça e toma uma dose de analgésico para aliviar a dor, depois deve esperar um tempo para que o analgésico faça o efeito desejado (aliviar a dor). Racionalmente, nenhum indivíduo tomaria outra dose de analgésico pouco tempo depois da primeira dose, só porque não teve o alívio imediato da dor. O tempo de espera nesse caso é de extrema importância, pois permitirá a construção de um enlace ou *feedback* correto para a situação, conseqüentemente, a ação também será correta para se atingir o ponto ideal (ausência da dor de cabeça). Não considerar o tempo de espera para o efeito do analgésico pode gerar uma instabilidade, ou mesmo um colapso no sistema, pelo crescimento exponencial dentro do enlace de reforço. A figura 2.05 representa o caso em questão.

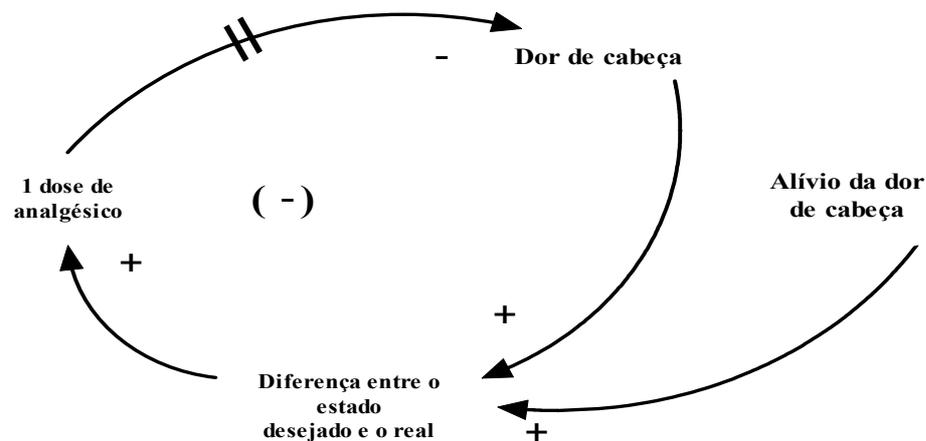


Figura 2.05 – Diagrama do enlace de uma dor de cabeça.
 Fonte: Senge (1990 p.94).

A instabilidade e o colapso no sistema em questão levariam o indivíduo a uma sobrecarga de analgésico (overdose), fazendo com que o sistema passe do ponto alvo, e o pior, produzindo a efeitos colaterais. A argumentação é que as ações devem ser implementadas em um processo de intervenção planejada, considerando tanto os atrasos no sistema quanto a própria dinâmica do processo de intervenção planejada (Senge, 1990).

Através de uma figura de enlace é possível descrever toda uma situação que será caracterizada através de parágrafos e frases (método descritivo), dentro de um enlace e, de todas as influências ou controle disponível no sistema em questão. O conjunto de enlace pode se repetir freqüentemente em diversas situações, ou seja, desenvolver um “loop”. Nessas condições surgem os chamados arquétipos sistêmicos, que funcionam como estruturas comuns de linguagem, permitindo a montagem descritiva de um caso. Essa forma de estrutura é importante porque existem situações na qual é muito difícil de descrever o fenômeno apenas de forma quantitativa (números e seqüência de cálculos).

A figura 2.06 exemplifica a utilização destes arquétipos para uma situação tipicamente ambiental, na qual envolve elementos extremamente qualitativos, como por exemplo, a escolha da melhor tecnologia de tratamento disponível para uma dada situação.

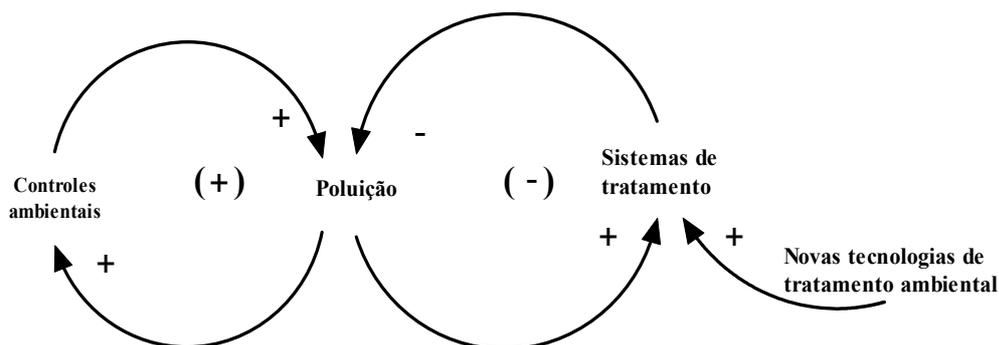


Figura 2.06 – Arquétipo – Controle de poluição
 Fonte: Primária - adaptação de Senge *et al.* (1996, p.123).

A figura 2.06 mostra uma situação social em que a preocupação central se refere à poluição ambiental. Inicialmente a preocupação com a poluição gera um maior número de controles ambientais; o resultado do controle (especificidade) leva a uma melhor caracterização do grau de poluição, o que em geral identifica um maior grau (intensidade) de poluição e, conseqüentemente, realimenta a preocupação com a poluição. No segundo enlace, a preocupação deve consolidar a construção de um maior número de sistemas de tratamento; essa ação é muitas vezes implementada com novas tecnologias, o que resulta sempre em minimização de impactos ambientais, e desta forma a poluição pode ser também minimizada.

O que se percebe através do arquétipo é que, tipicamente, existe um processo de crescimento (vertiginoso e descontrolado), que é representado pelo primeiro enlace descrito; na seqüência surge um enlace de balanceamento, que num dado instante desencadeia ações que têm o objetivo de limitar o processo de crescimento do primeiro enlace. O enlace de balanceamento tem implícito um limitante com objetivos definidos, devendo produzir efeitos de estabilização do crescimento.

Como o exemplo anterior existem muitos outros, ilustrados na literatura especializada, que demonstram a existência dos problemas e dê que forma eles podem ser representados através da linguagem sistêmica.

Em resumo, o diagrama de enlace causal serve como esboço das hipóteses causais, além de simplificar a análise do sistema em observação através da rápida identificação da estrutura do sistema. É muito útil nas fases iniciais de qualquer estudo, pois possibilita uma visão ampla das forças envolvidas em cada caso.

2.3 Contextualização dos assuntos têxteis

A partir deste tópico a revisão bibliográfica dará ênfase aos assuntos que envolvam os produtos e os resíduos gerados nos processos têxteis, bem como as tecnologias utilizadas nos STETs, que é a questão central do estudo deste trabalho. Em função de se buscar comparações entre as tecnologias de tratamento de resíduos têxteis empregadas no Brasil e na Península Ibérica (Portugal – Espanha), sempre que houver diferenças significativas os temas serão abordados distintamente.

2.3.1 Legislação aplicada aos resíduos têxteis

A legislação ambiental deve ser o instrumento de compatibilização entre a preservação da qualidade ambiental e o desenvolvimento sustentável, estabelecendo os limites nos quais o desenvolvimento econômico e social não desequilibre os ecossistemas existentes.

Quando do desenvolvimento de projetos de STETs, é essencial o conhecimento da legislação ambiental para que todas as exigências da lei sejam respeitadas quando da elaboração dos projetos e conseqüentemente na implantação do sistema. Desta forma, a legislação ambiental é ponto de origem de todos os projetos de tratamentos de efluentes, haja vista que os parâmetros de lançamento são definidos com base nas legislações pertinentes. Também é o ponto de finalização, porque depois do projeto implantado e o sistema em operação este deve atender aos parâmetros estabelecidos pela legislação para aquela unidade industrial.

2.3.1.1 Legislação ambiental brasileira

A constituição brasileira de 1988, no art. 225 do capítulo VI, define que “...todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado”. Para que isso possa ocorrer a legislação ambiental tem que assegurar a todos, mediante o equilíbrio ambiental, o direito a qualidade de vida. O ambiente é um bem de uso comum e sua defesa é de responsabilidade do Poder Público e da própria comunidade.

No Brasil a lei é estabelecida em primeira instância pela União e na seqüência pelas unidades federativas e municipais. Essas duas últimas unidades buscam o aperfeiçoamento das respectivas leis magnas, quanto às características e às necessidades de cada região do país.

Assim, as leis estaduais e municipais apresentam sempre um caráter de maior especificidade em relação às leis federais. Isso faz com que a competência seja comum aos três poderes executivos. Mas isso não significa que as leis federais, ou mesmo as estaduais, não possam sofrer alterações de caráter restritivo quando de sua transposição para a legislação municipal, só não podendo ocorrer a situação inversa. Em geral os valores já estabelecidos nas competências anteriores (federais e estaduais) devem ser condizentes com as tecnologias de tratamento disponíveis no mercado. Tal fato, por vezes, é considerado nas esferas das administrações municipais como um fator negativo no processo de industrialização, principalmente para os pequenos e médios municípios que carecem de infra-estrutura industrial para serem oferecidas às indústrias (Vale 2000).

Neste trabalho muito dos dados foram obtidos em indústrias têxteis localizadas nos estados de São Paulo (região de Americana) e de Santa Catarina (região de Blumenau), isso em relação à pesquisa realizada no Brasil. Assim, quando as legislações ambientais destes Estados forem diferenciadas serão feitas devidas ressalvas entre ambos e a legislação federal.

2.3.1.1.1 Resíduos Líquidos - Brasil

A primeira peça jurídica a focar os recursos hídricos é de junho de 1934, o Decreto n.º 24.643, que instituiu o “Código de Águas”, ainda vigente no país. Estabelece regras para o aproveitamento dos recursos hídricos com fins energéticos (SENA, 1997). Em relação ao controle das cargas poluidoras dos efluentes industriais somente veio a ocorrer através da regulamentação da portaria GM 0013, de 15/01/1976. O detalhamento só viria posteriormente através da Resolução n.º 20 do Conama, de 18 de junho de 1986, e agora através da resolução 357/2005 que atribui a classificação as águas territoriais em termos de águas doces, salobras e salinas.

Em termos de uso e despejo, as águas foram divididas em nove classes distintas, conforme é mostrado na figura 2.07 a seguir.

Destinação	Classe												
	Águas doces					Águas salinas				Águas salobras			
	E	1	2	3	4	E	1	2	3	E	1	2	3
Abast. p/ uso doméstico s/ prévia ou com desinfecção;	✓												
Abast. p/ uso doméstico após tratamento simplificado;		✓											
Abast. p/ uso doméstico, após trat. convencional;			✓	✓							✓		
Pres. o equilíbrio natural das comunidades aquáticas;	✓			✓		✓				✓			
Proteção das comunidades aquáticas;	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓		
Rec. de contato primário (natação, mergulho e esqui);		✓	✓				✓				✓		
Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) alimento			✓				✓						
Irrig. de hortaliças e frutas rasteiras para cons. cruas;		✓	✓								✓		
Irrig. de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;				✓									
Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;													
Dessecação de animais;					✓								
Navegação;					✓								
Harmonia paisagística;				✓	✓				✓				✓
Navegação comercial;									✓				✓
Usos menos exigentes;													
Recreação de contato secundário				✓				✓				✓	

Figura 2.07 - Classificação dos corpos receptores – Res. Conama n° 357/2005.

Fontes: Conama (2005).

Na seqüência temos as classes definidas pela Resolução n.º 357/05 do Conama. As questões têxteis relacionadas em cada uma das classes são destacadas no texto.

Para águas doces (salinidade igual ou inferior a 0,50 %) têm-se:

- Classe especial – não aceita quaisquer tipos de despejos industriais;
- Classe 1– a DBO₅, (20°C), é de até 3mg/l, o OD não deve ser inferior a 6mg/l e a cor original do corpo receptor não deve ser alterada;
- Classe 2 – não será permitida presença de corantes artificiais que não possam ser eliminados por coagulação, sedimentação e filtração convencional. A DBO₅, (20°C), é de até 5mg/l, o OD não inferior a 5mg/l e a cor é de até 75mg/l Pt (Platina);

- Classe 3 – a DBO_5 (20°C), é de até 10mg/l, o OD não inferior a 4mg/l e a cor é de até 75mg/l Pt (platina);
- Classe 4 – o OD não inferior a 2,0mg/l, os fenóis são de até 1mg/l.

Para águas salinas (salinidade superior a 30%) têm-se:

- Classe 1 – a DBO_5 (20°C), é de até 5mg/l, o OD não inferior a 6mg/l e o pH entre 6,5 e 8,5, e não poder exceder 0,2 ao pH original do corpo receptor;
- Classe 2 – a DBO_5 (20°C), é de até 10mg/l, o OD não inferior a 4mg/l, pH entre 6,5 e 8,5, além de não exceder 0,2 ao pH original do corpo receptor e estarem corantes artificiais virtualmente ausentes.

Para águas salobras (salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30%) têm-se:

- Classe 1 – a DBO_5 (20°C), é de até 5mg/l, o OD não inferior a 5mg/l e o pH entre 6,5 e 8,5;
- Classe 2 – o OD não deve ser inferior a 3 mg/l.

O limite de DBO_5 estabelecido para os corpos d'água de águas doces classes 2 e 3 poderá ter os seus valores elevados, caso se determine que autodepuração do corpo receptor demonstre que o teor mínimo de OD previsto para aquele corpo receptor será respeitado. Em geral os órgãos ambientais dificilmente promovem este tipo de alteração, pois representa um evidente favorecimento ambiental a determinadas unidades industriais de uma dada região.

Segundo a classificação das águas territoriais, excluindo-se os corpos d'água classificados como especiais, todas as demais classes, de 1 a 4, toleram lançamentos de despejos domésticos e industriais, inclusive os efluentes têxteis, desde que se atenda aos dispositivos do artigo 34 da Resolução n.º 357/2005 do Conama, que estabelece os limites máximos para os parâmetros de lançamento.

Os estados de São Paulo (Lei n.º 977, de 31/05/76 e Decreto n.º 8486, de 08/09/76) e Santa Catarina (Lei n.º 5793, de 15/10/80 e Decreto n.º 14250, de 05/06/81) se enquadram na Resolução n.º 357/2005 do Conama e fazem pequenas ressalvas (alterações), além de determinar a carga orgânica permitida para despejo, como pode ser observado na figura 2.08 a seguir.

Parâmetro	Unidade	Lei Federal Res. nº 357/05 Conama	São Paulo Decreto nº 8468/76	Santa Catarina Decreto nº 14250/81
pH	-o-	≥ 5,0 e ≤ 9,0	≥ 5,0 e ≤ 9,0	≥ 6,0 e ≤ 9,0
Temperatura	°C	< 40 – Var. ≤ 3°	< 40 - Var. ≤ 3°	< 40
Resíduos sedimentares	mg/l	1,0	1,0	≤ 1,0
Óleos e graxas	mg/l	-o-	100,0	-o-
Óleos minerais	mg/l	20,0	-o-	20,0
Óleos veg. E gorduras anim.	mg/l	50,0	-o-	50,0
DBO _{5(20°C)}	mg/l	-o-	60 ¹	60 ¹
Redução de DBO _{5(20°C)}	%		80 ¹	80 ¹
Materiais flutuantes	-o-	Ausência	-o-	Ausência
Amônia	mg/l	5,0	-o-	-o-
Arsênio	mg/l	0,5	0,2	0,1
Bário	mg/l	5,0	5,0	5,0
Boro	mg/l	5,0	5,0	5,0
Cádmio	mg/l	0,2	0,2	0,1
Chumbo	mg/l	0,5	0,5	0,5
Cianeto	mg/l	0,2	0,2	0,2
Cobre	mg/l	1,0	1,0	0,5
Cromo hexavalente	mg/l	0,5	0,1	0,1
Cromo trivalente	mg/l	2,0	-o-	-o-
Cromo total	mg/l	-o-	5,0	5,0
Estanho	mg/l	4,0	4,0	4,0
Ferro solúvel Fé ⁺²	mg/l	15,0	15,0	15,0
Fenol	mg/l	0,5	0,5	0,2
Fluoretos	mg/l	10,0	10,0	10,0
Fósforo total	mg/l	-o-	-o-	1,0
Manganês solúvel	mg/l	1,0	1,0	1,0
Mercúrio	mg/l	0,01	0,01	0,05
Níquel	mg/l	2,0	2,0	1,0
Nitrogênio	mg/l	-o-	-o-	10,0
Prata	mg/l	0,1	0,02	0,02
Selênio	mg/l	0,05	0,05	0,02
Sulfeto	mg/l	1,0	-o-	1,0
Sulfito	mg/l	1,0	-o-	-o-
Zinco	mg/l	5,0	5,0	1,0
Organoclorados	mg/l	1,0	-o-	0,1
Sulfeto de carbono	mg/l	1,0	-o-	1,0
Tricloroetano	mg/l	1,0	-o-	1,0
Tetracloroeto de carbono	mg/l	1,0	-o-	1,0
Dicloroetano	mg/l	1,0	-o-	1,0

Figura 2.08 - Súmula dos padrões para efluentes líquidos – limite de despejo.

Fontes: Conama (2005), São Paulo (1976) e Santa Catarina (1981). Obs: -o- Não possui dados.

¹ Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso do efluente do sistema de tratamento de água residual que reduza a carga poluidora em termos de DBO_{5(20°C)}, em no mínimo 80 %.

Os dados apresentados na figura 2.08, referentes à Lei Estadual do Decreto 8486/76 do Estado de São Paulo, estão baseados no art. 18, segundo o qual os parâmetros relacionados devem ser aplicados para indústrias com despejos diretamente nos corpos receptores. Na mesma Lei, o art. 19-A estabelece que em localidade possuidora de rede coletora de esgoto é obrigatório o destino do efluente para essa rede, independentemente da indústria possuir sistema de tratamento de efluentes. Nessa situação, não existem limites estabelecidos para a carga orgânica, e para os metais em geral os limites são de 3 a 5 vezes superiores aos permitidos para os despejos diretos. Para evitar que os valores-limite da figura 2.08 sejam burlados, o art. 30 da Resolução n.º 357/2005 do Conama estabelece que não é permitida a diluição de efluentes industriais com água não poluída. Deve-se salientar que, caso a indústria tenha sistema de tratamento em operação, não poderá desativá-lo. A indústria deverá pagar o tratamento do efluente à empresa gestora do sistema de tratamento público por unidade de volume. Em geral é previsto o pagamento pela carga orgânica, mas isso dificilmente ocorre, o que novamente penaliza as empresas, que têm de manter suas unidade de tratamento em operação. Para algumas outras indústrias, dadas as situações financeira, espacial (falta de espaço para tratamento) e logística, muitas vezes essa alternativa de tratamento por unidade coletiva são interessantes, apesar dos custos que se paga.

Quando da definição de localização do empreendimento, deve-se ter atenção especial nos casos dos corpos receptores de classes 1 e 3, em que se tem o valor-limite máximo de 75mg/l Pt (padrão-platina) para o parâmetro cor. Também as águas de classe 4 exigem a ausência de corantes artificiais.

Em relação a substâncias potencialmente tóxicas, em especial os metais pesados, a legislação federal e as estaduais apresentam valores muito semelhantes, (rever a figura 2.08). Na questão dos metais pesados, quando os resíduos forem de origem têxtil, se deve ter um cuidado especial, pois em um passado recente (décadas de 1960, 1970 e 1980) era constante a presença de metais nos corantes. A partir de meados da década de 1990, os processos químicos de tingimento evoluíram, tanto que os corantes metalizados passaram a formar complexo metálico é absolutamente estável. Porém, a presença ainda de metais pesados nos corantes, torna-se importante o monitoramento desse parâmetro nos efluentes têxteis (EPA, 1997).

Ainda com respeito à toxicidade, deve-se destacar que o Estado de Santa Catarina efetuou a regulamentação do art. 34 da Resolução 357/2005 do Conama, que não admite a presença de toxicidade nos efluentes que cause impacto no corpo receptor. A regulamentação é através da Portaria n.º 017/02 – Fatma, de 23/04/2002, em que estabelece o fator de diluição (FD)² para as diversas atividades industriais. No caso específico do segmento têxtil, os limites máximos estabelecidos para o FD foi 2, tanto para *Daphnia magna*³ com para o *Vibrio fisheri*³, valor relativamente baixo quando comparado com os das indústrias de galvanoplastia, em que o FD máximo pode chegar a 16. Além da restrição do FD para os resíduos têxteis, ainda existe uma outra, que é o percentual (PER) deve ser menor ou igual à toxicidade causada, expressa em percentual do Fator de Diluição (FD%) dividido por 2, conforme expresso nas formulas abaixo (Fatma, 2002):

$$PER \leq \frac{FD\%}{2} \quad (1)$$

Sendo:

$$PER = \frac{Q \cdot 100}{Q + Q_{ca(7,10)}} \quad (2)$$

$$FD\% = \frac{FD}{100} \quad (3)$$

Sendo:

PER = Percentagem do efluente no corpo receptor.

Q = Vazão máxima projetada do efluente.

$Q_{ca(7,10)}$ = Vazão critica anual do corpo receptor, média de 7 dias consecutivos com probabilidade de retorno em 10 anos.

FD = Fator de diluição determinado em análise.

² Fator de diluição = FD representa a primeira diluição efetuada em uma determinada amostra de efluente que não provoque efeitos tóxicos graves (morte, imobilidade ou inibição de crescimento, ou ainda, luminescência) aos organismos-teste. Existem várias tabelas de classificação, mas basicamente, com FD entre 1 e 2 a amostra pode ser considerada não tóxica, acima deste valor pode-se considerar amostra tóxica (Fatma, Portaria 017, 2002).

³ *Daphnia magna* é um microcrustáceo e o *Vibrio fisheri* é uma bactéria bioluminescente usada como organismo-teste de toxicidade em efluentes industriais e sanitários (Saar, 2003).

Para se ter uma idéia da dificuldade que os STETs tem para se atingirem as condições exigidas na Portaria n.º 017/02 – Fatma (2002), segundo IAP (1999), a variação de toxicidade FD para diversas indústrias têxteis pode ir de 1 a 1024 para *Daphnia magna*. Logo, para um caso com a pior condição de toxicidade, seria necessária uma redução de mais de 50.000% no parâmetro de toxicidade para que o efluente pudesse se adequar ao padrão de lançamento exigido pela legislação de Santa Catarina.

Após o lançamento dos despejos, os limites dos parâmetros ambientais estabelecidos na resolução 357/2005 do Conama para cada classe de corpo receptor devem ser respeitados. Ainda com referência à Resolução n.º 357/05 do Conama, o art. 34 estabelece que as autoridades competentes de controle de poluição das águas poderão acrescentar novos parâmetros ou tornar mais restritivo os existentes na portaria, em vista das condições locais. Esta situação está baseada na premissa que os corpos d'água estão divididos em águas de responsabilidade federal e estadual, e os órgãos competentes de cada poder devem fixar as normas a serem exigidas de cada corpo receptor distintamente.

A distinção entre as legislações federal e as estaduais se refere à definição do parâmetro $DBO_{5(20^{\circ}C)}$ para lançamento, pois enquanto a legislação federal define este parâmetro apenas para o corpo d'água em função da classe, os estados também o definem para os empreendimentos.

2.3.1.1.2 Resíduos sólidos - Brasil

O primeiro ato jurídico em relação aos resíduos sólidos (RSs) advém da Portaria do Ministério do Interior - Minter 53/79, de 1.º de março de 1979, que estabelece normas aos projetos específicos de tratamento e disposição final de RSs, assim como a fiscalização a sua implantação. A preocupação com os RSs só foi consolidada através da Resolução n.º 06 Conama, de 15 de junho de 1988. Este fato ratifica as afirmações anteriores, de que a prioridade inicial dos legisladores eram os efluentes líquidos e que a década de 2000 será dedicada à melhoria dos processos de tratamento dos RSs.

É atribuição dos órgãos governamentais (estadual e municipal) o controle ambiental e a classificação dos RSs, segundo as resoluções n.º 06/88 e n.º 05/93 do Conama e as normas NBR 10.004/5/6/7, 11.174 e 13.463 da ABNT. A Resolução n.º 05 do Conama, de 05/08/1993, dispõe sobre a destinação final de RSs. Estabelece as normas mínimas para tratamento destes resíduos, disposição final e um plano de gerenciamento. É interessante salientar que, diferentemente dos efluentes líquidos, onde a classificação prioritária é relativa aos corpos d'água, no caso dos RSs a classificação é quanto ao tipo de resíduo, ou seja, suas características físicas e biológicas e, não quanto ao solo que vai receber o resíduo. O conceito de poluição nestes dois casos são distintos: na primeira situação classificou-se o local do despejo (considera-se o ambiente como frágil) e na segunda classificou-se o resíduo (considera-se o ambiente como resistente). A classificação dos RSs com potencial de risco à saúde está dividida em quatro grupos, considerando a origem dos resíduos e as propriedades físicas e biológicas (Conama, 1993).

Grupos	Descrição do enquadramento dos resíduos
Grupo A	Resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido à presença de agentes biológicos.
Grupo B	Resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido às suas características químicas.
Grupo C	Rejeitos radioativos: enquadram-se neste grupo os materiais radioativos ou contaminados com radionuclídeos.
Grupo D	Resíduos comuns são todos os demais que não se enquadram nos grupos descritos anteriormente.

Figura 2.09 - Classificação dos resíduos sólidos - potencial de risco à saúde.

Fonte: Conama (1993) – Resolução n.º 05/93

Também pode ser classificado segundo nas normas NBR 10.004/5/6/7 e 11.1174 da ABNT, a qual tem como referencial o grau de periculosidade do resíduo sólido. Os resíduos são divididos em três classes: perigosos, não inertes e inertes. Para ser classe III (inertes) é necessário que no teste do lixiviado os resultados apresentem os mesmos padrões de água potável, o que é muito difícil de ocorrer. Assim, a classificação se restringe a duas classes: perigosos e não inertes, sendo no último a que concentra a maioria dos resíduos inclusive os resíduos têxteis (Groszek, 1999). Na figura 2.10 a seguir é apresentada a classificação dos RSs segundo as normas NBR 10.004/5/6 e 7.

Classe	Descrição do enquadramento dos resíduos
I – Perigosos	São os resíduos que apresentam em suas características as seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogeneidade. Ter risco à saúde, ou ao meio ambiente, quando manipulado ou tratado irregularmente.
II – Não Inertes	São os resíduos que não se enquadram nas classes I ou III.
III – Inertes	São os resíduos que quanto submetidos ao teste de solubilidade, não apresentam solubilizados em concentrações superiores aos valores definidos na listagem nº 08 da Norma NBR 10.004.

Figura 2.10 - Classificação dos resíduos sólidos – Norma NBR 10.004/5/6 e 7.
Fonte: ABNT 1987– Norma NBR 10.004/5/6 e 7

As normas NBR 10.004/5/6 e 7 apresentam os padrões legais para a disposição de RS no solo, conforme mostra a figura 2.11 a seguir:

Parâmetro	Limites máximos para disposição		
	Resíduo total mg metal/kg	Lixiviado mg/L	Solubilização mg/L
Óleos e graxas	5 % em massa	-o-	-o-
Alumínio	-o-	-o-	0,2
Arsênio	1000	5,0	0,05
Bário	-o-	100,0	1,0
Berílio	100	-o-	-o-
Cádmio	-o-	0,5	0,005
Chumbo	1000	5,0	0,05
Cromo total	-o-	-o-	1,0
Cobre	-o-	-o-	0,05
Cromo hexavalente	100	-o-	-o-
Manganês	-o-	-o-	0,1
Merúrio	100	0,1	0,001
Prata	-o-	5,0	0,05
Selênio	100	1,0	0,01
Sódio	-o-	-o-	200,0
Zinco	-o-	-o-	5,0
Ferro	-o-	-o-	0,3
Cianetos	1000	-o-	-o-
Cloretos	-o-	-o-	250,0
Dureza (mg/l CaCO ₃)	-o-	-o-	500,0
Fenóis	10	-o-	0,001
Fluoretos	-o-	150,0	1,5
Vanádio	1000	-o-	-o-
Nitratos	-o-	-o-	10,0
Sulfatos (mg/l SO ₄)	-o-	-o-	400,0
Surfactantes (tensoativos)	-o-	-o-	0,2

Figura 2.11 - Súmula padrões para resíduos sólidos – limites de disposição.
Fontes: ABNT 1984 – NBR 10.004/5/6 e 7. - Obs: -o- Não possui dados.

Através da pesquisa bibliográfica constatou-se que no Brasil não existe nenhum dispositivo ou parâmetro destinado especificamente aos resíduos têxteis, com exceção dos da Cetesb, que no ano de 2002 proibiu o despejo de lodo biológico em sistema de *Land aplicacion*, alegando um alto grau de mutagenicidade do lodo (Cetesb, 20002f). Em relação a todos os outros estados brasileiros, os órgãos competentes não fazem distinção entre os RS têxteis e outros resíduos. Assim, os resíduos têxteis devem ser enquadrados como um resíduo qualquer que foi gerado em uma indústria de transformação.

2.3.1.1.3 Licenças ambientais - Brasil

Quando da implantação de qualquer empreendimento industrial gerador de impacto ambiental (incluem-se aqui os processos têxteis, principalmente os de beneficiamento), é necessária a implementação de alguns procedimentos e regularizações junto aos órgãos competentes, da União, dos estados e dos municípios. Estes procedimentos se caracterizam pelas licenças ambientais a serem obtidas, que são: a prévia, a de instalação e a de operação.

Antes dos pedidos de licença, pode haver a necessidade da apresentação de estudo de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental - EIA-RIMA. A Resolução do Conama n.º 001/86, de 23/01/1986, lista os tipos de empreendimento que estão obrigados a realizar o EIA-RIMA. As unidades industriais têxteis não estão incluídas nessa obrigatoriedade, mas a critério dos órgãos competentes poderá ser exigido de qualquer tipo de unidade industrial, quando entenderem esses órgãos que o porte e a localização dessas unidades podem provocar sérios danos ambientais, apesar das ações mitigadoras dos STETs (Conama, 1986).

A legislação brasileira, através dos órgãos ambientais estaduais (por delegação alguns municipais), exigem das empresas que estejam implantando complexo industrial o licenciamento ambiental, que é composto por três licenças distintas: prévia (LP), de instalação (LI) e de operação (LO), as quais são expedidas seqüencialmente em fases distintas da consolidação do empreendimento e do sistema de tratamento dos resíduos.

A LP é uma espécie de consulta de viabilidade, em que o órgão ambiental responsável pelo licenciamento, baseado na legislação vigente, realiza uma análise em nível ambiental do empreendimento e do local de instalação da indústria e se manifesta favorável ou não à implantação. Caso a resposta seja favorável é emitida a LP, com os parâmetros de lançamento permitidos para o local objeto da solicitação. Essa licença não autoriza qualquer tipo de construção, apenas referenda a viabilidade do local para aquele tipo de empreendimento. Caso a LP seja negada, isso demonstra que o referido local de implantação não apresenta as condições para absorver o impacto poluidor previsto, mesmo após a mitigação pelo STET.

Somente com os parâmetros de lançamento definidos pela LP é possível iniciar o processo de pedido da LI. Baseado nos parâmetros de despejo final, definidos na LP, o projetista pode desenvolver o projeto físico e operacional do STET, com todos os detalhes de engenharia, demonstrando de que forma serão atendidas as condições e restrições impostas pela LP. Somente depois de emitida a LI é que se pode iniciar a construção do STET.

Finalmente, após a conclusão das obras civis e a instalação dos equipamentos, pede-se a LO. Para a concessão da licença, o órgão ambiental faz uma vistoria na obra do STET e verifica se ela foi executada conforme as especificações do projeto apresentado quando da expedição da LI. No caso de estar em desacordo com o projeto, a LO não é expedida; se, porém, as edificações e os equipamentos estejam conforme o especificado no projeto, é expedida a LO e o empreendimento industrial terá permissão para ser operado durante um determinado período.

Terminadas todas as etapas do licenciamento e concedidas todas as licenças, a empresa estará autorizada a operar industrialmente por um período de 2 a 5 anos, dependendo do órgão licenciador. Durante esse período, a critério do órgão ambiental, a empresa poderá ser obrigada a manter um programa de controle ambiental e periodicamente apresentar os resultados ao órgão fiscalizador. Esporadicamente o órgão poderá realizar análises físico-químicas e biológicas nos efluentes finais para verificar se os parâmetros de despejo estão sendo atingidos e conseqüentemente cumpridos, conforme determine a legislação vigente para a referida situação (Fatma 2002).

Deve-se destacar que, no Estado de São Paulo, a licença de operação não apresentava tempo de validade até o ano de 2002. Somente com o Decreto 47.397, de 04/12/2002, é que, partir de janeiro de 2003, as licenças de operação passaram a ter validade de até 5 (cinco) anos. O período de validade decorre de um fator de complexibilidade do processo, valor esse atribuído pela Cetesb. No caso específico da indústria têxtil de beneficiamento, o prazo de validade das licenças de operação será de 3 anos, sendo que as empresas já instaladas terão até 5 anos para regularizarem sua situação (Cetesb 2003).

No Estado de Santa Catarina já está havendo entendimentos para transferência de parte da responsabilidade dos licenciamentos da responsabilidade da Fatma para os municípios que estejam interessados. Um exemplo é a cidade de Blumenau, que já executa parte do licenciamento ambiental da cidade (Faema, 2003). Também o Estado de São Paulo já manifestou esse interesse. Nos últimos tempos tem havido diversas discussões a esse respeito, tanto que em 30/07/2003 foi repassada ao município de Santo André - SP parte da responsabilidade do licenciamento ambiental (pequenas e médias indústrias) (Cetesb, 2003b). Em termos de Brasil, é notório o interesse dos estados em repassar parte das responsabilidades dos licenciamentos para os municípios, conforme afirmação do presidente da Cetesb em palestra para a Associação Paulista de Municípios - APM, no dia 06/08/2003. Citou então o ex-governador Franco Montoro (municipalista), que dizia: " ... as pessoas não moram na União ou no Estado, mas nos municípios". Com isso tentava induzir os representantes dos municípios paulistas a perceberem que são os municípios que possuem os melhores instrumentos e condições para atuar preventivamente na questão dos impactos ambientais locais ou de vizinhança (Cetesb 2003c).

2.3.1.1.4 Penalidades e multas ambientais - Brasil

As empresas que não cumprirem a legislação ambiental estão sujeitas às penalidades previstas na Lei Federal n.º 9.605, de 12/02/1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao ambiente. É relevante citar os artigos 11, 54, 60 e 75, que tipificam as agressões ambientais como crime ambiental e estabelecem os limites as multas (Juras, 2000).

“Art. 11. A suspensão de atividades será aplicada quando estas não estiverem obedecendo às prescrições legais”;

“Art. 54. Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem em danos à saúde humana, em que provoquem mortandade de animais ou a destruição significativa da flora. Pena: reclusão de um ano a quatro anos, e multa”;

“Art. 60. Construir, reformar, ampliar, instalar ou fazer funcionar, em qualquer parte do território nacional, estabelecimentos, obras ou serviços potencialmente poluidores, sem licença ou autorização dos órgãos competentes, ou contrariando as normas legais pertinentes. Pena: reclusão, de um a quatro anos, e multa”;

“Art. 75. O valor da multa ambiental é fixado no regulamento desta Lei e corrigido periodicamente, com base nos índices estabelecidos na legislação pertinente, sendo o valor mínimo de R\$ 50,00 (cinquenta reais) e o valor máximo de R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais), (Brasil, 1998)”.

Pode-se considerar que a Lei de Crimes Ambientais, promulgada em 1998, é um fator motivador para empresas industriais buscarem a preservação ambiental, pois o não-cumprimento da legislação implica em penalidades e sanções extremamente severas para o padrão brasileiro, tanto para as pessoas físicas quanto para as jurídicas. A aludida lei é tão severa que não restringe a imputabilidade criminal ao responsável pelo crime (dano), mas a estende a todo aquele que “...sabendo da conduta criminosa de outrem, deixar de impedir sua prática quando podia agir para evitá-la”, (art. 2º da Lei 9.605/98). A lei atribui responsabilidade a todos, desde o presidente da empresa até aos diretores, engenheiros e operadores, cada um com um grau de envolvimento. Assim, o receio da penalidade e das sanções passa a ser um fator de motivação para se terem projetos e sistemas de tratamento de resíduos eficientes, operando regularmente e dentro dos padrões exigidos pela legislação (Panella, 2000).

2.3.1.2 Legislação ambiental - Península Ibérica - (PI)

A referência à legislação Ibérica no escopo deste trabalho não pretende ser exaustiva do ponto de vista de todas as temáticas ambientais. Visa apenas a alicerçar conhecimentos da estrutura jurídica ambiental portuguesa e espanhola em relação ao controle e fiscalização da poluição gerada pela indústria têxtil, de forma a possibilitar uma comparação objetiva com a legislação ambiental brasileira.

Por exemplo, desde 1976 e 1978 as Constituições Portuguesa e Espanhola definem assim as preocupações com o ambiente:

“....todos têm direito a um ambiente de vida humano sadio e ecologicamente equilibrado e o dever de o defender.” Art. 66 - § 1 - Constituição da República Portuguesa 1976.

“....todos têm o direito de desfrutar de um meio ambiente adaptado para o desenvolvimentos da pessoa humana, assim como deve conservá-lo.” Art. 45 - § 1 - Constituição Espanhola 1978.

Tanto a legislação ambiental portuguesa quanto a espanhola estão em constantes adaptações desde 1976. Intensificou-se a partir da entrada da Espanha e Portugal na CE, em 1986, quando os dois países passaram a ter que se adaptar as directivas ambientais ditadas pela União Européia.

2.3.1.2.1 Legislação ambiental - Portuguesa

Em Portugal a primeira lei ambiental foi chamada de Lei Base do Ambiente – LBA, de abril de 1987, dezesseis meses após a adesão a CE. Essa lei estabeleceu as diretrizes da política nacional de ambiente e os princípios gerais de defesa do ambiente, tais como, os seus direitos ao ambiente equilibrado; e, as penalizações pelo não-cumprimento dos dispositivos da lei. Então foi criado o Instituto Nacional do Ambiente para dar condições de gestão para a LBA. Em 1993, foram criados o Instituto da Água, o Instituto da Promoção Ambiental e o Instituto da Conservação da Natureza, em substituição ao Instituto Nacional do Ambiente. Em 1996 foi criado o Instituto dos Resíduos. A última alteração ocorreu em 2002, com a criação do Instituto do Ambiente como órgão gerenciador das ações ambientais (IAMB, 2003).

Para melhor compreensão do funcionamento atual (2004) da estrutura organizacional dos órgãos ambientais em Portugal, apresentam-se a figura 2.12 (macrorrepresentação) com as principais instituições e órgãos públicos envolvidos com as questões ambientais.

Instituições / Órgãos	Poder	Função
Assembleia da República	Legislativo	Criar as leis ambientais e exigir o cumprimento delas
Instituto do Ambiente	Executivo	Executar as políticas de ambiente e desenvolvimento sustentável. Além de assegurar a participação do público e das Organizações Não-Governamentais.
Direcção-Geral do Ambiente (Unidades regionais)	Executivo	Apoiar, coordenar e executar a política ambiental, através de estudos sobre o estado do ambiente, em termos regionais.
Instituto da Conservação da Natureza	Executivo	Executar a política de conservação da natureza e de protecção da biodiversidade, além da gestão das zonas costeiras.
Instituto da Água	Executivo	Desenvolver e aplicar as políticas nacionais dos recursos hídricos e do saneamento básico.
Instituto dos Resíduos	Executivo	Elaborar o Plano Nacional da Gestão de Resíduos. Aprovar e acompanhar as operações de gestão de resíduos. Participar no licenciamento e promover a investigação na área dos resíduos.
Inspeção Geral do Ambiente	Executivo	Garantir o cumprimento das normas jurídicas com incidência ambiental e da legalidade administrativa no âmbito dos serviços Ministério do Ambiente.

Figura 2.12 - Macrorrepresentação da estrutura ambiental portuguesa
Fontes: IAMB, (2003)

A representação organizacional da estrutura de regulamentação ambiental portuguesa é toda centrada na Assembleia da República, onde todas as questões legislativas são tratadas de forma a abranger todo o território português (Parlamento português, 2003). Isso não impede que muitas leis possam ser feitas de forma a atender a áreas ou regiões específicas.

2.3.1.2.1.a Efluentes Líquidos - Portugal

Efetivamente o controle dos resíduos líquidos foi implantado através do Decreto-Lei 468/71, em que se estabeleciam o domínio público hídrico, a ocupação e uso do solo e o ordenamento das bacias hidrográficas. Posteriormente esse campo do ordenamento jurídico ambiental somente veio a ter destaque em 1987, com o Código do Ambiente, também chamado de "Lei Base do Ambiente" - Lei 11/87. O Decreto-Lei 74/90, referente às normas de qualidade das águas, definia que os parâmetros e os valores-limite para os despejos industriais deveriam ser regulamentados através de portarias setoriais, de forma a resguardar os pareceres técnicos referentes à especificidade de cada atividade industrial (INAG, 2003).

A partir de 1990 começaram a surgir diversos decretos-leis com o objetivo de regulamentar os despejos residuais líquidos de algumas atividades. Por exemplo, a primeira atividade a ter uma portaria setorial especificando os parâmetros de descarga e os valores-limite foi a do matadouro e unidades de processamento de carne; a segunda foi à suinocultura; depois foram os efluentes provenientes da pasta de papel, e assim sucessivamente, ao longo de toda a década de 1990.

Em junho de 1997 surge a Portaria 423/97, ainda ao abrigo do DL 74/90, e estabelece normas de descarga de águas residuárias especificamente aplicáveis às indústrias do setor têxtil, apenas excluindo o segmento de lanifícios. Até então, os despejos industriais têxteis seguiam os parâmetros de despejos constantes no DL 74/90 - anexo XXV. A portaria reguladora alterou os seguintes parâmetros: pH, DBO₅, DQO e cor, conforme dados da figura 2.13.

Parâmetros		Decreto-Lei 74/90 Anexo XXV	Portaria 423/97 Setor Têxtil	Diferenças (%)
PH	Esc. Sorensen	6,0 – 9,0	5,5 - 9,0	16,7
DBO₅	mg/l	40	100	150
DQO	mg/l	150	250	67
Cor	Não visível em diluição	NVD 1:20	NVD 1:40	100

Figura 2.13 - Portaria 423/97 - Parâmetros de descarga para o setor têxtil
Fontes: INAG, 2003

Através da figura 2.13 percebe-se que a portaria 423/97 foi criada de forma a atender aos interesses econômicos da atividade têxtil, sem considerar as questões ambientais. Assim como as demais portarias específicas. Os parâmetros cujos valores de despejo apresentavam maiores dificuldades de serem atingidos tiveram os seus valores alterados significativamente, de forma que os novos valores-limite de lançamento pudessem ser atingidos com menores índices de eficiência nos STETs. O intrigante nessa portaria é que o legislador flexibiliza o seu uso, introduzindo um dispositivo que delega ao órgão ambiental licenciador a autonomia de analisar ambientalmente cada caso e decidir pela adoção ou não dos valores constantes da nova portaria.

Por último advém o Decreto-Lei 236/98, que revoga o DL 74/90 e na seqüência estabelece novas normas, critérios e objetivos de qualidade para a proteção do meio aquático. É esse o instrumento jurídico em vigência atualmente (2005), o qual, foi todo baseado nas Directivas CE referentes ao controle e proteção das águas, como forma de atender às condições de entrada de Portugal na União Européia.

O DL 236/98 também delega poderes ao órgão ambiental licenciador, em alguns casos (justificáveis), para tomar decisões referentes à definição do valor-limite de emissão para os parâmetros de lançamento. Também permite estabelecer contratos de promoção ambiental com grupos de empresas de um determinado segmento industrial, a fim de estabelecer prazos e metas para o cumprimento das leis ambientais. Um exemplo desta promoção ambiental foi o contrato celebrado em 18/03/1997, entre o Instituto do Ambiente (IA) e as indústrias do segmento têxtil, o qual, estabeleceu as seguintes metas a serem cumpridas:

- 03/97 definir o tipo de STET a ser adotado (individual ou coletiva);
 - ✓ Individual:
 - ❖ 11/97 apresentar o projeto do STET adotado;
 - ❖ 02/98 apresentar o projeto do STET aprovado junto a DRA,
 - ❖ 08/99 Conclusão - O STET deve estar em operação.
 - ✓ Coletiva:
 - ❖ 08/97 comprovante de adesão ao sistema coletivo,
 - ❖ 04/98 comprovante de ligação ao sistema coletivo.

As metas foram cumpridas, o que muito contribuiu para aliviar o impacto ambiental existente no rio Ave (região do Minho) que era gerado pelas indústrias têxteis.

A figura 2.08 apresenta um comparativo entre os parâmetros definidos pela Portaria 423/97, pelo DL 236/98 e os valores admitidos para o SIDVA (Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave – efluentes sanitários e industriais).

Parâmetro	Unidade	Decreto-Lei nº 236/98	Portaria nº 423/97 - (têxtil)	Sistema Coletivo (SIDVA)
pH	-o-	≥ 6,0 e ≤ 9,0	≥ 5,5 e ≤ 9,0	≥ 5,5 e ≤ 9,5
Temperatura	°C	< Var. ≤ 3°	< Var. ≤ 3°	- o -
DBO_{5(20°C)}	mg/l	40	100	500
DQO	mg/l	150	250	1.000
Sólidos Suspensos Totais	mg/l	60	60	1.000
Alumínio	mg/l	10	10	- o -
Ferro total	mg/l	2,0	2,0	2,5
Manganês	mg/l	2,0	2,0	- o -
Cheiro	NDD	1:20	1:40	- o -
Cor	NDV	1:20	1:40	- o -
Cloro livre	mg/l	0,5	0,5	- o -
Cloro total	mg/l	1,0	1,0	- o -
Fenóis	mg/l	0,5	0,5	40,0
Óleos e gorduras	mg/l	15	15	- o -
Sulfetos	mg/l	1,0	1,0	2,0
Sulfitos	mg/l	1,0	1,0	- o -
Sulfatos	mg/l	2.000	2.000	2.000
Fósforo total	mg/l	10 / 3 / 0,5	10 / 3 / 0,5	10
Nitrogênio amoniacal	mg/l	10	10	100
Nitrogênio total	mg/l	15	15	- o -
Nitratos	mg/l	50	50	- o -
Aldeídos	mg/l	1,0	1,0	- o -
Arsênio total	mg/l	1,0	1,0	- o -
Chumbo total	mg/l	1,0	1,0	0,05
Cádmio total	mg/l	0,2	0,2	0,2
Cromo total	mg/l	2,0	2,0	2,0
Cromo hexavalente	mg/l	0,1	0,1	- o -
Cobre total	mg/l	1,0	1,0	1,0
Níquel total	mg/l	2,0	2,0	- o -
Mercúrio total	mg/l	0,05	0,05	- o -
Cianetos totais	mg/l	0,5	0,5	- o -
Óleos minerais	mg/l	15	15	- o -
Detergentes (lauril - sulfato)	mg/l	2,0	2,0	50
Hexaclorociclo-hexano	µg/l	100	100	- o -
Tetracloroeto de carbono	µg/l	12	12	- o -
DDT total	µg/l	25	25	- o -
Pentaclorofenol	µg/l	2	2	- o -
Hexaclorobenzeno	µg/l	0,03	0,03	- o -
Clorofórmio	µg/l	12	12	- o -

Figura 2.14 - Valores-limites de emissão de efluentes líquidos - Portugal

Obs: -o- Não possui dados. - Obs (1): SIDVA - Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave
Fontes: Portaria 423/97, DL 236/98 e SIDVA (1998).

No DL 390/99, as autoridades portuguesas reconhecem que houve um lapso quando da edição do DL 74/90, pois a Directiva 86/280 da CE , que trata do descarte de substâncias perigosas, era para ter sido transposta no referido decreto, o que não ocorreu. Assim, o DL 390/99 restabelece a devida transposição da Directiva mencionada, a qual estabelece os valores-limite de emissão para os despejos de alguns elementos passíveis de presença de AOX, conforme consta na figura 2.15.

Parâmetros	Valor limite de emissão	
	Concentração (mg/l)	Peso (g/ton)
1, 2- dicloroetano	2,50	5
Tricloroetileno	1,00	5
Percloroetileno	1,00	5
Triclorobenzeno	2,00	20

Figura 2.15 - Valores-limites de emissão - substâncias organocloradas - Portugal
Fontes: DL 390/99

O que a pesquisa bibliográfica da legislação portuguesa não revelou foi algum instrumento de exigência e/ou regulamentação de análise para a determinação da toxicidade das descargas dos efluentes industriais. Esse tipo de análise pode ser usado como ferramenta na avaliação da qualidade de efluentes industriais, por propiciar um alarme (alerta) quanto à presença de substâncias responsáveis pela toxicidade nos efluentes, e daí possibilitar uma melhor investigação desse elemento tóxico. Daí a importância desse tipo de análise para a caracterização final dos efluentes, a respeito do qual, salvo alguma ambigüidade da parte do pesquisador, não se encontrou referências na legislação portuguesas.

2.3.1.2.1.b Resíduos sólidos - Portugal

Em termos de legislação dos resíduos sólidos (RSs), a primeira referência é encontrada na Constituição Portuguesa de 1976, no parágrafo § 1º do artigo 20:

O detentor de resíduos, qualquer que seja a sua natureza e origem, deve promover a sua recolha, armazenagem, transportes e eliminação ou utilização de tal forma que não ponham em perigo a saúde humana nem causem prejuízo ao ambiente.

Somente em 1995, através do DL 310/95, é que se estabelecem regras para a gestão de RSs, com base na transposição das Directivas Comunitárias 91/156 e 91/689 da CE. Passado dois anos, em 1997, tem-se o DL 239/97, que mais uma vez vem estabelecer os princípios e regras fundamentais de gestão dos resíduos.

Através da Portaria 961/98, iniciou-se a regulamentação dos RSs em Portugal. A portaria estabelece os requisitos para o processo de autorização prévia das operações de armazenagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos industriais, urbanos ou outros tipos de resíduos. A classificação dos resíduos é composta de três classes; resíduos inertes, não perigosos e perigosos. Para a classificação dos resíduos se usou a directiva 93/C 212/02 e 31/99, da CE, em que os resíduos podem ser caracterizados segundo a composição dos eluatos e propriedades físico-químicas. A figura 2.16 apresenta os critérios de classificação.

Parâmetro	Unidade	Resíduos		
		Inertes	Não perigosos	Perigosos
pH	-o-	5,5 < x < 13,0	5,5 < x < 13,0	5,5 < x < 13,0
Condutividade	mS/cm	6,0 < y < 50,0		100
COT	Mg C/l	40	100 ⁴	200 ⁵
Arsénio III	mg/l	0,1	0,5	1,0
Cádmio	mg/l	0,1	0,2	0,5
Cobre	mg/l	2,0	5,0	10
Crômo VI	mg/l	0,1	0,1	0,5
Crômo total	mg/l	0,5	2,0	5,0
Mercúrio	mg/l	0,02	0,05	0,1
Níquel	mg/l	0,5	1,0	2,0
Chumbo	mg/l	0,5	1,0	2,0
Zinco	mg/l	2,0	5,0	10
Fenóis	mg/l	1,0	10	50
Fluoretos	mg/l	5,0	25	50
Cloretos	mg/l	500	5.000	10.000
Sulfatos	mg/l	500	1.500	5.000
Nitratos	mg/l	3,0	10	30
Amônia	mg/l	5,0	200	1.000
Cianetos	mg/l	0,1	0,5	1,0
AOX	mg/l	0,3	1,5	3,0

Figura 2.16 - Critérios de classificação de RSs - Composição do Eluato⁵

Fontes: DL 152/2002.

⁴ Sempre que o aterro for concebido para admitir resíduos orgânicos ou se tratar de resíduo não fermentável, este valor poderá ser ultrapassado.

⁵ Solução obtida de um ensaio de lixiviação em laboratório, segundo a norma DIN 3814-S4.

A figura 2.17 apresenta os critérios de classificação dos RSs em função das propriedades físico-químicas e da composição em massa do RS.

Parâmetros	Classes de resíduos		
	Inertes	Não perigosos	Perigosos
Perda 105°C (%)	65	65	65
(Perda 50°C - Perda 105°C) (%)	5	15	15
Ponto de inflamabilidade (°C)	55	55	55
Substâncias lipofílicas (%)	0,5	4	10
Comp. Org. vol. Halogenados (%)	0,05	0,1	1
Comp. org. vol. não-halog. (%)	0,15	0,3	3
Arsênio - (mg/kg)	250	2.000	- o -
Cádmio- (mg/kg)	50	1.000	- o -
Cobre- (mg/kg)	6.000	6%	- o -
Crômo- (mg/kg)	3.000	5%	- o -
Mercúrio- (mg/kg)	25	250	- o -
Níquel- (mg/kg)	2.000	5%	- o -
Chumbo- (mg/kg)	2.000	5%	- o -
Zinco- (mg/kg)	8.000	7,5%	- o -

Figura 2.17 - Critérios de classificação dos RS - Propriedades físico-químicas

Fonte: DL 152/2002. Obs: -o- Não possui dados.

Finalmente, o DL 516/99, de 02/12, define o Plano Estratégico de Gestão de Resíduos Industriais - PESGRI/99, tornando-se assim um instrumento de planejamento que se destina a fornecer um conjunto de fundamentos, orientações e recomendações, com o objetivo de apoiar as decisões dos agentes políticos (governantes) em relação ao tratamento de resíduos industriais. O DL 89/2002, de 09/04, procedeu à revisão no PESGRI/99 e conseqüentemente passou a ser denominado de PESGRI/2001.

A classificação dos resíduos não é estabelecida da mesma forma em todos os países da CE, o que muitas vezes dificulta qualquer tentativa de comparação entre diferentes cenários (locais – países). A Directiva n.º 91/689 da CE classifica os resíduos de duas formas: a primeira, quanto a sua "origem" (urbanos, industriais e hospitalares) e a segunda, quanto a suas características efetivas (perigosos, não perigosos e inertes).

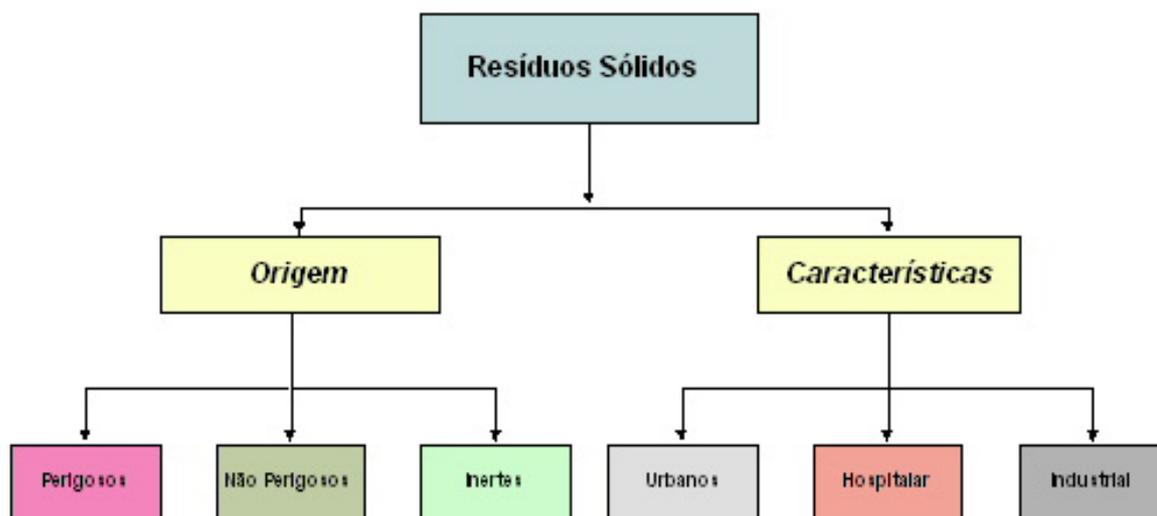


Figura 2.18 – Classificação de Resíduos Sólidos usada pela UE

Fonte: Directiva Comunitária 91/689 da UE.

Em Portugal não existe uma classificação definida para os RSs, mas ao se analisar o PESGRI/2001 e relacioná-lo com a estrutura mostrada na figura 2.18, percebe-se que o plano estratégico foi traçado levando em consideração primeiro as características dos resíduos (urbanos, hospitalares e industriais). Posteriormente é que se analisa a origem (perigosos, não perigosos e inertes). Os resíduos não perigosos e inertes foram então juntados em um grupo denominado de resíduos banais, permanecendo então apenas dois grupos. Não obstante, em 1994 a CE apresentou uma sistematização de classificação dos resíduos para a Comunidade. Esse instrumento agrupa os resíduos em 20 categorias distintas e cada uma delas pode ser subdividida em subcategorias. Essa lista de categorias é passível de revisão periódica.

Não querendo perder o foco do trabalho, se retorna as questões dos resíduos industriais têxteis, cuja maior dificuldade encontra-se em dar destino para o lodo (químico e biológico) gerado nos STETs pelos tratamentos biológico e terciário (físico-químico).

A regulamentação para disposição de lodo é feita inicialmente pelo DL 466/91, que transpõe a Directiva 86/278 da CE e estabelece a condição para que o lodo possa ser aplicado em solos agrícolas. As principais condições para o uso agrícola são as seguintes:

- o lodo deve estar tratado;
- o solo deve carecer de elementos nutricionais necessários ao desenvolvimento das plantações;
- deve-se preservar uma distância mínima de 100m de qualquer fonte de recursos hídricos e de povoações;
- o tempo máximo de permanência do lodo no solo sem a devida incorporação é de 2 dias;
- é proibida a utilização de lodo no solo nas seguintes situações:
 - ✓ para culturas forrageiras a serem consumidas por animais antes de 3 semanas;
 - ✓ para culturas de hortaliças e frutíferas, durante período vegetativo, com exceção de árvores de fruto,
 - ✓ para culturas de hortaliças e frutíferas que estejam normalmente em contato com o solo e que sejam consumidas cruas, durante um período de 10 meses antes da colheita.
- O teor de metal pesado permitido para entrar em contato com o solo agrícola é regulamentado por portaria específica.

A portaria 176/96 fixa os valores permitidos para a concentração de metais pesados no solo receptor de lodo, bem como as quantidades máximas permitidas anualmente no solo. A figura 2.19 mostra os critérios de admissão dos lodos.

Parâmetro	Valores-limite (mg/kg mat. seca)			
	Solo			Lodo
	pH ≤ 5,5	5,5 < pH ≤ 7,0	pH > 7	
Cádmio	1	3	4	20
Cobre	50	100	200	1000
Níquel	30	75	110	300
Chumbo	50	300	450	750
Zinco	150	300	450	2500
Mercúrio	1	1,5	2,0	16
Cromo	50	200	300	1000

Figura 2.19 - Valores-limite de metais pesados no solo agrícola - Portugal
Fonte: Portaria 176/96

Com base na figura 2.19, é perfeitamente possível em Portugal utilizar lodo (químico e biológico), geralmente misturado no solo agrícola como fertilizante, desde que obedecidas às condições da Portaria 176/96.

A legislação ambiental portuguesa, em se tratando de RSs, passou a última década em constante alteração, buscando sempre se adequar as directivas da CE. Em termos de legislação aplicada aos RSs têxteis, pode se dizer que não existe nenhum ponto em que se façam referências específicas aos resíduos da indústria têxtil, como foi o caso dos resíduos líquidos, em que existe um decreto-lei específico para os efluentes têxteis. A legislação para os RSs deve ainda passar por um período de adequação, assim é possível que ainda ocorram especificidades.

2.3.1.2.1.c Licenças ambientais - Portugal

Os empreendimentos industriais portugueses para terem as suas atividades industriais regulamentadas, necessitam obter o licenciamento industrial. Esse diploma está atrelado a diversos condicionantes preliminares; sendo um deles o licenciamento ambiental.

Ainda na fase embrionária dos empreendimentos, a licença ambiental deve ser encaminhada; primeiramente, através de um pedido de autorização prévia. Mas antes desse pedido de autorização prévia - AP deve ser feita consulta quanto à necessidade de estudos de impacto ambiental - EIA. A diretriz que norteia a necessidade de EIA é o DL 69/2000, de 03/05, e, para o caso específico do segmento têxtil, não se tem nenhuma referência. Logo, em geral, os empreendimentos têxteis não exigem o EIA.

Para o pedido de AP é necessário o fornecimento de alguns dados a respeito do empreendimento, de forma que o licenciador possa subsidiar a análise do posicionamento geográfico da unidade industrial proposto pelo empreendedor:

- tipo de atividade industrial;
- localização geográfica (mapas e endereço)
- volume de produção industrial;
- pedidos de trabalho (ano, meses; dias e horas);
- corpo receptor e bacia hidrográfica;
- relação e quantidade de matéria-prima, além dos produtos auxiliares;
- consumo de utilidades (água, energia elétrica e combustível),
- volume de despejos industriais (líquidos, sólidos e gasosos).

O licenciador, de posse desses dados, examina a possibilidade da implantação do empreendimento no local proposto pela empresa. Na hipótese de parecer favorável à implantação, é emitida a AP, juntamente com as normas (valores-limite de emissão - VLE) de descarga líquida, sólida e gasosa. Em geral, os VLEs para as indústrias têxteis são os mostrados nos quadros 2.08 e 2.09 do item 2.3.1.2.1.a para os líquidos, e os valores do quadro 2.10 do item 2.3.1.2.1.b para os RSs. Mas havendo decreto-lei de regulamentação de descarga de resíduos para setores industriais específicos, estes poderão ser adotados a critério do órgão licenciador.

Após a elaboração do projeto do STET com base nos dados consignados na AP, é solicitada a análise do projeto ao órgão licenciador. Esse poderá rejeitar a proposta de tratamento ou aceitá-la; no caso de ser aceita a proposta, o STET poderá ser implementado (construído).

Terminadas as obras civis e a instalação dos equipamentos, é solicitada a vistoria do STET. Estando a obra e os equipamentos de acordo com o projeto, a licença ambiental é emitida com validade para 10 anos, salvo haja qualquer alteração, tanto no processo industrial quanto no STET, que nesse caso se torna necessária a reavaliação da licença ambiental emitida.

O que se menciona no bojo do artigo referente ao licenciamento é que, não sendo respeitados os VLEs constantes da licença ambiental e não se verificando perigo para a saúde pública e o ambiente, a empresa receberá uma notificação da infração cometida, fixando um prazo para a correção dos problemas encontrados. Findo este prazo sem a correção da infração, a empresa estará sujeita as sanções previstas na lei (multas), além de ter as descargas de resíduos proibidas e a licença ambiental revogada.

As sanções imputáveis aos infratores (poluidores) das normas ambientais são multas que variam de €\$ 250 (duzentos e cinquenta) a €\$ 2.500.000 (dois milhões e quinhentos mil) euros. A legislação não prevê quaisquer sanções de ordem penal aos infratores.

2.3.1.2.2 Legislação ambiental Espanhola - Catalunha

A Catalunha é uma das grandes regiões da Espanha, e desde 1979 tem autonomia política e jurídica em relação ao governo central. Este fato permitiu que em alguns momentos as implementações das directivas ambientais da CE fossem primeiramente introduzidas na Catalunha do que no resto da Espanha; mas nada que produzisse distorções acentuadas.

O processo de transposição das directivas ambientais da CE na Catalunha, como também em toda a Espanha, ocorreu de forma muito semelhante à de Portugal, pois os dois países tinham o mesmo prazo para o cumprimento desta obrigação em relação à CE. Desta forma, considerou-se dispensável a descrição deste processo histórico, pois seria uma repetição de muitos fatos já mencionado nos itens relacionados à legislação portuguesa. Assim optou-se por apenas relatar as pequenas diferenças entre a legislação ambiental portuguesa e a espanhola.

O destaque da legislação ambiental da Catalunha em relação à portuguesa ou mesmo de outras regiões da Espanha está no fato de ela já ter regulamentado o princípio do uso pagador (poluidor), ou seja, os consumidores já pagam uma taxa pela captação e despejos da água. A captação varia de €\$ 0,10 a 0,15 euros por m³, enquanto para o despejo a taxa pode variar de €\$ 0,10 a 0,26 euros por m³; apenas no caso dos despejos o valor varia em função de fórmula que é composta pelas cargas orgânicas e inorgânicas presente no do efluente final.

Também diferentemente de Portugal, a legislação ambiental da Catalunha não dispõe de nenhum tipo de portaria que possa alterar os valores-limite dos parâmetros de despejo da lei geral em função das diferentes atividades industriais.

Através da análise da legislação Catalã pode-se perceber que, em termos de detalhamento e especificação, ela é mais rica que a portuguesa, mas como ambas seguem as diretivas da CE, as diferenças não chegam a ser muito significativas. A figura 2.20, a seguir, apresenta alguns valores-limite dos parâmetros de despejo que são aplicados para a indústria têxtil na região de Barcelona – Catalunha.

Parâmetro	Unidade	Valores médios	
		Despejo em corpo receptor	Despejo - estações públicas
pH	-o-	5,5 < x < 9,5	6,0 < x < 10,0
DBO ₅	mg O ₂ /L	30	750
DQO	mg O ₂ /L	120	1.500
Condutividade	mS/cm	- o -	6.000
Sólidos suspensos	mg/L	60	750
Cloretos	mg Cl/l	2.000	2.500
Toxicidade	Equitox/m ³	< 5	< 25
N – NH ₄	mg N/L	6,0	60
Nitrogênio total	mg N/L	- o -	90
Fósforo total	mg P/L	10	50
AOX	mg Cl/L	0,2	2,0
Color (diluição)	NVD	1:20	ND

Figura 2.20 - Principais valores-limite dos parâmetros de despejos

Obs: NVD: Não visível depois da diluição – ND: Não definido e -o- Não possui dados.

Fontes: ACA (2003).

O que se pode destacar da figura 2.20, em relação às demais legislações apresentadas neste estudo, são os valores atribuídos à DBO₅, DQO, toxicidade e AOX. Por exemplo, no caso da DBO₅, o valor de 30mg/L é bem inferior aos usados em Portugal (40 ou 60mg/L na lei geral e 100mg/L na portaria destinada à atividade têxtil), assim como no Brasil (60 ou 100mg/l para limites fixos ou 80% de eficiência no STET); ou seja, isto vale também para a DQO. Em algumas situações os valores atribuídos na legislação espanhola chegam a ser até 200% mais restritivos. Isto obriga as indústrias espanholas a fazer uso de tecnologias mais avançadas para atingir os valores estabelecidos pela legislação para os parâmetros de despejos.

Outro diferencial é a exigência da toxicidade como parâmetro de lançamento, a qual em Portugal não existe e, no Brasil, apenas foi regulamentada no Estado de Santa Catarina. Outro parâmetro que estaria envolvido, em parte, com a toxicidade é o AOX, sobre o qual, neste caso, nem Portugal nem o Brasil fizeram qualquer regulamentação em suas legislações ambientais.

Percebe-se que a legislação espanhola está mais bem-estruturada que a brasileira e até mesmo a de Portugal, país que, por também ser um país membro da CE, deveria estar na mesma condição. Está conclusão se deve, principalmente, à implementação do conceito de uso pagador (taxas de captação e despejo), além de apresentar valores-limite de parâmetros de despejos bem mais restritivos.

2.3.1.3 Aplicação das diretivas ambientais comunitárias europeias

Sendo Portugal e a Espanha países-membros da CE, desde 1986, é importante mencionar de que forma as diretivas comunitárias de âmbito ambiental se introduzem no direito interno ambiental desses países.

Quando do pacto de adesão à CE por parte de Portugal e Espanha, foram negociados prazos para adequação das normas ambientais. Em função desses prazos é que o direito ambiental destes países está sempre defasado no tempo em relação à emissão as diretivas pela CE. As transposições ocorrem entre 2 e 3 anos depois de criada a diretiva, mas em 2015 as transposições deverão ocorrer simultaneamente (DRA, 2003).

Foi em 1987, no Tratado de Roma, que a Comunidade Europeia assumiu como meta fundamental a proteção do ambiente, porquanto compreendeu que o ambiente pode produzir fenômenos transnacionais (a poluição não respeita as fronteiras de nenhum país) e, sobretudo, que a sua proteção deveria ser assumida internacionalmente, de forma a aumentar a eficácia protetora da unidade europeia.

Surge, assim, a política ambiental comunitária a que hoje os países-membros estão vinculados. A consequência dessa situação é uma transformação lenta no direito ambiental de todos os países da CE, de tal maneira que no futuro essa comunidade terá apenas uma diretriz ambiental. O professor catedrático de direito ambiental Gomes Canotilho define muito bem o processo de incorporação das diretivas ambientais comunitárias na legislação ambiental de Portuguesa (Flores, 1996, p.28).

O Direito Comunitário do Ambiente tem desempenhado um papel importante na proteção do ambiente em Portugal, tanto em função das suas características de aplicabilidade direta e primazia, como ainda dos seus efeitos impulsionador, corretor e acelerador.

Dada essa conjuntura de política ambiental, pode-se dizer que atualmente nos países-membros da CE, não existe a preocupação de criar leis ambientais, pois as transposições das diretivas já abastecem esse código jurídico; mas por outro lado, as preocupações consistem em fazer com que as leis sejam cumpridas.

2.3.2 Processo fabril têxtil e os resíduos gerados

No sistema de produção industrial têxtil é possível o processamento de diversos tipos de matéria-prima (fibras). Esta pode ser de origem natural, como algodão, lã, seda, linho e outras, como também de origem artificial (viscose, acetato, etc.) ou sintética (poliéster, poliamida, etc). A figura 2.21 apresenta a classificação das fibras têxteis com alguns outros detalhamentos.

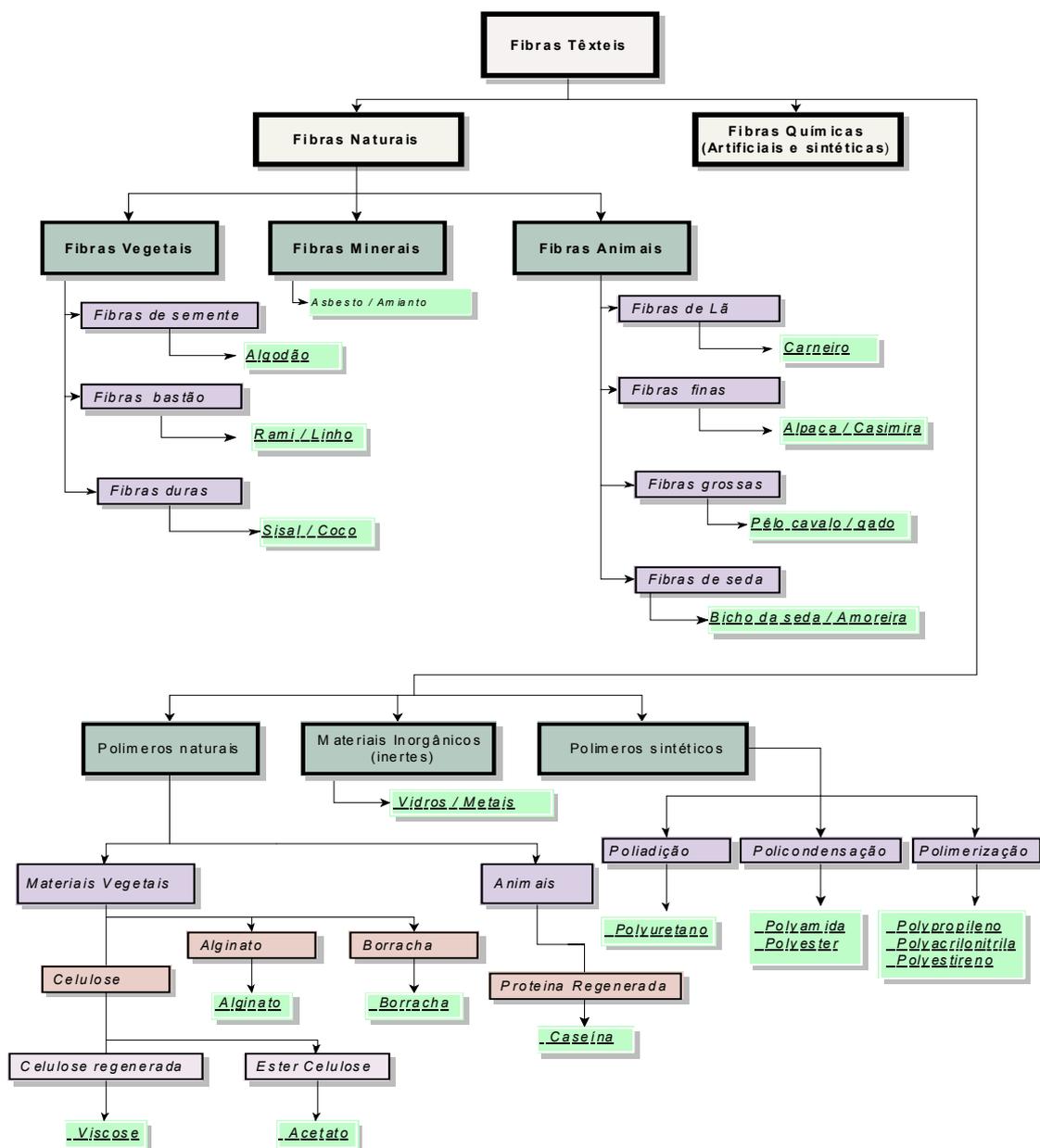


Figura 2.21 – Classificação das fibras têxteis
Fonte: Wulforth (1998, p.34).

A diversificação da matéria-prima tem como consequência a geração de uma variedade grande de produtos finais, os quais exigem também muitos produtos auxiliares, além de constantes alterações de ordem operacional (tempo e produtos) no processo têxtil. (Ineti, 2002).

Segundo Carvalho (1991), existem diferentes sistemas de produção têxtil. Essa diversidade de sistemas decorre do tipo de produto final que se deseja fabricar. Apesar dessa diversificação, é possível caracterizar o processo têxtil como um conjunto básico de operações, o qual pode ser dividido em cinco etapas distintas: beneficiamento (preparação das fibras), fiação (produção do fio), tecelagem e malharia (produção do tecido), acabamento (tingimento, amaciamento e/ou estamparia) e a confecção (produção da roupa). Figura 2.22, processo têxtil básico.

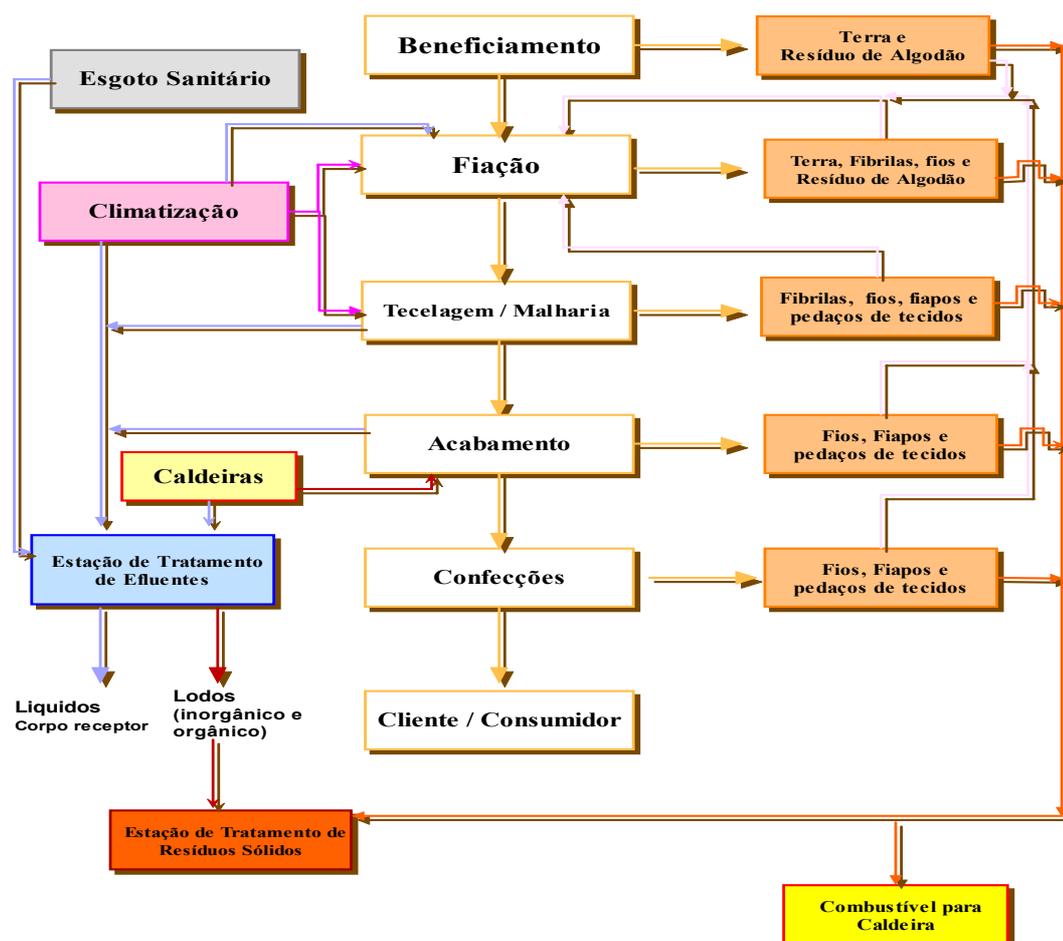


Figura 2.22 – Fluxograma fabril-têxtil básico e os resíduos sólidos gerados.
Fonte: Adaptação de Carvalho (1991).

Na Figura 2.22, são identificados os pontos de geração de resíduos (líquidos e sólidos) para um processo industrial têxtil básico. Tomando-se como base esta figura, o processo industrial têxtil será descrito segundo Araújo & Castro (1984). Destaca-se em cada etapa do processo o tipo de resíduo passível de formação, sem se considerarem as questões quantitativas inerentes a cada resíduo.

Beneficiamento: nesta etapa as fibras são preparadas para o processo de fiação, que, no caso do algodão, consiste na retirada da pluma do caroço, além das limpezas grosseiras, como retirada de casquinhas, de terra e de outros materiais estranhos. A operação final dessa etapa é o enfardamento da pluma. Para a fibra natural esse é o processo genérico; quanto às demais fibras (artificiais e sintéticas), o beneficiamento é considerado a própria constituição da fibra em si, e cada processo depende exclusivamente do tipo da fibra. Os resíduos sólidos formados nessa etapa são terra e resíduos de algodão, resultantes basicamente do descaroçamento da maçã do algodão e da limpeza das plumas. Segundo Carvalho (1991), a presença desses resíduos não deve ser superior a 4%, mas há outras obras que mencionam de 4 a 12% (Ineti, 2002). Nessa etapa de produção têxtil não são gerados efluentes líquidos.

Fiação: é a transformação das fibras em fio, e envolve várias etapas e respectivas máquinas: abertura, batedor, carda, passador, penteadeira, maçarocqueira, filatório, retorcedeira e conicaleira. O objetivo de todas essas operações é dar consistência e aumento de resistência à ruptura do fio. A formação de resíduos sólidos nesta etapa caracteriza-se por: terra (fibras naturais), fibrilas, fios e resíduos de fibras - todos gerados na etapa de limpeza. O teor destes sólidos não deve ser superior a 0,02% (Carvalho op. Cit.). Com exceção da terra e de materiais inertes, o restante dos resíduos é recuperado para produção de fios de baixa qualidade. Também nesta etapa não são gerados efluentes líquidos.

Tecelagem: transforma os fios em tecidos pelo cruzamento da trama (fio transversal) e do urdume (fio paralelo), isso em relação ao comprimento do tecido. O produto desta etapa é denominado de tecido plano (aberto), porque tem largura e comprimento definidos. É uma operação puramente mecânica e exige que o fio

tenha boa resistência à ruptura, em função do excessivo esforço (atrito) a que está submetido quando da formação do tecido. A resistência do fio à ruptura é conseguida através da engomagem, ou seja, o fio é embebido em um banho de goma à base de amido ou acrilato. Quando a goma seca, aumenta a resistência à ruptura, como se o fio estivesse engessado. Os resíduos sólidos formados nesta etapa são as fibrilas, fios, fiapos e pedaços de tecido. Estima-se que a quantidade de sólido formada é menor que 0,1% em peso (Coelho, 1996). Todo o resíduo pode ser reaproveitado como subprodutos. Os efluentes líquidos estão presentes nesta etapa, em função da limpeza dos tanques de goma (troca de banho). O volume é pequeno, mas a carga orgânica é significativa, como relatam diversos autores: Braile & Cavalcanti (1993), Crespi (1995), CPRH (2001), Dantas *et al.* (2000), EPA (1997), IPPC (2001) e Schaeppi (2000).

Malharia: também transforma fios em tecidos, somente que, nesta etapa, o processo se dá através do processo de tricotagem. As laçadas entre os fios formam o tecido. A base da formação do tecido pode ser a trama (circular) ou o urdume (plano), gerando tecidos planos (abertos) ou circulares (fechados). A tricotagem exige menos resistência dos fios, porque os atritos são menores. Assim, dispensa-se o processo de engomagem. Esta etapa do processo de produção têxtil gera pequenas quantidades de resíduos sólidos, a exemplo da tecelagem: são fios, fiapos e pedaços de tecido, com valores não superiores a 0,05%. Os resíduos também são todos reaproveitados para produção de subprodutos (Coelho *op. Cit.*). Pela ausência da engomagem e apenas mínimas quantidades de lubrificantes o processo se caracteriza como seco (sem efluentes líquidos).

Acabamento: é o tingimento ou a estampagem do tecido para o posterior amaciamento e brilho. No acabamento do tecido se empregam tratamentos físicos (calor e estiramento) e químicos (reações), os quais alteram as propriedades das fibras, produzindo características diferenciadas para os tecidos. No conjunto de processos envolvidos no acabamento temos: desengomagem, alvejamento (branqueamento), mercerização, tingimento, amaciamento, estampagem e outros. Os resíduos sólidos presentes nesta etapa são fios, fiapos e pedaços de tecido. A quantidade de sólidos não deve ser superior a 0,05% em peso (Coelho *op. Cit.*). Ressalte-se que praticamente todos estes resíduos podem ser reaproveitados com

subprodutos. O acabamento é denominado de processo úmido, em função da quantidade de efluentes líquidos que pode gerar. Com exceção dos efluentes gerados pela limpeza dos tanques de engomagem (tecelagem), descarga de esgoto sanitário e despejos do setor de utilidades, que representam, conjuntamente, um volume máximo de 2% do volume global, os efluentes líquidos são gerados na etapa de acabamento (Schubert, 2000).

Como são muitas as operações envolvidas na etapa de acabamento e a maioria delas requer uma significativa carga de produtos químicos, além de que, a eficiência das reações químicas dificilmente ultrapassa os 90%, é de se esperar que o efluente do acabamento apresente um elevado teor de sólidos totais. Parte desses sólidos se transforma em lodo, no processo físico-químico do STET. O percentual de sólidos formados nesta etapa, segundo Nunes (2001), deve ser menor que 0,2%.

Confecção: pela criatividade dos profissionais da moda e do estilismo, a costura de peças de tecido se transforma em unidade de roupa confeccionada. Os resíduos sólidos formados são: fios, fiapos, pedaços e retalhos de tecidos. Segundo Coelho (1996), as perdas nesta etapa são menores que 3% do peso dos tecidos e praticamente todos os resíduos podem ser reaproveitados como subprodutos. Também não há geração de efluentes líquidos nesta etapa.

A climatização e geração de vapor (caldeiras) são utilidades de suporte ao sistema de produção têxtil que também geram alguns tipos de resíduo. Na climatização os resíduos sólidos são fios, fibras e fibrilas, retidos pelos filtros de ar. A quantidade de resíduos é pequena, sendo estes reaproveitados com subprodutos. Além disso, o resultante final já foi computado com resíduos gerados na fiação e na tecelagem. Os efluentes líquidos da climatização são resultantes de purgas esporádicas do circuito fechado de resfriamento d'água (Schicht, 1999).

Nas caldeiras, os resíduos sólidos são as cinzas e a fuligem; os líquidos são os das descargas de fundo (eliminação da dureza da água) e lavagem dos gases de combustão. O efluente da caldeira, quando em comparação com o volume global da indústria, é proporcionalmente pequeno e perfeitamente assimilável no STET (Torreira, 1995).

O esgoto sanitário gerado pelos colaboradores é inicialmente tratado separado dos demais efluentes industriais; somente em uma segunda etapa do tratamento (aeróbia) é que o esgoto passa a ser misturado ao efluente industrial. O volume gerado por cada colaborador é de aproximadamente 70 litros por dia (Jordão & Constantino, 1995).

Os sólidos da indústria têxtil têm duas características físicas distintas: são secos ou úmidos. Os secos são, por exemplo, resíduos de fibras celulósicas e demais fibras, e seu reaproveitamento como subprodutos no próprio processo têxtil é perfeitamente viável. Caso este reaproveitamento não se concretize, tem-se a alternativa de poder usá-los como combustível na caldeira (co-incineração). Os úmidos podem ser subdivididos em químicos e biológicos: no tratamento primário (físico-químico) se obtêm os resíduos sólidos químicos e no tratamento secundário se obtêm os sólidos biológicos (biosólidos). Em geral os dois tipos de sólidos são misturados, para serem estabilizados em um posterior tratamento terciário (desidratação e secagem).

A base úmida do sólido representa uma fonte residual de difícil tratamento, principalmente daqueles com características químicas. Devido ao alto grau de dispersão dos corantes, os flocos formados apresentam densidade muito semelhante à da água, o que dificulta a definição de uma operação (decantação ou flotação) para a remoção dos sólidos através de um tratamento físico-químico. Uma etapa necessária, tanto na decantação quanto na floculação, é a coagulação, geralmente realizada através de sais trivalentes, como o alumínio e o ferro. Os polímeros aniônicos também podem ser usados para melhorar a precipitação dos desses resíduos (flocos). A quantidade de coagulante usada para a precipitação dos corantes é de 20 a 300mg/l e de 5 a 20mg/l para o polímero aniônico (Nunes, 2001).

Considerando-se que são usados de água 100 a 150L/kg de tecido processado (Baumann, 2000), a quantidade de produtos químicos utilizados para remoção dos corantes pode ser da ordem de 30g/kg de tecido. Gera-se então um volume de lodo da ordem de 100 a 150ml/L, o que, para alguns casos (indústrias), pode significar algumas dezenas de toneladas de lodo diariamente. A desidratação e a secagem são processos unitários que em geral minimizam o volume gerado (Longo, 1987).

2.3.3 Caracterização dos resíduos têxteis

Os resíduos na indústria têxtil são encontrados nos três estados da matéria: líquido, sólido e gasoso. A origem primária dos resíduos têxteis é o processo produtivo, e como origem secundária tem-se o próprio tratamento dos efluentes líquidos, o qual provoca a reincidência dos resíduos (formação do lodo), principalmente nos processos de separação líquidos – corantes (lodo químico) e líquidos – microorganismos (lodo biológico).

Os dados de caracterização podem apresentar discrepâncias de valores quando a comparação é feita com diferentes bases. A diversidade de processos e equipamentos utilizados na produção têxtil é a causa primaz da geração das diferentes bases. Nesta situação se deve ter atenção especial quando da definição dos valores das variáveis envolvidas no projeto de STET, principalmente quando estas são baseadas em dados de caracterização bibliográfica. Erros nessas bases levam sempre a um super ou subdimensionamento dos processos dentro do STET. Esse é um erro muito comum no desenvolvimento de projetos de STETs, o qual traz sérias conseqüências quando do sistema em operação.

A caracterização dos resíduos é definida através da quantificação dos parâmetros de poluição no seu descarte para o ambiente. Deve-se dar preferência aos dados obtidos de análises compostas e com amostragem de 24 horas. Os aspectos qualitativos estão relacionados diretamente com as diferentes etapas dos processos produtivos, por exemplo, a engomagem e o tingimento (alta carga orgânica). Além disso, as variações quantitativas também produzem variações em nível qualitativo. Quanto ao aspecto quantitativo, este está mais relacionado com as diversificações do processo produtivo, porque para cada produto final têm-se as devidas alterações quantitativas, tanto em relação à quantidade de produtos químicos quanto ao volume de água.

A figura 2.23 relaciona as diversas etapas do processo têxtil com várias de fibras diferentes e apresenta os possíveis poluentes passíveis de serem gerados.

Processo / fibra	Substâncias		
	Inorgânica	Orgânica (biodegradabilidade)	
Desengomagem			
- Algodão - Linho - Viscose	$\text{Na}^+ \text{Ca}^{++}$ $\text{SO}_4^{--} \text{NH}_4^+ \text{Cl}^-$	Carboximetil celulose (VB); Enzimas (A) e Gorduras (VB); Hemicelulose (A); Amidos modificados (B); Surf. não-iônicos (A); Óleos (VB); Amidos (B) Ceras (VB)	
- Acetato - Sintético	$\text{NH}_4^+ \text{Na}^+$ $\text{CO}_3^{2-} \text{PO}_4^{3-}$	Carboximetil celulose (VB); Enzimas (A) e Gorduras (VB); Gelatina (A); Óleos (VB); Gomas poliméricas (NB); Álcool polivinílico (A); Amido (B) e Cera (VB)	
Purga			
- Algodão	Na^+	CO_3^{2-} PO_4^{3-}	Surfs. aniônicos e não-iônicos (A); Ceras de algodão (VB); Gorduras (VB); Glicerinas (B); Hemicelulose (A); Matérias pépticas (A); Gomas (A); Sabões (B); Amido (B)
- Viscose - Acetato	Na^+	CO_3^{2-} PO_4^{3-}	Detergentes aniônicos (B) e não iônicos (B); Gorduras; (VB); Óleos (VB); Gomas (B); Sabões (B) e Ceras (VB)
- Sintéticos	Na^+	CO_3^{2-} PO_4^{3-}	Surfs. aniônicos (B) e não iônicos (A); Agentes antiestáticos (NB); Gorduras (VB); Óleos (VB); Gomas (B); Sabões (A) e Ceras (VB).
- Lã (Fios e Tecidos)	Na^+ NH_4^+	CO_3^{2-} PO_4^{3-}	Detergente iônico e não-iônico (A); Glico (VB); Óleos minerais (VB) e sabões (A).
Alvejamento			Formiato (B).
- Algodão	ClO^- e Na^+		
- Linho	$\text{NH}_4^+; \text{Cl}^- - \text{SiO}_3^{2-}$		
- Juta		O_2^{2-}	
- Sintéticos		SiO_3^{2-}	
- Acetato	PO_4^{3-}		
- Lã	Na^+	O_2^{2-}	Oxalato (B)
Mercerização			
- Algodão	Na^+	CO_3^{2-}	Surfactantes aniônicos (A); Cresóis (A); Ciclohexanol (A).
Tingimento			
- Algodão	$\text{Na}^+; \text{Cr}^{+++}; \text{K}^+$ $\text{Cu}^{++}; \text{Sb}^{+++};$ $\text{NH}_4^+; \text{Cl}^-; \text{F}^-; \text{O}_2^{2-};$		Naftol (A); Acetato (B); Amidas de ácidos naftólico (B); Agente dispersantes aniônicos (A); surfactantes aniônicos (A); Agentes de fixação catiônicos (NB); Cloroaminas (VB); Formaldeído (A); Nitroaminas (VB); Corantes residuais (NB); Sabões (A); Óleos solúveis (VB); Óleos sulfatados (A); Ácidos tânico (A); Tartarato (B) e Uréia (B).
- Viscose	$\text{SO}_3^{2-}; \text{S}^{2-} \text{PO}_4^{3-};$		
- Linho	$\text{NO}_2^-; \text{SO}_4^{2-};$ $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$		
- Poliamida	Na^+	Cl^- e CO_3^{2-}	Acetato (B); Formiato (B); Corantes residuais (NB) e Óleos sulfatados (A).
- Poliéster	$\text{Na}^+; \text{NH}_4^+; \text{Cl}^-;$ $\text{SO}_3^{2-}; \text{NO}_3^-; \text{S}^{2-}$ e ClO^-		Acetato (B); Surfactantes aniônicos (A); Agentes antiestáticos (NB); Dispersantes (A); EDTA (NB); Óleos minerais (VB); Surfactantes não-iônicos (A); Corantes residuais (NB); Sabões (A) e Solventes (A).

Figura 2.23 - Lista de poluentes têxteis - relacionados a processos e fibras.

Obs: (A) biodegradável após aclimação; (B) biodegradável; (VB) vagarosamente biodegradável e (NB) não biodegradável.

Fonte: Schönberger (2000 p.06).

Através da figura 2.23, pode-se constatar que a gama de poluentes gerados nas etapas de processamento têxtil é realmente grande e diversificada em termos de produtos químicos.

2.3.3.1 Resíduo líquido – visão qualitativa e quantitativa

É incontestável que a água é o produto auxiliar de maior consumo na indústria têxtil, conseqüentemente um dos produtos mais importantes no processo produtivo. Segundo Crespi (1994), na produção de tecido de algodão, o consumo de água pode variar de 100 a 300L/kg de tecido, ressaltando-se que a maior parte deste volume é consumido nos setores de lavagem, alvejamento, tingimento, estampagem e secagem. Em outros setores o consumo está restrito às necessidades humanas, pequenas lavagens de equipamentos e limpeza do setor fabril. Considerando-se a magnitude do consumo citado, é de se esperar que exista muito desperdício de água no processo têxtil.

Sempre que se comenta ou se questiona o consumo de água na indústria têxtil, surgem as dúvidas, pois é muito difícil encontrar dois ou mais autores que apresentem valores iguais de consumo de água, com pequena amplitude na faixa de consumo. A cada pesquisa de caracterização que surge se tem a esperança de que ela trará valores reais e definitivos (luz), mas, como sempre, é apenas mais um dado a ser acrescentado ao rol dos já existentes.

A maioria dos equívocos que ocorrem durante as caracterizações de efluente líquido encontra-se na deficiência de se caracterizar o processo industrial. Mesmo entre duas unidades produtivas que sejam idênticas e processem até o mesmo tipo de produto final as caracterizações podem divergir entre si; então, imagine-se quando não se tem nenhuma preocupação em caracterizar o processo ou em obter uma amostra representativa! Um processo de caracterização de efluentes exige um estudo minucioso de todos os detalhes do processo e das rotinas de trabalho dos colaboradores para se ter sucesso nos objetivos.

Para se ter a verdadeira dimensão da questão aventada, montou-se a tabela 01, na qual se apresenta o consumo de água na indústria têxtil de fibras naturais (especialmente o algodão), segundo os dados de diversos autores e ao longo de um intervalo de tempo superior a 30 anos.

Tabela 01 - Consumo de água na indústria têxtil – fibras naturais

Autores	Processo	Consumo - litros/kg
Gurnham (1971)	Tecido de algodão	150 – 760
Schlesinger et al. (1971)	Indústria de algodão	≅ 155
Cooper (1978)	Tecido de algodão	20 – 300
Dyer & Mignone (1983)	Tecido de algodão	80 – 360
Fazzioli (1985)	Indústria têxtil em geral	100 – 200
Braile & Cavalcanti (1989) ⁶	Indústria têxtil em geral	120 – 380
Silva Filho (1993)	Indústria têxtil em geral	≅ 200
Crespi (1994)	Tecido de algodão	100 – 300
Hart (1994)	Indústria – algodão e seda	80 – 160
Stephenson <i>et al.</i> (1994)	Indústria têxtil em geral	13 – 150
Coelho (1996)	Tingimento em malharia	115 – 175
EPA (1996)	Tinturaria em malha	20 – 377
EPA (1996)	Tecido – algodão e sintético	113 – 507
EPA (1996)	Fios - algodão e sintético	33 – 557
Sanin (1996)	Tecido em geral	113
Sanin (1996)	Indústria de malha	136
Santos (1996)	Indústria de malha	120 – 160
Martins (1997)	Tingimento em malharia	120
Conchon (1999) ⁷	Indústria têxtil fibras naturais	400 – 700
Conchon (1999) ⁸	Indústria têxtil fibras naturais	50 – 100
Barclay & Buckley (2000)	Tecido de algodão	115 – 140
Baumann (2000)	Tecido de algodão	100 – 150
Citeve (2000)	Tecido de Algodão	50 – 150
Schlaepi (2000)	Tingimento corante reativo	225
Schubert (2000)	Indústria têxtil fibras naturais	70 – 230
Schonberger (2000)	Indústria de malha	20 – 377
CPRH (2001)	Indústria têxtil em geral	60 – 200
Conchon & Conchon (2002)	Indústria de índigo	30
UBA (2002)	Indústria de malha e malhas	70 – 120

Fonte: Na tabela - montagem primária

Os dados constantes da tabela 01 mostram que o consumo de água na indústria têxtil de fibras naturais é muito variado e com grandes faixas de amplitude, como, por exemplo; 20 - 337 (Schonberger, 2000) e 113 - 507 (EPA, 1996).

⁶ Braile & Cavalcanti (1989) fornece o consumo de água em relação a metros lineares de tecido. Como a densidade linear nos tecidos varia de 0,8 a 1,2kg/m, optou-se pelo valor médio para a transformação.

⁷ Conchon (1999) faixa de consumo de água para indústrias existentes nas décadas de 1960 e 1970.

⁸ Conchon (1999) faixa de consumo de água para indústrias modernas - a partir da década de 1990.

A tabela 01 mostra ainda que, ao longo das três últimas décadas, os dados não se alteraram significativamente, até porque os autores em geral trabalham com amplitudes de faixa também significativas, como mencionado. A justificativa para as faixas de amplitude serem tão amplas é atribuída à concepção de fluxo líquido do processo de tingimento. Nele os sistemas são classificados em bateladas (descontínuo), semicontínuos e contínuos; na respectiva seqüência tem-se o sistema de maior consumo de água (batelada) até o de menor consumo (contínuo).

O critério usado pelos projetistas industriais para a definição dos sistemas de fluxo líquido no processo de tingimento nem sempre é baseado no menor consumo de água, pois muitas vezes esse critério é o de investimento econômico. Então, nessa situação, é de notório conhecimento que os processos contínuos representam um maior investimento em relação aos descontínuos, ou seja, a ordem de preferência econômica (capacidade de investimento) é inversamente proporcional ao menor fluxo de líquido. Esse deve ser um dos pontos a ser sempre levado em conta pelo projetista industrial e pelo ambiental, pois uma análise criteriosa nesse ponto do processo pode resultar em ganhos significativos, em termos tanto econômicos como ambientais.

Outra referência da tabela 01 que merece comentário é a que Conchon (1999) relata em trabalho realizado na Colômbia, no qual encontrou uma malharia cujo consumo de água era de 700L/kg de malha tingida. Valor surpreendente e estarrecedor, tanto do ponto de vista da eficiência do processo quanto do abuso dos recursos hídricos. Cita também o autor que era comum, nas décadas de 1960 e 1970, as indústrias de fibras naturais consumirem água na ordem de 400L/kg de fibra. Com a melhoria das tecnológicas (produtos e equipamentos), atualmente é possível encontrar indústrias que processam um quilo de tecido de fibra natural (algodão) com até 50 litros de água, mas a maioria delas ainda trabalha na faixa entre os 100 os 150L/kg de tecido.

A tabela 02 apresenta o consumo de água da indústria de forma segregada nas diferentes etapas do processo produtivo, com base em dados bibliográficos de diversos autores.

Tabela 02 - Consumo de água segregado para fibras de algodão

Etapas do processo	Consumo em litros/kg produto				
	TIM (1975)	Crespi (1994)	Barclay & Buckley (2000)	CPRH (2001)	UBA (2002)
Engomagem	- o -	- o -	- o -	4	- o -
Desengomagem	20 – 92	5 – 20	12,5	22	6 - 12
Alvejamento	10 – 13	2 – 12	16,7	100	6 - 12
Lavagem	1 – 48	10 - 40	25	20	10 - 40
Mercerização	- o -	5 – 20	16,7	35	15 - 30
Tingimento	9 – 63	10 – 20	42 – 100	50	12 - 42
Acabamento final	- o -	30 - 80	7 – 30	- o -	8 - 12
Totalização	40 – 216	62 - 172	120 – 201	231	57 - 148

Fonte: Na tabela - montagem primária

Os valores da tabela 02 corroboram os dados apresentados na tabela 2.01, porque os valores obtidos pela totalização da segregação estão dentro da faixa de consumo do processo completo.

A título de comparação, com as fibras naturais (principalmente algodão), a tabela 03 apresenta dados bibliográficos do consumo de água para o processamento de fibras químicas (sintéticas e artificiais) e de lã.

Tabela 03 - Consumo de água na indústria têxtil – Fibras químicas e lã

Autores	Processo	Consumo em litros/kg
Braile & Cavalcanti (1993)	Indústria de lã	70 – 140
Crespi (1994)	Indústria de lã	100 – 300
Citeve	Indústria de lã	50 – 150
EPA (1978)	Indústria de lã	26 – 387
EPA (1996)	Indústria de lã	110 – 657
Sanin (1996)	Indústria de lã	284
Schonberger (2000)	Indústria de lã	110 – 660
EPA (1996)	Indústria de não-tecidos	3 – 83
EPA (1996)	Indústria de Carpet	9 – 164
Hart (1994)	Indústria de fios de acrílico	80 – 170
Hart (1994)	Indústria de Viscose	80 – 150
Nemerow (1991)	Indústria - náilon e poliéster	100 – 125
Nemerow (1991)	Indústria de acrílico	210
Nemerow (1991)	Indústria de raion e acetato	42 – 75
IPPC (2001)	Indústria de sintéticos	8 – 60

Fonte: Na tabela - montagem primária

Na tabela 03 têm-se dois tipos de dados de consumo de água. O primeiro é referente ao processamento de lã, o qual apresenta uma amplitude de consumo muito ampla (100 a 660L/kg de fibra). Esses dados são da EPA (1996) e de Schomberger (2000), que atribuem a ampliação da faixa ao tipo de regime de fluxo (sistema descontínuo ou contínuo). O segundo tipo de dados refere-se às fibras químicas (acrílica, viscose, náilon, poliéster, raion e acetato), com a faixa de consumo entre os 80 e 160L/kg de fibra, muito similar à das fibras naturais apresentada na tabela 2.01. Com base, principalmente, nas tabelas 2.01 e 2.03, percebe-se que é muito difícil mensurar com precisão o consumo de água da indústria têxtil. As faixas de consumo são muito amplas e estão baseadas na diversidade de detalhes do processo produtivo.

Em resumo, a faixa de maior incidência de consumo é a de 80 a 160L/kg de tecido, o que direciona para um valor médio de 120L/kg de tecido. As indústrias que não trabalham neste patamar devem buscar essa adequação, pois com as tecnologias disponíveis atualmente é perfeitamente atingível essa faixa. Com a manutenção da tendência atual, é muito provável que, para os próximos 5 a 10 anos, possa se atingir o valor médio de consumo de água da ordem de 100L/kg de tecido.

É importante ressaltar que a caracterização bibliográfica dos parâmetros de controle ambiental não é simples, pois qualquer dado obtido em uma referência bibliográfica está vinculado a um processo industrial característico (fibras naturais, sintéticos e mistos) e ao tipo de coleta da amostra (simples ou composta). Além disso, dificilmente é citado o consumo de água do processo. O volume de água influencia diretamente as análises, dado que, quanto mais água, mais diluída é a amostra do efluente. Esse problema é minimizado quando o pesquisador referenda os dados (DBO₅, DQO, sólidos e outros) a uma base mais consistente, em que os dados possam ser transferidos de um sistema para o outro sem grandes perdas de informação. A unidade que melhor se molda a este contexto é a de massa por massa, ou seja, a massa do parâmetro em análise pela massa de produto processado. Nem todos os autores utilizam esta forma para apresentar os dados. Nas tabelas n.º 2.04, 2.05, 2.06 e 2.07 a seguir, as referências bibliográficas foram selecionadas com vista a essa caracterização das variáveis ambientais.

Tabela 04 - Caracterização dos efluentes de fibras naturais (exceto lã).

Parâmetros de controle ambiental	Fibras naturais									
	(1) g/kg	(1) mg/L	(2) g/kg	(2) mg/L	(3) mg/L	(4) mg/L	(5) g/kg	(5) mg/L	(6) g/kg	(6) mg/L
pH (Adimensional)	7 – 12,5	7 – 12,5	8,0 – 10,0	8,0 – 10,0	7,2 – 11,7	6,4 – 8,5	8 – 11	8 – 11	11,6 – 12,8	11,6 – 12,8
DBO ₅	22 – 45	210 – 420	45 – 84	350 – 650	195 – 435	856 - 1990	49	155	- o -	- o -
DQO	81 – 122	790 – 1370	130 - 155	1000 – 1200	670 – 1470	1070 - 3220	- o -	- o -	82 - 343	350 – 1460
Óleos e graxas	3,5 – 9,1	45 – 100	1,8 – 6,7	14 – 53	- o -	- o -	- o -	- o -	2,3 – 17,5	10 – 75
Sólidos suspensos	6,3 – 14,8	55 – 155	39	300	- o -	- o -	22,9	70	1,2 – 11,5	5 – 49
Sólidos sedimentáveis*	- o -	- o -	- o -	- o -	1 – 5	- o -	- o -	- o -	- o -	0,05 – 0,40
Sólidos totais	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	890 - 1391	- o -	- o -	470 – 1193	2000 – 5080
Cor	45 – 80***	45 – 80***	325 – 400**	325 – 400**	- o -	- o -	- o -	- o -	Azul escuro	Azul escuro

Obs: * Sólidos sedimentáveis (ml/L) ** Unidade ALPHA - *** Unidade de ADMI – American Dye Manufacturers Institute USA

(1) EPA (1996) – (2) EPA (1978) – (3) Martins (1997) - (4) Bresaola Jr. (1996) – (5) CPRH (2001) – (6) Dantas et al.(2000)

Tabela 05 - Caracterização dos efluentes de fibras naturais (exceto lã).

Parâmetros de controle ambiental	Fibras naturais									
	(7) g/kg	(7) mg/L	(8) mg/L	(9) mg/L	(10) g/kg	(10) mg/L	(11) g/kg	(11) mg/L	(12) g/kg	(12) mg/L
pH (Adimensional)	4 – 12	4 – 12	10,4 – 12,5	8,5	5,5 – 13	5,5 – 13	8 – 11	8 – 11	5 – 13	5 – 13
DBO ₅	46 - 410	200 –	1180 - 1500	389	30 – 165	200 – 1100	42 – 157	400 – 1500	21 – 260	80 – 1000
DQO	- o -	- o -	1194 – 3545	470	120 – 450	800 – 3000	84 – 126	800 – 1200	104 – 1040	400 – 4000
Óleos e graxas	- o -	- o -	44 – 118	86	- o -	- o -	1,0 – 8,0	10 – 80	0,03 – 7,8	0,1 – 30
Sólidos suspensos	6,8 – 68	30 – 300	- o -	- o -	7,5 – 45	50 – 300	21 – 31	200 – 300	- o -	- o -
Sólidos sedimentáveis*	- o -	- o -	0,2 – 2,0	0,0	- o -	- o -	- o -	0,1 – 5,0	- o -	- o -
Sólidos totais	228 – 364	1000 - 1600	3347 – 3900	3480	- o -	- o -	262 – 420	2500 – 4000	- o -	- o -
Cor – (mg CO Pt/L)	- o -	- o -	Azul	preta	45 – 450	300 – 3000	21 – 73	200 - 700	- o -	- o -

Obs: * Sólidos sedimentáveis (ml/L)

(7) Gurnham (1971) - (8) Longo (1987) – (9) Axt & Hering (1982) – (10) Crespi (2002) – (11) Hart (1994) – (12) Schönberger (2000)

Tabela 06 - Caracterização dos efluentes de fibras química.

Parâmetros de controle ambiental	Fibra – química									
	(1) g/kg	(1) mg/L	(2) g/kg	(2) mg/L	(3) g/kg	(3) mg/L	(4) g/kg	(4) mg/L	(5) g/kg	(5) ml/L
pH (Adimensional)	- o -	- o -	8,0	8,0	3,2 – 9,3	3,2 – 9,3	3 - 11	3 – 11	6,5 – 12,5	6,5 – 12,5
DBO ₅	6,7 – 70	180 – 440	21	300	- o -	204 – 780	15,5 - 93	100 - 600	86	781
DQO	38 – 186	550 – 2360	70	1000	- o -	2504 - 5534	77,5 – 186	500- 1200	- o -	- o -
Óleos e graxas	1,1 – 12,2	20 – 30	- o -	- o -	- o -	12 – 24	2,3 – 18,6	15 – 120	- o -	- o -
Sólidos suspensos	2,2 – 64,1	40 - 120	8,4	120	- o -	10 – 131	6,2 - 31	40 – 200	35	285
Sólidos sedimentáveis*	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	0,1 – 0,5	0,15 – 0,77	1 – 10	- o -	- o -
Sólidos totais	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	4441 – 6300	310 - 465	2000 - 3000	- o -	- o -
Cor	490**	490**	600***	600***	Vermelho	Vermelho	31 - 62	200 – 400	- o -	- o -

Obs: * Sólidos sedimentáveis (ml/L) ** Unidade ALPHA - *** Unidade de ADMI – American Dye Manufacturers Institute USA

(1) EPA (1996) – (2) EPA (1978) – (3) Longo (1997) - (4)Hart. (1994) – (5) CPHR. (2001)

Tabela 07 - Caracterização dos efluentes de fibras química.

Parâmetros de controle ambiental	Fibra – química									
	(6) g/kg	(6) mg/L	(7) g/kg	(7) mg/L	(8) g/kg	(8) mg/L	(9) g/kg	(9) mg/L	(10) g/kg	(10) ml/L
pH (Adimensional)	3,5 – 8,8	3,5 – 8,8	4,0 – 12	4,0 – 12	8 – 10	8 – 10	- o -	- o -	- o -	- o -
DBO ₅	2,0 – 50	210 – 554	- o -	680	30 – 180	250 – 1500	- o -	- o -	- o -	- o -
DQO	- o -	- o -	- o -	- o -	52 – 320	430 – 2660	- o -	- o -	- o -	- o -
Óleos e graxas	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -
Sólidos suspensos	1,5 - 31	170 - 335	- o -	- o -	55 – 95	450 – 790	- o -	- o -	- o -	- o -
Sólidos sedimentáveis*	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -
Sólidos totais	- o -	- o -	- o -	660 - 1773	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -
Cor	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -

Obs: * Sólidos sedimentáveis (ml/L) - -o- Não possui dados.

(6) Gurnham (1971) – (7) Schlesinger (1971) – (8) Barclay & Buckley (2000) -

Para melhor quantificar os parâmetros ambientais dos efluentes têxteis, os dados foram divididos em fibras naturais (exceto lã, de pouco uso no Brasil) e químicas. Na tabela 08 são apresentados os valores médios dos parâmetros ambientais das tabelas 04 e 05.

Tabela 08 - Valores médios de parâmetros ambientais – Fibras naturais

Parâmetros	(g/kg)			(mg/L)		
	min	med	max	min	med	max
pH (Adimensional)	7,5	9,4	11,3	7,5	9,4	11,3
DBO ₅	36,4	101,8	167,1	383,2	688,9	994,5
DQO	100,2	236,2	372,1	754,4	1423,9	2093,5
Óleos e graxas	1,7	5,8	9,8	29,9	53,7	77,5
Sólidos suspensos	14,9	24,1	33,2	101,4	156,0	210,6
Sólidos sedimentáveis (ml/L)	- o -	- o -	- o -	0,4	1,90	3,4
Sólidos totais	320,0	489,5	659,0	2203,2	2722,3	3241,4
Cor – (mg CO Pt/L)	33,0	146,6	260,1	250,3	1050,2	1850,1

Fonte: Tabelas 04 e 05 - Obs: -o- Não possui dados.

Na tabela 09 são apresentados os valores médios dos parâmetros ambientais das tabelas 06 e 07.

Tabela 09 - Valores médios de parâmetros ambientais – Fibras químicas

Parâmetros	(g/kg)			(mg/L)		
	min	med	max	min	med	Max
pH (Adimensional)	4,8	7,5	10,2	4,8	7,5	10,2
DBO ₅	26,3	45,2	64,1	351,2	470,9	590,5
DQO	61,8	104,5	147,2	1138,4	1831,0	2523,6
Óleos e graxas	1,7	8,6	15,4	15,6	36,9	58,1
Sólidos suspensos	10,7	22,3	33,9	101,9	150,2	198,5
Sólidos sedimentáveis (ml/L)	0,1	0,4	0,7	0,1	3,7	7,2
Sólidos totais	310	387,5	465	2367,2	3029,5	3691,7
Cor – (mg CO Pt/L)	30	45	60	200	300	400

Fonte: Tabelas 06 e 07

Para se efetuar a mesma analogia em relação às fibras processadas na Península Ibérica é necessário primeiramente ter os valores médios dos parâmetros de poluição para a fibra de lã, pois somente em Portugal os lanifícios representam de 16 a 18% de toda a fibra processada (INETI, 2001). A tabela 10, a seguir, apresenta os valores médios dos parâmetros de poluição para a fibra de lã.

Tabela 10 - Valores médios de parâmetros de poluição – fibras de lã (lavagem)

Parâmetros	(g/kg)			(mg/L)		
	BTTG(2003)	IPPC(2001)	EPA(1996)	BTTG(2003)	IPPC(2001)	EPA(1996)
pH	8 - 10	7 - 10	8 - 11	8 - 10	7 - 10	8 - 11
DBO ₅	0,4 - 400	- o -	41,8	5 - 35000	- o -	6900 - 10450
DQO	0,1 - 250	150 - 500	128,9	20 - 60000	2380 - 10700	21450 - 32225
Óleos e graxas	15 - 45	20 - 70	10,3	750 - 2250	317 - 1100	1700 - 2570
Sólidos Totais	0,1 - 400	- o -	43,1	1 - 20000	- o -	7100 - 10700

Fonte: Na tabela. Obs: -o- Não possui dados.

Na lavagem da lã, a DBO₅ e DQO apresentam valores altos, ou seja, sempre superiores a 10.000mg/l (tabela 2.10). Em compensação o volume de água para o processo é da ordem de 4 a 6L/kg de lã (EPA, 1996) e de 10 a 20L/kg de lã, segundo BTTG (2003). Para o tingimento (tabela 11) as cargas orgânicas são menores (DBO₅ entre 100 - 500mg O₂/L de efluente), mas o volume de água consumido é muito elevado. Segundo UBA (2001), nessa etapa é possível se ter o consumo de água de até 250L/kg de lã, enquanto o EPA (1996) define a faixa de consumo de água entre 110 a 660L/kg de lã e um valor médio de 285L/kg de lã.

Tabela 11 - Valores médios de parâmetros de poluição – Tingimento de lã

Parâmetros	(g/kg)			(mg/L)		
	BTTG(2003)	IPPC(2001)	EPA(1996)	BTTG(2003)	IPPC(2001)	EPA(1996)
pH	5 - 8	6 - 9	5 - 10	5 - 8	6 - 9	5 - 10
DBO ₅	0,1 - 160	- o -	3,8	10 - 500	- o -	50 - 600
DQO	0,1 - 125	5 - 20	15,5	20 - 1500	50 - 1280	120 - 1350
Óleos e graxas	1,5 - 4	0,5 - 3	1 - 2	1 - 20	0,5 - 11	0,1 - 13
Sólidos Totais	0,1 - 15	- o -	8,1	0,1 - 500	- o -	1 - 350

Fonte: Na tabela. Obs: -o- Não possui dados.

2.3.3.2 Cor - parâmetro de impacto ambiental

A cor dos efluentes têxteis é um problema muito discutido por leigos e técnicos ambientais no Brasil, assim como na Península Ibérica e no mundo. A coloração do efluente é devida à presença de corantes, que não se fixam na fibra durante o processo de tingimento e posteriormente, na lavagem, transferem-se para o efluente.

Mundialmente são comercializadas aproximadamente 10.000 diferentes fórmulas de corantes orgânicos sintéticos, distribuídos entre as principais classes de corantes (Colour Index, 2002). Segundo dados Abiquim (2002), em 2001, no Brasil foram consumidas 51.438 toneladas de corantes e pigmentos orgânicos. Parte destes corantes, aproximadamente 15 a 20%, acaba nos efluentes têxteis, e, não havendo um tratamento adequado, acabam por atingir os recursos hídricos.

Os corantes são produtos químicos normalmente aplicados em solução, os quais se fixam de alguma forma no substrato (fio ou tecido). As principais características desejáveis para os corantes são a de serem estáveis à luz, apresentarem uma distribuição uniforme, propiciarem um alto grau de fixação e resistirem ao processo de lavagem. Antes da metade do século XIX, os corantes todos eram procedentes de fontes naturais (origem animal e vegetal), e as suas principais características não contemplavam as condições desejáveis para um bom corante. Essas características essenciais aos corantes somente foram conseguidas com o surgimento dos corantes sintéticos, a partir de 1856, quando, acidentalmente, William Henry Perkin sintetizou a mauveína (figura 2.24). Atualmente, todos os corantes e pigmentos comerciais são substâncias sintéticas, com exceção de alguns pigmentos inorgânicos (Krell, 2002).

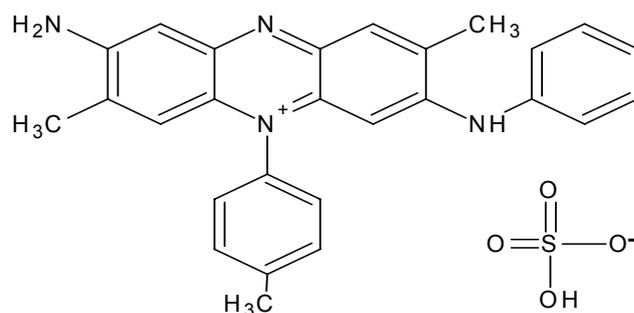


Figura 2.24 – Estrutura molecular do corante mauveína.
Fonte: Krell, (2003 p.67)

As principais estruturas químicas presentes nos corantes são compostas de grupos químicos, como azo, antraquinona e ftalocianinas (Mansilia *et al.*, 2001). Na figura 2.25 tem-se exemplificação destas estruturas.

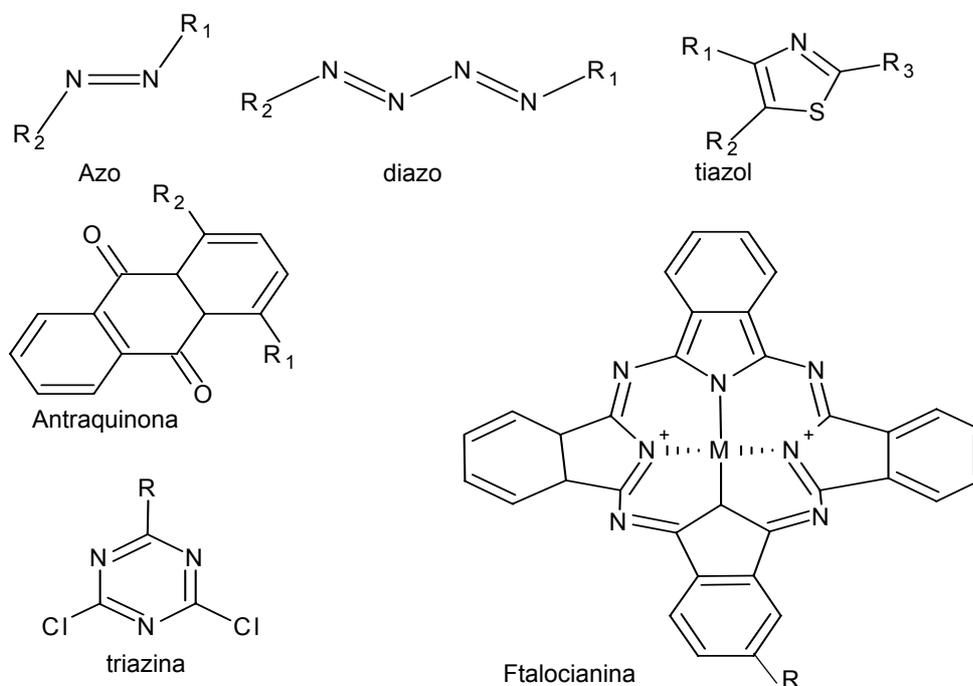


Figura 2.25 – Estrutura molecular de grupos químicos dos principais corantes.
Fonte: Mansilia *et. Al.*, (2001 p.189)

Na tabela 12 são apresentados valores dos coeficientes de afinidade e os percentuais de fixação de alguns tipos de corante em reação com a fibra.

Tabela 12 - Coeficiente de afinidade e percentual de fixação de corantes.

Corantes	Fibras e Aplicação	Coef. afinidade K	% de fixação Schönberger (1999)	% de fixação Schönberger & Schäfer (2002)
Ácido	Nylon e Lã	130	80 – 93	85 - 98
Azóico	Poliéster e outras fibras celulósicas	200	90 – 95	- o -
Básico	Acrílico e alguns poliésteres	700	97 – 98	96 – 100
Direto	Algodão/raion / fibras celulósicas	100	70 – 95	64 - 96
Disperso	Poliéster/acetato e outros sintéticos	120	80 – 92	88 – 99
Pré-metalizado	Lã	470	95 – 98	95 – 98
Reativo	Algodão/lã outras fibras celulósicas	50	50 – 80	55 – 97
Sulfurosos	Algodão e outras fibras celulósicas	50	60 – 70	60 – 95
Vat (tina)	Algodão e outras fibras celulósicas	130	80 – 95	75 – 95

Fonte: EPA (1996) – referente ao coeficiente de afinidade K

Na seqüência se tem a tabela 13, onde são apresentados percentuais de perda de corantes pela não-fixação na fibra.

Tabela 13 - Percentuais de perda de corante - Não-fixação.

Corantes	Percentuais de perda de corante na fixação (%)					
	EPA(1995)	OECD	ATV	Bayer	Euratex(2000)	Spain (2002)
Ácido - Lã - Sintético	10 20	7 – 20	7 – 20	- o -	5 – 15	5 – 15
Básico	1	2 -3	2 – 3	2	- o -	0 – 2
Direto	30	5 – 20	5 – 30	10	5 – 35	5 -20
Disperso - Acetato - Polyester 1 bar - Poliéster HT	25 15 5	8 – 20	8 – 20	5	1 – 15	0 – 10
Azóico	25	5 – 10	5 -10	- o -	10 – 25	10 – 25
Pré-metalizados	10	2 – 5	2 – 5	5	2 – 15	5 – 15
Reativo - Algodão - Lã	50 - 60	20 – 50	5 – 50	5 - 50	20 - 45 3 – 10	10 – 35
Sulfurosos	25	30 – 40	30 – 40	- o -	5 – 30	5 – 30
Vat (tina)	25	5 – 20	5 – 20	- o -	5 – 30	5 – 30
Cromo	- o -	- o -	1 – 2	- o -	- o -	5 – 30

Fonte: IPPC (2002 p.78), Euratex (2000) e Spain (2002)

EPA - US Environmental Protection Agency; OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development; ATV - Abwasser Technische Vereinigung (Waste Water Technical Assoc.)

Destaque-se que cada corante possui um coeficiente específico K e que os valores constantes da tabela 10 representam uma faixa de aplicação para cada uma das classes de corante. O aspecto para o qual se chama a atenção nessa tabela é dos baixos percentuais de fixação para os corantes reativos e sulfurosos, cujos valores são, em muito casos, de apenas 40 a 60% de fixação na fibra. Esses tipos de corante são muito usados em fibras naturais, como, por exemplo, o algodão e as fibras celulósicas, tanto no Brasil quanto em Portugal e na Espanha, conforme dados da ABIT (2003), Aitpas (2003) e APIT(2003).

Para se ter uma perspectiva da quantidade de corante que anualmente pode chegar nos rios do Brasil, tem-se a tabela 14, a qual apresenta o consumo de corante e pigmentos no ano de 2002, além do percentual de perda para cada um deles. Assim se pode estimar a quantidade de corante não fixado às fibras, a qual, conseqüentemente, atinge os recursos hídricos e provoca sua coloração.

Tabela 14 - Consumo brasileiro de corantes - 2002. - Estimativa de não-fixação.

Corantes	Produção - toneladas	Percentual de perda	Valor máximo perdido em toneladas (estimativa) ⁹	Potencial Poluidor
Ácido	3.175	7 – 20	635	Baixo
Azóico	143	5 – 10	14	Alto
Básico	424	2 – 3	13	Baixo
Direto	1.051	5 – 30	315	Alto
Disperso	1.507	5 – 20	301	Alto
Pré-metalizados	280	1 – 5	14	Alto
Reativo	4.614	5 – 50	2.307	Alto
Sulfurosos	2.390	30 – 40	956	Alto
Vat (tina)	499	5 – 20	100	Alto
Branqueador óptico	31.483	- o -	00	- o -
Pigmentos orgânicos	5.872	1 – 2	117	Baixo
Totalização	51.438	- o -	4.772	- o -

Fonte: Produção nacional de corantes - ABIQUIM (2003).

É importante destacar que não há corante que tinga todas as fibras têxteis, assim como não há fibra que possa ser tingida por todos os corantes existentes.

O mecanismo de tingimento se constitui de três fases distintas: a montagem, a fixação e o tratamento final. A primeira fase é aquela em que o corante é transferido para a superfície da fibra através de esgotamento ou impregnação. No esgotamento, o substrato (tecido ou fio) fica por um longo período em contato com o corante (4 a 8 horas) e, com ajuda de tensoativos, a tensão superficial do substrato é reduzida. Dependendo da afinidade entre a fibra e o corante, pode haver então uma simples ligação ou uma reação entre ambos. Já a impregnação do corante ocorre com o auxílio de uma força mecânica. O substrato é prensado entre dois rolos após a imersão na solução de corante e, na seqüência, é enrolado e coberto para o complemento da reação (*pad-batch*). A segunda fase é caracterizada pela fixação do corante à fibra. Inicialmente é revertida a insolubilidade do corante em água. Outra opção é a alteração nas características da fibra, ou seja, ela deve passar da condição de fibra dilatada para a de fibra espessa (inchada), pela ação da temperatura (fixação por modificação física) (Krell, 2002).

⁹ Projeção primária, baseada em percentuais de perdas estabelecidas na tabela 2.11

A fase final é uma lavagem com sabão ou detergente, com o objetivo de extrair o excedente de corante que não reagiu, logo não se fixou e continua presente sobre a superfície da fibra. Essa operação de lavagem das fibras para a remoção do corante é em geral realizada a quente entre 60 e 90°C e com uma relação de banho superior a 1:4.

Na figura 2.26 é apresentada uma classificação dos corantes e pigmentos segundo a sua solubilidade em água e aplicação.

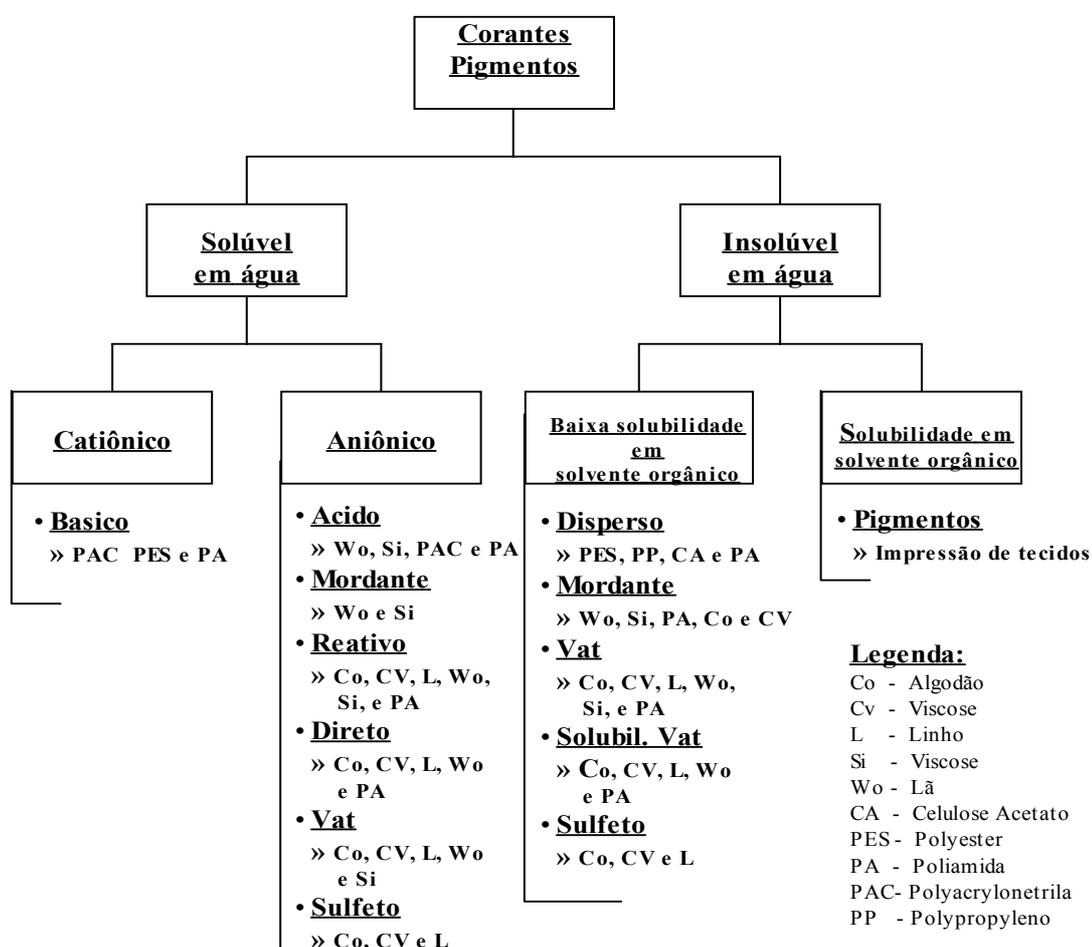


Figura 2.26 – Classificação dos corantes pela solubilidade em água e aplicação.
Fonte: Schönberger (1999, p.13)

Os pigmentos são considerados pseudocorantes, porque não apresentam nenhuma afinidade com as fibras. A sua fixação depende exclusivamente de um ligante de efeito térmico. Raramente esse corante é utilizado no tingimento de fibras, o seu emprego é mais freqüente no processo de estamparia de tecidos e malhas.

Deve-se ter muito cuidado com os pigmentos inorgânicos à base de cádmio, dada a sua elevada toxicidade. O seu uso é defendido publicamente pelo Sr. Eduardo Tedesco (técnico têxtil), gerente da Multicel, única produtora deste corantes pigmentados no Brasil. Sua argumentação é egoísta e antiecológica, pois se baseia no fato de o cádmio presente nos corantes representar apenas 2% de todo o cádmio usado no mundo (98% estão nas pilhas e baterias) (Fairbanks, 2001).

Em uma visão de curto prazo, os corantes pigmentados apresentam a vantagem de os tecidos não precisarem ser submetidos ao processo de lavagem. Os resíduos gerados são da limpeza das embalagens e dos cilindros de estampagem. O volume de efluentes é pequeno em relação ao processo de tingimento convencional (várias lavagens), o que pode aparentar um ganho ecológico; mas deve ser muito bem analisado, porque, apesar do pequeno volume, a carga poluidora é enorme e tóxica.

Os corantes branqueadores são usados nas fibras brutas que apresentam uma aparência amarelada, porque muitas vezes absorvem luz de baixo comprimento de onda, o que faz alterar-se a tonalidade destas fibras. Em geral o branqueamento é realizado pela oxidação das fibras através de alvejamento ou pela aplicação de corantes brancos (branqueadores ópticos ou fluorescentes). Esses corantes, quando em contato com as fibras, proporcionam uma alta reflexão da luz, o que aparenta uma coloração fortemente branqueada. As estruturas moleculares desses corantes apresentam grupos carboxílicos, azometino ($-N=CH-$) ou etilênicos ($-CH=CH-$), aliados a sistemas benzênicos, naftalênicos, perênicos e anéis aromáticos, que proporcionam reflexão por fluorescência, quando do excitação da luz ultravioleta.

Em resumo, o branqueador proporciona uma maior refletância da luz visível do que a quantidade incidente sobre a superfície. Segundo dados da Abiquim (2002), os branqueadores já representam mais de 60% de todos os corantes produzidos e consumidos no Brasil. Isso significa que o seu uso é disseminado na maioria dos processos de tingimento. No entanto, apesar de não produzir alteração significativa na coloração dos efluentes, quando sob o efeito de uma luz ultravioleta sua presença é perfeitamente detectável. O problema é que os seus efeitos ainda não são totalmente conhecidos, o que gera apreensão e incerteza quanto a seu estado latente em termos de impacto ambiental (BTTG, 2003).

Resumindo as aplicações dos corantes sobre as fibras têxteis, no processo de tingimento, tem-se a figura 2.27, o qual relaciona as fibras com os corantes.

Tipo de fibra Classe de Corante	Celulósicas					Protéicas		Artificiais	Poliamídicas			Poliéster		Poliacrílicas		
	Direto	Enxofre	Naftol	A Tina	Reativo	Ácido	Mordente	Disperso	Ácido	Disperso	Catiónico	Disperso	Catiónico	Ácido	Disperso	Catiónico
Nitroso						✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	
Nitro						✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	
Azo	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Azóico			✓													
Estilbeno	✓				✓											
Carotenóide	✓				✓											✓
Triarilmetano						✓	✓		✓		✓		✓	✓		✓
Xanteno						✓	✓		✓		✓		✓	✓		✓
Acridina		✓									✓		✓			✓
Quinolina	✓					✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Metina	✓										✓		✓			✓
Tiazol		✓			✓		✓				✓		✓			✓
Azina		✓				✓			✓		✓		✓	✓		✓
Oxizina	✓	✓					✓				✓		✓			✓
Tiazina		✓		✓							✓		✓			✓
Sulforoso		✓		✓												
Antraquinona	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Indigóide				✓		✓			✓					✓		
Ftalocianina	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓		✓		✓	✓		✓

Figura 2.27 - Classificação de corantes por uso e natureza química.

Fontes: Colour Index (4rd Revfsion) Society of Dyers and Colourists – *apud* (Peres & Abrahão, 1998).

Os corantes, se não são removidos dos efluentes antes do despejo para o corpo receptor, podem modificar o ecossistema dos recursos hídricos pela alteração da coloração das águas, e desta forma dificultar a penetração de luz na massa de água, diminuindo a atividade fotossintética. Isso pode provocar alteração da solubilidade dos gases (principalmente O₂) e, como conseqüência, provocar danos nos seres vivos presentes na flora e na fauna aquática. Tais afirmações podem ser corroboradas por Carliell *et al.* (1998), os quais afirmam que de 40 a 60% dos corantes usados no planeta possuem radical azo, e esses corantes, se não são degradados, apresentam alta toxicidade, mutagenicidade e carcinogenicidade.

A figura 2.28 mostra as principais características ecológicas dos corantes.

Tipos de corantes	Principais aspectos ecológico
Reativo	Apresenta baixo grau de fixação (tecido), pequena tendência de adsorção por massa biológica (lodos ativados) e sais em excesso (NaCl e Na ₂ SO ₄). Fonte de AOX.
Vat	Agente redutor (compostos sulforosos), pode conter halogênios que podem parcialmente oxidar os agentes.
Disperso	Após reação redução apresenta compostos de enxofre.
Direto	Presença de sais e compostos tóxicos.
Metálicos	Presença de metais pesados dos corantes.
Sulforosos	Presença de enxofre e alguns halogênios.
Básico (catiônico)	O processo de tingimento é retardado (perda produtos).
Mordantes (cromo)	Presença de cromo.

Figura 2.28 - Principais aspectos ecológico dos corantes

Fonte: IPPC (2002 p. 41)

Pela figura 2.28, pode se perceber que os corantes reativos, os mais usados em fibras naturais, principalmente algodão, são os menos agressivos ao ambiente; pena que tenham como desvantagem o baixo grau de fixação na fibra.

2.3.3.3 Cor - formas de remoção

Conforme mencionado no item 2.3.1.1, a legislação brasileira não estabelece um padrão de cor para o lançamento de efluentes têxteis, mas define claramente que os despejos não devem causar modificações no corpo receptor, como alterar a coloração das águas e dificultar as atividades fotossintéticas e o tratamento de água de abastecimento público. Alguns órgãos ambientais, em função dessas condições específicas dos corpos receptores, das dimensões do empreendimento têxtil e do local de implantação, acabam atribuindo valores para o parâmetro cor.

Na Península Ibérica, a legislação estabelece que o efluente, após uma determinada diluição, não pode apresentar coloração visível ao olho humano. Na Catalunha a lei geral estabelece que a diluição é 1:20. Em Portugal a lei geral determina a diluição de 1:20, mas os efluentes têxteis, desde que não despejados em corpo receptor cujas águas não sejam captadas para abastecimento público, podem ser analisados com a diluição de 1:40. Tal situação, simplesmente, requer uma remoção de corante da ordem de 2 a 3% para satisfazer a condição de diluição 1:40.

Em relação aos processos de remoção de cor as opções são muitas, e o que os projetistas procuram é escolher o melhor sistema ou apenas um processo que se enquadre nas exigências ambientais para o despejo. O que se tem, na prática, é um efluente homogeneizado com diversos tipos de corante, o que dificulta a escolha do melhor processo, haja vista que pode o processo de remoção ser eficiente para um determinado corante e ineficiente para outro, como por exemplo: corantes dispersos (insolúveis em água) e corantes reativos (solúvel em água). Nesta situação é muito difícil encontrar um processo que atenda perfeitamente aos dois tipos de corante (Mattioli *et al.*, 2002).

Pearce *et al.* (2003) fazem uma análise em relação aos fatores que afetam a remoção dos corantes dos efluentes têxteis, quando tratados em sistemas biológicos. Os fatores enumerados por eles são os seguintes: oxigênio, temperatura, pH, concentração do corante, estrutura do corante, doação de elétrons e valores redox (potencial e reação). Os autores consideram o teor de oxigênio no efluente um dos fatores mais importantes entre os listados, principalmente se a remoção de cor se basear em processos biológicos aeróbios, pois a ausência de oxigênio passa a ser um inibidor à reação de oxidação do corante (descolorir). A temperatura e o pH também influenciam diretamente o desempenho do processo biológico. A concentração e a estrutura do corante são parâmetros que determinarão a toxicidade do efluente. Na seqüência serão mencionados os processos mais utilizados nos STETs para a remoção da cor.

2.3.3.3.1 Remoção de cor por processos primários

Os processos mais comuns presentes nos tratamentos primários são a coagulação e a floculação. No tratamento de efluentes têxteis, estes processos são usados há mais de 40 anos para remover cor e carga orgânica, e nesse período os processos foram vastamente explorados através de pesquisas científicas. Em geral, porém, a maioria das pesquisas teve apenas o objetivo de conhecer novos coagulantes e floculantes, além de buscar as dosagens ótimas para a redução da geração de lodo, que em geral é excessiva.

Estas pesquisas estão diretamente relacionadas com as características dos efluentes (processo industrial e tipos de corante) (IPPC, 2002). É o caso da pesquisa de Georgion *et al.* (2003), em que é testado o sulfato ferroso em conjunto com cal em um determinado efluente têxtil não caracterizado devidamente. A aludida pesquisa apenas conclui que a remoção de cor varia de 70 a 90% e a DQO de 50 a 60%, com o inconveniente de geração de excesso de lodo químico, devido à presença de cal como floculante. As pesquisas se concentram nos processos de coagulação e floculação, além de combinações com outros processos que envolvem tecnologias avançadas, como, por exemplo, membranas (ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa), fotocatalise e outras.

A pesquisa desenvolvida por Tan *et al.* (2000) comparando o uso do cloreto de magnésio ($MgCl_2$) com outros coagulantes - como o sulfato de alumínio e cloreto de polialumínio - em efluentes com corantes reativos, conclui que estes corantes são de difícil remoção através dos coagulantes usados tradicionalmente, daí o uso do cloreto de magnésio como um coagulante alternativo. A faixa de pH ótimo é de 10,5 a 11, e dentro deste limite, a remoção de cor pode atingir valores acima de 90%, se forem usadas dosagens de 4g/litro de efluente, que é uma dosagem alta e conseqüentemente deve gerar um volume excessivo de lodo. A vantagem é o tempo de floculação, que é menor que 3 minutos, contra os 13 a 24 minutos para o cloreto de polialumínio e sulfato de alumínio respectivamente.

No início da década de 1980, quando se fazia a tentativa de tratar os efluentes têxteis apenas com processos físico-químicos, Axt & Hering (1982) relatam a experiência do uso da flotação como a principal ferramenta para o tratamento dos efluentes têxteis da Companhia Hering Ltda., uma das maiores indústrias têxteis do Brasil. O diferencial era que a flotação proposta por eles continha algumas alterações em relação ao processo convencional, de forma a eliminar as partes móveis do sistema, principalmente os raspadores mecânicos. Mediante o controle do fluxo do efluente tratado se controla a retirada da espuma densa (flocos) do flotor. O coagulante era uma solução de 5% de sulfato de alumínio e o floculante um polieletrólito aniônico. A taxa de aplicação usada era de $6m^3/m^2/h$, com tempo de retenção superior a 20 minutos. A comparação da eficiência entre os sistemas está na tabela 15, a seguir.

Tabela 15 - Comparação entre a flotação convencional e a modificada

Parâmetros	Flotação convencional Eficiência %	Flotação modificada Eficiência %	Variação percentual %
Sólidos totais	62,0	67,6	9,0
Sólidos fixos	62,7	68,8	9,7
Sólidos voláteis	86,1	91,0	5,7
Sólidos totais dissolvidos	26,0	65,8	153,1
Detergentes	67,5	74,7	10,7
Dureza total	33,3	79,4	138,4
Cloretos	22,2	23,7	6,8
Oxigênio dissolvido	390	430	10,3
Condutividade	56,6	60,9	7,6
Óleos e graxas	96,0	100	4,2
DQO	74,9	80,3	7,2
DBO ₅	83,8	86,6	3,3
Cor	Preto p/ amarelo claro	Preto p/ amarelo claro	- o -

Fonte: Axt & Hering (1982 p.3) - Obs: - o - (não detectável)

Conforme a tabela 15, a diferença entre os dois processos de flotação não foi significativa, com exceção dos sólidos dissolvidos totais, dos detergentes e a dureza, que representaram um ganho ambiental. Os ganhos dos demais parâmetros se encontram na faixa de erro aceitável para a metodologia de análise e coleta de amostras utilizada.

Hart (1994) também apresenta um estudo realizado com efluentes têxteis usando como tratamento físico-químico a flotação. A justificativa é que os flocos formados nos efluentes têxteis apresentam maior facilidade de flotar do que de sedimentar. A pesquisa não especifica as características do efluente nem do processo industrial, o que dificulta uma análise mais criteriosa. As vantagens mencionadas são as seguintes: melhor formação dos flocos, menor quantidade de produtos químicos que a coagulação e floculação, pH mais próximo da neutralizada; melhor remoção de corantes e detergentes que a sedimentação e maior facilidade na desidratação do lodo por prensa desaguadora. O fato importante relatado por Hart (1994) é que, em alguns casos, as indústrias estariam reutilizando parte da água tratada no flotor (clarificado) para operações de lavagem dos tecidos nos processos industriais. O grau de eficiência de remoção das cargas orgânicas e inorgânicas e alguns outros parâmetros de despejo estão relacionados na figura 2.29, a seguir.

Parâmetro	Faixas ou reduções
DBO ₅	Redução de 55 até 90%
DQO	Redução de 50 até 80%
Cor	Redução de 90 até 95%
Aspecto	Incolor ou levemente colorida
Sólidos suspensos	Redução de 70 a 90%
Óleos e graxas	Redução de 96 até 99%
Detergentes	Redução de 60 até 70%
pH	Entre 6.4 e 6,6

Figura 2.29 - Eficiências da flotação em efluentes têxteis

Fonte: Hart (1994 p.9)

Outro processo que tem a capacidade de remoção da cor e poderia ser incluído no âmbito dos tratamentos primários é a oxidação, mas ele também pode ser considerado como integrante do tratamento terciário. Este processo será abordado no item 2.3.3.3.3 (tratamento terciário).

2.3.3.3.2 Remoção de cor e degradabilidade - tratamento secundário

Os processos secundários (biológicos) podem exercer duas funções importantes nos STETs: a primeira é a degradação biológica da matéria orgânica e a segunda, a remoção da coloração dos efluentes. A degradação biológica é representada pela redução tanto da DBO₅ quanto da DQO. Em relação aos corantes, o processo biológico ocorre em duas etapas. Na primeira surgem modificações de ordem estrutural na molécula do corante, as quais em geral alteram a toxicidade, de maneira que o grau de toxidez é reduzido a limites que não comprometem o ambiente. A segunda etapa se caracteriza pela estabilização final da matéria orgânica, com a geração de dióxido de carbono e água (mineralização) (Balan 1999 e Riva *et al.* 2001).

Peres & Abrahão (1998) afirmam que a maioria dos corantes não são biodegradáveis, o que justificaria o baixo rendimento dos processos biológicos na remoção de cor. Nesta situação ocorre a remoção de cor devido à precipitação dos corantes insolúveis ou adsorção no lodo biológico. O grau de adsorção varia em função da estrutura do corante e das condições do processo biológico, além de outros parâmetros, como pH e temperatura (Salem, 1996).

Gonçalves *et al.* (1996) afirmam que os processos biológicos mais empregados para a remoção de corantes tinham sido, até aquele momento, os aeróbios, que mostravam grande aceitação por parte dos projetistas, principalmente em STETs com predominância de corantes básicos. Em geral, os corantes são adsorvidos pelo lodo biológico (material em suspensão), sem necessariamente ocorrer a degradação biológica. Em função disto é que se passou a estudar com mais intensidade o processo anaeróbio. Foram testados os corantes ácido vermelho 73 e 42, direto vermelho 80 e disperso azul em reator USAB (*Upflow anaerobic sludge blanket*) em condições mesofílicas. Os resultados indicaram alterações estruturais, como quebra da dupla ligação azo, o que provocou o deslocamento da absorção da luz da zona do visível para o ultravioleta e a conseqüente descoloração. Os autores consideram o uso de reatores USAB para descolorir efluentes têxteis uma linha de pesquisa promissora, pois o produto da reação anaeróbia pode depois ser degradado por via aeróbia.

Em relação aos tratamentos biológicos, Conchon (1995) menciona que um sistema biológico de lodos ativados trabalhando com aeração prolongada apresenta excelente grau de remoção de cor, com valores superiores a 90%, e cita como exemplos as estações das empresas Sitene e Karibê. Também cita casos de estações que operam entre as faixas de aeração convencional e prolongada, utilizando corantes dispersos ou vat (índigo), em que a remoção é excelente; para os demais corantes, estima a remoção de cor em valores superiores a 70%. Tunussi & Sobrinho (2003), estudando um efluente de tinturaria que continha corantes com características azo e era tratado em sistema de lodos ativados, afirmam que a eficiência na remoção da cor deixa a desejar. Assim optaram pelo uso de um reator anaeróbio USAB e um pós-tratamento em sistema de lodos ativados. A nova configuração atingiu eficiência de 82% na remoção da cor.

Também Luangdilok & Panswad (2000) afirmam que os corantes reativos são particularmente difíceis de tratar por processos aeróbios convencionais, pois não são prontamente adsorvidos na massa biológica dos lodos ativados, o que dificulta a degradação. Em função disto, estudaram a descoloração de efluentes contendo corantes reativos, através de um sistema combinado anaeróbio-aeróbio. Os resultados obtidos foram modestos, pois a descoloração oscilou entre 58 e 66%.

Wallace (2001) concluiu que o sistema combinado anaeróbio-aeróbio apresenta resultados muito bons de degradação e de remoção de cor dos corantes azos. Yeh *et al.* (2002), ao estudarem um efluente sintético contendo goma (PVA) e corantes dispersos, tratado em sistema de lodos ativados com posterior descoloração através de carvão ativado, obtiveram remoção de DQO entre 45 e 80%, e da cor entre 88 e 98%.

O avanço tecnológico também é constatado na área enzimática. Por exemplo, Moraes *et al.* (1997) trataram efluente de corante de azul de metileno com lignina peroxidase, obtida de *Phenerochaete Chrysosporium*, degradando 100% do corante em aproximadamente 15 minutos, à temperatura de 28°C; e, para temperaturas maiores - por exemplo 37°C - o tempo da reação é inferior a 3 minutos.

Também Couto *et al.* (2000), tratando uma amostra de corante poli-R-478 com *Phenerochaete Chrysosporium*, obtiveram excelente eficiência no tratamento da cor, alcançando remoção superior a 95%. A ação da peroxidase está relacionada com a estrutura do corante; assim a eficiência da degradação passa a depender do tipo de corante (estrutura). Chan & Lin (2000), em seus estudos, utilizaram a *Pseudomonas Luteola* em efluente sintético à base de corante reativo vermelho em concentração de 200mg/L de corante em solução, e conseguiram um rendimento entre 44 e 57% de degradação do substrato. Relatam que o processo ocorre aerobiamente para o crescimento microbiano e nas condições anaeróbias para a descoloração do substrato.

Cammarota & Coelho (2001) também usaram tratamento enzimático (peroxidase - tirosiase, extraída do cogumelo *Agaricus bispora*) para remoção de cor (Remazol preto GF, Remazol vermelho 3B e Procion laranja MX-2R), e após 24 horas a descoloração atingiu 80%, 78% e 56%, respectivamente.

Pearce *et al.* (2003) apresentam uma revisão bibliográfica extensa em relação à degradação biológica e descoloração dos efluentes têxteis, conforme a figura 2.30, a seguir.

Corante / efluente (estudado)	Microrganismo	Comentários	Autores
Azo	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Sphaerotilus natans</i> , <i>Arthrobacter sp.</i> lodos ativados	Redução do corante sobre condições anóxicas	Wuhrmann <i>et al.</i> (1980)
Ácido Laranja 6 Básico Violeta 1 Básico Violeta 3	Coletado no campo e cultura em laboratório	O corante básico é degradado em condições aeróbias	Michaels & Lewis (1986)
87 diferentes ácidos Básico, Mordante e Reativo	Lodos ativados	Remoção da coloração, 13% por biodegradação e 23% por adsorção.	Pagga & Brown (1986)
Mordante amarelo 3 Ácido vermelho 27 Ácido amarelo 21 e 23	Consórcio de mistura de bactérias	Redução do corante sobre condições anaeróbias	Haug <i>et al.</i> (1991)
Reativos	Lodo anaeróbio	Remoção de cor via redução do corante	Carlielli <i>et al.</i> (1994)
Ácido Orange 10 Ácido Vermelho 14 / 18	Lodo de digestor anaeróbio e licor do tanque de aeração	Sistema anaeróbio e aeróbio 65 a 90% remoção de cor no anaeróbio	Fitzgerad & Bishop (1995)
Cromoforos diazo	Cultura mista anaeróbia	Remoção de cor 85% em 48h, redução do grupo azo.	Knapp & Newby (1995)
Reativos Azo e diazo e Disperso	<i>Alcaligenes faecalis</i> , <i>Commomonas acidovorans</i>	Remoção de 100% de cor sobre condição anaeróbia em 48 horas.	Nigan <i>et al.</i> (a) (1996)
Cromo contendo azometina	Cultura bactérias aeróbia	Degradação e adsorção parcial	Matanie <i>et al.</i> (1996)
Reativo	<i>Alcaligenes faecalis</i> , <i>Commomonas acidovorans</i>	67 - 89% de remoção de cor sobre condições anaeróbia	Nigan <i>et al.</i> (b) (1996)
Remazol preto B	<i>Alcaligenes faecalis</i> , <i>Commomonas acidovorans</i>	Imobilização microbiana com descoloração de 95% em 48h	Oxspring <i>et al.</i> (1996)
Azo e diazo Reativo	Cultura bacteriana anaeróbia termofílica	68 - 84% de remoção de cor em 48 horas	Banat <i>et al.</i> (1996)
Simulação de efluente têxtil de vermelho H-E7B	Digestor tubular inclinado	78% de remoção de cor por tratamento anaeróbio (USAB)	O'Neil <i>et al.</i> (1999)
Reativo vermelho 3.1	Lodos ativados - semente de efluentes sanitário e industrial	Sistema anaeróbio-aeróbio Remoção 90 a 93% (anaeróbio)	Bromley <i>et al.</i> (2000)
Ácido vermelho 42 Ácido vermelho 73 Direto vermelho 80 Disperso azul 56	Lodo obtido em estação de esgoto sanitário municipal.	Eficiência de 80 a 90% para o ácido. Para o direto foi de 81% e para o disperso não houve remoção após 56 horas	Gonçalves <i>et al.</i> (2000)
Azo	Lodo mesofílico de reator USAB em escala laboratorial	Remoção de 56% de DQO - reator híbrido anaeróbio-aeróbio	Kalguzhngi & Sklyar (2000)
Ácido Laranja 7	Mistura de microrganismos e cultura metanogênica	94% de remoção de cor após a fase metanogênica	Bras <i>et al.</i> (2001)
15 diferentes sintéticos de base azo sulfonada	Reator USAB com mistura de bactérias redutoras e metanogênicas	Remoção quase completa entre 2 e 8 dias - reator operado 100 dias	Plumb <i>et al.</i> (2001)
Reativo Laranja 96	Bactérias mistas anaeróbia	Redução de 95% do corante após 40h.	Yoo <i>et al.</i> (2001)
Remazol brilhante violeta 5R e Remazol preto B	Planta de lodos ativados com lodo proveniente de estação de tratamento.	Remoções: Remazol violeta 95% e 75% remazol preto B. Tempo de aeração 10h idade do lodo 15dias	Lourenço <i>et al.</i> (2000) (2001)
Ácido Laranja 7	<i>Sphinogomonas sp.</i> Formação de biofilme aeróbio	Completa degradação em 1 h.	Loughlin <i>et al.</i> (2002)
Ácido, básico e direto	<i>Pseudomonas pseudomallei</i>	Muito tempo para descoloração	Yatome <i>et al.</i> (1981)
Laranja I e II	<i>Pseudomonas sp.</i>	Após 7 gerações remoção de 35% e após 10 remoção de 90% - geração de enzimas azorredutoras	Kulla <i>et al.</i> (1983)
39 corantes reativos de diferentes estruturas	<i>Pseudomonas sp.</i> imobilizadas	22 corantes tiveram remoção >90%, tempo retenção 1 a 2 horas	Huang <i>et al.</i> (1990)
Reativo azo	<i>Pseudomonas luteola</i>	37 - 93% remoção de cor após 42 h em condições estáticas	Hu (1996)
p-Aminoazobenzeno	<i>Bacillus subtilis</i>	30% de degradação em 25h, com glicose e nitrato - sobre condições anóxicas	Zlssi & Lyberatos (1996)

Figura 2.30 - Biodegradação de corantes têxteis - Cultura bacteriana.

Fonte: Pearce *et al.* (2003 p.184-186).

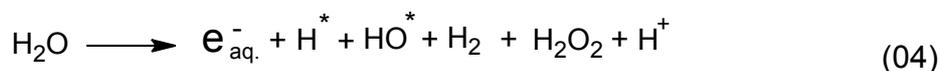
Com base no exposto anteriormente e a na revisão apresentada por Pearce *et al.* (2003) é possível concluir que a remoção e a degradação dos corantes por processos biológicos são viáveis, desde que tais processos sejam explorados com critério que considere distintamente cada situação, principalmente em relação aos corantes com estrutura azo, que são os que apresentam problemas de impacto ambiental.

2.3.3.3.3 Remoção de cor – processos avançados - Tratamento terciário

Neste tópico serão abordados alguns processos avançados, que se encontram ainda em fase de pesquisa, e outros com eficiência já comprovado em efluentes de diversas atividades industriais, os quais, porém, por questão de investimento ainda é difícil ser visto aplicados em um STET.

2.3.3.3.3.a Processos oxidativos e não-fotoquímicos

Existem alguns processos oxidativos e não-fotoquímicos que ainda se encontram em fase de pesquisa científica. Os processos por doação de elétrons e radiação γ induzem à formação de substâncias com elétrons altamente reativos, obtidos pela exposição da água a ondas eletromagnéticas de alta energia. Durante a penetração dos elétrons na massa de água, estes perdem energia em função das colisões não elásticas que ocorrem contra as moléculas de água, e assim geram as seguintes espécies redutoras e oxidantes, conforme mostra a reação (04) a seguir (EPA, 1997b):



Na reação acima, as três primeiras espécies são o resultado do produto da radiação, sendo os dois primeiros ($\text{e}^-_{\text{aq.}}$, H^*) fortes redutores, enquanto o (HO^*) atua como oxidante. O método apresenta ótimos resultados no tratamento dos compostos orgânicos voláteis (VOCs), pois os compostos podem ser mineralizados ou degradados em produtos com menor peso molecular, sem a geração de lodos, resíduos ou espécies tóxicas a serem tratados em etapas posteriores. O processo requer um elevado consumo de energia elétrica, principalmente para efluentes com

altas cargas poluentes, o que, em muitos casos, inviabiliza economicamente a aplicação do método. Caso a dosagem de energia elétrica não seja suficiente para a radiação completa dos efluentes, pode ocorrer formação de aldeídos, ácidos orgânicos e VOCs resistentes (Domènech, 2001).

Pesquisas com plasma¹⁰ não-térmico são desenvolvidas com o objetivo de se ter uma fonte de elétrons, doadores para a formação de espécies altamente reativas, de poder tanto redutor quanto oxidante. A reação não gera subprodutos tóxicos, além de poder ser realizada em temperatura e pressão ambientes. Segundo Rosocha & Korzekwa (1999), o método é muito promissor para uso industrial, principalmente na Europa, onde a difusão de geradores de plasma de diferentes tipos é significativa.

Outra tecnologia de interesse para a produção de espécies reativas é a descarga eletrodrúlica (com uso de ultra-som), com potências entre 15kHz até 1MHz, a qual possibilita a produção de cavitação eletrodrúlica (crescimento e colapso das bolhas de gás). O problema desta tecnologia é que o processo no centro da bolha atinge temperaturas e pressões altíssimas, como 4.000 a 10.000K e 1.000 a 10.000bar. Em geral os oxidantes formados são os peróxidos e os radicais OH*, os quais foram testados, com bons resultados, na descoloração de efluente com base originária no corante azobenzeno (Domènech, 2001). Com baseado nestas linhas de pesquisa, tem-se também o método de oxidação em água sub e supercrítica, no qual a oxidação dos poluentes ocorre em uma mistura de água e oxigênio (ar), a altas pressões e temperaturas (150 - 370°C e 10 - 220bar). O mecanismo de reação desse método envolve primeiramente uma carbonização primária dos substratos orgânicos, e, na seqüência, a reação com o radical hidroxila (OH*) (oxidante).

Em relação às tecnologias de processos oxidativos não-fotoquímicos, ficou evidente que os métodos apresentam excelente capacidade de oxidação; porém, como a maioria dos métodos utiliza energia elétrica em quantidades consideráveis, os principais fatores limitantes do uso destes métodos em escala industrial são o custo operacional e a possível formação de compostos químicos indesejáveis (Zhang *et al.* 2002).

¹⁰ Plasma é o quarto estado da matéria. Sua característica é possuir íons e elétrons livres (gás elétrico). Na forma não térmica pode ser gerado a partir de descarga elétrica (Domènech, 2001).

2.3.3.3.b Processos fotoquímicos

Os processos que envolvem fotólise apresentam diversas vantagens em relação aos não-fotoquímicos, conforme relação a seguir (EPA, 1998):

- os processos fotolíticos podem ser usados sem reativos químicos;
- minimizam o uso de O₃, diminuindo os riscos ambientais e de saúde;
- não exigem variações significativas de pH;
- permitem maior flexibilidade do sistema em relação a processo combinado;
- reduzem os custos operacionais, principalmente em relação ao consumo de energia elétrica.

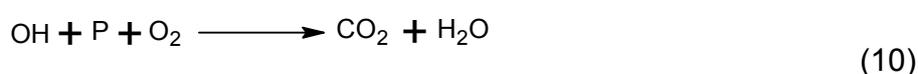
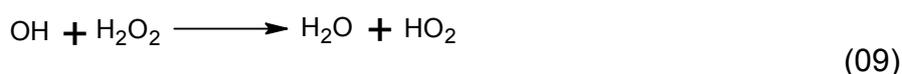
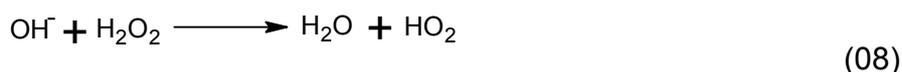
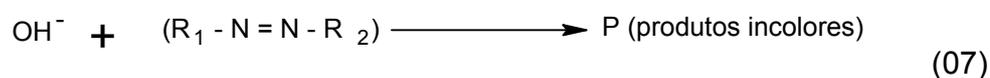
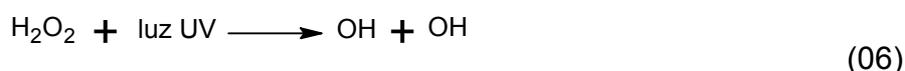
Em função das vantagens apresentadas acima, o uso das radiações no processo de descoloração dos efluentes têxteis surge com uma opção de grande potencial, principalmente pelo fato de não gerar subprodutos tóxicos e não apresentar lodos a serem tratados posteriormente. A eficiência do processo decorre dos tipos dos reatores e, principalmente, do consumo de energia elétrica. Por outro lado, esta tecnologia apresenta restrições no tratamento de substâncias de elevada absorção de luz ou com altos teores de sólidos em suspensão, dada a perda de eficiência da luz, pela dispersão ou pela absorção competitiva (Domènech, 2001, e Lopez & Gutarra, 2000). Para se entender como o processo de radiação age sobre os corantes, a seguir se tem uma pequena introdução referente a este processo.

O efeito da energia luminosa do raio ultravioleta (UV) sobre corantes azóicos favorece o rompimento da ligação azo. Isto seria ótimo se não fosse um processo muito lento, o que inviabiliza sua aplicação em escala real. Mas a presença de radicais altamente reativos favorece o início do processo de oxidação (Lopez & Gutarra, 2000). O peróxido de hidrogênio, na presença de raios ultravioleta, libera radicais hidróxidos, que possibilitam a oxidação do grupamento azo. A primeira reação a seguir representa a dissociação fotocatalítica direta do corante, o inconveniente da reação e a baixa velocidade (muito lenta).



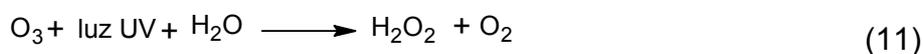
(05)

Na seqüência se tem uma série de equações químicas, nas quais os peróxidos e a luz ultravioleta são usados para promover a descoloração de um efluente têxtil.



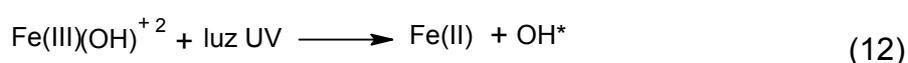
Por exemplo, Al Momani *et al.* (2002) estudaram apenas a fotodegradação e a biodegradabilidade de três corantes têxteis não-biodegradáveis (reativos, diretos e ácidos). Usando a fotólise de raios ultravioleta, obtiveram remoção de 90% da coloração, após 7 minutos de irradiação; e como resultados paralelos, a DQO diminuiu e a DBO₅ aumentou, fazendo que a relação DBO₅/DQO fosse aumentada em até 0,4. Assim, os autores concluíram que a biodegradabilidade do efluente foi melhorada, o que viabiliza a fotólise com um pré-tratamento para os processos biológicos.

Outra variante dentro desta concepção é a irradiação do ozônio (O₃) em água para a formação de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e, na seqüência, o radical hidroxila, conforme a reação abaixo.



Esta forma de gerar peróxidos e posteriormente HO^{*} (oxidantes) tem um custo bem maior do que irradiar diretamente o peróxido. A vantagem em se irradiar diretamente o ozônio é que ele possui uma absorvibilidade molar superior ao peróxido de hidrogênio, o que leva a maior eficiência da irradiação. Mas, segundo Karami *et al.* (1997), o uso do ozônio em geral envolve maiores custos que, por exemplo, o uso dos peróxidos, tanto em investimento quanto em operação, além dos riscos de geração de compostos orgânicos voláteis (VOCs) nocivos ao ambiente.

Ainda em relação à aplicação da radiação UV, outra variante em desenvolvimento é o processo *fenton*, o qual consiste na geração de radical hidroxila a partir de peróxido de hidrogênio e sais ferrosos. Conforme observação de Safarzadih-Amiri (1997), este processo não degrada a matéria orgânica completamente, ou seja, não chega à mineralização; desta forma, uma das alternativas para viabilizar da mineralização completa seria o uso de radiação UV. Com a introdução dos raios UV o processo passa a ser designado de *fotofenton*. Segundo Domènech *et al.* (2001), utilizando radiação desde 300nm até as ondas do visível, o *fotofenton* se desenvolve conforme a reação abaixo.



O *fotofenton* é um processo eficiente, mas tem o inconveniente de necessitar de peróxido de hidrogênio e manter condições ácidas para a contínua geração de Fe(III). A aplicação desta tecnologia em STETs ainda se dá apenas no âmbito das pesquisas científicas (EPA, (1998) e IPPC, (2002)). Como exemplo, tem-se a pesquisa de Pérez *et al.* (2002), na qual eles investigaram o processo *fotofenton* em comparação com o processo sem irradiação de raios ultravioleta no tratamento de efluentes têxteis (preparação de tecidos de algodão com mistura de fibras sintéticas - corantes reativos). Os resultados foram considerados bons para os dois métodos, mas o uso de irradiação fez com que os resultados nessas condições fossem melhores.

Outro exemplo nessa linha de processo é o fotoquímico, estudado por Roessler *et al.* (2001) com o objetivo de eliminar os residuais dos corantes *vat* e sulfurosos dos efluentes têxteis do tingimento de índigo. Os resultados obtidos são promissores em relação à descontaminação do efluente, tanto em termos de carga orgânica quanto em descoloração final.

Outro tipo de processo com enfoque similar aos anteriores é o fotoeletroquímico, que consiste de um reator eletrolítico no qual o anodo é revestido com óxidos metálicos, sob os quais incide a radiação UV. Essa combinação de uso simultâneo desses processos faz com que a velocidade de degradação final seja superior à soma das velocidades quando os processos são aplicados individualmente (EPA, 1998).

Bertazzoli & Pelegrini (2002) submeteram uma solução sintética (15mg/l) de corante reativo (azul QR) ao tratamento fotoeletroquímico durante 40 minutos e obtiveram uma redução de 75% do corante. No tratamento por uma hora, a redução de corante atingiu 90%, enquanto em relação ao carbono orgânico total (COT) a redução foi de apenas 25%. Os resultados obtidos estavam abaixo do padrão exigido pela legislação brasileira para o descarte em corpos receptores. Os autores concluíram que, diante dos resultados alcançados, o processo fotoeletroquímico é uma técnica com grande possibilidade de emprego em escala industrial no tratamento de efluentes têxteis. Nesta linha de pesquisa podem-se ainda citar trabalhos como os de Neamtu *et al.* (2004), Perkowski & Kos (2003), Perkowski *et al.* (2003) e Kos & Perkowski (2003).

2.3.3.3.c Processo fotocatalítico

A fotocatalise heterogênea se baseia no princípio segundo o qual, quando um semicondutor é submetido à radiação ultravioleta, ocorre um estado de excitação eletrônica (camada de elétrons) que propicia a geração de elétrons "doadores"; conseqüentemente, há geração de radical hidroxila de caráter oxidante, o que provoca a mineralização das moléculas orgânicas adsorvidas ao catalisador. Em geral, os catalisadores mais comumente utilizados na fotocatalise são os óxidos de titânio e zinco, os quais apresentam elevada estabilidade química em uma ampla faixa de pH, ao mesmo tempo em que produzem transições eletrônicas por adsorção de luz na região do ultravioleta (Galvez *et al.*, 2001). Para uma fundamentação teórica mais detalhada desse processo, pode-se consultar a revisão apresentada por Hoffmann *et al.* (1995).

Em relação ao tratamento dos efluentes têxteis, a fotocatalise ainda é um processo em fase embrionário de pesquisa, principalmente por apresentar alguns entraves de ordem técnica e financeira, citados por Kunz *et al.* (2002) e relacionados abaixo:

- exigência de fonte artificial de radiação;
- dificuldade de penetração da radiação no efluente;
- dificuldade de imobilização do catalisador;
- dificuldade de separação do catalisador,
- fluxo contínuo de difícil operacionalidade.

Apesar das dificuldades do processo, alguns pesquisadores, como, por exemplo, Wang (2000), estudaram a degradação de oitos corantes comerciais de diferentes estruturas químicas utilizando no processo o TiO_2 como fotocatalisador sob irradiação solar, e tiveram como resultado a degradação dos corantes em diferentes níveis e a conseqüente descoloração do efluente. Outra pesquisa nessa linha de ação é a de Sales *et al.* (2002), na qual os pesquisadores investigam a performance do processo fotocatalítico com TiO_2 , para o tratamento de efluentes com corante disperso (Resolin Azul). Os resultados comprovam a degradação em diversos comprimentos de onda (região do visível). A descoloração atingiu índices de até 93% de remoção para um tempo de tratamento de 45 minutos. A grande vantagem deste processo está em não haver geração de resíduos tóxicos, além de gerar espécies biodegradáveis.

Mansilla *et al.* (2001), estudando os processos oxidativos de tecnologia avançada, concluíram que a fotocatalise remove muito bem as cores produzidas pelos corantes nos efluentes da industria têxtil, e que, dada a grande quantidade dos sistemas propostos, fica difícil estabelecer uma comparação confiável em relação a todos os sistemas. Os autores mencionam haver poucas informações a respeito de avaliações econômicas dos processos fotocatalíticos, mas acreditam que tais estudos devem ser priorizados nas próximas etapas.

Neste tópico foi abordada uma grande quantidade de processos oxidativos. Assim, a dúvida que pode pairar é relativa à potencialidade do uso de cada um dos métodos e aos critérios para a escolha de um deles. Comumente, a seleção se baseia na viabilidade técnica de eficiência ambiental. O uso do O_2 e H_2O_2 , apresenta custos razoáveis, mas são produtos de fácil manipulação e não precisam de tratamento complementar para remoção de subprodutos. O mesmo, porém, não pode ser dito do ozônio, pois a sua manipulação requer certos cuidados, além de que o custo é superior aos dos outros dois processos. Também ficou evidente que o emprego de radiação ultravioleta apresenta muitas vantagens ambientais, mas, em contrapartida, tem custos elevados; assim, a determinação e análise do custo-benefício é o que pode definir a melhor opção de tratamento por processos oxidativos.

2.3.3.3.d Adsorção

Uma grande parte dos corantes comerciais pode apresentar resistência à biodegradação e mesmo à oxidação química, quando do processo de remoção de cor, o que inviabiliza o descarte do efluente no ambiente (corpo receptor). Nesta situação, uma das opções para o tratamento é o processo de adsorção dos corantes por um adsorvente. Dentre os processos físicos, o da adsorção é um dos mais pesquisados para a remoção de cor dos efluentes têxteis (Kunz *et al.* 2002, Matyjas *et al.* 2003, IPPC 2002, Mattioli *et al.* 2002, Morais *et al.* 1999 e EPA 1996).

A adsorção torna-se um processo eficiente desde que o adsorvente e o corante a ser retirado tenham afinidade. O adsorvente deve apresentar alta sensibilidade, boa capacidade de adsorção, longevidade em relação à regeneração e vantagem em custo-benefício (Figueiredo *et al.*, 2000). Por exemplo, o carvão ativado, na presença de corantes reativos básicos e ácidos, apresenta boa capacidade de adsorção, o que não acontece quando na presença de corantes dispersos, tintas e pigmentos em geral.

O maior problema desse processo é o alto custo do adsorvente, principalmente o carvão ativado. Em geral, é usado o carvão ativado granular (CAG) ou o carvão ativado pulverizado (CAP), sendo o CAG o de maior custo, pois requer reatores fluidizados, enquanto o CAP é o de menor custo, porque pode ser adicionado diretamente no tratamento biológico (tanque de aeração). Ambientalmente, o maior risco é perda de carvão para o sistema, o que acarreta sérios impactos ao meio. Uma alternativa é a regeneração, mas não tem um custo acessível e operacionalmente também é trabalhosa (Mattioli, 2002).

Estudo realizado por Mctavish (1998) para a remoção de cor de efluente originária de mistura entre os corantes monoazo (tartazina) e o triarilmetano (brilhante azul), em que é utilizado o carvão ativado em reator de leito fluidizado, apresentou excelente grau de remoção de cor, principalmente considerando-se o pequeno tempo de contato. Os autores atribuem a boa performance do sistema de remoção de cor à eficiência da câmara de fluidização.

Em outra pesquisa, Bonan *et al.* (2000) estudaram a capacidade de adsorção do carvão ativo de casca de coco e da serragem de madeira no tratamento de efluente sintético com base no corante *remazol vermelho RG*. Os resultados obtidos foram excelentes, pois no caso do carvão a remoção da cor foi superior a 95%, enquanto para a serragem ela variou de 20 a 59%. Em concentrações acima de 10% de serragem (adsorvente) surgiram problemas operacionais no reator, pois o volume da serragem aumenta consideravelmente, o que altera o fluxo de efluente no reator.

Existem diversas pesquisas que testam os mais variados tipos de adsorvente, com o objetivo de remover a cor dos efluentes têxteis, como, por exemplo: argila natural, bauxita, bentonita (silicato de alumínio hidratado coloidal), casca de eucalipto, quitosana, bagaço de cana, diversos compostos químicos (orgânicos e inorgânicos) e o carvão ativado com diferentes características. Em média, a capacidade de adsorção dos adsorventes situa-se entre 10 e 400mg de corante/g de adsorvente (Watanabe & Ushiyama, 2000). O cucurbituril é um adsorvente que tem tido destaque nas pesquisas para remoção de cor dos efluentes têxteis. É um polímero cíclico de glicoluril e formaldeído, o qual demonstra excelente capacidade de adsorção de compostos (corantes) de diferentes estruturas químicas (Robinson *et al.*, 2001).

2.3.3.3.e Membranas

A remoção de cor, ou mesmo de carga orgânica e inorgânica, através de membranas porosas se baseia no princípio da utilização da pressão hidráulica no efluente sobre a membrana semipermeável. Em geral, as membranas permitem a passagem da água, enquanto ficam retidas as substâncias sólidas, ou até mesmo as solúveis presentes no efluente que alimenta o sistema. Em relação às membranas, se têm quatro tipos distintos que podem ser empregados em STETs. Elas são definidas em função da capacidade de retenção de substâncias com diferentes pesos moleculares (Sanin, 1997). Os quatro tipos de membrana são de microfiltração (MF), ultrafiltração (UF), nanofiltração (NF) e osmose reversa (RO) (hiperfiltração). Na tabela 16 são apresentados alguns parâmetros de projeto para os quatro tipos de membranas.

Tabela 16 - Principais processos de separação por membranas

Tipo de membrana	Pressão (atm)	Tamanho do poro (nm)	Fluxo ($l/m^2.h.bar$)	Materiais retidos
Microfiltração (MF)	1 – 3	20 - 1.000	> 50	material em suspensão, bactérias (m.m. > 500.000)
Ultrafiltração (UF)	2 – 7	5 – 20	10 – 50	colóides, macromoléculas (m.m. > 5.000)
Nanofiltração (NF)	5 - 20	2 – 5	1,4 – 12	macromoléculas
Osiose reversa (OR)	30 - 150	não detectável	0,05 - 1,4	todo material solúvel e em suspensão

Fonte: Kunz *et al.* (2002 p.81) e IPPC (2002 p.423)

Através das figuras 2.31 e 2.32, que se seguem, tem-se uma melhor compreensão dos dados apresentados na tabela 16, pois elas mostram a capacidade de filtração (retenção) dos diferentes tipos de membrana em função tanto do diâmetro do substrato a ser filtrado (separado) como do diâmetro dos poros dos diferentes tipos de membrana. Nessas duas figuras também são mostrados os diferentes tipos de resíduo (poluentes) que podem ser separados em função de cada tipo de membrana.

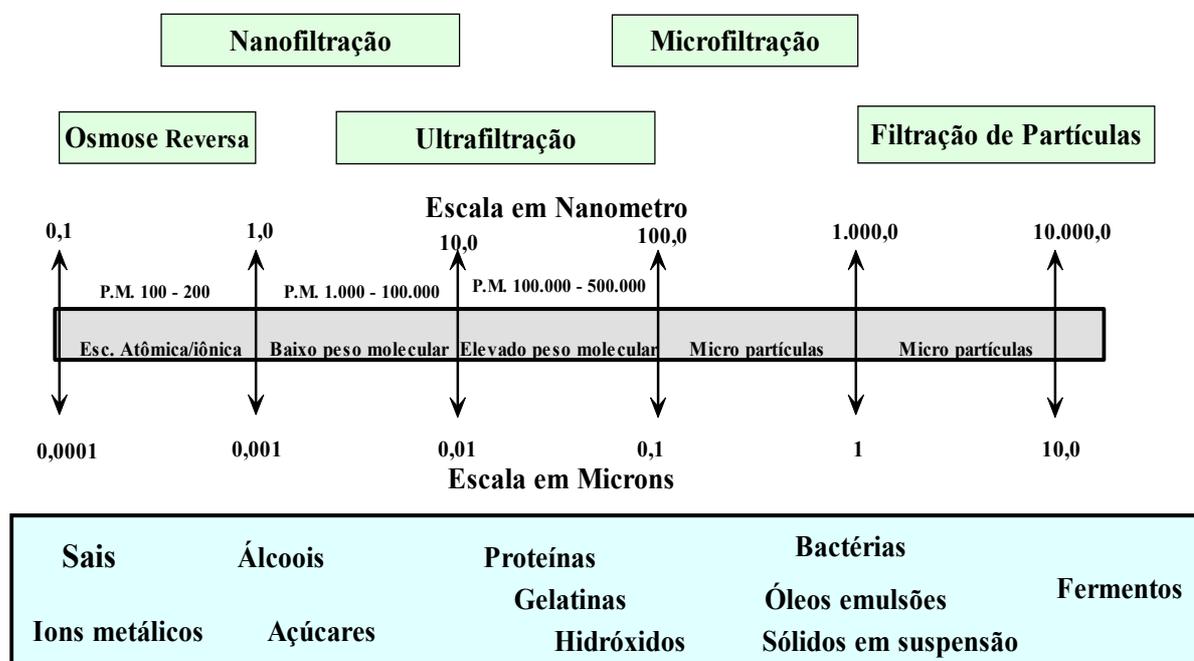


Figura 2.31 – Relações - substrato - tamanho da partícula - tipo de membrana

Fonte: EPA (1996, p.73)

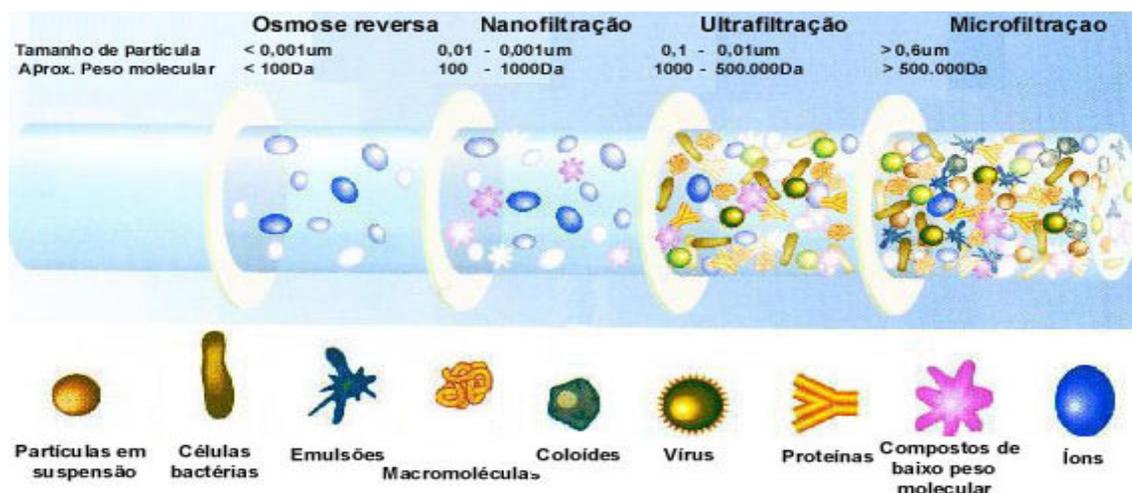


Figura 2.32 – Esquemática de retenção de sólidos em diferentes membranas
Fonte: Adaptação Malpei (2001, p.3)

As membranas podem ser classificadas tanto em função da configuração como do fluxo. Em relação ao fluxo são dois tipos: o primeiro, "*cross-flow*" (fluxo cruzado) e o segundo, "*dead-end*" (sem saída), conforme mostra a figura 2.33.

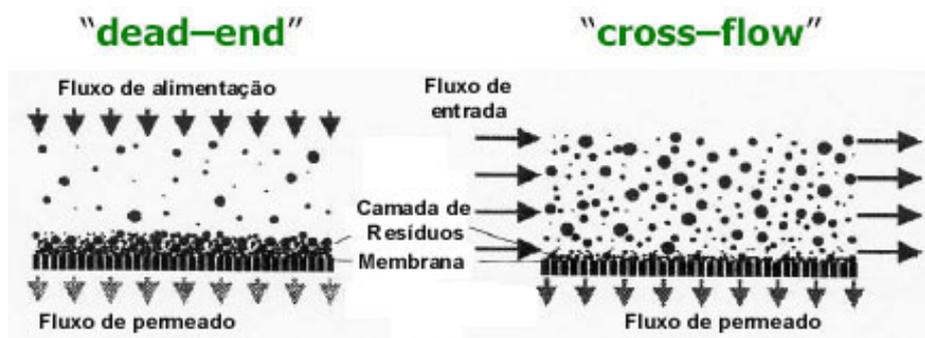


Figura 2.33 – Classificação das membranas em função do fluxo
Fonte: Malpei (2001, p.5)

Em relação à configuração, as membranas são designadas de "tubular", "espiral", "placas" e "hollow" (fibra oca) também visualizáveis na figura 2.34.

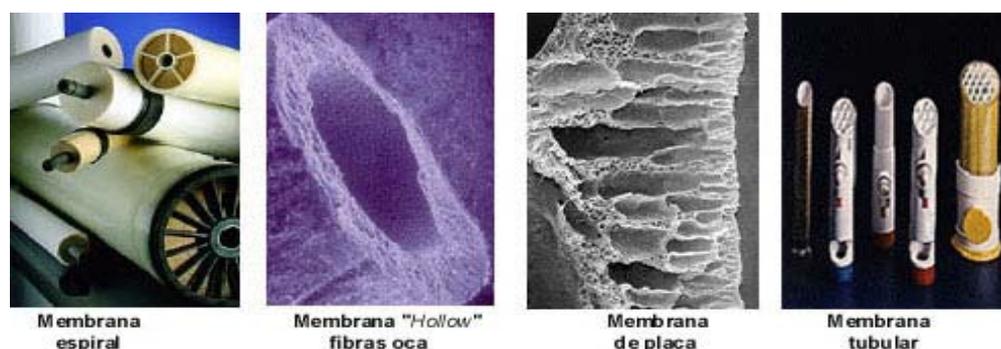


Figura 2.34 – Classifica das membranas em função da configuração
Fonte: Adaptação Malpei (2001, p.5,7,8 e 9)

O tipo de material das membranas tem papel fundamental no sucesso da filtração, principalmente quando o objetivo é o reaproveitamento do permeado como reciclado (água de processo) na unidade industrial, ou mesmo quando se quer retirar a matéria orgânica para posterior degradação da carga poluente concentrada. As membranas poliméricas tubulares e as de material cerâmico são as que apresentam melhores rendimentos de filtragem e de durabilidade (vida útil das membranas) (Hazel, 1995).

A utilização de sistema de membrana no tratamento de efluentes deve ser entendida como um processo de separação de sólidos dissolvidos, e não como um tratamento de resíduos, pois somente após sua separação é que os sólidos devem ser submetidos a um tratamento propriamente dito, ou serem reutilizados no processo industrial (corantes e gomas) (Southern, 1995).

Os corantes, após serem separados do excesso de efluente (água) pelas membranas, formam uma solução densa, denominada de concentrado, e outra solução isenta de sólidos, denominada de permeado (UBA, 2001). Dependendo do que se esteja filtrando, o elemento "concentrado" pode ser classificado como um subproduto, como é o caso dos corantes, das gomas e até mesmo de soda cáustica, e serem reutilizados no processo industrial.

O permeado também pode ser reaproveitado industrialmente, como água de processo, pois suas características finais são de excelente qualidade. A figura 2.35 apresenta duas ilustrações. A primeira é um conjunto de membranas e a na segunda são mostrados os fluxos de permeado e concentrado no interior do módulo.

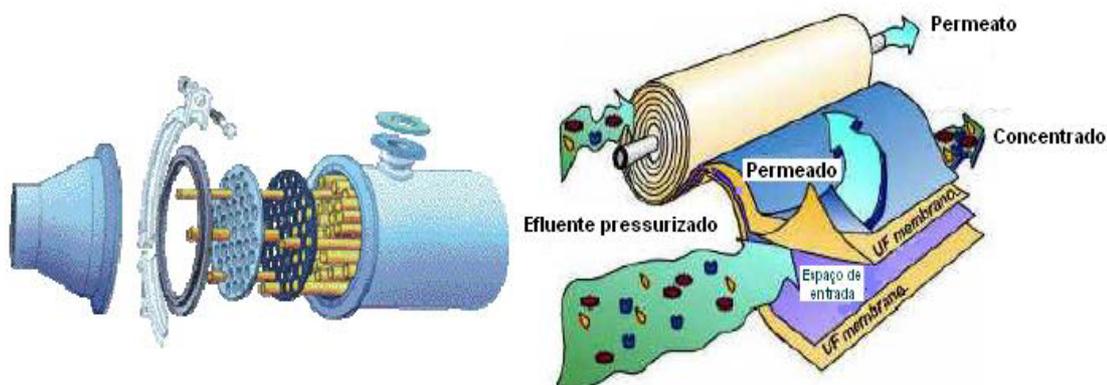


Figura 2.35 – Sistema tubular de membrana de ultrafiltração em espiral.
Fonte: Adaptações de Fernandes (2003, p.6) e Malpei (2001, p.12)

Segundo Mattioli *et al.* (2002), nos últimos anos, a tecnologia das membranas vem se apresentando como uma alternativa segura e viável para ser empregada no STET. As principais vantagens ao uso das membranas são as seguintes:

- redução de uso de substâncias químicas;
- fácil operacionalidade do sistema, que é totalmente automatizado;
- pequena área exigida para instalação;
- viabilização do reúso do permeado;
- baixa produção de lodo;
- boa resistência à temperatura, produtos químicos e microrganismos;
- capacidade de gerar subprodutos com valor comercial;
- valor do *payback* geralmente inferior a 2 anos.

Entre as principais desvantagens ao uso da tecnologia de membranas, encontram-se as seguintes:

- facilidade de obstrução (entupimento dos poros);
- destruição da película da membrana pelo excesso de pressão;
- exigência de mão-de-obra especializada (operadores treinados);
- dificuldade no tratamento da solução concentrada,
- alto investimento para implementação do sistema.

Em função das vantagens e desvantagens apresentadas e da capacidade de separação de cada tipo de membrana, a aplicação da tecnologia no STET fica restrita principalmente às membranas de UF, NF e RO. Pois, a MF dificilmente tem sido utilizada nos STETs, pois a sua capacidade de separação de material de interesse não se enquadra nos interesses da indústria têxtil. Não obstante, a MF pode ser usada em tratamento biológico para a separação de microrganismo, ou seja, em um sistema de lodos ativados, o decantador secundário (clarificador) pode ser substituído pela MF e, assim, com os microrganismos separados, realizar o reciclo. Essa concepção de tratamento é chamada de biorreator de membrana (BRM). A principal vantagem do BRM é que ele apresenta maior taxa de remoção de carga orgânica do que os processos biológicos convencionais, provavelmente devido a melhor retenção e seleção da massa celular, ausência de *bulking*, idade do lodo elevada e possibilidade de reúso do efluente tratado (Malpei 2001).

As membranas que compõem o sistema BRM são do tipo *hollow* (ocas) e desenvolvida pela empresa canadense *Zenon Environmental Inc.* e designada como produto *ZeeWeed*[®] (Zenon 2004). Os sistemas são montados para operar conforme esquema apresentado na figura 2.36.

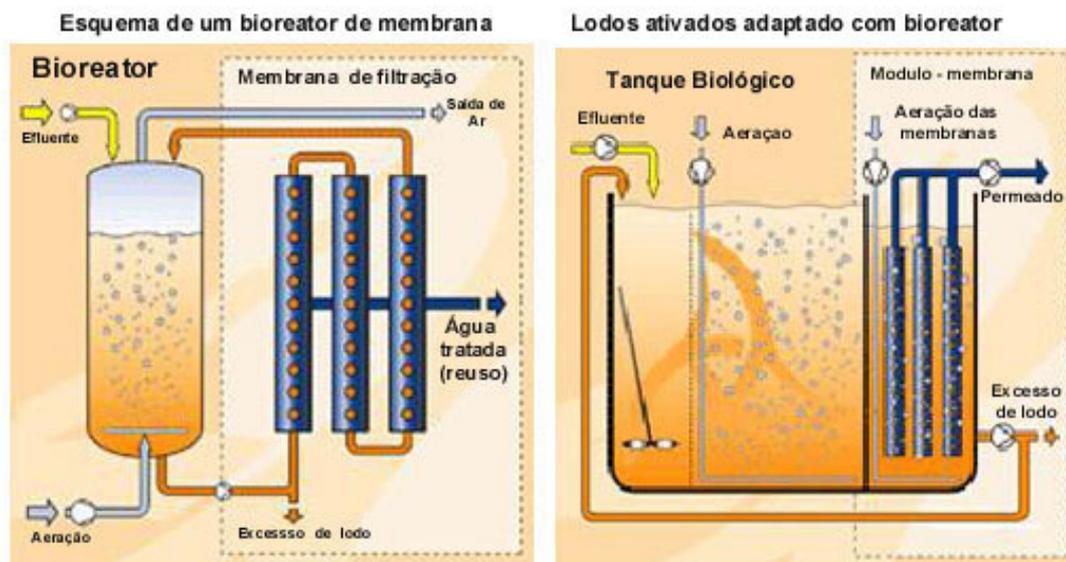


Figura 2.36 – Esquemas de sistemas de bioreatores de membranas
Fonte: Adaptados de Triqua (2004, p.2)

Malpei *et al.* (2003) testaram em escala piloto um sistema de BRM em paralelo com uma estação de lodos ativados em escala industrial; o efluente utilizado no experimento foi de indústria têxtil (tingimento e acabamento de poliéster) da região Norte da Itália. O objetivo da pesquisa era tratar o efluente têxtil com propósitos de reúso do permeado no processo industrial. O sistema de lodos ativados trabalhava com aeração prolongada, enquanto o BRM é constituído de um banco modular de membranas "*hollow*" (oca) da marca *ZeeWeed*[®], com área superficial de 0,93 m² e fluxo específico de 1m²/h.bar. As avaliações no BRM foram em termos das características e variabilidade do permeado (DQO, cor, Nitrogênio total, fósforo e contagem microbiológica). Os resultados obtidos foram considerados pelos autores como promissores para esse tipo de efluente, principalmente quanto à redução de DQO, que foi considerada excelente; mas a descoloração do efluente depende da classe de corante que se esteja tratando, pois a remoção, em geral, ocorre pela adsorção do corante aos microrganismos, e como esses são retidos em um percentual muito elevado, nessa situação a remoção de corante (cor) também é excelente.

Brik *et al.* (2004) também pesquisaram o tratamento de efluentes têxteis através de BRM e, concluíram que o processo se mostrou altamente eficiente na remoção da DQO e DBO₅; mas em relação à descoloração os resultados não foram dos melhores. Sem espírito crítico, deve-se ressaltar que os autores não especificaram as características do efluente têxtil, o que dificulta uma melhor análise em relação à deficiência na descoloração. Na tentativa de melhorar qualidade desse efluente final, os pesquisadores testaram ainda três diferentes tipos de oxidação (ozonização, cloração e oxidação por peróxidos de hidrogênio) posicionada após o BRM. Os resultados indicam que a remoção de cor por cloração não é completa, ou seja, a remoção da coloração fica em torno de 80%, valor de descoloração que os autores do estudo consideram insatisfatório. O segundo tipo de oxidação testado foi o peróxido de hidrogênio; os resultados com essa estrutura foram insatisfatórios, principalmente na redução de coloração. O terceiro tipo de oxidação foi a ozonização, o qual, com uma pequena quantidade de ozônio e cerca de 20 minutos de tempo de retenção no reator, propiciou uma redução de 93% em termos de DQO.

A Comunidade Européia (CE), entre 2000 e 2003, financiou um projeto de estudo para BRM, no qual foram tratados em escala piloto e separadamente efluentes sanitário e têxtil. No relatório final (Vogelpahl *et al.* 2003), os resultados convergiram para remoções em torno de 95% para a DQO e DBO₅, enquanto a remoção de cor esteve entre 40 e 97%. Utilizando-se um sistema de NF e RO após o BRM atingiram-se remoções de cor entre 97 e 100%. Os autores do relatório concluíram que o BRM apresenta uma boa estabilidade biológica, o permeado apresenta condições de reutilização no processo industrial e a qualidade do permeado independe da origem do efluente; em resumo, concluem que o sistema de BRM caracteriza uma linha de pesquisa promissora para o tratamento dos efluentes têxteis.

Em relação ao emprego da membrana de UF, comumente ela é utilizada na indústria têxtil na recuperação de goma (efluente da engomagem) e soda cáustica (efluente da mercerização) (Porter, 1990 e Vandevivere *et al.*, 1998). No item 2.3.4.1 a recuperação de goma sintética através da UF será estudada com detalhes.

Nos processos RO e NF, as membranas são comumente usadas como única alternativa para a remoção de sais (cloretos), os quais são usados como produtos auxiliares no tingimento, e dado o excesso desse sais é que a recuperação do efluente fica comprometida (Hul, 1999). Allegre *et al.* (2004) pesquisaram o reúso dos sais presente no efluente de tingimento de algodão com corantes reativos, através de uma pré-filtração, neutralização, NF e RO. O concentrado originário do sistema de membranas é uma solução de salmoura que contém todo o sal inicialmente utilizado no banho de tingimento. Esse concentrado é reutilizado na diluição de um novo banho de tingimento. Como resultado do reaproveitamento dos sais, os autores concluíram não surgir nenhuma diferença entre o tingimento com o reúso dos sais e um tingimento original. Na figura 2.37 é mostrado um esquema para recuperação de água industrial através de NF e RO para o uso no processo têxtil.

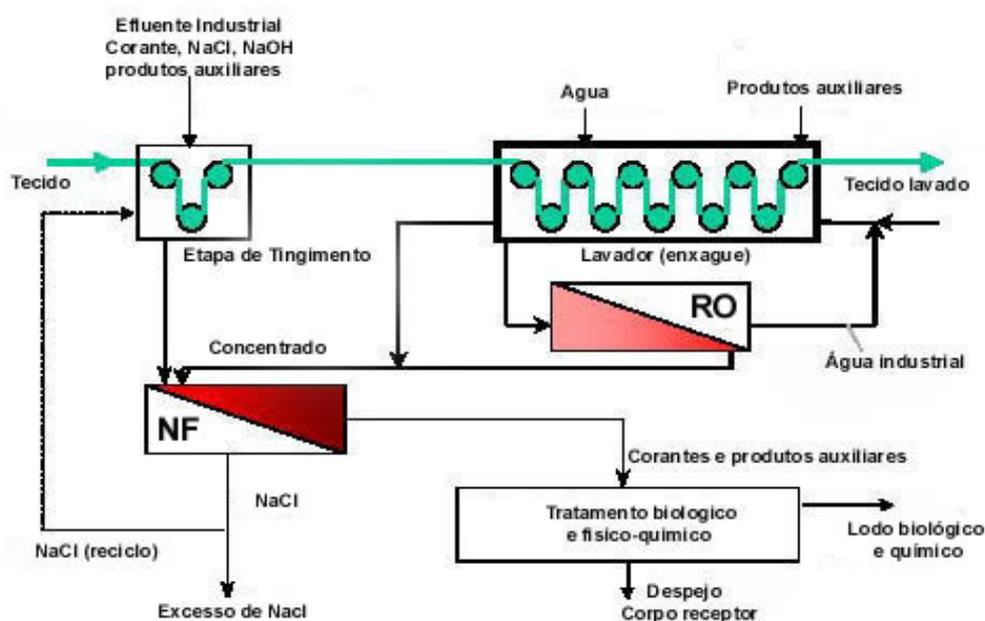


Figura 2.37 – Esquema de recuperação de água industrial têxtil por NF e RO.
Fonte: Adaptação de Hul (1999, p.5)

Para Woerner (1996), o uso das tecnologias de membrana nos STETs apresenta um amplo campo de ação, como, por exemplo: a UF pode ser usada no tratamento dos efluentes da estamparia (pasta de tingimento), além de que, com a retirada do concentrado, possibilita remoção de 90% para a DBO e até 100% para as algumas pastas de tingimento (cor). Para os efluentes do alvejamento a UF pode reduzir de 30 a 50% dos óleos e das graxas, e também reduzir os teores de metais pesados para valores inferiores a 1ppm. Para o caso da mercerização, a UF recupera em

torno de 80 a 90% de soda cáustica, e finalmente, para os banhos de tingimento os melhores resultados são obtidos quando da presença de corantes vat, ácido, pre-metalizados, dispersos e diretos. Os corantes reativos e os sais (produtos auxiliares do tingimento) necessitam de membranas do tipo NF e RO, isoladamente ou associadas, conforme mostra o esquema da figura 2.19; e a remoção nessa situação pode chegar a 99,9% para os corantes, 99% para os sais e 75% para a toxicidade. O autor ressalta, ainda, a importância de um bom pré-tratamento de filtração antes do uso das membranas de NF e RO, pois essas membranas apresentam poros muito pequenos e é comum a obstrução e até mesmo a ruptura dos poros (formação de canais) quando do processamento de efluentes sem prévio tratamento (filtração). Na seqüência são citadas algumas pesquisas científicas desenvolvidas com efluentes têxteis, em que os focos principais dos estudos foram as tecnologias de membranas.

Wenzel *et al.* (1999) relacionam uma série de pesquisas em escala piloto, nas quais se buscou comprovar que o uso associado das membranas de UF, NF e RO para o tratamento de efluentes têxteis com presença de corantes reativos e dispersos provenientes do tingimento de tecidos de algodão e poliéster, relativamente aos corantes, é uma excelente alternativa na recuperação de água (efluentes) para uso industrial. Para melhor definir a forma de reutilização da água tratada por membranas, deve-se esclarecer que o permeado (filtrado) da NF apresenta condições de ser usado em um novo enxágüe, enquanto o permeado da RO pode ser reutilizado diretamente no processo de tingimento como água industrial, dada a sua excelente qualidade, e independentemente de qualquer formulação de banho de tingimento a ser utilizado. A figura 2.38, a seguir, é apresentada uma comparação subjetiva e qualitativa em relação a parâmetros de eficiência entre diferentes tipos de membranas (UF, NF e RO).

Tipo de membrana	Fluxo de efluente	Remoção de corante (%)	Remoção de sal (20°C) (%)	Conc. de corante (mg/l)- faixa do visível
Ultrafiltração (UF)	alto - médio	95 – 99	0	40 – 200
Nanofiltração (NF)	alto - médio	99,5 - 99,9	10 - 20	400 – 2000
Osmose reversa (OR)	Baixo	100	100	Não visível, mesmo > 2000

Figura 2.38 - Comparação de eficiência para diferentes tipos de membranas
Fonte: Wenzel *et al.* (1999)

Um sistema de UF e RO posicionado após a oxidação biológica (lodos ativados) foi estudado em escala piloto (800L/h e 8bar) por Ciardelli *et al.* (2001), utilizando vários tipos de classe de corantes, principalmente os destinados ao tingimento de lã e fibras sintéticas, como os ácidos e os dispersos. Os resultados obtidos foram: remoção de 60% de sólidos em suspensão, 87% de remoção de DQO e 95% de remoção dos corantes. Os autores consideraram os resultados bons e através de uma análise econômica concluíram que o sistema pode ser viável financeiramente. Ainda nessa linha de pesquisa, Marcucci *et al.* (2002) analisaram dois tipos de efluentes têxteis (não foi definida a origem dos efluentes). O primeiro, oriundo de um sistema de tratamento biológico, foi pré-tratado através de um filtro de areia e então submetido às membranas de MF e NF. O permeado obtido na NF foi reciclado para o processo de tingimento e usado como água de enxágüe para as cores claras. O segundo efluente era obtido diretamente da indústria, e antes de ser submetido à UF recebeu um tratamento físico-químico (floculação e clarificação) associado a uma ozonização completa. O permeado desse segundo efluente pôde ser utilizado com água de processo industrial, apenas evitando o seu reúso em banhos de tingimento.

Também Dvarionienè (2003) estudou a aplicação das membranas de NF e RO em efluente de tingimento de algodão com corantes reativos. Os resultados para a NF são valores superiores a 95% de remoção para a DQO, cor e condutividade. Para a RO os resultados ainda foram melhores, superiores a 97%; ou seja, em alguns ensaios a remoção da DQO atingiu 99,5% e valores inferiores a 10mg/L.

Os trabalhos de pesquisa com a tecnologia de membranas aplicada em STETs são muitos, principalmente os com NF e RO. Além dos citados, podem-se adicionar à lista os trabalhos de Rozzi *et al.* (1998), Xu *et al.* (1999), Bruggen *et al.* (2001), Frank *et al.* (2002) e Sungpet *et al.* (2004).

Para se ter uma visão global da maioria das tecnologias passíveis de uso nos STETs, faz-se uso dos resumos apresentados por Barclay & Buckley (2000). No primeiro relacionam-se as tecnologias com as vantagens e desvantagens do processo, enquanto o segundo relaciona os métodos de tratamento com os efluentes do processo têxtil, conforme as figuras 2.39 e 2.40, a seguir.

Tecnologia	Exemplo	Vantagens	Desvantagens
Coagulação e floculação	<ul style="list-style-type: none"> • alumínio • ferro • polieletrólitos • cal 	<ul style="list-style-type: none"> • rápida remoção da cor • boa redução de cor • equipamentos simples • boa redução da DQO 	<ul style="list-style-type: none"> • grande volume de lodo • adição produtos químicos • alto custo operacional • precisa de controle de pH • dificuldade de reuso • não removem reativos
Membranas	<ul style="list-style-type: none"> • osmose reversa • nanofiltração • ultrafiltração 	<ul style="list-style-type: none"> • excelente remoção de cor • remoção de íons • reuso do permeado • processos rápidos • trata grandes volumes • remoções específicas 	<ul style="list-style-type: none"> • alto custo de investimento • requer pré-tratamento • não trata alguns efluentes • concentrado requer outro tratamento posterior • o permeado com impurezas • requer limpeza constante
	<ul style="list-style-type: none"> • Diálise ou deionização 	<ul style="list-style-type: none"> • O permeado pode ser reutilizado no processo • reuso do concentrado de cátions no tingimento 	<ul style="list-style-type: none"> • custos desconhecidos • não trata parte dos efluentes • concentrado com impurezas • não remove os não-íonicos
Adsorção	<ul style="list-style-type: none"> • carvão ativado • Sílica • carvão simples • polímero sintético • turfa 	<ul style="list-style-type: none"> • excelente remoção de cor • remove solvente • tecnologia simples • baixo custo para alguns tipos de adsorventes 	<ul style="list-style-type: none"> • alto custo de investimento e operação (regeneração) • processo lento • seleção de adsorventes em relação aos corantes
Oxidação	<ul style="list-style-type: none"> • ozônio 	<ul style="list-style-type: none"> • excelente remoção de cor • trata grandes volumes 	<ul style="list-style-type: none"> • alto custo de operação e investimento
	<ul style="list-style-type: none"> • reagente fenton's 	<ul style="list-style-type: none"> • rápida descoloração • operação simples • melhor característica do lodo 	<ul style="list-style-type: none"> • não é efetivo para alguns tipos de corantes • produtos da oxidação desconhecidos
	<ul style="list-style-type: none"> • UV/peróxido • UV/catálise 	<ul style="list-style-type: none"> • boa remoção de cor • forte oxidante • eliminação de compostos orgânicos 	<ul style="list-style-type: none"> • alto custo de investimento e operação • produtos da oxidação desconhecidos
	<ul style="list-style-type: none"> • Cloração 	<ul style="list-style-type: none"> • boa remoção de cor • baixo custo 	<ul style="list-style-type: none"> • formação de produtos organoclorados
Redução	<ul style="list-style-type: none"> • Tiocloroeto • Hidrosulfito 	<ul style="list-style-type: none"> • boa remoção de cor • ação sobre corante azo 	<ul style="list-style-type: none"> • forma aminas aromáticas • degradação incompleta
Biológico	<ul style="list-style-type: none"> • aeróbio 	<ul style="list-style-type: none"> • remoção de cor quando corantes tipos insolúveis • em geral, mineraliza os corantes 	<ul style="list-style-type: none"> • não remove cor produzida por corantes reativos • requer altos consumos de energia • gera grande volume de lodo
	<ul style="list-style-type: none"> • anaeróbio 	<ul style="list-style-type: none"> • descolorização por Mecanismo de redução • gera de energia (metano) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo de investimento • produtos da degradação desconhecidos
Evaporação	- o -	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxo de efluente concentrado • reuso do condensado 	<ul style="list-style-type: none"> • alto custo de investimento e operação • só para efluente descolorido
Irrigação	- o -	<ul style="list-style-type: none"> • baixo custo 	<ul style="list-style-type: none"> • autorização específica • deterioração do solo • só para efluente descolorido

Figura 2.39 - Resumo das principais tecnologias usadas em STETs

Fonte: Barclay & Buckley (2000 p. 44-45)

Caracterização		Métodos para remoção de cor				Tratamentos		Opção
Processo	Parâmetros Ambientais	Coagulação e floculação	Adsorção	Membrana	Oxidação	Aeróbio	Anaeróbio	Outros
Engomagem								
Natural	DQO, DBO ₅ , e SS					✓	✓	
Sintética	DQO, DBO ₅ , e SS			✓			✓	
Desengomagem								
Algodão/misturas	DQO, DBO ₅ , SS e STD			✓		✓	✓	
Pré-lavagem								
Algodão/misturas	DBO ₅ , STD e Cor					✓	✓	Evap.*
Sintético	DBO ₅ e ST					✓	✓	
Lã	pH, DBO ₅ e TS					✓	✓	
Alvejamento								
Algodão/misturas	SS e H ₂ O ₂			✓				
Sintético	SS e H ₂ O ₂			✓				
Lã	SS			✓				
Mercerização								
Algodão/misturas	NaOH e TDS			✓				Evap.*
Tingimento								
Reativo	Cor, DBO ₅ , STS e Metais			✓ ¹¹	✓		✓ ¹²	
Vat		✓	✓	✓	✓	✓	✓ ¹²	
Disperso		✓		✓	✓	✓	✓	
Direto		✓	✓	✓	✓		✓	
Ácido				✓	✓	✓	✓	
Básico			✓	✓	✓	✓	✓	
Sulfuroso		✓		✓	✓	✓	✓	
Estamparia								
Fábrica	Cor, DBO ₅ , e SS	✓				✓	✓	
Acabamento								
Algodão/misturas	SDT e DBO ₅	✓						
Sintético	SDT e DBO ₅	✓						

Figura 2.40 - Métodos específicos de tratamento para STETs

Fonte: Barclay & Buckley (2000 p.49)

Obs.* Evaporação

¹¹ Se NaCl for usado como eletrólito, pela nanofiltração se remove a color e o permeado pode ser usado novamente no processo de tingimento.

¹² Corante baseado em cromóforos azo podem ser descoloridos por via anaeróbia.

2.3.3.3.f Processos combinados

Muitas vezes, para otimizar as melhores soluções ambientais ou melhorar a eficiência de um sistema com apenas um processo agindo isoladamente, é recomendada a utilização de processos combinados em seqüência e distintamente ou mesmo em conjunto. Marco *et al.* (1997) estudaram combinação de tratamento químico e biológico de efluentes industriais e concluíram que a mineralização completa apenas por processo químico apresenta um alto custo, enquanto pelo processo biológico os custos são menores; assim a combinação entre os tratamentos (químico e biológico) faz com que o custo operacional total do sistema seja minimizado.

Nos STETs a combinação de processos é uma alternativa para a melhoria da eficiência global do sistema, haja vista que os corantes em geral apresentam sérias dificuldades de degradabilidade, principalmente quando do uso de processos convencionais (físico-químico ou biológicos isoladamente). Tal situação induz à busca pela combinação de processos que resultem em vantagens ambientais em comparação com um processo isolado e único.

Quando os objetivos principais são as remoções de carga orgânica e descoloração do efluente, uma das opções é o tratamento associado entre dois processos biológicos, os anaeróbios e os aeróbios, respectivamente nesta ordem de aplicação, principalmente quando da presença de azocorantes nos efluentes. Outra associação interessante que está sendo pesquisada nos últimos tempos é baseada na utilização dos fungos (massa podre) e processos biológicos convencionais (Kunz *et al.* 2002). Também Saia & Daniel (2002) estudaram o emprego de processo avançado de oxidação (PAO), com o uso de O_3 e H_2O_2 no pré-tratamento da remoção de cor e DQO, com posterior degradação biológica. Os autores consideram os resultados promissores, mas infelizmente não apresentaram a caracterização do efluente, principalmente do grupo funcional dos corantes presentes no efluente, o que possibilitaria uma análise mais elaborada em relação à eficiência do processo proposto.

Em geral, são muitos os trabalhos que associam os diversos tipos de processo, de forma seqüencial ou paralela, mas em geral as variações de eficiência dificilmente são analisadas, ou seja, não se compara a eficiência do processo combinado com o processo isolado.

2.3.3.4 Toxicidade do efluente têxtil

A toxicidade¹³ dos resíduos têxteis é uma das questões mais relevantes no âmbito dos impactos ambientais, tanto para os órgãos ambientais quanto para a própria sociedade, pois, segundo Zee (2002), em se tratando de efluentes sem tratamento, é indiscutível a presença de toxicidade (i.e. mortalidade, genotoxicidade, mutagenicidade e carcinogenicidade). Esta é também a conclusão dos estudos de Ledakowicz & Gonera (1999). Essa toxicidade do efluente têxtil é mais relevante quanto mais se faz uso de corantes baseados em metais pesados, enxofre e grupamento azóicos, além, evidentemente, de outros elementos, como os surfactantes, os produtos auxiliares não-degradáveis e outros compostos, como fenóis, solventes aromáticos, metileno, cloretos, ácido oxálico e muito outros, que são usados em diversos processos específicos de tingimento (Smith, 1986).

Não obstante, em contraposição às afirmações anteriores, outros pesquisadores garantem que a toxicidade dos efluentes têxteis somente existirá em altas concentrações de corantes (principalmente os reativos) e de organoclorados (Salem, 1996). A baixa toxicidade dos efluentes têxteis é reafirmada por Li & Zhao (1999), que analisaram aproximadamente 3.000 corantes comerciais e concluíram que para concentrações inferiores a 1mg/L de corante a toxicidade pode ser considerada desprezível, com exceção para os azocorantes com potencial de formação de aminas aromáticas. Também segundo dados da “*Ecological and Toxicological Association of Dyestuff Manufacturers*” (ETAD[®]), de 2002, o número de corantes disponível no mercado deve ser superior a 10.000, e menos de 2% deles podem ser definidos como tóxicos (ETAD[®] 2003). A figura 2.41 apresenta a ficha de ecotoxicológica do corante ácido vermelho 17 (grupo azo e aminas aromáticas).

¹³ É o efeito de morte ou imobilização causada em uma determinada espécie viva por uma substância química. Em geral, são expressas em LC50 (concentração letal 50%) e EC50 (concentração efetiva) para 48 e 96 horas de exposição (PTCL, 2004).

Parâmetros	Variáveis	Valores	Análise*
Informações ecológicas			
Bioeliminação	40 – 50%, em análise de DQO		OECD 302B
Mobilidade	Marcação de um ponto no meio aquático		
Bioconcentração	Alta solubilidade H ₂ O – Não há bioconcentração		
Dados de ecotoxicológicos			
Toxicidade bacterial	IC50	> 300mg/l	OECD 209
Toxicidade aquática	LC0	3,2mg/l	OECD 203
	LC50 (96h Truta arco-iris)	8,0mg/l	
Toxicidade Daphnia	EC50	30,0mg/l	OECD 202
Toxicidade em algas	EC50	Sem dados	
Reação em STAR	Efeitos adversos não detectáveis		
Dados ecológicos adicionais			
DBO ₅ → 0mgO ₂ /g		DQO → 1200mgO ₂ /g	COT → 32%
IC50 (Concentração de inibição 50%) LC(Concentração letal 50%) EC (concentração efetiva 50%)			

Figura 2.41 - Informações ecotoxicológica – corante ácido vermelho 17 (azo)

Fonte: Adaptado de ETAD[®] (1998 p.5).

*OECD –Teste de toxicidade aquática (Organisation for economical co-operation and development).

Observa-se através da ficha toxicológica do corante ácido vermelho 17 (figura 2.41) que esse corante somente causará algum tipo de inconveniente à vida aquática em concentrações muito superiores a 1mg/L, pois para o meio aquático a LC50 é 8,0mg/L, para a toxicidade *daphnia* a EC50 é 30,0mg/L e para a inibição IC50 deve ser superior 300mg/L. Essa última situação somente ocorrerá em caso de um acidente ambiental, pois esses valores não são admitidos na prática industrial, dada a geração de inviabilidade técnica e financeira para o processo industrial.

Voltando à questão dos efeitos tóxicos dos corantes, sem dúvida, pode-se concluir que entre os diferentes tipos de corante existentes no mercado, os que apresentam maior toxicidade são os do grupo azo, pois o meio redutor se apresenta como um ambiente propício para a clivagem¹⁴ redutiva nos anéis aromáticos e conseqüente formação de amins aromáticas com potencial carcinogênico e mutagenicidade, conforme afirmam autores como Matyjas *et al.* (2003), Zee (2002), IPPC (2002), Brown (1993) e Salem (1996).

¹⁴ A clivagem redutiva é o mecanismo pelo qual os compostos azóicos de base benzidina formam amins aromáticas (Guaratini & Zanoni 2000).

Segundo Frost *et al.* (1998), comercialmente existiram até 1998, mais de 2.000 corantes (ácido, básico, direto, disperso, mordente e reativos) com grupamento azo, mas desses somente uns 130 são passíveis de formação de aminas aromáticas e desses apenas os com origem na benzidina é que apresentam potenciais tóxicos. Na figura 2.42 são listadas as aminas aromáticas originadas de azocorantes por meio de clivagem.

Relação	Nome do produto	Relação	Nome do produto
01	4-Aminodifenil	12	3,3'-Dimetilbenzidina
02	Benzidina	13	3,3'-Dimetil-4,4'-Diaminodifenilmetano
03	4-Cloro-o-toluidina	14	p-Cresidina
04	2-Naftilamina	15	4,4'-Metilena-bis-(2-cloroanilina)
05	o-Aminoazotolueno	16	4,4'-Oxidianilina
06	2-Amino-4-Nitrotolueno	17	4,4'-Tiodianilina
07	p-Cloroanilina	18	o-Toluidina
08	2,4-Diaminoanisol	19	2,4-Diaminotolueno
09	4,4'-Diaminodifenilmetano	20	2.4.5-Trimetilaniлина
10	3,3'-Diclorobenzidina	21	4-Aminoazobenzeno
11	3,3'-Dimetoxibenzidina	22	o-Anisidina

Figura 2.42 - Aminas aromáticas de tingimento com azocorantes - Clivagem
Fonte: IPPC (2002 p.81)

O potencial carcinogênico presente em alguns corantes diretos e reativos com estrutura azo foi pesquisado por Luangdikol & Panswad (2000) e também Zee (2002), que afirmam ser possível tratar esse tipo de efluente por vias biológicas, especialmente utilizando-se processos anaeróbios (redução) seguidos de aeróbios, e assim minimizar consideravelmente o potencial de formação das aminas aromáticas. A figura 2.43 mostra as reações do tratamento biológico para azocorantes.

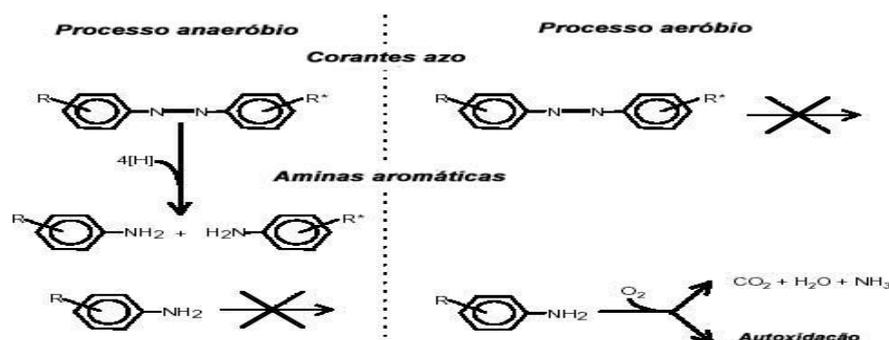


Figura 2.43 – Esquema de vias biológicas em tratamento de azocorantes
Fonte: Adaptação de Zee (2002, p.98)

Também pode-se destacar o estudo de Burke (2000), que propõe algumas alternativas para a redução das fontes geradoras dos compostos tóxicos presentes nos efluentes têxteis, como, por exemplo:

- substituição dos corantes tóxicos (azo) por outros sem essas características tóxicas das aminas aromáticas;
- alterar a formulação do banho de tingimento, ou mesmo, solicitar ao fabricante de produtos químicos a modificação da estrutura química do corante, de forma a minimizar os impactos ambientais, ou seja, a toxicidade;
- modificações operacionais, como reaproveitamento de banhos residuais no processo industrial para minimização da quantidade de efluente final, além de controlar rigorosamente o tempo e temperatura de cada etapa do processamento.

Finalizando a questão da toxicidade das aminas aromáticas nos efluentes têxteis, a melhor alternativa de se evitar esse problema ambiental é a substituição dos azocorantes com o potencial de formação das aminas por outro corante sem essas características, o que não é difícil, dada a vasta gama de corantes existente no mercado.

2.3.3.5 Remoção de AOX

A denominação de AOX (*adsorbable organic halogens*) se refere aos produtos orgânicos halogenados (cloro, bromo e/ou iodo) passíveis de separação por adsorção em carvão ativo (Salem, 1996). O parâmetro AOX, em si, representa apenas a quantidade de produtos halogenados, os quais devem estar abaixo de determinados valores para não apresentar efeitos toxicológicos nos efluentes. Segundo Milsin & Greve (1993), os elementos AOX apresentam capacidade de bioacumulação nos seres vivos e conseqüentemente de causar problemas de saúde (doenças) inerentes ao acúmulo de substâncias halogenadas no corpo; por exemplo, alterações no sistema nervoso e carcinomas estão entre as doenças mais graves relacionadas ao AOX.

A origem do AOX no efluente têxtil está relacionada à presença de substâncias químicas halogenadas no processo industrial, como, por exemplo, solventes, alguns produtos auxiliares e corantes reativos, e principalmente no alvejamento (branqueamento) com o uso de hipoclorito de sódio. Esses são os elementos responsáveis pela contaminação dos efluentes têxteis com carga AOX. Também é muito difícil um processo de tingimento e acabamento têxtil não utilizar algum tipo de substância que contenha átomos de halogênio, pois em geral são esses átomos que conferem propriedades como tonalidade e solidez ao tingimento, propriedades essas desejadas em todos os tecidos (UBA 2002).

Steiner (1995) *apud* Mattioli *et al.* (2002) menciona que encontrou valores superiores a 100mg/L de AOX em banhos de alvejamento com hipoclorito de sódio, inclusive contendo considerável quantidade de clorofórmio. Em 1995, período daquela pesquisa, esse dado era preocupante em função dos impactos ambientais que podia causar, porém, atualmente essa preocupação não é tão grande assim, pois o uso do hipoclorito no alvejamento já foi largamente substituído pelo peróxido de hidrogênio (H_2O_2), apesar de a brancura produzida pelo hipoclorito ser bem mais intensa que a do peróxido. Quando no processo industrial se necessita um produto com maior brancura, o processo de alvejamento em geral é dividido em duas etapas, a primeira com o peróxido e a segunda com hipoclorito, apesar de que esse processo acaba por aumentar o custo de processamento. Também já se pôde fazer uso do dióxido de cloro sem a geração de AOX (IPPC 2002). UBA (2002), em estudo de caracterização de efluentes têxteis de indústrias alemãs, encontrou AOX na faixa de 2,5 a 6,0mg Cl/L em efluentes do processo de alvejados com uso H_2O_2 e uma fase posterior ao uso do hipoclorito, valores esses muito superiores ao permitido pela legislação alemã, que é de 0,5mg Cl/L.

Outro fato interessante é que, segundo dados do relatório IPPC 2002, recentes investigações mostraram que a formação do AOX, em grande parte, tem origem nas impurezas contidas nos produtos halogenados, em especial no hipoclorito. Assim, quanto maior for a pureza das substâncias halogenadas usada no processo industrial, menor será a geração de AOX.

2.3.3.6 Metais pesados no efluente têxtil

A presença dos metais pesados nos efluentes têxteis pode ser atribuída tanto às moléculas de corante (pela estrutura própria ou contaminação do processo de fabricação do corante) quanto aos produtos auxiliares envolvidos no processo de tingimento ou acabamento (pela presença de pigmentos para estampanaria). Além disso, também se deve considerar a possibilidade de a matéria-prima (fibras, fios e tecidos) conter resíduos de metais. No caso dos corantes, chega a existir uma classificação à parte, que é a de corantes metalizados (presença de metais) e não-metalizados (ausência de metais) (UNEP, 2002). A tabela 17 apresenta a concentração dos principais metais pesados em função da classe dos corantes metalizados.

Tabela 17 - Concentração de metais pesados em efluentes de tingimento

Classe de corante	Fibra	Metais					
		Cádmio mg/l	Cromo mg/l	Cobre mg/l	Chumbo mg/l	Mercúrio mg/l	Zinco mg/l
Ácidos	Poliamida	0,02	0,08	1,43	0,21	0,38	1,39
	Lã	0,04	0,11	0,07	0,22	0,48	3,43
Ácidos pré-metalizado	Poliamida	0,02	0,85	0,48	0,12	1,23	1,78
Básicos	Lã	7,50	0,21	0,05	0,10	1,53	3,10
	Acrílico	0,03	0,03	0,09	0,12	0,39	1,06
	Poliéster	0,05	0,05	0,05	0,26	0,43	0,46
Diretos	Algodão	0,16	0,07	12,05	0,42	1,39	0,87
	Viscose	0,18	2,71	8,52	1,95	0,50	1,32
Reativos	Algodão	0,20	0,12	0,23	0,54	0,62	0,65
Azóicos	Algodão	0,02	0,05	0,06	0,16	1,12	2,02
Enxofre	Algodão	0,01	0,08	0,08	0,28	1,15	0,54
Tina	Algodão	0,05	0,07	0,37	0,42	2,20	0,83
Dispersos	Poliamida	0,02	0,04	3,93	0,15	0,50	0,66
	Poliéster	0,05	0,10	0,16	0,18	0,99	1,53
	Triacetato	0,02	0,14	0,08	0,15	0,58	1,00

Fonte: Smith (1994 p.6)

Através da tabela 17 é possível se fazer uma pré-seleção da classe dos corantes em função do teor de metais pesados e, assim optar pelo uso dos que apresentem menor quantidade de metais. Também o que se percebe é que os teores de metais pesados presentes nos efluentes em geral não são tão significantes, com exceção do cádmio (7,5mg Cd/L) e cromo (2,5mg Cr/L) usados no tingimento de lã (corante básico) e viscose (corante direto), respectivamente, que apresentam, aí sim, valores elevados e expressivo grau de toxicidade.

A figura 2.44 apresenta a relação de alguns metais pesados com a fonte de contaminação no processo fabril, enquanto a figura 2.45 relaciona alguns corantes, ainda usados na indústria têxtil que possuem metais pesados em sua estrutura molecular.

Metal	Fonte de contaminação
Arsênio	Fibras e água industrial
Cádmio	Impureza nos sais
Cromo Cobalto Níquel	Corante
Cobre	Corante, água industrial e fibras
Chumbo	Corante e tubulação
Estanho	Produtos do acabamento final
Mercúrio	Corante e impurezas químicas
Titânio	Fibras
Zinco	Corante, impurezas química, água industrial e tubulação

Figura 2.44 - Metais pesados versus a fontes contaminação têxtil

Fonte: EPA (1996 p.53)

Metal	Nome corante	Tipo corante	Metais encontrados
Cobalto	Azul Ingrain 5 Azul Vat 29	Reativo	Cobre e níquel
Níquel	Azul Ingrain 14	Direto	Cobre
Cobre	Azul Ácido 249 Azul Direto 86 e 87 Azul Ingrain 1 e 13 Verde Ingrain 3 Azul Pigmento 15 e 17 Verde Pigmento 7 e 37 Azul reativo 7	Ácido e Pré-metalico	Cobre, cromo e cobalto
		Mordente	Cromo

Figura 2.45 - Relação de corantes metálicos em uso na indústria têxtil

Fonte: Adaptação Cetesb (2002e p.94) e EPA (1996 p.53)

É importante lembrar que para os STETs com processo biológico os metais pesados podem inibir a ação dos microrganismos e inferir diretamente no desempenho do processo de tratamento (EPA 1996). Assim, para os projetistas, o conhecimento prévio da base do processo industrial (tipos de corantes e formas de tingimento utilizados) é essencial para se ter um STET que atenda às condições de lançamento do despejo nos corpos receptores.

Para se evitarem os inconvenientes causados pelos metais pesados, tanto no próprio STET quanto ao ambiente, a melhor alternativa é evitar o uso das substâncias que contêm metais pesados; outra é o uso de STETs que contemplem tratamentos biológicos, principalmente os aeróbios, pois até certos limites de toxicidade os microrganismos aeróbios apresentam uma boa capacidade de adsorção dos metais (Smith 1994, Cepis/GTZ 1995, EPA 1996 e ETAD 1998).

2.3.3.7 Resíduos sólidos

Na indústria têxtil, praticamente todos os resíduos sólidos são reaproveitados ou reciclados. O grande problema são resíduos gerados no STET, designados de lodo químico, biológico ou têxtil, os quais em algumas concepções de sistema são formados conjuntamente e em outras são separados e assim permanecem.

A formação do lodo têxtil (químico e/ou biológico) é conseqüência de duas situações distintas: a primeira é aquela em que a legislação ambiental exige a remoção da cor dos despejos, e a segunda é a estabilização do processo biológico através da retirada de excesso de massa celular. Na primeira situação, o lodo é formado pela remoção do corante residual geralmente por meio de um processo físico-químico (coagulação, floculação, sedimentação ou flotação). Nessa situação se tem a formação de quantidade expressiva de lodo químico, principalmente quando o processo está posicionado a montante do biológico. Ainda em relação a essa primeira situação, o processo físico-químico pode ser empregado em conjunto com o processo biológico, caso esse seja o de lodos ativados, ou ainda, ser posicionado a jusante do biológico. A segunda situação de formação de lodo têxtil surge como forma de estabilização do processo biológico, ou seja, a retirada de massa celular do processo possibilita manter o equilíbrio entre a quantidade de alimento (carga poluente) e o número de microrganismos em valores predeterminados em projeto (BTTG 1999). Atualmente (2005) pode-se dizer que a quantidade de lodo gerada no STET decorre do processo de remoção de lodo e da sua posição dentro do sistema de tratamento. Por exemplo, no relatório desenvolvido pela CRPH (2001) é citado que se o processo físico-químico ficar a montante do biológico o volume de lodo pode ser 10 vezes superior à alternativa de estar a jusante.

Também para Martins (1997), o processo físico-químico antes do processo biológico é uma situação em que se formam grandes quantidades de lodo químico. O autor afirma que em ensaios realizados em STETs a simples eliminação do processo físico-químico propiciou a redução de 50 a 80% do lodo gerado. A eliminação do físico-químico realmente reduz a geração de lodo, mas o autor nada menciona a respeito de alterações na qualidade final do efluente, principalmente com ênfase à remoção da cor. Caso a exigência ambiental for por remoção completa da coloração, é obvio que o processo físico-químico tenha que ser substituído por outro sem geração de lodo, como, por exemplo, os processos oxidativos. O mesmo autor ainda cita que o volume de lodo biológico também pode ser reduzido em aproximadamente 50% caso se faça uso de oxigênio puro no processo biológico.

Na tabela 18 são apresentados alguns dados de metais presentes em lixiviado de lodo de amostra de STET que trata efluente de origem 100% algodão.

Tabela 18 - Característica do lixiviado de lodo de STETs – 100% algodão

Ensaio	Análise	Valores da amostra	Limite máximo NBR 10.004
Lixiviação	pH inicial	8,8	- o -
	pH final	5,1	- o -
	Tempo de lixiviação	28 horas	- o -
Metais	Alumínio	55 – 1 ppm	- o -
	Arsênio	Nd	5 ppm
	Bário	< 2 ppm	100 ppm
	Cádmio	0,03 – 0,005 ppm	0,5 ppm
	Chumbo	0,25 – 0,50 ppm	5 ppm
	Cianeto	Nd	- o -
	Cobre	46 – 0,6 ppm	- o -
	Cromo total	1,5 – 0,24 ppm	5 ppm
	Ferro	1,4 – 0,9 ppm	- o -
	Fluoreto	0,01 – 1 ppm	150 ppm
	Manganês	0,4 – 0,5 ppm	- o -
	Mercúrio	5 – 0,1 ppm	0,1 ppm
	Prata	0,2 – 0,1 ppm	5 ppm
	Selênio	< 0,1 ppm	1 ppm
Zinco	11 – 3,7 ppm	- o -	

- o - = Não especificado e Nd é não detectável.

Fonte: CPRH (2001 p.65)

O que se observa na tabela 18 é que nenhum dos dados apresentados é superior aos limites estabelecidos na NBR 10.004. Isso em princípio leva à conclusão de que o lodo têxtil pode ser disposto no solo em forma de *landfarming* (também chamado de *land-application*) ou em aterro industrial, designado de *landfill*.

Para Conchon (1999 e 1995) e Conchon *et al.* (1997), a disposição em *landfill* é uma solução equivocada, pois o armazenamento de um resíduo por tempo indeterminado não é a solução para problemas ambientais. Consideram que os custos de implementação e operação são elevados, pois sacrificam a área e exigem monitoramento permanente do sistema, mesmo depois de esgotada a vida útil do aterro. A incineração tem nos custos tanto de implementação quanto de operação o maior obstáculo ao seu uso (aproximadamente US\$ 660,00/m³) Para os autores, a solução mais racional de tratamento é a aplicação do lodo na agricultura na forma de processo de *land-application*. Somente após análises de viabilidade agrícola (fertilizante), ensaios de respirometria, classificação do lodo em classe 2, ensaios de mutagenicidade e verificação das propriedades físicas do solo e subsolo condizente com as normas de disposição o lodo poderá ser usado na agricultura; mas, ainda, como fator de segurança para a saúde dos seres humanos, o material deve ser usado somente em culturas que não farão parte da cadeia alimentar do homem. A tabela 19 apresenta dados de comparação de custos para os processos de disposição de lodo têxtil mencionados no trabalho de Conchon *et al.* (1997).

Tabela 19 - Comparação de custo para disposição de lodo têxtil

Processo	Custo(US\$/m ³)	Custo(US\$/ton (seca))
Aterro (<i>landfill</i>)	50,00	330,00
Incineração	660,00	4.400,00
Land-application	10,50	70,00

Fonte: Conchon *et al.* (1997 p.75)

Na tipologia têxtil elaborada pela CRPH (2001), é citado que o *land-application* já é utilizado há mais de 25 anos no Estado da Carolina do Norte (USA), sem qualquer problema para a saúde de qualquer ser vivo. Quanto a essa experiência americana Wanucha (1995) relata a experiência do Estado da Carolina do Norte com os biossólidos têxteis, na qual menciona que a maior dificuldade da aplicação do *land-application* é a obtenção de lodo com características homogêneas, pois o processo

fabril têxtil usa uma diversidade muito grande de produtos de químicos para se atingirem as condições finais de qualidade. Quanto às vantagens desse processo, a principal é a boa capacidade agronômica (fertilizante) dada pela presença de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, além de outros elementos traços como cobre, zinco, ferro e molibdênio, os quais servem como micronutrientes para as culturas. O autor conclui que essas experiências apresentaram bons resultados, pois considera que a opção é segura e benéfica para solo, por ter o lodo baixos teores de metais pesados e bactérias patogênicas, além de corrigir a fertilizado do solo.

Ainda, nessa perspectiva de uso agrícola, Silva *et al.* (2003) pesquisaram o potencial do lodo biológico têxtil na cultura do sorgo, em que foram consideradas diversas possibilidades de combinação para o lodo e a adubação química. A que apresentou mais benefícios agronômicos foi a que teve aplicação de 10 toneladas de lodo por hectare mais 50% da adubação química requerida; e a segunda melhor opção foi a que considerou apenas a aplicação das 10 toneladas de lodo por hectare. A pesquisa conclui que o lodo têxtil apresenta potencial agronômico, mas deve ser usado somente em cultura que não faça parte da cadeia alimentar humana, para assim evitar riscos à saúde das pessoas.

Na busca de soluções alternativas para a disposição do lodo gerado no STET, Oliveira *et al.* (2001) estudaram os efeitos da adição desse lodo em materiais de uso na construção civil e chegaram à conclusão de que é possível obter materiais com boas propriedades mecânicas, desde que se utilize proporção adequada de argila-lodo (de 1 a 10% de lodo), bem como argilas de natureza também adequada e aplicação de tratamento térmico apropriado, com análise de curva de queima.

Segundo relatório da Cepis/GTZ (1995), para a América Latina, o lodo gerado na indústria têxtil apresenta, em média, 83% de umidade e pH dentro da neutralidade. O percentual de compostos perigosos (toxicidade e mutagenicidade) presentes no lodo, em geral, é inferior a 1%, valor que já inviabiliza o acondicionamento em aterro sanitário e aplicação como fertilizante em culturas da cadeia alimentar humana. O relatório ainda menciona que 63% do lodo têxtil estão dispostos em aterros industriais, enquanto os 37% restantes têm sua disposição em outros tipos de tratamento.

2.3.4 Minimização de resíduos - carga hidráulica e orgânica

Está se tornando cada vez mais importante a minimização (redução, recuperação ou reciclagem) do resíduo industrial dos processos produtivos. Isto porque estão muito altos os custos da matéria-prima, do tratamento dos efluentes, do tratamento da água captada de fontes superficiais, além da possível tarifação prevista pela Lei Federal 9.433/97 do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (Sngrh) para o caso do Brasil. Em Portugal a tarifação dos recursos hídricos pelos critérios de uso-pagador também já está prevista no Decreto-Lei 321/99, aguardando apenas regulamentação. Na região da Catalunha o critério de uso-pagador já está regulamentado e em prática. A escassez de água de boa qualidade é um problema que atinge praticamente todas as partes do planeta; assim, a minimização dos resíduos torna-se algo necessário e indispensável em todas as atividades industriais.

O que é minimização de resíduos? Segundo Barclay & Buckley (2000 p. 2-2), é “a aplicação de uma sistemática para a redução de geração de resíduos na fonte”. Na questão dos resíduos têxteis, a minimização vem sendo tratada de forma específica em nível mundial desde 1992, quando a *American Textile Manufacturers Institute* (ATMI) apresentou um programa denominado de *Encouraging Environmental Excellence - E3* – destinado exclusivamente ao segmento têxtil, tendo como objetivo a minimização dos resíduos gerados. O E3 é um programa similar ao *Pollution Prevention Strategies and Technologies – P2* – lançado pelo governo norte-americano (USA) em 1990, o qual estabeleceu as diretrizes centrais para prevenção da poluição através da minimização (redução, reutilização e reciclagem) dos resíduos industriais no processo produtivo (EPA, 2002).

O E3, segundo o relatório anual de 2001 da ATMI (2002), caracteriza-se por ser um programa de responsabilidade ambiental para as indústrias têxteis americanas. O E3 afirma que as indústrias americanas que implementaram o programa e atingiram as metas pré-definidas puderam ser certificadas com o *Encouraging Environmental Excellence - E3*. Uma das principais metas do programa visa à integração das indústrias com a comunidade, através da divulgação do programa e abertura das unidades indústrias têxteis para as comunidades em que estejam localizadas. O programa se baseia em 7 etapas distintas, como se segue:

- cadastramento de fornecedores;
- substituição de produtos auxiliares;
- alteração de processo;
- reutilização e reciclagem;
- alteração de equipamento;
- operacionalização racional e
- integração com a comunidade.

A ATMI estima que ao longo dos últimos 10 anos o programa E3 tenha contribuído para as seguintes reduções do impacto ambiental da indústria têxtil (ATMI, 2002):

- 30,3% de emissão de CO₂ e uso de energia;
- 31,2% de consumo de água industrial;
- 41,2% de geração de lodo (químico e biosólidos) industrial e,
- 34,2% de carga química - DQO

No Brasil, a Cetesb, em 1998, iniciou um programa similar ao proposto nos USA. Um dos primeiros segmentos escolhidos para a aplicação do programa foi o setor têxtil, através das empresas Santista Têxtil S/A e Cermatex – Indústria de Tecidos Ltda. que foram voluntárias neste projeto denominado de P+L/P2. O P+L é um programa idealizado pela *United Nations Environmental Programme* (UNEP), órgão ambiental das Nações Unidas, e se caracteriza por uma aplicação contínua de estratégias ambientais preventivas e integradas aos processos, produtos e serviços. O objetivo do programa é aumentar a ecoeficiência, além de reduzir os riscos ambientais à sociedade constituída. Já o programa P2 é uma adaptação do P2 (Pollution Prevetion – EPA) para as condições brasileiras; mas, em resumo, refere-se a qualquer prática, processo, técnica ou tecnologia que tenha o propósito de minimização de resíduos. A junção dos dois programas originou o P+L/P2, com os seguintes objetivos (Cetesb, 2002b):

- otimizar o uso de produtos auxiliares (água, produtos químicos e outros)
- reduzir a geração de resíduos;
- melhorar a qualidade ambiental local e global;
- desenvolver de responsabilidades ambientais;
- reduzir custos no tratamento de resíduos e,
- desenvolver um fator competitivo ambiental.

O programa P+L/P2 foi aplicado em duas empresas têxteis brasileiras da região de Americana, no período de março de 1998 a abril de 2001. A partir de 2002, foi estendido a uma gama maior de empresas têxteis. Os resultados obtidos nas duas empresas-piloto estarão sendo mencionados nos tópicos específicos deste trabalho, mas de forma geral o programa tem os seguintes benefícios para as indústrias têxteis:

- economia de insumos;
- melhoria da segurança no trabalho;
- redução ou eliminação de resíduos;
- melhoria da qualidade ambiental local e global;
- redução dos conflitos ambientais (órgão fiscalizador e comunidade);
- melhoria da imagem pública da empresa;
- melhoria da competitividade e da qualidade do produto;
- melhor qualidade de vida e conscientização ambiental e
- melhoria da cidadania e desenvolvimento sustentável.

O que se espera das demais agências de controle e fiscalização do estados brasileiros é que sigam o exemplo da Cetesb e implementem programas que possibilitem a troca de informações e até mesmo o desenvolvimento de novas tecnologias para minimizar ou mitigar os impactos ambientais, não só os gerados pelas empresas têxteis, mas os gerados por todos os segmentos industriais que causem impactos ambientais.

Por exigência da Comunidade da União Européia, as indústrias portuguesas e espanholas estão se licenciando ambientalmente segundo os critérios estabelecidos no programa intitulado de IPPC - *Integrated Pollution Prevention and Control*. Este tem como base os BREF's "*Best Available Technologies (BAT)*", com o objetivo de definir as MTDs - "Melhores Tecnologias Disponíveis" - para os diversos setores industriais. O programa prevê que os diversos países-membros da CE troquem informações de caráter técnico-ambiental para que se possam implementar as melhores tecnologias disponíveis em cada segmento industrial. Na CE o grupo que **se reúne em** "Sevilha - Espanha" é o responsável pela organização e gestão das trocas de informações relativas ao BREFs previsto no IPPC (Iamb, 2003).

O intercâmbio de informações geridas pelo grupo de Sevilha permitiu concluir que as aplicações das MTDs em nível de redução das emissões provocadas pelos processos industriais estão alicerçadas nos seguintes aspectos:

- constituem a medida mais eficaz para redução das emissões;
- melhoram o desempenho econômico das industriais;
- propiciam formação, ensino e motivação dos colaboradores;
- otimizam o controle dos processos produtivos;
 - mantêm adequadamente as unidades tecnológicas e as técnicas de redução de emissões que lhes estão associadas;
 - estabelecem sistema de gestão ambiental para redução dos impactos e melhora da conscientização dos colaboradores e da comunidade;
 - definem metas, prevêm medidas, compreendem instruções sobre os processos e diretrizes de trabalhos, etc.

Desta forma, o que se vê é que os dois grandes pólos industriais do mundo - USA e CE - estabeleceram programas de controle e redução de impactos ambientais nas diversas áreas industriais. No Brasil, apenas o Estado de São Paulo, através da Cetesb, iniciou um tímido programa P+L/P2 com algumas empresas do setor têxtil. Falta ao Brasil uma política ambiental global, em nível de ministério do ambiente, com objetivos específicos de redução e controle dos impactos ambientais provocados pelas indústrias dos diferentes segmentos.

2.3.4.1 Recuperação de gomas

No processo de tecelagem (tecidos planos), conforme descrito no item 2.3.2, é necessário que os fios de urdume sejam engomados, processo em que os fios são impregnados com uma substância adesiva que forma um filme sobre sua superfície. A engomagem aumenta a resistência mecânica do fio pela melhor adesão entre as fibras. Ao final do processo de tecelagem, o tecido é encaminhado para o beneficiamento. Nessa nova etapa, os tecidos recebem uma variedade de ações de transformação, com o objetivo de melhorar a aparência do produto final, como, por exemplo, a capacidade de absorção de água, aumento da resistência à ruptura etc.

Para obter a melhor eficiência nestes requisitos acima mencionados, é necessária a remoção total da goma existente no tecido, pois ela age como um impermeabilizante da fibra, impedindo a ação dos produtos auxiliares no acabamento do produto final (Alcântara & Daltin, 1996).

É comum a goma ser classificada segundo as suas principais características físicas e químicas. Kraemer & Trauter (1999) apresentam uma classificação baseada nestas características, conforme se segue abaixo:

- Goma natural: podem ser de origem vegetal. É fácil de obter e possui baixo custo, mas em compensação é de difícil ser removida, após estar impregnada e seca no tecido. Apresenta baixa aderência quando na presença de fibras sintéticas. A goma de amido proveniente de milho, fécula de mandioca e batata são as que têm maior utilização entre as gomas naturais. Existe ainda a goma natural de origem animal, que também apresenta um bom poder de colagem, baixo custo e é igualmente de difícil remoção. Sob variação de temperatura e umidade atmosférica, este tipo de goma passa a ter um comportamento irregular, principalmente em relação à densidade (baixa estabilidade). A origem deste tipo de goma são os nervos e tecidos gelatinosos. Desde de meados da década de 1990, o uso de goma de origem animal vem sendo relegado a uma segunda opção, devido a seu impacto ambiental ser maior do que a goma vegetal.
- Goma semi-sintética: É uma goma derivada do amido e da celulose modificada física e quimicamente. Têm poder de colagem superior ao da goma natural; É mais fácil de ser removida do tecido, porém o seu custo também é maior. As gomas semi-sintéticas carboximetil celulose (CMC) e carboximetil amido (CMA) são as mais usadas entre as semi-sintéticas.
- Goma sintética: É uma goma derivada de polímeros sintéticos. Suas características são muito similares a das gomas semi-sintética, pois também têm ótimo poder de colagem, é fácil de ser removida dos tecidos e o custo é muito superior ao da goma natural. As mais utilizadas são o álcool polivinílico (PVOH - PVA) e as gomas acrílicas.

A Cetesb (São Paulo), através do projeto P2/P+L, implementou em uma das empresas participantes do projeto a substituição da goma natural (amido de mandioca) por composto modificado (mistura de goma natural com sintética). O resultado foi muito significativo (positivo), pois houve casos de redução de até 55% da carga orgânica (DBO_5) no STET (Cetesb 2002d). Ficou constatado que o composto modificado tem um maior custo financeiro em relação à goma natural, mas em contrapartida possibilita a reciclagem da goma por ultrafiltração. A reciclagem possibilita uma variedade de análises, e, quando projetada a médio e longo prazo, torna o processo viável economicamente. A viabilidade ambiental é imediata. Outra proposta para a minimização das cargas orgânicas da lavagem dos tanques de goma é a interligação entre os tanques, como forma de reaproveitamento das sobras de cada batelada (Cetesb, 2002e).

Após a tecelagem a goma já cumpriu sua função no processo de tecer, e a partir deste ponto passa a ser uma substância altamente impactante, dada a sua excessiva carga orgânica (DBO_5), além de interferir na eficiência dos processos subseqüentes da tecelagem. Stegmaier *et al.* (1999) afirmam que os efluentes gerados no processo de desengomagem dos fios de urdume representam, em carga química, até 70% de toda a DQO presente no efluente final de um dado STET em um beneficiamento de tecidos.

A operação de desengomagem pode ser realizada por três diferentes tipos de processo, conforme pode ser visto na figura 2.46. A escolha do processo de desengomagem vai depender do tipo de goma usado e das características do fio de urdume EPA (1997).

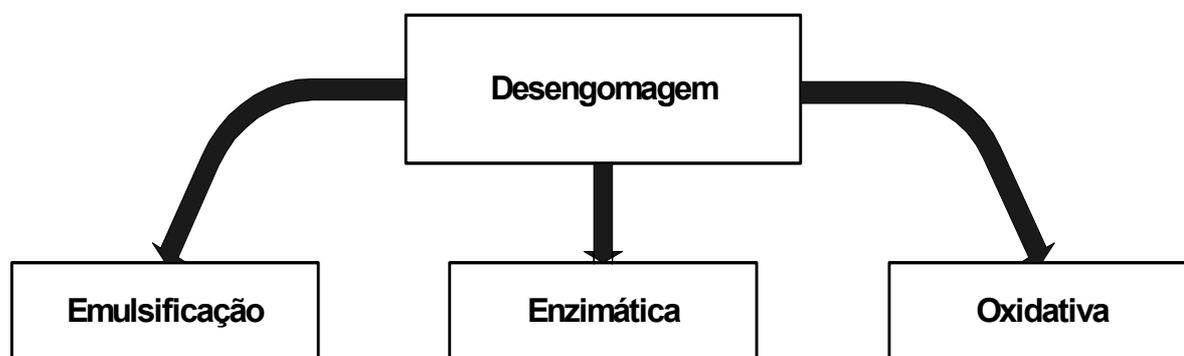


Figura 2.46 – Tipos de desengomagem
Fonte: EPA (1997 p.189)

- Emulsificante: é o tipo de desengomagem recomendado para qualquer tipo de fio, desde que no processo de engomagem tenha sido empregada somente goma sintética. Estas gomas têm a vantagem de poderem ser removidas por meio de uma simples lavagem com água quente.
- Enzimática: desengomagem empregada em tecidos 100% de algodão e impregnados com goma natural. As enzimas por hidrólise transformam os amidos em açúcares (solúveis). Este processo de desengomagem é muito utilizado na indústria têxtil algodoeira,
- Oxidativa: desengomagem recomendada para tecidos com elevado percentual de fibras sintéticas e engomada com goma natural. O processo de desengomagem é realizado com persulfatos de sódio, amônia ou potássio, que na reação de hidrólise liberam oxigênio e fragmentam as moléculas do amido, e assim o tornam solúvel em água.

Os despejos do processo de desengomagem apresentam elevados valores de carga química total (DQO), como pode ser visto na tabela 20, a seguir.

Tabela 20 - Valores específicos de DQO na desengomagem

Tipos de goma	DQO em mg O ₂ /g de goma			
	Sanin (1997)	Milner (2000)	Schönberger (1999)	UBA (2001)
Hidroxipropilo (amido)	980	900 – 1000	900 – 1000	900 – 1000
Carboximetilo (amido)	890	900 – 1000	900 – 1000	900 - 1000
Carboxi-metil-celulose (CMC)	900	700 – 800	800 – 1000	800 - 1000
Poliacrilato (sintético)	1300	1000 – 1200	1350 – 1650	900 - 1650
Álcool Polivinílico (PVA)	1700	1500 - 1700	1700	1700

Fonte: citada no corpo da tabela

Em relação à DBO₅ específica dos efluentes da desengomagem, deve-se destacar que para as gomas semi-sintéticas e sintéticas a DBO₅ é relativamente baixa, ou seja, de valores inferiores a 100mg O₂/g de goma. Quanto às gomas naturais, a relação específica DQO/DBO₅ está entre 2,0 e 2,5, segundo o EPA (1997) e o IPPC (2002).

Para Araújo & Castro (1984), os fios destinados à fabricação de tecido plano são os que estão sujeitos ao processo de engomagem. Neste caso os fios recebem de 6 a 10% de goma em peso. Suponha-se que o fio tenha recebido a carga máxima de goma, ou seja, 100g de goma/kg de tecido e o valor médio da DQO da goma seja de 1.100mg O₂/g de goma, conforme dados apresentados na tabela 20. Para essa situação, ter-se-ia 110.000mg de O₂/kg de tecido; considerando-se ainda um consumo médio de água em torno de 120L/kg de tecido e, finalmente, estimando-se a purga da goma superior a 95%, o resultado médio da DQO no efluente bruto gerado apenas pela desengomagem seria de aproximadamente 870mg de DQO/L. Tal valor é realmente significativo em termos de impacto ambiental, e em alguns casos pode representar até mais 70% da carga orgânica total, como estimado por Stegmaier *et al.* (1999).

É consenso entres inúmeros autores, como, por exemplo, Braile & Cavalcanti (1993), EPA (1996), Crespi (2002), Milner (2000), Sanin (1997), Steigmaier *et al.* (1999), Schönberger (2000) e UBA (2002), entre outros, que em indústrias têxteis com processo de desengomagem o efluente proveniente desta etapa contribui no mínimo com 50% da carga de DQO no efluente final. Assim, qualquer medida que leve à redução do uso de goma tem contribuição direta e objetiva na minimização da carga do efluente final.

Mediante a reciclagem é possível eliminar quase completamente a goma do efluente. Sob o aspecto ecológico e financeiro, a recuperação das gomas através de ultrafiltração é um processo perfeitamente recomendado para as condições brasileiras (Kraemer & Trauter, 1999).

No período de 1996 a 1999 foi desenvolvido no Brasil um projeto de cooperação técnico-científica entre os governos brasileiro e alemão. O projeto foi denominado de Ecogoman e viabilizado através de um consórcio composto de indústrias têxteis, indústrias de produtos de engomagem (brasileiras) e fabricantes de equipamentos de ultra e nanofiltração (alemães). A finalidade principal do projeto era o conhecimento, em nível industrial, do processo de reciclagem de goma com utilização de tecnologia (equipamentos de filtração) de origem alemã, aplicada às condições brasileiras de processamento têxtil.

O Ecogoman tinha como objetivo diminuir a carga orgânica no STET advinda do processo de engomagem. Objetivo não menos importante era também a possibilidade de recuperação da goma, de forma a se obterem vantagens econômicas no processo produtivo. As linhas de pesquisa no projeto tinham em vista determinar a composição ideal da goma (semi-sintética e sintética) para a melhor recuperação possível (IEL-SC, 1999).

Também em Portugal foram desenvolvidas pesquisas utilizando o método de ultrafiltração para a recuperação das gomas presentes no efluente das desengomadeiras. A pesquisa desenvolvida por Silva (1998) teve apoio financeiro no âmbito do programa PRAXIS XXI - da Fundação para a Ciência e Tecnologia de Portugal, com fonte de recursos do Fundo Comunitário Europeu. A pesquisa desenvolveu uma análise, tanto técnica quanto financeira, da tecnologia de ultrafiltração aplicada à recuperação de goma dos efluentes de desengomagem. Silva (1998) testou dois tipos de goma em uma unidade piloto - uma goma semi-sintética e outra sintética. Os melhores resultados foram obtidos a partir da goma sintética, na qual obteve rendimentos da ordem de 90%, além de uma redução no custo de engomagem em torno de 69%. Em termos de redução de DQO, a goma semi-sintética apresentou uma redução de 55%, enquanto para a goma sintética a redução foi de 68%. A conclusão final é que, para as condições portuguesas, a tecnologia de ultrafiltração com membranas se mostrou vantajosa, tanto econômica quanto ambientalmente, sem prejuízo para o produto final (tecido engomado).

A GTV (1997), fabricante alemã de sistemas de recuperação de goma, relaciona algumas vantagens que justificam a recuperação da goma após a desengomagem:

- ciclos de recuperação de 5 a 10 vezes;
- recuperação de 85% da goma em cada ciclo;
- redução de 50% do custo da goma;
- menor consumo de água no preparo da goma;
- sistema de tratamento de efluente:
 - redução do volume de água a ser tratado;
 - redução de 50 a 60% da carga de DQO.

Conseqüência:

- redução do custo de investimento no STET;
- redução do custo operacional no STET.

Para uma visão global do processo de recuperação de goma se tem a figura 2.47:

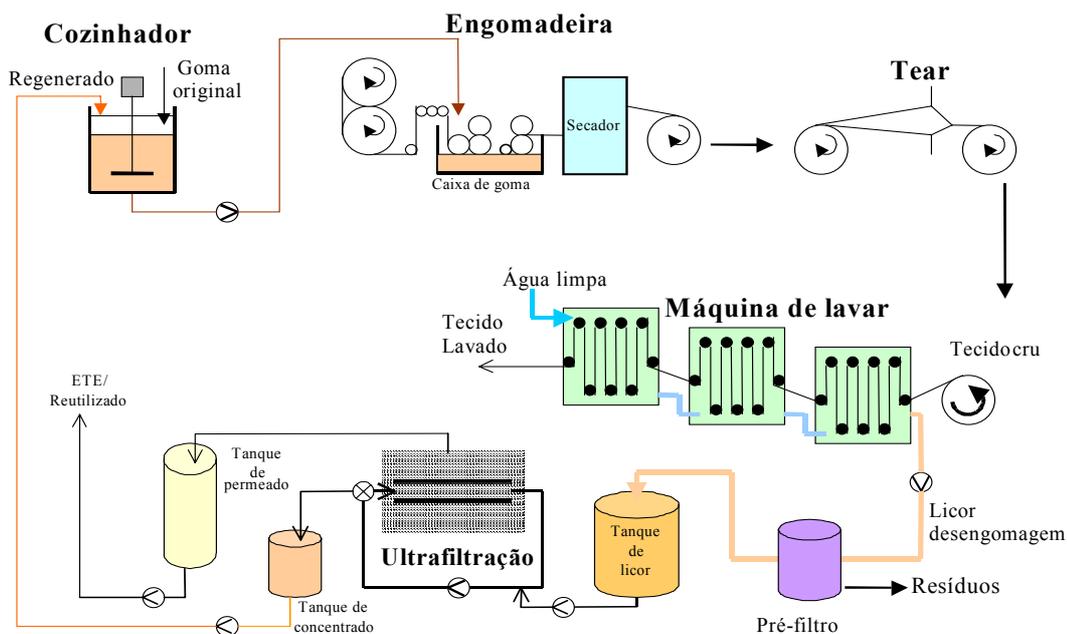


Figura 2.47 – Processo de engomagem/desengomagem e recuperação de goma
Fonte: Steigmaier *et al.* (1999) adaptação com pré-filtro, similar a GTV(1997)

As figuras 2.48 e 2.49 mostram uma unidade de ultrafiltração montada e o detalhe dos elementos filtrantes no interior da unidade de ultrafiltração, respectivamente.



Figura 2.48 – Unidade de Ultrafiltração
Fonte: GVT (1997, p.6)



Figura 2.49 – Membrana de ultrafiltração
Fonte: GVT (1997, p.6)

Para o pré-dimensionamento do sistema de ultrafiltração, segundo Stegmaier *et al.* (1999), é necessário ter definidos pelo menos os parâmetros relacionados na tabela 21.

Tabela 21 - Valores para o dimensionamento de sistema de ultrafiltração

Parâmetros	Valores de referência
Tipo de goma	Evitar gomas naturais (100%) – ideal é mistura
Dimensionamento	variável em função da mistura da goma
Tempo de amortização investimento (meses) ¹⁵	16 – 24
Elemento filtrante ¹⁶	Carbono e Óxido de zircônio
Diâmetro do elemento filtrante (micron)	0,1 – 0,005
Número de ciclos de reciclagem (unidade)	4 – 5
Grau de engomagem (%)	7,0 – 9,0
Velocidade de carga (m/min)	40
Temperatura de trabalho (°C)	95 – 85
Taxa de recuperação (%)	60 – 70
Concentração do licor inicial (%)	1,3 – 1,5
Concentração do licor final (%)	7,0 – 9,0
Tempo de filtração (horas/ano)	≅ 8.000
Tempo de lavagem (horas/ano)	≅ 120
Fluxo de permeado (L/m ² h)	30 – 50
Custo das gomas (US\$/kg)	1,0 – 3,0
Custo da instalação da ETE (US\$/m ³ .dia) ¹⁷	750 – 1500
Custo de manutenção (% investimento)	3 – 5
Área para implementação (m ²)/(m ² membrana)	0,4 a 0,6
Custo da membrana (US\$/m ²)	≅ 7.200

Obs: Montagem primária. Os dados da tabela 21 foram obtidos em de Stegmaier *et al.* (1999)

Kraemer & Trauter (1999), estudando a viabilidade econômica da recuperação de goma modificada pelo processo de ultrafiltração em indústrias brasileiras, determinaram que esse processo somente começa a apresentar viabilidade técnico-financeira em indústrias cuja produção de tecido (plano) engomado seja superior a 5.000 toneladas por ano.

¹⁵ Parâmetro variável em função da produção têxtil.

¹⁶ Fonte: Cassola & Peres (2000), Stegmaier *et al.* (1999) e GTV (1997), não definem elemento filtrante

¹⁷ Valor utilizado para cálculo de redução no valor da ETE

Em relação aos dados da tabela 21, deve-se ressaltar ainda o curto tempo de amortização do investimento (entre 16 e 24 meses), ou seja, uma alta taxa de retorno de investimento. Esta taxa, porém, somente é possível quando se considera nos cálculos da taxa de retorno a redução nos investimento da construção do STET, na ordem de 50%, pela minimização do volume e carga orgânica dos despejos finais. Caso contrário o tempo de amortização pode chegar até 50 meses. Também Sanin (1997) faz referência ao tempo de retorno de investimento, o qual ele estima em 36 meses.

Os dados mostrados na tabela 21 servem apenas como valores de orientação para um pré-projeto de sistema de ultrafiltração. É possível, através desses dados, uma boa análise técnico-financeira do processo de recuperação da goma. Pelo exposto, ficou evidente que o uso da tecnologia de ultrafiltração apresenta um bom desempenho, principalmente na redução da carga de DQO do efluente da desengomagem, e também pelo aspecto de a recuperação da goma ser atraente do ponto de vista econômico. Neste caso, a tomada de decisão passa tanto pela questão ambiental como pela gestão da produção (recuperação e reutilização). Em geral, a decisão depende muito do envolvimento ambiental que a empresa vive e da disposição do grupo técnico de produção em colaborar para a minimização dos problemas ambientais.

2.3.4.2 Recuperação de lixívia de soda cáustica

No tingimento de fibras de algodão, linho e misturas de algodão/poliéster, é comum o tecido ser submetido a mercerização (tratamento físico-químico), processo pelo qual o tecido é submetido a uma tensão e impregnado em uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) concentrado (28 a 32 °Bé¹⁸) “a frio” (<18 °C) ou “a quente” (85 – 95 °C). O objetivo deste tratamento é obter um aumento na absorção de água e de corante, que aumenta o brilho da cor no tecido. Estima-se uma redução de 30 a 50% na quantidade de corante usado (IPPC, 2002), além de melhorar a resistência à tração e a estabilidade dimensional do tecido (Alcântara & Daltin, 1996).

¹⁸ Medida de densidade (gravidade específica), representa a massa do produto pelo seu volume em função da temperatura. Muito utilizada para medidas em ácidos, bases e xaropes. 28 e 32 °Bé equivalem respectivamente a 240 e 285g de soda/L (Perry & Chilton, 1980).

No processamento têxtil a opção pela mercerização “a frio” ou “a quente” é muito discutida. Entretanto, percebe-se que nos últimos anos a preferência tem recaído sobre o processo “a quente”. Essa opção em alguns casos pode prejudicar o tratamento biológico, pois caso o STET não disponha de tanque de homogeneização, a temperatura no tratamento biológico pode atingir valores da ordem de até 60°C. Tal situação provoca a desnaturação da proteína, que pode ocorrer em temperaturas a partir de 45°C e prejudicar seriamente o tratamento biológico (CPRH, 2001).

Segundo dados de Hunt & Meltzler (1982), Araújo & Castro (1984), Stephenson *et al.* (1994), EPA (1997) e IPPC (2002), o consumo de hidróxido de sódio na mercerização pode variar de 200 a 350g/kg de tecido. Há também a possibilidade da substituição do hidróxido de sódio por um tratamento à base de amoníaco líquido, a -35°C, que tem como principal vantagem ser recuperado através de variação da pressão do sistema. Assim a capacidade de poluir deixa de existir, porque o veículo dispersante do corante pode ser 100% recuperado; entretanto os custos de implantação (investimento), manutenção e operação são muito elevados para essa tecnologia (gás sob pressão).

Após a mercerização ter atingido seus objetivos, dentro do processo têxtil, faz-se necessária a retirada ou a neutralização de toda a soda impregnada no tecido, para não prejudicar ou interferir quando do processo de tingimento, pelo excesso de alcalinidade existente. A recuperação da lixívia é importante, tanto pelo lado econômico como pelo lado ambiental, haja vista os dados apresentados na tabela 22 a seguir.

Tabela 22 - Dados de lixívia de mercerização - segundo vários autores

Autores	Parâmetros		
	DBO ₅ (mg/L)	pH	Volume (L/kg tecido)
CPRH (2001)	80	5,5 – 9,5	35
Crespi (1995)	60 – 800	11 – 14	7 - 10
Schlesinger <i>et al.</i> (1971)	45 – 65	5,5 – 9,5	230 - 310
Soares (1998)	50 – 800	5,5 – 14,0	17 – 309

Fonte: Citada na tabela

Os dados da tabela 22 são muito divergentes, tanto em relação à DBO_5 quanto ao volume de água utilizado no processo de mercerização. Em termos de água para o processo, a discrepância pode ser atribuída à utilização de sistemas de lavagem diferenciados (contracorrente e corrente simples), além da disponibilidade de água industrial *versus* ausência de tratamento de efluentes. Quanto à DBO_5 , apesar de Soares (1998) e Crespi (1995) apresentarem valores de até 800mg/L, muitos outros autores, como Braile & Cavalcanti (1993), Dyer & Mignore (1983), Nemerow & Dasgupta (1991), Peres & Abrão (1998) e Schubert (2000), consideram a carga poluidora da mercerização desprezível, destacando apenas o alto valor do pH. Este parâmetro pode gerar uma elevada carga de sais, tornando-se um fator desestabilizador no processo industrial e inviabilizar a recuperação do efluente final.

O processo de recuperação de lixívia de soda mais utilizado é o evaporativo. Na seqüência tem-se a descrição do processo proposto pela Korting Hannover AG (2001), além de um balanço de massa representativo do processo de recuperação. No apêndice (figuras – A-03 e A-04) tem-se o balanço de massa e energia desenvolvido pela Kasag Export AG (2002), o qual pode ser comparado com o balanço apresentado na figura 2.50.

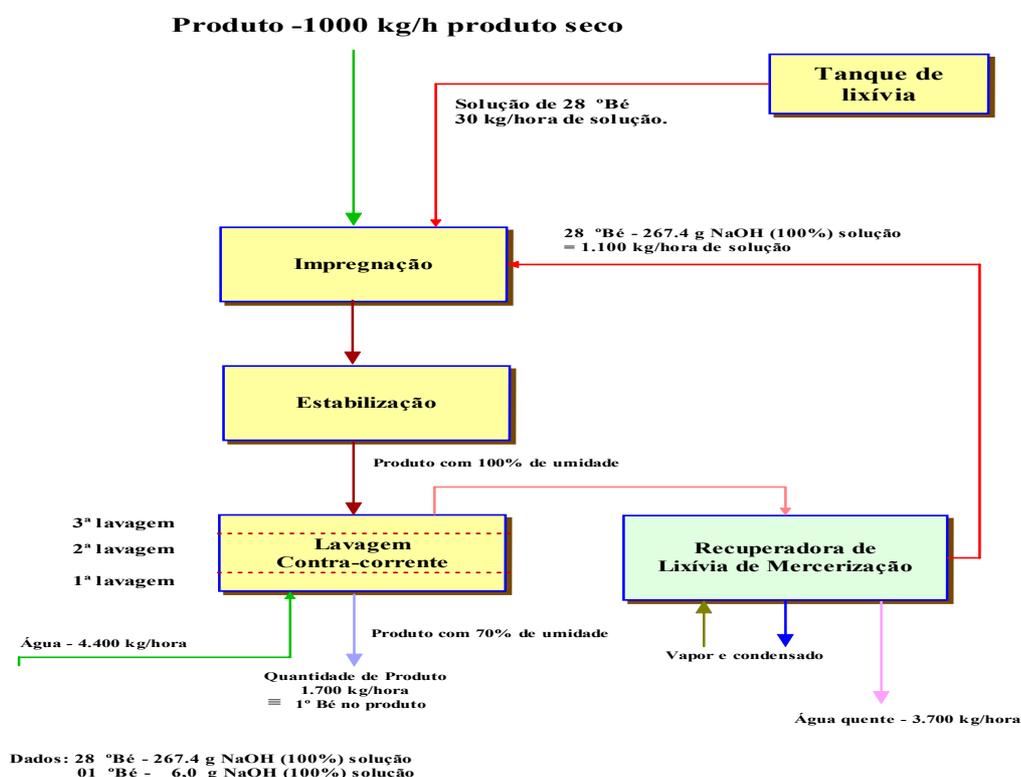


Figura 2.50 – Fluxo de balanço de massa de recuperação de lixívia de soda
Fonte: Primária.

O princípio de funcionamento do processo de recuperação de lixívia (evaporativo) da mercerização consiste na circulação da lixívia pelo diferentes estágios de evaporação, tendo como força motriz o diferencial de pressão (vácuo) entre os diversos estágios. No primeiro estágio, o vapor saturado (industrial) troca calor latente com a lixívia até que esta atinja o seu ponto de ebulição. A concentração da lixívia ocorre pela evaporação da água contida nela, enquanto o condensado do vapor saturado retorna à caldeira, como forma de economia de energia. O vapor gerado pela ebulição da lixívia do primeiro estágio é direcionado para o aquecimento do estágio subsequente, e assim sucessivamente. O fluxo de vácuo é contrário ao fluxo da lixívia e dos vapores de aquecimento. O vácuo no sistema propicia que o ponto de ebulição da lixívia nos estágios subsequentes ao primeiro seja sempre inferior ao estágio anterior. A figura 2.51 mostra em detalhes o princípio de funcionamento do processo de evaporação da lixívia (Körting Hannover AG, 2001).

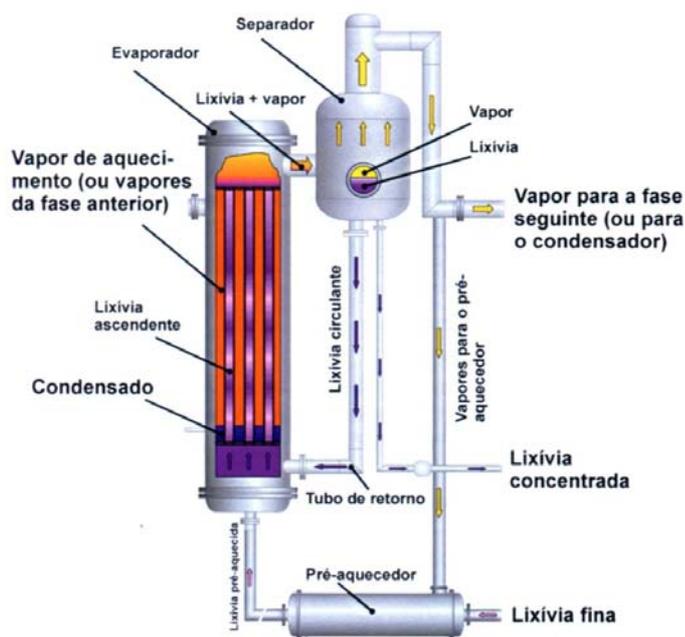


Figura 2.51 – Detalhe do estágio de recuperação de lixívia de soda
Fonte: Körting Hannover AG (2001)

Na figura 2.51 destacam-se dois pontos; O primeiro é o retorno da lixívia ao evaporador principal (reciclo), que tem o objetivo de elevar a concentração de entrada da lixívia para valores acima de 10°Bé. O segundo ponto é o uso dos valores da lixívia do estágio anterior como vapor de aquecimento do estágio subsequente.

Na figura 2.52 tem-se o sistema completo, o qual é formado por 3 estágios evaporativos. No primeiro estágio (1) geram-se vapores para o segundo estágio (2), com o objetivo de aquecimento e concentração da lixívia. O condensado do primeiro estágio retorna para o sistema produtivo. Os vapores gerados no segundo estágio (2) aquecem o terceiro estágio (3). Já os vapores do último estágio, no caso o (3), passam pelo condensador (K), que troca calor com água de arrefecimento (gerando água quente para o processo). Os projetos da recuperadora de soda variam de 2 a 4 estágios, em função de estudos de viabilidade técnico-financeira (Körting Hannover AG, 2001).

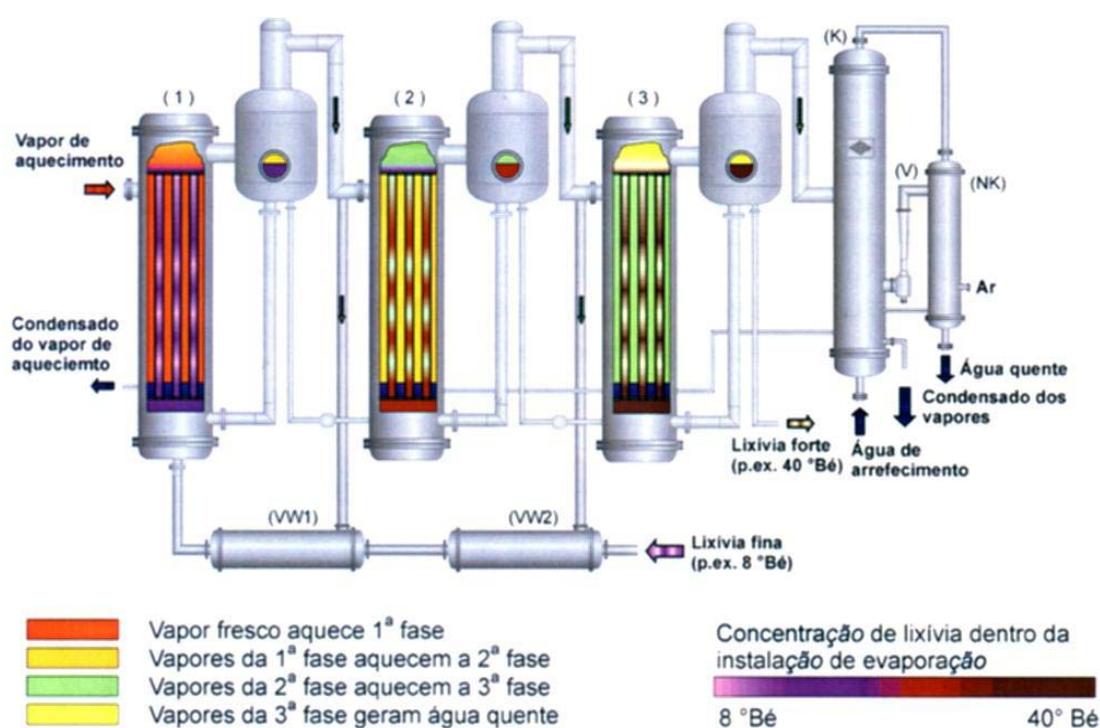


Figura 2.52 – Sistema recuperação de lixívia de soda com 3 estágios
 Obs: (V) bomba de vácuo, (VW1) e (VW2) pré-aquecedor e (NK) condensador final.
 Fonte: Körting Hannover AG (2001) -

Dados para dimensionamento do sistema, segundo Kasag (2002), obtidos através de carta-proposta de dimensionamento de um sistema típico de recuperação de lixívia com características de retorno de investimento, com capacidade para processar 128.000L de lixívia/dia, ou 24.000kg de soda/dia, conforme dados da tabela 2.52.

Tabela 23 - Parâmetros de dimensionamento - Recuperadora de lixívia de soda

Parâmetros	Valores de referência
Tipo de soda (NaOH)	Qualquer tipo – solução aquosa
Tempo de amortização investimento (meses)	24 – 48
Material dos evaporadores	Aço Inox – 304 e 316
Concentração - solução de impregnação (°Bé)	28 – 32
Residual no tecido ou fio (°Bé)	1 – 2
Concentração da lixívia fraca (°Bé)	6 – 10
Concentração da lixívia forte (°Bé)	38 – 40
Número de estágios ideais (Unidade)	2 – 4
Taxa de recuperação (%)	80 – 95
Temperatura da água quente (°C)	50 – 60
Temperatura da lixívia forte (°C)	50 – 60
Consumo de vapor (Kg vapor/kg NaOH 100%)	4 – 6
Tempo de operação (horas/dia)	14 – 18
Produção mínima investimento (Kg NaOH/dia)	3.000
Custo da ETE - neutralização	200 – 500
Tempo de retorno direto (dia)	184
Tempo de retorno – redução na ETE (dia)	151
Custo do processo (US\$/kg NaOH 100%.dia)	40 – 60

Fonte: Kasag (2002)

A recuperação de soda cáustica tem muitos defensores, haja vista que apresenta viabilidade econômica e ambiental, pois a neutralização implica custos adicionais e os riscos de extrapolar os limites de despejo para o sulfato permitido pela Resolução n.º 20 do Conama (Peres & Abrahão, 1998).

Existe também a possibilidade de recuperação da soda cáustica através de hiperfiltração (separação por membranas). Brandon (1986) cita um estudo de caso na empresa norte-americana Graniteville Company, em que se iniciou estudo a partir de uma unidade piloto de 10m² de área de filtração e chegou-se à construção de uma unidade industrial de 210m² de área de filtragem. O investimento foi de U\$ 361.500 dólares para um custo operacional de U\$ 37.900 dólares. É mencionada uma taxa de retorno do investimento (*pay-back*) em tempo inferior a 12 meses. São escassas as pesquisas científicas e as citações de aplicações industriais com essa tecnologia.

¹⁹ Valor utilizado para cálculo de redução no valor da STET, referente ao volume de mercerizado

2.3.4.3 Recuperação de lanolina – fibra de lã

No Brasil não existem indústrias de lanifício (lã), mas em Portugal e na Espanha esse segmento representa de 6 a 10% da cadeia têxtil (ABIT (2002), AEP (2003), Aitpa (2003)).

O percentual de lanolina presente na lã de ovelha é de 4 a 6% em peso. A lanolina é produzida pelas glândulas sudoríferas, para envolver as fibras com uma película impermeável. As propriedades físico-químicas da lanolina são importantes para produção de cosméticos, produtos para o cabelo e até mesmo sabão em pó (Pnapri, 2001).

A lanolina é extraída da água de primeiro enxágüe (rica em gordura), através de centrifugação em temperatura controlada entre 30 e 40°C. O processo de recuperação se justifica pela viabilidade econômica (venda da lanolina) e ambiental (redução de carga orgânica). As vantagens da recuperação da lanolina são tantas que o processo de extração em geral já está incorporado ao processo produtivo como gerador de subproduto, e não mais como um processo de minimização de carga poluente (Textile Online, 2003).

2.3.4.4 Recuperação de corantes

A intenção de recuperar corantes dos efluentes têxteis sempre despertou interesse nos dirigentes das indústrias, não tanto pelo lado ambiental, mas principalmente pelo lado comercial, pois se trata de um produto auxiliar de alto valor agregado, cujo desperdício é muito questionado. Segundo Hendrickx (1995), esse interesse começou em meados da década de 1970, ainda quando da crise de energia (petróleo), pois a recuperação de corante se justificava pela economia de energia e custo operacional. Não obstante, a complexidade dos processos de tingimento, a diversidade de tipos de corantes, o uso de misturas (composição de cores) e a simultaneidade na produção de diferentes lotes de produto final são fatores limitantes (inibidores) do processo de recuperação de corante em nível industrial nas tinturarias.

Basicamente, são duas as formas de recuperar o corante não reagido no processo de tingimento. A primeira, a mais simples e também de menor investimento, é a reutilização do banho de tingimento em lote de produção com veículo de diluição de outro lote, que tivesse as mesmas características em termos de cor (corante único - sem mistura). Este processo de reaproveitamento não exige grande investimento, pois a indústria deve ter apenas disponibilidade para armazenamento dos banhos recuperados e um sistema de filtração eficiente, além, logicamente, de um bom planejamento da produção (Hazel, 1995). Em geral, recuperam-se de 30 a 50% do corante que não tenha reagido no tingimento. O percentual de perdas por esgotamento de cada tipo de corante foi mostrado nas tabelas 12 e 13.

A eficiência desse processo de recuperação será tanto maior quanto menores forem as alterações que o corante venha a sofrer durante o tingimento. Os corantes que atendem a essas condições são: os ácidos, usados na poliamida e na lã; os básicos para acrílico e alguns copolímeros; os diretos, que são usados no algodão; e os dispersos, que são usados nos polímeros sintéticos (Hazel, 1995).

Raramente, na literatura (artigos ou livros), aparece a descrição detalhada da recirculação do banho de tingimento como alternativa para a recuperação dos corantes, talvez por ser uma técnica que não envolve tecnologia de ponta (Schäfer *et al.*, 1999); mas, independentemente disto, Hendrickx (1995) relata dois casos da indústria americana que executam essa técnica. A primeira é a *Bigelow*, fabricante de carpetes; a segunda é a empresa *Adams-Mills Company*, que fabrica *colants* de náilon. Os efeitos do processo de recuperação dos corantes são os seguintes:

- redução do consumo de água e efluente a ser tratado;
- redução de DBO₅ e DQO;
- redução do consumo de corantes;
- redução da intensidade de cor do efluente bruto,
- redução na formação de lodo químico e biológico.

Todos os efeitos acima relacionados têm ação direta na redução dos custos de produção e tratamento dos efluentes, o que torna as ações deste tipo de grande interesse para as indústrias, principalmente pelo baixo investimento e a rápida amortização (Pnapri, 2001).

A recuperação de corante por processos de filtração por membranas apresenta viabilidade técnica somente para processos de tingimento em que seja utilizado apenas um tipo de corante. Além disso, o residual de corante deve se manter com as características semelhantes às daquele do início do processo de tingimento. Uma exemplificação desta situação é encontrada no tingimento do índigo. O corante à cuba (VAT) apresenta as principais condições para ser recuperado por um processo de ultra ou nanofiltração. Também é importante destacar que o tipo de material das membranas tem papel fundamental no sucesso da reciclagem. As membranas poliméricas tubulares e as de material cerâmico são as que apresentam melhores rendimentos (Hazel, 1995).

Constatou-se na revisão bibliográfica que é pequeno o número de pesquisas sobre reciclagem de corantes pelo sistema de membranas, como também é pequeno o número de casos de aplicação industrial dessa tecnologia, apesar de o sistema ser considerado simples, do ponto de vista de distribuição de fluxo e controle do processo. Em geral, as razões para o desinteresse pela tecnologia residem no elevado investimento inicial, alto custo de manutenção, concentração de substâncias indesejáveis no processo de reciclagem e dificuldade de tratamento da parte de concentrados rejeitados (Crossley, 1995). A figura 2.53 apresenta um esquema de processo de recuperação de corante índigo.

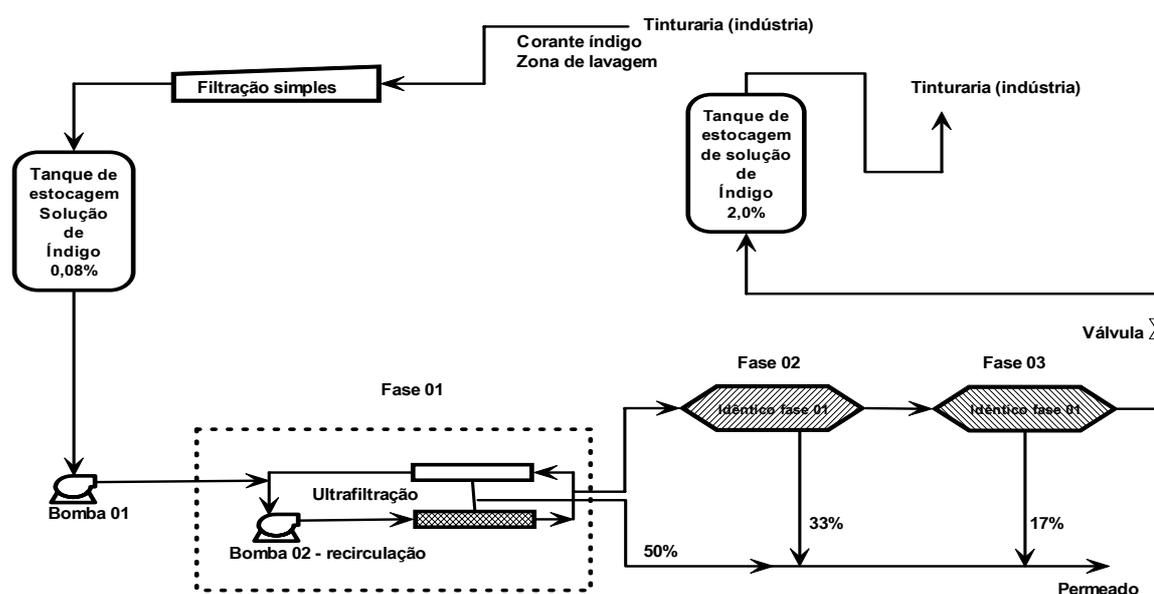


Figura 2.53 – Esquema de filtração de membranas para recuperação de índigo.
Fonte: Citeve (2000)

Quando da aplicação deste processo para diferentes tipos de corante, não se deve esquecer que o seu uso não é recomendado para casos que envolvam a presença de corantes reativos, porque no processo de tingimento esses corantes resultam em produtos hidrolisados, o que inviabiliza a sua recuperação. Já os corantes que se adaptam bem ao processo em questão são os seguintes: corantes neutros, catiônicos e aniônicos, quando empregados em peças de algodão, poliéster, acrílico e raion (Porter, 1996).

Também deve se destacar que no campo das pesquisas existem alguns trabalhos publicados que envolvem a recuperação de corantes, como, por exemplo, Bruggen e Vandecasteele (2001), Worner (1996), Crossley (1995) e Southem (1995).

2.3.4.5 Alveamento com peróxido de hidrogênio

Alveamento é um processo de branqueamento do tecido, muito utilizado em tingimento de branco ou cores claras. O branqueamento ocorre pela eliminação da pigmentação amarelada das fibras, como também pela eliminação das ceras e das graxas presentes no tecido. Em geral os produtos utilizados são o hipoclorito de sódio, o clorito de sódio, o hidrosulfito de sódio e o peróxido de hidrogênio. Durante o processo de branqueamento deve-se evitar a presença dos elementos ferro e magnésio na solução, caso contrário as oxidações localizadas podem gerar manchas e furos no tecido (Alcântara e Daltin, 1996).

O problema ambiental que pode haver no alveamento está relacionado ao uso do cloreto de sódio. Este produto, através de reações de oxidação com a matéria orgânica do efluente industrial, podem gerar subprodutos denominados trialometanos (estrutura benzênica), os quais possuem potencial carcinogênico (EPA, 1997). A forma de se evitar este tipo problema no STET é o processo de decloração à base de hidrosulfito. Outra forma de evitar a formação dos trialometanos é a substituição dos produtos à base de cloro pelo peróxido de hidrogênio (H_2O_2), o qual não apresenta os inconvenientes da cloração. Estas opções apresentam maiores custos em relação à oxidação com bases de sódio, mas em compensação a capacidade poluidora é muito menor (Peres & Abrahão, 1998).

Os avanços ambientais ocorridos nos últimos anos no processo de alveijamento tiveram o objetivo de reduzir o consumo de água, através de implementação de sistemas de processamento contínuo. Outro avanço foi o reaproveitamento de energia calorífica dos banhos de enxágüe do tingimento, realizado através de trocadores de calor tubulares. Essas ações reduziram consumo de água no alveijamento da ordem de 200%, haja vista que os processos descontínuos requeriam relação de banho de até 1:30. Em média tinham-se três enxágües mais o banho de alveijamento, o que poderia gerar um total de até 110 litros de água/kg de tecido. Em contrapartida, nos sistemas contínuos a média de consumo fica entre 5 e 10 litros de água por quilo de tecido, o que caracteriza uma excelente redução do volume de água (Echeverria, 1997).

2.3.4.6 Reutilização e reciclagem dos efluentes têxteis

2.3.4.6.1 Reciclagem dos efluentes

Desenvolvendo-se uma análise subjetiva das questões ambientais, é muito provável que o resultado final da análise indique que o consumo de água seja uma das maiores preocupações em nível de coletividade dentro da indústria têxtil, a não ser em localidades em que o controle ambiental esteja em processo de aprimoramento em relação ao aperfeiçoamento do STET através de restrições nos parâmetros de despejo.

Em termos práticos, a reutilização (reaproveitamento do efluente em outras atividades diferentes de sua origem) do efluente é um procedimento que todos os envolvidos com o processo produtivo buscam aprimorar, desde os pesquisadores, passando pelos empresários, pelas estruturas administrativas e produtivas e chegando até os operários de menor nível hierárquico dentro das indústrias. Esse interesse incisivo deve-se talvez ao fato de ser, em geral, um procedimento simples, de baixo investimento e com resultados de destaque para a imagem da indústria e de quem o tenha proposto, além de evitar comprometer a qualidade do processo têxtil.

A reutilização se baseia na segregação de águas dos últimos enxágües do tingimento, as quais podem ser utilizadas na lavagem de pisos em geral, irrigação de jardins e em outras necessidades industriais que não exijam qualidade específica para a água, como, por exemplo, o primeiro enxágüe do tingimento (Citeve, 2000). O reúso do efluente deve ser realizado com critérios, para não comprometer a qualidade do processo têxtil. A reutilização dos efluentes pode apresentar uma série de inconvenientes, como carga orgânica elevada e temperatura excessiva, além de quantidade significativa de sais dissolvidos. Isso tudo dependerá das operações a que tenha sido submetido o processo de tingimento, dos corantes e produtos auxiliares utilizados. No caso do uso de efluentes de tingimento com corante reativo – 100% algodão - deve-se fazer uma análise das operações de tingimento em função da DQO, SST, pH e condutividade de cada operação; conforme apresentado na tabela 24.

Tabela 24 - Reuso - operações de tingimento e os parâmetros de controle

Operações de tingimento	Parâmetros			
	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	pH	Condutividade (µS)
Fervura	7.082	1.735	9,5	3.880
1º enxágüe	2.638	27	9,5	1.707
2º enxágüe	1.164	16	9,4	938
Tingimento	2.165	40	10,6	82.400
1º enxágüe	1.152	25	10,6	33.000
2º enxágüe	537	70	10,8	11.600
Ensaboamento	863	- o -	10,2	4.500
1º enxágüe	359	57	9,8	1.478
1º enxágüe	133	12	8,0	701
1º enxágüe	48	6	7,3	406
Amaciamento	420	19	5,9	556

Fonte: Citeve (2000).

Segundo Perry e Chilton (1980), é possível existir uma relação dos sólidos dissolvidos com a condutividade; ou seja, quanto maior a condutividade, maior a quantidade de sais dissolvidos presente na solução. A presença em excesso de sais inviabiliza a reúso direto para o processo, pois é um fator limitante na química de tingimento, além de indicar a presença de corante e, conseqüentemente, coloração no efluente (Christie, 2001).

A reutilização direta dos efluentes apresenta algumas vertentes que carecem de cuidado no processo produtivo e no STET, para que estes processos e sistemas não sejam comprometidos. Entre as possíveis limitações têm-se (Epa 1997 e IPPC 2002):

- aumento das cargas orgânica e inorgânica na linha de fluxo de tratamento do STET;
- excesso de salinidade no tingimento,
- presença de algum residual de corante diferente da base seguinte.

Em resumo, este tipo de reutilização exige um constante monitoramento da qualidade das águas classificadas como apropriadas para retornar ao processo produtivo, de forma a não comprometer a qualidade do produto final. Segundo dados demonstrados no Pnapri (2001), a reciclagem de água está entre os procedimentos de minimização de carga poluidora mais utilizados na indústria têxtil.

2.3.4.6.2 Reciclagem de efluentes após remoção de corante

Para se evitarem os inconvenientes mencionados no processo de reciclagem direta, a opção é remover os corantes e os sais do efluente para depois empregá-los (clarificado ou permeado) novamente no processo produtivo. Para isso existem diversas alternativas possíveis, cada uma com suas vantagens e desvantagens, além, é evidente, dos custos que cada uma pode imputar ao STET em questão (Southem, 1995).

Um exemplo dessa situação é a recuperação de água proveniente da preparação e limpeza de pasta de pigmentação. O sistema basicamente é composto por duas etapas: a primeira é a preparação e separação grosseira (coagulação, floculação e ajuste de pH) da pasta de pigmento, e a segunda, a separação final da pasta através de uma membrana de microfiltração. A primeira etapa deve ter uma boa eficiência, pois a segunda etapa depende de que a pasta de pigmentação esteja bem dissociada da água. Para efluente de estamparia têxtil, em geral, são usadas membranas espirais com poros de $0,2\mu\text{m}$ e pH entre 5 e 7, conforme especificações encontradas no manual da UBA 2002. A figura 2.54 representa o esquema descrito.

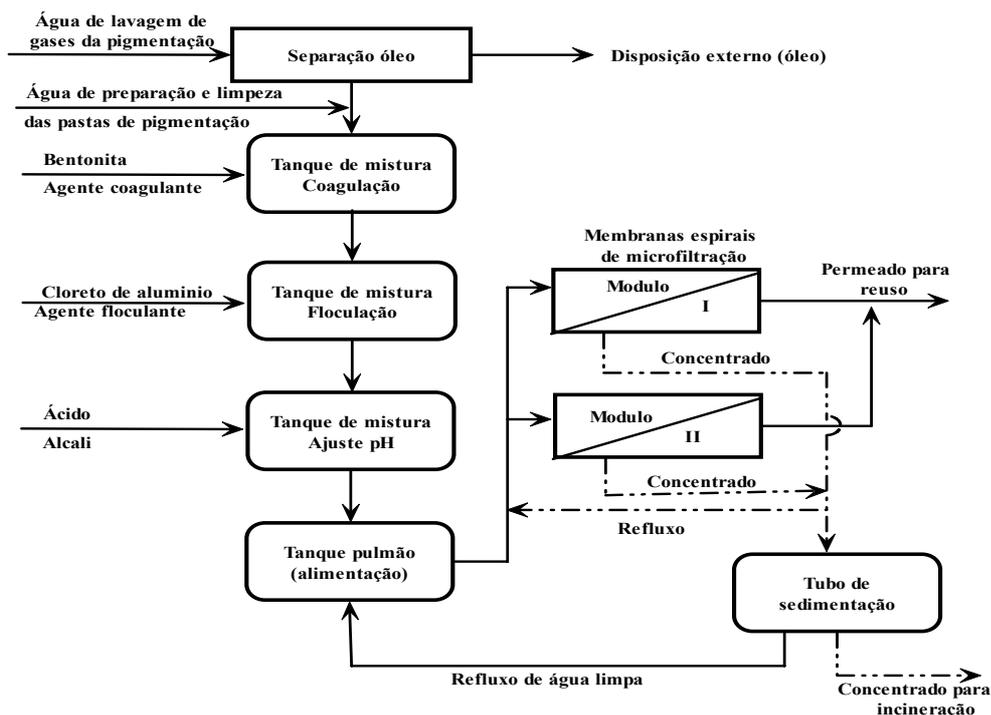


Figura 2.54 – Esquema para recuperação água - microfiltração.

Fonte: UBA (2002 p.301)

Através da figura 2.55 se pode perceber que o sistema de recuperação de água e pasta de estamparia através de membranas de microfiltração é extremamente compacto.



Figura 2.55 – Membrana de microfiltração – recuperação água e pasta.

Fonte: UBA (2002 p.302)

Na indústria têxtil a melhor forma de reciclar efluentes é a aplicação de tecnologias avançadas, principalmente as que envolvem os sistemas de membranas (micro, ultra, nano e hiperfiltração (osmose reversa)). O projetista deve estar atento à relação custo-benefício, pois muitos desses sistemas somente são viáveis em função de determinadas exigências ambientais.

2.3.5 Tipos de tratamento para efluente têxtil

Basicamente, tem-se uma gama muito variada de processos de tratamento de efluentes; estes, conjuntamente, possibilitam a formação do sistema de tratamento, o qual minimiza os impactos ambientais produzidos pelos resíduos gerados pela indústria têxtil.

Na seqüência deste tópico estarão sendo apresentados os processos de tratamento que melhor se adaptam às características dos resíduos têxteis. A abordagem será dividida em subsistemas de tratamento, que são: preliminar, primário, secundário e terciário.

2.3.5.1 Tratamento preliminar

Para alguns projetistas, o tratamento preliminar pode se constituir de um ou mais processos unitários, os quais podem se dispor em série ou em paralelo, dependendo apenas das características básicas do efluente e do que se deseje em nível de tratamento preliminar para os resíduos, que em geral é uma separação entre líquidos e sólidos grosseiros.

Os principais processos unitários encontrados no tratamento preliminar dos efluentes têxteis são os seguintes: segregação, gradeamento, peneiramento, resfriamento, desarenação, retenção de gordura e óleo, além da homogeneização/equalização, isso segundo diversos autores (Nunes, 2001; Nemerow & Dasgupta, 1991; Braile & Cavalcanti, 1993; EPA, 1997; e IPPC 2002).

2.3.5.1.1 Segregação dos efluentes

A segregação é a primeira etapa a que o projetista deve se ater na execução do projeto de STET. Ela deve estar incorporada já no projeto industrial, por exemplo, na separação entre os efluentes industriais e os sanitários, a qual se faz necessária e é de fácil implementação.

O efluente sanitário deve ser tratado previamente para ser usado como inoculante bacteriano no sistema biológico, além - é claro - de se executar o seu tratamento. O pré-tratamento do efluente sanitário constitui-se, em geral, de gradeamento e digestão anaeróbia e posterior ajuntamento ao restante dos efluentes industriais no tanque biológico.

Na seqüência deve-se estudar o processo industrial e verificar a possibilidade das diversas segregações. Em geral elas estão associadas a algum tipo de recuperação de matéria-prima presente no efluente, como produtos de engomagem, soda cáustica e corantes.

No âmbito do processo de otimização de água e energia, a segregação dos efluentes tem papel relevante como ferramenta para a viabilização destas metas. Barclay & Buckley (2000) sugerem que a segregação seja da seguinte forma:

- entre as águas quentes e frias, com o objetivo de recuperar o calor presente na água quente, possibilitando a economia de combustíveis;
- entre os efluentes, fortemente coloridos ou não, com o objetivo de aplicar um determinado processo específico, por exemplo, oxidação e redução, além de as águas de enxágüe (fracamente coloridas), que podem ser usadas para lavagens e limpezas em geral;
- pela agregação de efluente (ácidos ou alcalinos), para posterior neutralização, possibilitando uma pré-neutralização e conseqüentemente uma economia de produtos químicos,
- entre os efluentes com toxicidade e os inertes para tratamento em separado.

Conforme comentado, o momento ideal de se aplicar a segregação é aquele em que o projeto industrial têxtil ainda se encontra em elaboração. Nesse ponto é possível implementar dispositivos capazes de facilitar a segregação dos fluxos de resíduos, causando menor distúrbio no processo produtivo. Caso a segregação não tenha sido prevista quando da elaboração do projeto produtivo, o projetista deve exigir que a planta industrial seja adaptada de forma a possibilitar esta prática da segregação dos efluentes.

A segregação faz parte de uma sistemática cujo objetivo é propiciar ou facilitar as ações mitigadoras e assim garantir os efeitos desejáveis sobre o fluxo de resíduos. A separação dos efluentes facilita sua quantificação, dado este extremamente importante na determinação dos volumes dos tanques de homogeneização e equalização (acumulação).

2.3.5.1.2 Gradeamento

Quando se trata de remoção de sólidos grosseiros, o gradeamento é, em geral, a primeira etapa no processo, retendo os materiais grosseiros em suspensão, como também os corpos flutuantes. A função principal dessa operação unitária é remover os sólidos, com o objetivo de proteger os equipamentos subsequentes do STET e evitar possíveis interrupções de fluxo de efluente.

As grades podem ser do tipo simples (estáticas) ou mecanizadas. As grades simples são as mais utilizadas na indústria têxtil, dado que o volume de sólidos grosseiros não é grande e elas são perfeitamente operacionalizadas. A exceção à afirmação anterior fica apenas para os efluentes de lavanderia, pois em geral nos processos de lavagem se usa pedra como agente desgastante dos tecidos.

Nesta operação a tecnologia é simples, mas o seu emprego é imprescindível para o funcionamento do STET. O dimensionamento depende muito das características do efluente, além da velocidade de fluxo, que em média deve estar entre 0,40 e 0,75m/s.

2.3.5.1.3 Peneiramento

A finalidade principal desse processo é remover sólidos grosseiros suspensos presentes no efluente, geralmente com granulometria igual ou superior a 0,25mm de diâmetro. Os sólidos retidos no peneiramento geralmente são fios, fiapos, fibrilas e pedrinhas (lavanderias). Na indústria têxtil podem ser usados três tipos diferentes de peneira: a estático-hidrodinâmica, a rotativa e a vibratória, sendo a primeira a mais utilizada, pois exige menos manutenção e não consome de energia elétrica.

Nas peneiras estático-hidrodinâmicas o efluente bruto entra pela parte superior e desce sobre a tela, a parte líquida penetra entre os fios da tela, enquanto o sólido fica retido sobre a tela inclinada e na seqüência desliza pela tela até ser recolhido em um recipiente. As figuras 2.56 e 2.57 mostram uma peneira estática (lavanderia).



Figura 2.56 – Peneira hidrodinâmica
Fonte: Primária – Companhia Hering - Blumenau



Figura 2.57 – Resíduo de lavanderia
Fonte: Primária – Companhia Hering - Blumenau

As peneiras rotativas apresentam uma maior diversificação em relação ao princípio de funcionamento. Podem ser de tela inclinada com raspadores, ou ainda de escovas, de tambor a vácuo com raspadores externos e, por último, de tambor com raspadores internos. Nas peneiras vibratórias os resíduos retidos na tela são direcionados para um compartimento de sólidos pela vibração e inclinação da tela. Nas figuras 2.58 e 2.59 vêem-se dois tipos diferentes de peneira rotativa.



Figura 2.58 – Peneira rotativa - escova
Fonte: Primária – Malhas Malwee – Jaraguá Sul



Figura 2.59 - Peneira rotativa jato d'água
Fonte: Primária – Malhas Malwee – Jaraguá Sul

A abertura da tela é proporcional às características do efluente (tamanho dos sólidos a ser separado e a viscosidade do líquido). A taxa de aplicação em função da abertura da tela pode variar de um fabricante para outro. Assim, recomenda-se consultar o fabricante antes de executar qualquer tipo de dimensionamento para a separação dos sólidos.

Em média, para uma variação de abertura da tela entre 0,25 e 1,5mm em uma peneira estática e hidrodinâmica, a taxa de aplicação pode variar entre 10 e 40m³/m²/h, e para o caso das peneiras rotativas, o valor pode estar entre 20 a 120m³/m²/h.

2.3.5.1.4 Desarenação e caixa de gordura

As operações de desarenação e remoção de gordura são utilizadas em casos muito específicos. A desarenação geralmente é necessária em processos de lavanderias de *jeans*, em que se utiliza pedra-sabão para efetuar o branqueamento e envelhecimento das peças lavadas. Neste caso é possível a presença de areia, e aí sim se justifica o emprego de desarenadores.

O dimensionamento de desarenador é baseado no princípio da redução de velocidade de fluxo, o que propicia a sedimentação da areia ou qualquer outro sólido. A taxa de aplicação de escoamento superficial é o principal parâmetro de dimensionamento do desarenador, e em geral, se situa entre os valores de 600 e 1200m³/m²/dia.

No caso da unidade de remoção de gordura, este tipo de processo pode ser encontrado no STET de indústria de lavagem e tingimento de lã, em função da quantidade de gordura animal presente neste tipo de fibra. Os métodos e seqüências de dimensionamento de desarenadores e caixas de gordura podem ser encontrados em diversas publicações, como, por exemplo, Ramalho (1996), Mecalif & Eddy (1991) e Nunes (2001).

2.3.5.1.5 Resfriamento

O processo de beneficiamento têxtil consome uma quantidade significativa de vapor, pois os processos em geral são desenvolvidos em temperaturas acima de 70°C, o que provoca o aquecimento do efluente bruto em geral acima de 50°C. Então o processo de resfriamento se faz necessário nos STETs em três situações distintas. A primeira é aquela em que se pretende recuperar o calor presente no efluente, como forma de otimização de energia no processo (economia). A segunda situação já ocorre por uma necessidade biológica, quando o STET apresenta um tanque de homogeneização com baixo tempo de retenção, de forma a não propiciar o resfriamento do efluente bruto. Neste caso é possível que o efluente quente (acima de 45°C) possa desestabilizar os processos subseqüentes, como, por exemplo, coagulação, floculação e decantação, e principalmente o processo biológico. Finalmente, a terceira situação é aquela em que o efluente final do STET apresenta temperatura igual ou superior a 40°C, ou ainda que o volume de efluente é significativamente grande para o despejo provoque uma variação superior a 3°C no corpo receptor. Assim, o resfriamento nessa situação se faz necessário para atender aos parâmetros de despejo, o qual está baseado na resolução 357/05 do Conama.

A primeira alternativa para o resfriamento é o tanque de homogeneização, com um tempo de retenção superior a 6 horas e com agitação superficial. Dependendo do país e até da região de um mesmo país, o resfriamento pode ser atingido com maior ou menor facilidade. Essa opção em geral é a mais utilizada e a de menor custo, dado que o tanque de homogeneização se faz necessário, independentemente da temperatura do efluente. A segunda opção é a recirculação do efluente através de uma torre de resfriamento. Essa opção não apresenta grandes vantagens, pois a torre é um foco de infecção bacteriana, o que pode prejudicar o tratamento biológico (infecções), além de desperdiçar o calor contido no efluente. Já a terceira opção é recuperar o calor através de sistemas de troca térmica (trocadores de calor). Apenas deve-se ressaltar que, no caso de trocadores de calor por placas, deve-se ter um bom sistema de peneiramento, para não obstruir as placas.

A viabilidade é facilmente comprovada, tanto em relação à eficiência da redução da temperatura quanto aos custos de implantação. A economia de combustível na geração de vapor faz com que o processo apresente um excelente *payback*.

Em todos os projetos de STET é importante o projetista considerar o resfriamento dos efluentes, mesmo que o STET não necessite tal procedimento, pois as avaliações energéticas e as minimizações atmosféricas o justificam.

Nas figuras 2.60 e 2.61 são mostrados dois sistemas de recuperação de calor, montados em tinturarias de malhas da região do pólo têxtil de Blumenau - Brasil.



Figura 2.60 – Trocador de calor - placa
Fonte: Primária – Malhas Malwee – Jaraguá Sul

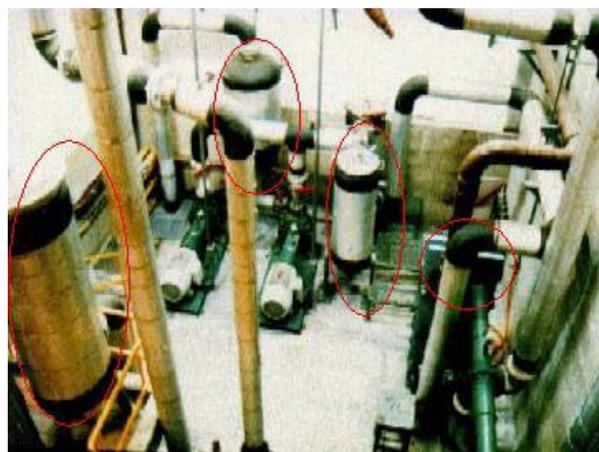


Figura 2.61 – Trocadores calor - tubulares
Fonte: Primária – Cia. Hering – Blumenau

2.3.5.1.6 Homogeneização e equalização

A maioria dos processos de tingimento e acabamento se desenvolvem em regime batelada, o que gera muitas descargas descontínuas. Este tipo de descarga provoca muitos inconvenientes no STET, como as variações de cargas hidráulicas e orgânicas, o que pode inviabilizar alguns dos processos subsequentes.

O problema da variação da carga hidráulica é uma questão de equalização, ou seja, deve-se manter a vazão constante nas unidades subsequentes a este tanque. Para se conseguir vazão constante a partir de um determinado tempo, é preciso um tanque com um volume considerável de armazenamento. Comumente esse tanque é denominado de pulmão, porque em alguns momentos a vazão de entrada é maior que a de saída. Neste caso deve existir um percentual de volume para assimilar a acumulação do efluente. Também pode ocorrer a situação inversa, em que o tanque deve dispor de volume já acumulado que permita manter constante a vazão nas

unidades subseqüentes. Segundo Nunes (2001), para que o nível do tanque varie constantemente dentro de um limite predeterminado, essa variação deve representar de 30 a 50% do volume do tanque. Para a vazão se manter constante é necessário um sistema de recalque por bomba hidráulica trabalhando em um valor constante.

Quanto à variação da carga orgânica, esta é uma questão de homogeneização. Assim, é necessário misturar uma quantidade significativa de efluentes para se obter um valor médio nas variáveis ambientais (DBO_5 , DQO, pH, sólidos, cor, toxicidade e outras), ou seja, os valores destas variáveis tendem para valores médios e passam a variar em um pequeno intervalo. Para as grandes variações necessita-se de um intervalo de tempo maior. A boa condição de homogeneização somente é conseguida com um tanque-pulmão com capacidade adequada, além de um indispensável sistema de agitação capaz de manter os sólidos em suspensão. Para evitar a formação de curto-circuito no tanque, devem-se ter os seguintes cuidados: a entrada do efluente deve ser por cima do tanque e a saída por baixo, através de bomba de recalque (submersa ou afogada); além disso, as entradas e saídas devem ser posicionadas em cantos opostos.

Existem diversas alternativas para o sistema de agitação, por exemplo: aeração superficial (agitação rápida ou lenta), sopradores (ar difuso – pressão atmosférica), aeração submersa, *mixer* (agitador submerso) e mais alguns outros. Em geral, o dimensionamento destes dispositivos usa como referência a taxa de aplicação de energia elétrica por metro cúbico. Segundo Metcalf & Eddy (1991), Nunes (2001) e Ramalho (1996), a taxa de aplicação de energia para agitação é de 5 a 10watts/m³ para o sistema de mistura completa.

Apesar da equalização e a homogeneização não contribuírem para o STET com nenhum tipo de redução de carga, a sua implantação apresenta algumas vantagens para as etapas subseqüentes do sistema, como, por exemplo:

- melhora as características de tratabilidade do efluente;
- favorece o tratamento biológico (estabilização das cargas);
- melhora o controle de dosagem de produtos químicos (físico-químico),
- melhora a sedimentação dos sólidos nos decantadores, pela estabilização do fluxo.

Considerando-se as vantagens apresentadas, torna-se indispensável o uso dos tanques de homogeneização e equalização para o STET obter bom desempenho.

Para o dimensionamento deste sistema os projetistas têm quatro opções:

1. em função de sua experiência, arbitrar um tempo de retenção, que pode variar de 0 a 24 horas (Nunes, 2001);
2. efetuar o cálculo pelo método gráfico da acumulação de volume ao longo de 24 horas – conhecido por método das vazões (Nunes, 2001) e (Mecalf & Eddy, 1991);
3. efetuar o cálculo pelo método das cargas orgânicas – (Edeline, 1985),
4. usar a resultante do maior volume entre os procedimentos 2 e 3.

Para melhor detalhamento do dimensionamento do tanque de equalização e homogeneização pode ser obtido em literaturas como as de Nunes (2001) e Edeline (1985).

2.3.5.1.7 Neutralização

A necessidade de se adequar o pH no STET resulta de três situações. A primeira é o atendimento à legislação ambiental, na qual o pH do efluente de despejo no corpo receptor deve estar na faixa entre 5 e 9. A segunda ocorre se processo escolhido para a seqüência do preliminar for, por exemplo, um processo físico-químico, pois tanto na decantação (coagulação e floculação) quanto na flotação o pH é decorrência direta da eficiência destes processos. A terceira decorre de uma situação em que o tratamento biológico é a etapa subsequente do tratamento preliminar; por ser um processo que envolve seres vivos, o ajuste do pH se torna muito importante (Nunes, 2001).

Nos efluentes têxteis têm-se algumas alternativas para a minimização da carga alcalina, que em geral está, presente nos tingimentos e acabamentos em função do processo de mercerização, na qual é utilizada soda cáustica como agente alcalino. As alternativas são as seguintes:

- Conforme citado no item 2.3.4.2, segundo Hunt & Meltzer (1982) e Araújo & Castro (1984), a possibilidade da substituição da soda cáustica e da água do processo de tingimento por líquido de amônia a $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$, o qual tem o mesmo efeito dos produtos anteriores no processo têxtil e oferece ainda a vantagem de se eliminar o impacto ambiental causado pela soda cáustica. Em geral, este processo não é implementado industrialmente, em função de a operação ocorrer sob altas pressões, o que gera altos custos de implantação e operação;
- Neutralização da alcalinidade diretamente nos tecidos (evitando os enxágües em excesso), após a mercerização. Comumente a neutralização é realizada com ácido acético, mas o ideal mesmo é que o seja através de dióxido de carbono puro (CO_2), o qual apresenta um impacto ambiental muito menor que o do ácido (White Martins, 2003);
- Recuperação de 5 a 10% da lixívia concentrada. Nas lavagens do tecido mercerizado com fluxo de água em contracorrente se reduz sensivelmente o volume de água de enxágüe, e assim a lixívia pode ser reutilizada na preparação de nova solução de soda através da diluição da solução concentrada de 50° para 32° Bé.
- Recuperação do lixiviado de baixa e média concentração. Parte da lixívia fraca pode ser separada e fornecida a outras indústrias que possuam linha de efluentes ácidos. Na maioria das vezes este efluente é retirado da indústria a custo zero ou por pequenos subsídios.
- Sistema de recuperação de soda cáustica por evaporação. A lixívia de concentração de 5 a 8° Bé na saída da mercerizadora pode ser reconcentrada através de evaporadores para concentrações de 28 a 32° Bé.

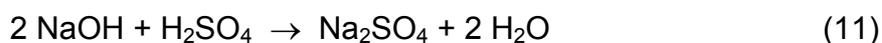
As melhores alternativas, com certeza, são as duas últimas, pois eliminam a alcalinidade no efluente, além de darem um destino nobre ao hidróxido de sódio presente nos efluentes alcalinos. Estas alternativas já foram apresentadas no item 2.3.4.2

Quando não é possível aplicar as alternativas anteriormente mencionadas, resta apenas a alternativa do uso de ácidos para realizar a neutralização. No caso dos neutralizantes ácidos têm-se duas opções, largamente utilizadas. A primeira é a

adição direta de ácidos fortes. Nesta situação, o mais utilizado é o ácido sulfúrico concentrado (98%); mas também se podem utilizar outros tipos de ácido, dependendo apenas da viabilidade técnica e financeira da situação. A segunda opção é o uso de dióxido de carbono (CO₂) puro, que em reação com a água forma o ácido carbônico e, conseqüentemente, os efluentes alcalinos são neutralizados. Na seqüência tem-se o detalhamento destas formas de neutralização.

2.3.5.1.7.a Neutralização com ácidos

A neutralização de hidróxido de sódio (soda cáustica) com ácidos fortes procede dos conceitos de química básica, segundo os quais uma base forte (OH⁻) em presença de um ácido forte (H⁺) gera um sal e água. Para o caso específico dos efluentes têxteis, a base forte predominante é a soda cáustica, produto largamente usado no tingimento de fibras e tecidos, e o neutralizante neste caso é o ácido sulfúrico, conforme equação química abaixo representada.



É comum em pequenos STETs se realizar a neutralização no próprio tanque de equalização e homogeneização. Isso decorre do fato de que estas estações em geral não possuem processo de automatização para a dosagem do ácido, assim o neutralizante é adicionado manualmente no tanque. Destarte, quanto maior o tanque de mistura, menor é a variação do pH ao longo do tempo.

Para projetos de STETs em que se deseje um mínimo de condições operacionais em relação aos processos biológicos e/ou de remoção de cor, diversos autores, como, por exemplo, Nunes (2001), Metcalf & Eddy (1991), Edeline (1985), EPA (1996), IPPC (2002), entre outros, recomendam aos projetistas que optem pela implementação de um tanque de neutralização independente da equalização e da homogeneização. Muitas das vezes, estes tanques são chamados simplesmente de tanques de mistura ou de neutralização. Os projetistas mais criteriosos não deixam de considerar neste processo os mecanismos de automação e controle, que proporciona eficiência e segurança ao sistema.

No projeto do tanque de neutralização, independentemente do neutralizante, são imprescindíveis as medições de pH na saída do tanque e a realimentação de informações no ponto de dosagem, caracterizando o sistema de controle e automação. O tanque deve dispor de um bom mecanismo de agitação, principalmente resistente à corrosão. A retroalimentação em fluxo oposto ao efluente permite uma melhor homogeneização. Tudo isso deve estar baseado em um tempo de retenção do efluente de 15 a 30min, porque se o tanque for muito pequeno podem-se ter grandes oscilações no pH em um curto espaço de tempo. Para uma situação inversa, em que se tenha um tanque muito grande, a homogeneização do efluente fica comprometida. Nas duas situações, o que se tem é uma perda de eficiência no processo de neutralização, em que o resultado é um maior consumo de neutralizante (White Martins, 1999).

Stanigher (1986) já considerava o uso do ácido sulfúrico como inadequado ambientalmente, por gerar um excesso de sulfato no sistema. Por exemplo, quando da reação de mercerização, em média são usados de 200 a 250g de soda cáustica por quilograma de tecido, conforme já referenciado por Araújo & Castro (1984) e CPHR (2001). Na reação de neutralização (Rq. 2.10), é possível a formação (estequiometricamente) de 1.000 a 1.500mg/L de sulfato de sódio, desde que se admita um consumo de 150 litros de água por quilo de tecido. Se for considerado apenas o sulfato, têm-se entre 300 e 500mg/L, valor este muito superior ao definido pela Resolução n.º 357 do Conama (Brasil), a qual estabelece um limite máximo de 200mg/l para os sulfatos. Em Portugal e na Espanha, o limite para o sulfato é de 2000mg/L, o que faz com que, nas neutralizações, seja permitido o uso de ácidos fortes em doses elevadas.

Além dos possíveis efeitos em relação ao excesso de sulfato, o ácido sulfúrico (H_2SO_4) possui outros inconvenientes, como, por exemplo:

- É altamente corrosivo em presença de umidade, provocando danos nos equipamentos e acessórios;
- na presença de calor libera óxidos (SO_x), os quais são irritantes ao trato respiratório dos seres vivos;
- provoca grandes oscilações de pH no tanque de neutralização, obtendo-se o ajuste pela média das oscilações e nunca com a estabilização do "set-point";

- em situação de tamponamento da solução, apresenta-se antieconômico, até em relação ao dióxido de carbono (CO₂);
- deve ser manipulado com extremo cuidado, pois em contato com a pele causa severas queimaduras, deixando cicatrizes profundas;
- precisa de critérios de segurança rígidos, principalmente em relação aos materiais e equipamentos utilizados no sistema; é imprescindível a existência de bacia de contenção para o reservatório de ácido, para em caso de acidente (vazamentos) o ácido ficar retido na bacia;
- ambientalmente não é recomendado, pois o seu uso sempre deixa algum tipo de impacto.

Apesar dos inconvenientes acima mencionados, o ácido sulfúrico é um dos agentes neutralizantes mais utilizados pela indústria têxtil. Isso se deve ao fato de muitos projetistas considerarem o custo operacional deste produto inferior ao do dióxido de carbono. Esta é uma das questões a que a pesquisa proposta neste trabalho procurará responder.

2.3.5.1.7.b Neutralização com dióxido de carbono (CO₂)

O CO₂ é uma alternativa ambiental em relação aos ácidos fortes, principalmente os derivados de dissulfetos (enxofre), que de certa forma acabam contribuindo para o impacto ambiental no efluente final. A neutralização com CO₂ ganhou impulso a partir do início da década de 1990, quando muitas empresas passaram a ter políticas que valorizassem a segurança e as tecnologias mais "limpas". Um exemplo é a empresa Cransto Print Works (USA), que em 1990 substituiu o H₂SO₄ pelo de CO₂ puro, que comprado no estado líquido. Investimento de U\$ 120.000 dólares e economia de U\$ 80.000 dólares anuais, em manutenção de equipamentos no STET. Também se minimizou a toxicidade do efluente com a redução de 5.800 toneladas de H₂SO₄ anualmente (NBEN, 1995).

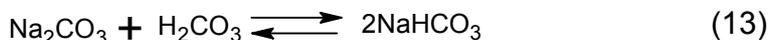
O princípio da neutralização nos processos que utilizam o CO₂ está baseado na formação do ácido carbônico, conforme as reações abaixo:



O ácido carbônico, na presença de hidróxido de sódio, reage em função do pH:



ou ainda,



A quantidade de carbonato (12) ou bicarbonato (13) a ser formada é consequência do pH da solução, conforme comportamento das curvas, segundo cada espécie carbonatada, como se pode visualizar na figura 2.62.

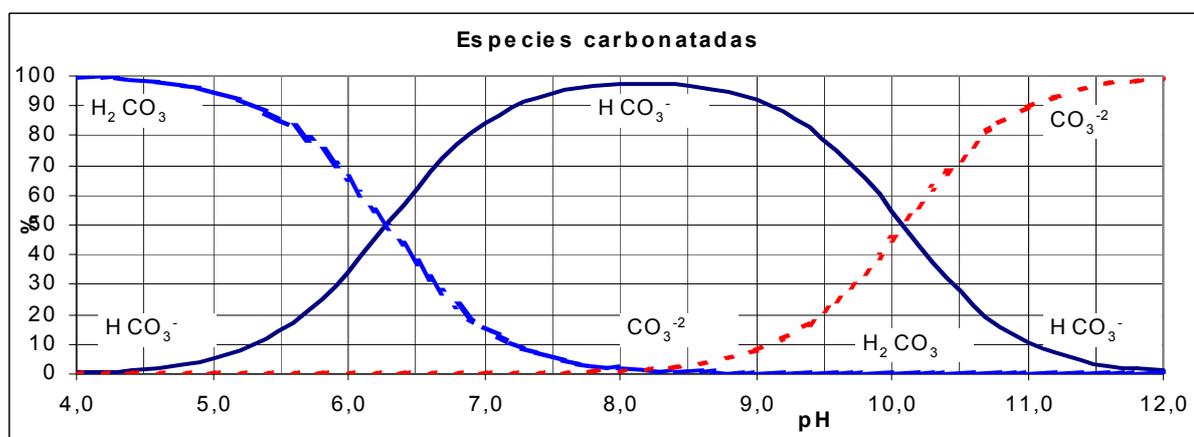


Figura 2.62 – Distribuição de equilíbrio das espécies carbonatadas

Fonte: Groves *et Al.* (1990 - p.9-4)

Na figura 2.62 pode-se constatar que em pH 10 há a formação de 50% de cada espécie carbonatada, o que é uma das vantagens do CO₂ em relação ao H₂SO₄. Usando-se ácido forte é necessário haver a neutralização total até o pH 7, para que se tenha a formação de um único sal possível, e todo o hidróxido tem que ter reagido; já com ácido carbônico, isso não é necessário; a neutralização inicia-se antes de pH 7 e é possível que todo o hidróxido tenha reagido em pH acima de 8,3.

Utilizando-se essa possibilidade, pode-se atingir um determinado pH, acima de 7, com um menor consumo de CO₂ em relação ao H₂SO₄. Tais considerações são também da maior relevância no processo têxtil, ou seja, quando da neutralização dos tecidos mercerizados, principalmente aqueles a serem tingidos com corantes reativos, em que a presença de alcalinidade à base de carbonato é preferível à alcalinidade à base de hidróxido, porque este último dificulta o processo de tingimento. Em função disso, a neutralização das fibras e dos tecidos com CO₂ após a mercerização apresenta vantagens para o processo fabril (Walter *et al.* 1990).

Não obstante, existe uma situação na qual o CO_2 apresenta uma desvantagem em relação aos ácidos fortes. Esta situação se apresenta quando da necessidade de ajustar o pH em valores abaixo de 7, o que às vezes pode ser necessário, como em processo de coagulação. Nesta situação CO_2 perde sensivelmente a eficiência, chegando a consumir até o dobro ou o triplo dos valores consumidos por um ácido forte. Melhor entendimento pode ser obtido através da figura 2.63, que mostra a distribuição das substâncias neutralizantes em função da variação do pH de 0 a 14.

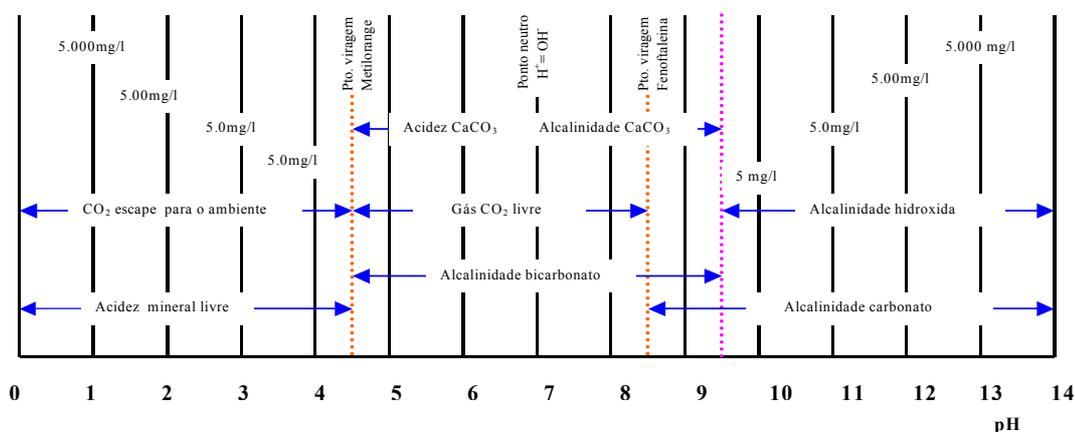


Figura 2.63 – Distribuição de equilíbrio das espécies carbonatadas
Fonte: Groves *et al.* (1990 - p.9-4)

A menor eficiência do CO_2 na redução do pH a partir de valores inferiores a 8,3, pode ser compreendida através da figura 2.62. Percebe-se ali que o motivo de tal perda de eficiência se deve à geração da alcalinidade de carbonato e bicarbonato em detrimento da alcalinidade gerada pelo ácido carbônico, além, evidentemente, da própria acidez do carbonato em pH abaixo de 7. Outro fator a contribuir para esta situação é a perda de CO_2 para o ambiente. Por isso o uso de CO_2 para reduzir pH abaixo de 7 torna-se inviável economicamente.

Já em relação à neutralização para valores acima de 7, por meio de CO_2 , quando em comparação com o uso de ácidos fortes têm-se as seguintes vantagens:

- baixo fator de corrosão dos equipamentos;
- estabilidade no processo e *set-point* fácil de ser atingido;
- baixo custo de manutenção;
- menores riscos de acidentes, dada a baixa periculosidade (não tóxico),
- processo totalmente automatizado.

As obras civis para este sistema de neutralização são simples: um tanque de neutralização com tempo de detenção entre 20 e 30min e uma base para o tanque de CO₂. Os equipamentos de dosagem e do tanque de armazenamento do CO₂ são, em geral, locados pelo fornecedor do gás. Os fornecedores existentes no cenário da pesquisa são White Martins (1999), AGA (2002) e Gasin (2003).

No processo industrial têxtil existem diversos processos que envolvem neutralização do banho de acabamento. Um deles é a neutralização do tecido (malha), após realizada a mercerização (banho de 28 a 32° Bé – soda cáustica), em que o tecido deve ser exaurido de qualquer residual de hidróxido de sódio. Em muitas das indústrias têxteis esse processo é realizado com ácido acético (CH₃COOH). O uso do CO₂ em substituição ao ácido acético proporciona as vantagens já relacionadas acima, além de um produto final (tecido) de melhor qualidade (Walter *et al.* 1989)

2.3.5.1.7.c Neutralização com gás de combustão (CO₂)

A neutralização através de gás de combustão (CO₂) propicia a maior parte das vantagens atribuídas ao CO₂ puro e ainda apresenta mais dois diferenciais muito fortes: o fator econômico e a redução da poluição atmosférica.

Segundo AXT (1986), o equipamento utilizado neste tipo de neutralização pode ser considerado também um depurador de gases provenientes da caldeira. O princípio básico de funcionamento do equipamento é o de absorção, processo pelo qual um gás pode dissolver-se fisicamente em um líquido (efluente alcalino). A absorção dos gases de combustão é uma operação de difusão, que depende da velocidade molecular e da turbulência do líquido. Em resumo, o depurador propicia a lavagem dos gases de combustão e ainda a neutralização dos efluentes alcalinos.

O poder de neutralização depende diretamente do tipo de combustível que se esteja usando para a geração dos gases e da quantidade de excesso de oxigênio empregada na combustão. A quantidade de CO₂ gerada varia entre 6 a 12%, dependendo dos fatores de combustão (Storti, 2001).

Efetivamente, as vantagens advindas dos gases de combustão são as seguintes, segundo (Storti 2001, Pnapri 2001 e Faccioli 1985):

- CO₂ a custo zero, reaproveitamento dos gases de combustão;
- praticamente elimina o uso de ácidos fortes;
- evita fases de superacidificação,
- há formação de quantidades reduzidas de sulfato.

O custo de operacionalização é extremamente baixo, apenas um ligeiro aumento no consumo de energia elétrica em função de exaustores adicionais para direcionamento do fluxo de gás para o tanque de neutralização.

Em relação ao processo com CO₂ puro, deve-se ressaltar que o investimento é significativo, mas, por outro lado, mas como já mencionado, os custos operacionais são muito baixos (Pnapri, 2001).

2.3.5.2 Tratamento primário

Esta etapa do STET é constituída por processos físicos, químicos, físico-químicos e eletroquímicos, com o objetivo de remover carga poluente e garantir um efluente em melhores condições para o tratamento secundário (biológico). Também tem este nome "primário" por em geral anteceder o tratamento biológico, comumente chamado de "secundário", por apresentar concepções distintas do primeiro conjunto de processos. No caso dos STETs, este conjunto de processos denominado de "primário" pode tanto ser alocado antes como após o tratamento biológico (secundário), o que torna estas designações inadequadas.

2.3.5.2.1 Físico-químico

Conforme mencionado no item 2.3.3.2, os corantes são substâncias extremamente coloidais e presentes em quantidade significativas nos efluentes do setor de tingimento. Sua remoção pode ser realizada através da associação de alguns processos unitários físicos e químicos que, conjuntamente, exploram as propriedades macroscópicas dos produtos presente nos efluentes, e por isso o tratamento é qualificado como físico-químico.

2.3.5.2.1.a Coagulação e floculação

Para a remoção dos corantes é preciso desestabilizar os colóides através da formação de microflocos, e na seqüência ocorre uma aglutinação pelo processo de floculação. A eliminação desses produtos representa uma redução de sólidos, tanto dissolvidos quanto suspensos, o que em geral pode representar uma redução de DQO em torno de 30 a 40%, além da conseqüente eliminação da cor (Hallet, 1993). Cumpre apenas destacar que o processo de coagulação, quando aplicado em efluentes oriundos de processo de tingimento com corantes reativos, não apresenta resultados satisfatórios (Peres & Abrahão, 1998). A tabela 25 apresenta a relação de corantes susceptíveis de serem removidos por meio de coagulação e floculação (físico-químico).

Tabela 25 - Susceptibilidade dos corantes na remoção por coagulação.

Tipo de corante	Susceptível Coagulação	Função de tingimento	Referência *
Ácidos	não	Nylon	(1)
Azóico	sim	Diversos	(1)
Básicos	não	Lã, acrílico	(1)
Diretos	não	Algodão	(1)
Disperso	sim	Polyester	(1) - (2)
Mordentes e metais complexos	não	Nylon e lã	(1)
Reativos	não	Algodão	(1) - (2)
Tina e sulfurosos	sim	Algodão	(1)

Fonte: Pesquisa de fonte primária

Referências bibliográficas: (1) Stephenson *et. al.*(1994); (2) Peres & Abrahão (1998)

Comumente a reação de coagulação ocorre em um reator de mistura rápida²⁰ (misturadores mecânicos ou hidráulicos), haja vista que ocorre rapidamente (1 segundo). Coagulantes à base de cátions trivalentes exigem gradiente de velocidade entre 800 e 1500s⁻¹, e tempo de detenção entre 0,5 e 1,5 minutos; já para o uso de polieletrólito, como coagulante primário, o gradiente de velocidade deve ser menor, entre 300 e 700s⁻¹, e o tempo de detenção igual ou maior que 3 minutos. No caso do reator de mistura rápida, a preocupação é evitar a formação de curto-circuito na

²⁰ Tanque em que uma reação química ocorre de forma instantânea, uniforme e completa. O sistema em geral está sob forte agitação mecânica (conjunto pás e motor) ou hidráulica (dificuldade de fluxo).

passagem do fluxo, que pode ser realizada através da diferença entre as cotas da tubulação de entrada e saída do reator e a centralização do agitador. Quanto às quantidades de coagulantes, esta é muito variável, pois depende da capacidade de carga das partículas coloidais (Nunes, 1996).

Para maiores detalhes quanto ao dimensionamento de agitadores e misturadores, tanto mecânico quanto hidráulico, pode-se consultar Macintyre (1997). A figura 2.64, a seguir, exemplifica um reator de mistura rápida e completa para a coagulação.

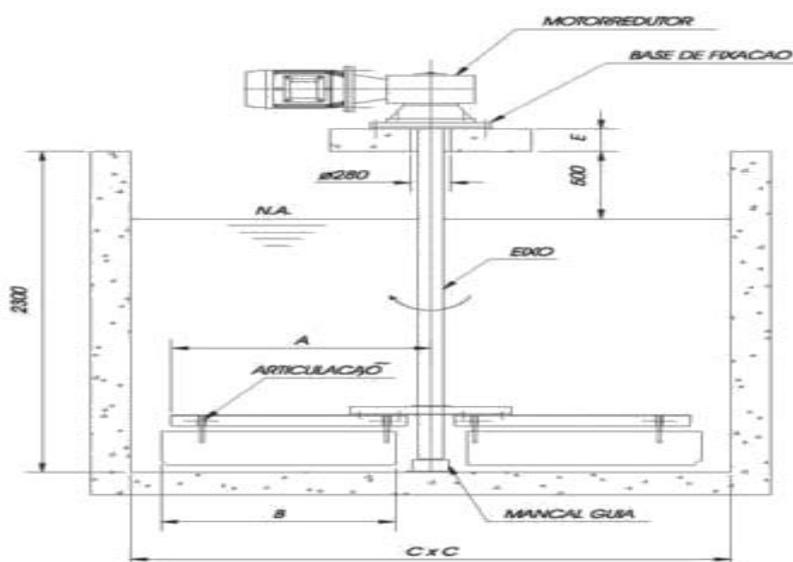


Figura 2.64 – Misturador lento axial
Fonte: Catálogo de equipamentos Sanidro (2000 p.5)

O objetivo da floculação por adsorção ou aglomeração dos colóides previamente descarregados é contribuir para uma melhor separação das partículas formadas no processo de coagulação, tanto pela decantação quanto pela flotação.

Os agentes floculantes com maior utilização são os polieletrólitos, mas também são usadas substâncias inorgânicas, como a sílica, carbonato cálcio precipitado, carvão ativo (pó), terras diatômicas e argila. Alguns produtos naturais de origem orgânica - como alginatos, amidos, derivados de celulose e outros - também são utilizados com frequência. Os floculantes de síntese são formados por macromoléculas com ou sem cargas elétricas ou por grupos ionizáveis designados catiônicos, aniônicos e não-aniônicos. As moléculas são extremamente extensas (compridas) e com elevada densidade de carga, para poderem absorver os colóides, os quais apresentam dificuldades de floculação. O consumo de floculantes sintéticos varia de 0,5 a

2,0mg/l. Dada a sua alta viscosidade, as dosagens superiores ao limite máximo de 2,0mg/l tornam difícil a adição do floculante ao efluente. A figura 2.65 mostra a forma de ação dos polieletrólitos.

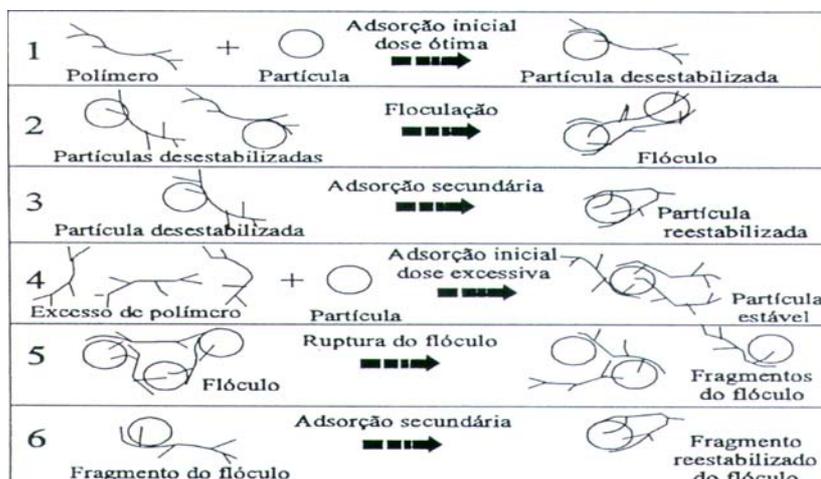


Figura 2.65 – Representação da ação dos polieletrólitos

Fonte: Lagunas & Lis (1998 p.11)

Para que as ações propostas na figura 2.65 ocorram são necessárias algumas condições de espaço, fluxo e dinâmica de processo. O floculador é o recipiente onde se processa a floculação. Nele as partículas desestabilizadas se chocam umas com as outras e também com os floculantes, e assim formam partículas maiores (flocos). Os choques entre as partículas devem ter a intensidade suficiente para apenas estabelecer o contato entre elas e não ocorrer a ruptura do floco.

O dimensionamento do flotador é função do gradiente de velocidade, que se situa entre 20 e 80s^{-1} , valor este determinado através de *jar-test*. O tempo de retenção no processo varia entre 20 e 30 minutos (Metcalf & Eddy, 1991). Na figura 2.66 é mostrado um corte vertical de um floculador de paletas.

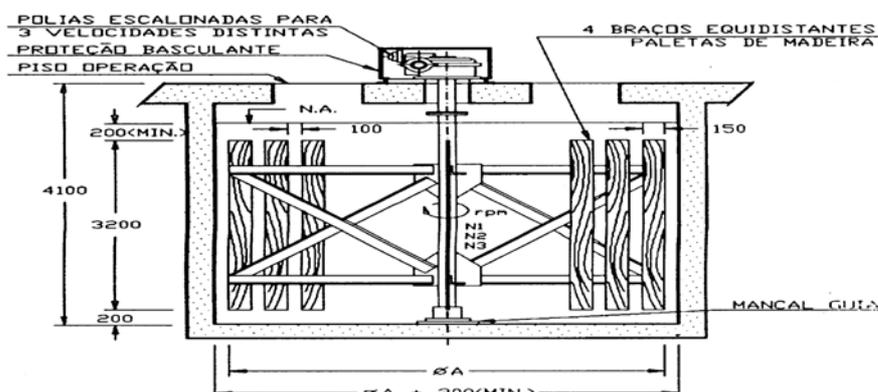


Figura 2.66 – Floculador vertical de paleta

Fonte: Catálogo de equipamentos Ecosan (2000 p.6)

Em resumo, os principais coagulantes e floculantes utilizados nos STETs são apresentados na figura 2.67, a seguir.

Coagulante – floculante	Função
Al ₂ (SO ₄) ₃ – Sulfato de Alumínio	Cátions polivalentes (Al ³⁺ , Fe ³⁺ , Fe ²⁺ , etc) neutralizam as cargas elétricas das partículas suspensas e os hidróxidos metálicos (Ex.: Al ₂ (OH) ₃), ao adsorverem os particulados, geram uma floculação parcial.
PAC – Al _n (OH) _m Cl _{3n-m} Policloreto de Alumínio	
FeCl ₃ – Cloreto Férrico	
FeSO ₄ – Sulfato Ferroso	
Ca(OH) ₂ -Hidróxido de Cálcio	Usualmente utilizados como agente controlador do pH. Porém, os íons cálcio atuam também como agentes de neutralização das cargas elétricas superficiais, funcionando como um coagulante inorgânico
Polímeros Aniônicos. $\text{H}_3\text{C}-\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} \right]_n-\text{CH}_3$	Geração de "pontes" entre as partículas já coaguladas e a cadeia do polímero, gerando flocos de maior diâmetro
Polímeros Não-Iônicos $\left[\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} \right]_n-\text{CH}_3 \\ \text{Grupo que permite a adsorção} \end{array} \right]_m \left[\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{ONa} \end{array} \right]_n-\text{CH}_3 \\ \text{Grupo ionizado} \end{array} \right]_m$	Geração de "pontes" entre as partículas já coaguladas e a cadeia do polímero, gerando flocos de maior diâmetro
Polímeros Catiônicos e policátions $\left[\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N} \\ \\ \text{H} \\ \\ \text{Cl}^- \end{array} \right]_n$ Polietileniminas $\left[\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C} \\ \\ \text{H} \\ \\ \text{NH}_3 \\ \\ \text{Cl}^- \end{array} \right]_n$ Polivinilaminas	Neutralização das cargas elétricas superficiais que envolvem os sólidos suspensos e incremento do tamanho dos flocos formados (via formação de pontes). Usualmente utilizado no tratamento de lamas orgânicas. Quanto aos policátions, são polieletrólitos catiônicos de baixo peso molecular, os quais possuem como função principal a neutralização das cargas elétricas superficiais e aumento do tamanho dos flocos. Utilizados em substituição ao floculantes inorgânicos convencionais

Figura 2.67 - Principais coagulantes e floculantes para aplicação em STETs.

Fonte: Watanabe & Ushiyama (2000 p.6)

2.3.5.2.1.b Flotação

É uma operação unitária de separação de partículas líquidas ou sólidas em função da diferença de densidade. A ação de separação ocorre pela introdução de bolhas finas de gás na fase líquida, gerando um fenômeno cinético associado a uma ação probabilística (choque entre partículas e microbolhas). A flotação é dependente dos processos de coagulação e floculação que antecedem a flotação, pois as características do floco (partículas) são essenciais para a sua separação, juntamente com as bolhas formadas que aderem às partículas, exercendo uma força ascendente que provoca a separação (Mecalf & Eddy, 1991).

O processo de flotação apresenta diversas variantes, que são oriundas dos sistemas de geração das microbolhas. Na figura 2.68 tem-se um resumo de cada tipo de flotação.

Sistema de geração de bolhas	Processo de flotação	Diâmetro da bolha $D_B(\mu\text{m})$
Cavitação da água saturada com ar a pressões elevadas, 3-6 atm, e que se libera através de placas de orifício, perfuradas, ou válvulas tipo venturi ou de agulha. Nessas restrições de fluxo, a solução se "sobressatura", se despressuriza e o ar "rompe" a estrutura do fluido pela nucleação/cavitação para formar das microbolhas.	Ar dissolvido (FAD)	30 – 100
Agitação mecânica rotor/estator (baixa rotação)	Ar induzido (FAI)	50 - 1500 100 – 1000
Agitação mecânica (alta rotação)	Ar - cavitação Induzida (CAI)	10 -100
Sucção de ar através de construção tipo venturi	Nozzle	400 -800
Sucção de ar em um tubo descendente (downcomer) por construção tipo venturi	Jamenson ou a jato	100 – 800
Injeção de misturas água-tensoativo-ar através de construtores de fluxo (tipo misturador estático ou venturi)	Microcel	100 – 800
Bombeamento contínuo de soluções de tensoativos em construtores de fluxo e temperatura (60-80 oC)	Gás Aphrous	10 – 1000
Eletrólise de soluções aquosas (bolhas de H ₂ e O ₂).	Eletroflotação	10 – 40
Injeção de ar em tubos porosos sob campo centrífugo	ASH, BAF	50 – 1000
Aeração da suspensão através de placas porosas	Flotação em coluna	50 – 1000

Figura 2.68 - Processos de flotação e sistemas de geração de bolhas.

Fonte: Matiolo (2003 p.6)

Basicamente, os processos de flotação são realizados através de ar disperso ou por ar dissolvido. Para a situação em que é usado o ar disperso, este é introduzido diretamente no líquido e pelo fundo do tanque. Para o caso do ar dissolvido, o efluente passa por uma câmara de compressão de ar, na qual o ar é comprimido juntamente com o efluente, sendo levado a se dissolver no líquido. No tanque de flotação o efluente é descomprimido, liberando o ar dissolvido no efluente e gerando microbolhas ascendentes à superfície do efluente. A pressão no tanque de flotação está na faixa de 2 a 4atm, o que é suficiente para se conseguir a saturação do ar na água. A entrada no tanque de flotação comumente se dá pelo fundo do tanque (Nunes 2001).

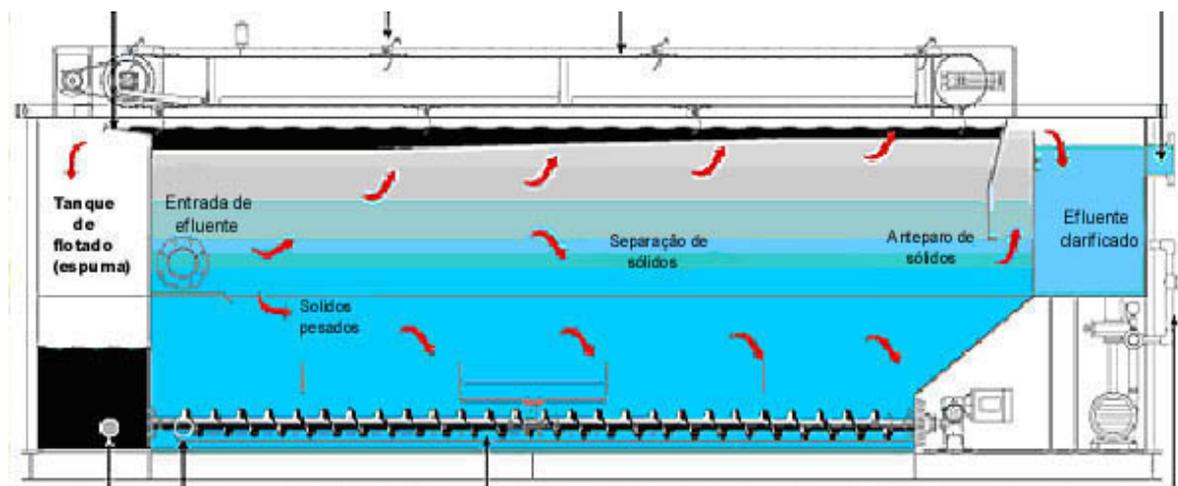


Figura 2.69 – Flotor com raspador de espuma sem recirculação (típico)
 Fonte: Catálogo de equipamentos Sanidro (2000 p.5)

Na figura 2.69 destaca-se, na parte superior, o raspador de espuma, por onde é retirada a maior parte das impurezas (flotadas), enquanto na parte inferior se tem uma rosca sem-fim, com o objetivo de retirada das impurezas que se sedimentaram.

A flotação é um processo usado na fase intermediária do STETs ou em conjunto com outros processos, e dificilmente se apresentam pesquisas direcionadas exclusivamente para o seu processo. Entretanto, muitas pesquisas são feitas em associação com processos complementares, como filtração por membranas, adsorção, oxidação, eletroquímica, tratamento biológico e outros. Além disso, no início da década de 1990 foi um processo muito testado em efluentes têxteis para remoção de cor, dado que em tese o teor de umidade do floco é menor que no processo de decantação.

2.3.5.2.1.c Sedimentação (decantação)

A sedimentação ou decantação é um processo amplamente utilizado nos STETs, pois a utilização de produtos floclulantes (polieletrólitos) faz com que as partículas (flocos) formadas tenham densidade maior que a do efluente, facilitando assim a separação das partículas pela ação da gravidade.

A restrição ao seu uso fica para os efluentes com alta concentração de sólidos em suspensão que acabam por gerar um excesso de sólidos decantados e conseqüentemente uma quantidade grande de lodo químico (Haller, 1993).

As figuras 2.70 e 2.71 mostram o perfil de um decantador convencional com raspador e outro lamelar.

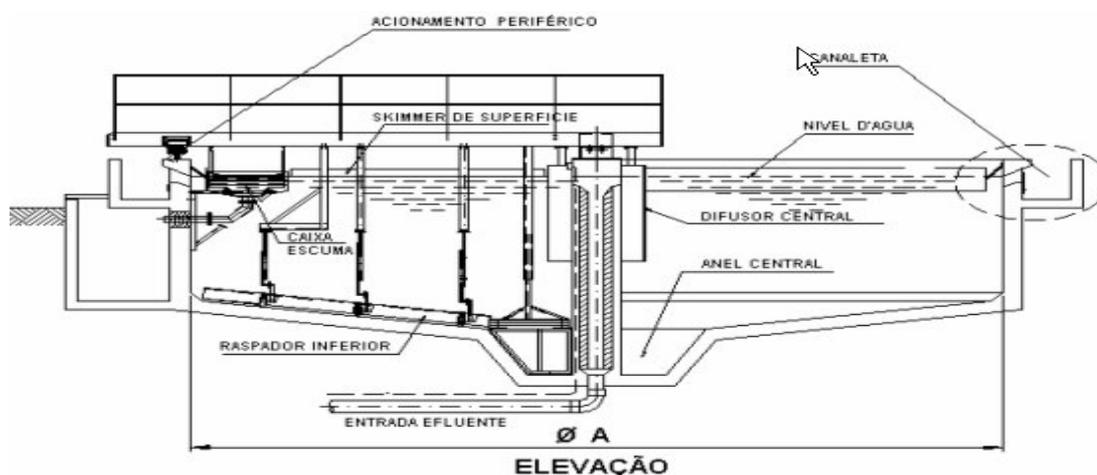


Figura 2.70 – Sistema de decantação com raspador

Fonte: Catálogo de equipamentos Sanidro (2000 p.3)

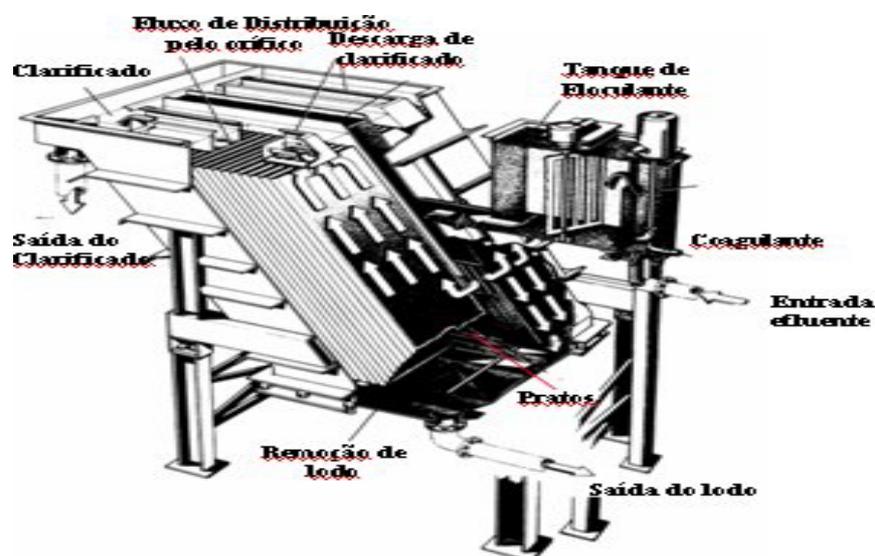


Figura 2.71 – Sistema de decantação com lamela

Fonte: Catálogo de equipamentos Sanidro (2000 p.3)

Nas figuras 2.70 e 2.71 foram apresentados dois tipos de decantadores mais utilizados nos STETs. Em geral, o decantador mecanizado (figura 2.70) é utilizado com freqüência quando o físico-químico está antes do biológico; também é usado no biológico com o decantador secundário e mesmo em situações em que a cor é removida conjuntamente com o lodo biológico. O decantador lamelar freqüentemente é usado no físico-químico, quando esse está posicionado depois do biológico.

A decantação é muito utilizada nos STETs, tanto no sistema físico-químico quanto no tratamento biológico, principalmente quando se trata de lodos ativados; mas em termos de eficiência do processo em si, a decantação apresenta bom desempenho para efluentes têxteis. O dimensionado da decantação deve, preferencialmente, ser precedida de testes de sedimentação (*jar test*) com efluente real para se terem os melhores resultados. O dimensionamento para o decantador é baseado na taxa de aplicação, conforme mostra a equação (14).

$$Tx_a = \frac{Volume}{Area} \quad (14)$$

Onde:

- Tx_a = Taxa de aplicação de decantação ($m^3/m^2.dia$);
 Volume = Volume de efluente (m^3/dia) – dados de projeto;
 Área = Área superficial do decantador (m^2).

A tabela 26 apresenta valores de taxa de aplicação para efluentes industriais.

Tabela 26 - Taxa de aplicação para decantação de efluentes industriais.

Tipo de decantador	Taxa de aplicação em ($m^3/m^2.dia$)	Percentual de remoção de sólidos (%)
Decantador primário	30 – 40	40 – 60
Decantador secundário	20 – 30	50 – 70
Decantador lamelar	90 – 120	60 – 90

Fonte: Nunes (2001 p.130)

Através dos dados da tabela 26, percebe-se que o decantador lamelar é bem mais eficiente que o decantador convencional. Esse fato justifica o seu uso como um processo de refinamento final, quando a legislação exige parâmetros de lançamento mais restritos, principalmente quando se refere à remoção de cor do efluente final.

Finalmente, para o projetista fica a seguinte questão: tendo a decantação e a flotação praticamente a mesma função, a separação dos sólidos (lodo) do efluente, qual é o processo que melhor se enquadra nas características dos efluentes têxteis? A resposta não é simples. A pesquisa desenvolvida neste trabalho busca esta resposta, que com certeza passa por um levantamento minucioso das características do processo têxtil e do efluente.

2.3.5.3 Tratamento secundário

Este tipo de tratamento é constituído por processos biológicos, que têm a função de remover a matéria orgânica e inorgânica dissolvida e os sólidos em suspensão, através da ação dos microrganismos aeróbios ou anaeróbios. É designado como "secundário" simplesmente porque em geral este tipo de processo é posicionado a *posteriore* do tratamento preliminar ou primário.

A remoção dos poluentes nesse processo consiste em reações metabólicas que transformam as substâncias complexas em massa celular e substâncias inorgânicas simples; ou seja, os processos biológicos procuram imitar o cenário e as condições dos meios hídricos para que os seres vivos (microrganismos) possam desenvolver o seu metabolismo, de forma a estabilizar o desequilíbrio provocado pelo excesso de matéria orgânica. Para melhor compreender os processos biológicos o ideal é explorá-los separadamente em anaeróbio e aeróbio.

2.3.5.3.1 Processos anaeróbios

A essência do tratamento anaeróbio é a decomposição da matéria orgânica e inorgânica na ausência de oxigênio dissolvido. Tem com característica marcante o tratamento de despejos com alta carga orgânica e lodos concentrados. Na decomposição da matéria poluente as bactérias anaeróbias apresentam duas fases distintas: a primeira é de hidrolisação e fermentação das substâncias orgânicas em ácidos orgânicos de estrutura simples; e na segunda fase os ácidos orgânicos são transformados em gases (metano e carbônico). Um dos problemas deste processo se dá quando ocorre apenas a primeira fase da decomposição e, pela presença do ácido sulfídrico na reação, surge um forte odor de ovo podre característico deste tipo de reação.

Os processos anaeróbios que podem ser utilizados no tratamento de efluentes têxteis são os seguintes: lagoas anaeróbia e facultativa, filtros anaeróbios, biodigestores de leito fluidificado e leito de lodo (IPPC 2002 e Peres & Abrahão 1998).

Na pesquisa bibliográfica realizada não foram encontradas citações sobre o uso em escala industrial dos processos anaeróbios com efluentes têxteis. O que se encontra, e não em grande quantidade, são trabalhos em nível de pesquisa (ver quadro 2.19 – item 2.3.3.3.2), os quais em geral têm o objetivo de remover os corantes com grupo funcional azo ou tratar efluentes concentrados (DQO > 8.000mg/L) resultantes de tratamentos com membranas, como os relatados por Saar (1999) e Schäfer *et al.* (1999). Em geral, esses trabalhos resultaram em remoções de DQO entre 45 e 55% e cor entre 70 e 80%.

Em STETs em que a carga orgânica varia muito, o processo anaeróbio tem se mostrado ineficiente, atingindo remoção de carga apenas satisfatória, além da falta de flexibilidade quanto à variação de carga (Tang 2001). Em função do uso dos processos anaeróbios ainda ser incipiente em se tratando de efluentes têxteis, tanto em trabalhos de pesquisa quanto em aplicação em escala real nos STETs, evita-se neste ponto apresentar parâmetros de dimensionamento para o processo anaeróbio têxtil. O que se recomenda ao projetista que se aventurar a alocar este tipo de processo nos STETs é que não o faça sem antes estar alicerçado em dados confiáveis de unidades-piloto de efluentes reais.

2.3.5.3.2 Processos aeróbios

Neste processo os microrganismos responsáveis pela depuração se alimentam da matéria orgânica presente no efluente e a convertem em gás carbônico, água e material celular. A degradação aeróbia dos poluentes (inorgânicos e orgânicos) exige que a reação ocorra em presença de oxigênio dissolvido e outras condições ambientais inerentes ao processo de transformação de substância poluente em substância inerte, como, por exemplo, temperatura, pH, tempo de detenção e outros parâmetros.

No âmbito dos tratamentos biológicos para efluentes industriais, os processos aeróbios são os mais empregados, principalmente se tratando de águas residuárias têxteis (Peres & Abrahão 1998). Nos processos aeróbios as variantes são muitas, e as principais com aplicação nos STETs são apresentadas a seguir.

2.3.5.3.2.a Lodos ativados

No tratamento biológico por via aeróbia o processo de lodos ativados é um dos mais utilizados mundialmente (Metcalf & Eddy, 1991). Nos STETs também não é diferente, o processo está presente na maioria absoluta dos sistemas. Pode se dizer que é o mais representativo dos processos aplicados no tratamento de efluentes têxteis (Lagunas & Lis 1998 e Balan 1999). Este processo teve origem na Inglaterra no ano de 1914; depois disso surgiu um grande número de variantes do processo. A concepção básica e original do lodos ativados é mostrada na figura 2.72.

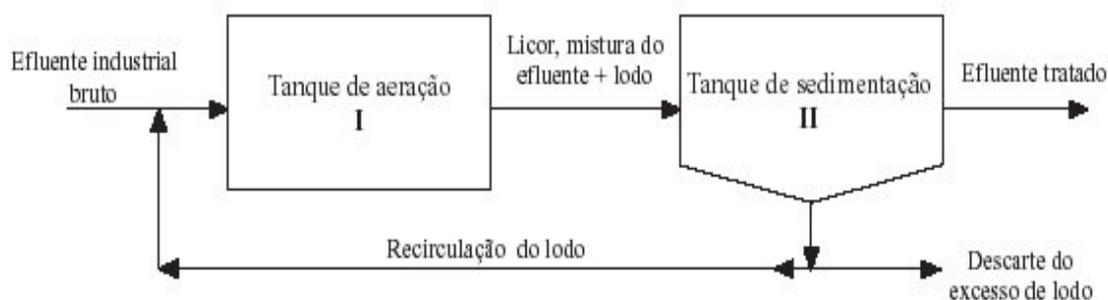


Figura 2.72 – Esquema do sistema de lodos ativados.

Fonte: Metcalf & Eddy (1991 p.477)

Para uma conceituação simples, pode-se dizer que no processo se forma uma massa de lodo celular, que tem características de um floco. Nesse elemento ocorrem as reações de estabilização da matéria orgânica, ou seja, nesse ambiente há uma simulação do ambiente hídrico existente na natureza, fazendo com que a carga poluente seja eliminada. Esse ambiente de simulação é o tanque de aeração, onde o oxigênio dissolvido é introduzido através de dispositivos mecânicos ou injeção direta. O oxigênio é o elemento essencial para o metabolismo dos microrganismos, assim como os nutrientes (fósforo e nitrogênio).

As reações metabólicas realizadas pelos microrganismos são originárias da matéria orgânica (poluição) e do oxigênio dissolvido no efluente, tendo como parte dos produtos da reação compostos oxidados de baixa energia, como nitratos (NO_3), sulfatos (SO_4) e gás carbônico (CO_2). As partes remanescentes são sintetizadas em material celular, formando os flocos, que são os elementos essenciais do processo

de lodos ativados. Os flocos biológicos são separados no decantador por meio de sedimentação. A característica principal do sistema é trabalhar com elevada concentração de biomassa no reator biológico, a qual é mantida pela recirculação dos sólidos separados no decantador (flocos), propiciando maior permanência da biomassa no sistema, o que garante uma elevada eficiência na remoção da carga orgânica (poluentes). O excedente de biomassa (lodo biológico) é removido do sistema, devendo ser espessado, desidratado e estabilizado (Gray 1990 e Metcalf & Eddy 1991).

As diferentes variantes do processo de lodos ativados nada mais são do que variações de características do sistema que produzem algum tipo de alteração no comportamento do processo convencional. As três variantes mais utilizadas são: o sistema convencional, aeração prolongada e o sistema rápido. As diferenciações entre essas variantes são definidas com base no parâmetro *idade do lodo* e no tempo de aeração. No sistema convencional a idade do lodo deve estar na faixa de 5 a 15 dias; já para o sistema de aeração prolongada a faixa deve ser de 20 a 30 dias e para o sistema rápido deve ser inferior a 5 dias. O tempo de detenção no tanque de aeração pode variar de 6 a 120 horas, dependendo das condições dos efluentes (Ramalho 1996).

A figura 2.73 relaciona as principais variantes do processo de lodos ativados.

Processo - Variantes	Faixa de remoção de DBO ₅ (%)	Aplicação
Convencional	85 – 95	Despejo de baixa concentração e suscetível a choques
Mistura completa	85 – 95	Aplicação geral, resistente a choques de carga
Aeração escalonada	85 – 95	Aplicação geral para larga faixa de despejos
Aeração modificada	60 – 75	Grau intermediário de tratamento
Aeração prolongada	85 - 95	Aplicação geral, resistente a choques de carga e com baixa produção de lodo biológico
Estabilização por contato	80 – 90	Limitado para despejos em que a matéria orgânica não é predominantemente solúvel
Aeração estendida	75 – 95	Aplicáveis para pequenos volumes
Valo de Oxidação	90 - 98	Resistente a choques e baixa produção de lodo
Processo Krause	85 – 95	Despejos altamente concentrados

Figura 2.73: Processos de lodos ativados e principais variantes.

Fonte: Silva (1995 p.60).

Dessas variantes a mais utilizada na indústria têxtil é a de lodos ativados com aeração prolongada. Nessa variante o fator de carga (F)²¹ é baixo e, conseqüentemente, o tempo de retenção é alto (volume de retenção grande). O resultado dessa configuração é uma elevada remoção de carga orgânica, com menor geração de lodo em relação à variante convencional. A remoção de cor depende basicamente do tipo de corante usado no tingimento, mas em geral ocorre por adsorção do corante pelo lodo biológico (Peres & Abrahão, 1998). Segundo Storti (1996), a variante valo de oxidação passou a ser muito usado nas indústrias têxteis da Europa, principalmente na Itália e na Espanha. Também algumas unidades de valo de oxidação “carrossel” foram implantadas no Brasil, na região de Blumenau – Santa Catarina (empresas Malwee Malharia e Döhler Industrias Têxteis).

Os microrganismos predominantes no sistema são as bactérias, as quais se alimentam (através de membrana celular) de compostos orgânicos solúveis (carga orgânica - poluição). Em muitos casos esses microrganismos necessitam produzir enzimas para que haja a quebra das cadeias mais longas de alguns compostos orgânicos, e assim se solubilizem as partículas orgânicas sólidas, conseqüentemente oxidando essa matéria (Gray 1990).

A figura 2.74 apresenta as vantagens e desvantagens do processo de lodos ativados.

Vantagens	Desvantagens
Exige pouca área para implantação	Custo operacional elevado
Tem boa estabilidade	Controle laboratorial diário
Excelente flexibilidade de operação	Precisa de operadores bem treinados
Trata diferentes tipos de efluente	Elevado investimento em obras civis
Excelente eficiência no tratamento	Operação criteriosa

Figura 2.74: Vantagens e desvantagens do processo de lodos ativados.

Fonte: Gray (1991)

²¹ Fator de carga ou relação F/M: determina a relação entre o alimento disponível no afluente (F =food), expresso em termos de carga orgânica, e a massa de microrganismos ($X_v \cong$ SSVTA) presente no reator biológico. Sua unidade é kg DBO₅/Kg SSVTA.dia, sendo usual adotar-se dia⁻¹ (Ramalho 1996).

Entre as vantagens e desvantagens apresentadas na figura 2.74, deve-se ressaltar que a mais importante é a flexibilidade de operação do processo, pois é através dela que se pode adequar o processo de tratamento biológico à real condição de operação industrial. Qualquer variação no processo industrial pode ser compensada no tratamento biológico pela manipulação do fator de carga (F/M), ou seja, pela descarga de material celular (excesso de lodo) é possível estabilizar o processo.

Quanto à aplicação do processo de lodos ativados nos STETs podem-se relatar as seguintes citações:

- Stanigher (1992) descreve o processo biológico de lodos ativados implantado na empresa têxtil Timavo do Brasil, na cidade de Itatiba - SP, no ano de 1988, sendo um dos primeiros STETs com tratamento biológico, e considera que o sistema se adaptou rapidamente às necessidades do processo produtivo.
- Santos & Santaella (2002), utilizando um sistema de lodos ativados em batelada com aeração prolongada (20hs), trataram em escala laboratorial efluente de fabricação de índigo e obtiveram remoção de DQO na faixa de 67 a 81%, valores que foram considerados bons pelo autor.
- Tunussi & Sobrinho (2003) afirmam que os efluentes de uma tinturaria que utilizava corante azo eram tratados em sistema de lodos ativados e que eles não apresentavam satisfatória remoção de cor.
- Em levantamento realizado por Aguiar & Schönberger (1995), no Estado do Rio de Janeiro, em 1992, de 15 grandes indústrias têxteis pesquisadas 13 tinham adotado o processo de lodos ativados com tratamento biológico.
- Segundo Barclay & Buckley (2000b), em pesquisa bibliográfica com descrição do STETs, abrangendo o período de 1962 a 1995, de um total de 23 referências 14 relacionavam o processo de lodos ativados como tratamento.
- Carneiro *et al.* (1999) estudaram o tratamento de efluentes de malharia em reatores de lodos ativados em regime de batelada, com o objetivo de minimizar custos de implantação e operação. A redução de DBO₅ atingiu 86% e os custos foram reduzidos substancialmente.
- Pala & Tokat (2002) testaram diversos aditivos de adsorção de corante conjuntamente com o tratamento biológico (lodos ativados). O aditivo que teve melhor desempenho foi o carvão ativado, resultando em remoção de DQO de 94% e descoloração de 86%.

São muitos os trabalhos de pesquisa envolvendo o processo lodos ativados nos STETs. Também já ficou mais que provado que o processo é eficiente na remoção de carga orgânica dos efluentes têxteis, e, dependendo do tipo de corante utilizado no processo industrial, o processo também tem ação efetiva na descoloração do efluente. A tabela 27 mostra alguns parâmetros de dimensionamento do processo de lodos ativados em relação a três variantes.

Tabela 27 - Parâmetros de dimensionamento para processos lodos ativados.

Tipo de processo	Convencional	Alta taxa	Aeração prolongada
Carga mássica (Kg DBO ₅ / Kg SSV.dia)	0,2 – 0,5	1,5 – 5,0	0,02 – 1,0
Carga volumétrica (Kg DBO ₅ / m ³ .dia)	0,6 – 1,6	2 – 6	0,0125 – 0,5
Tempo de detenção (horas)	2 – 8	2 – 3	> 12
Consumo Oxigênio (Kg O ₂ /Kg DBO ₅ elim)	0,5 – 1,0	0,3 – 0,5	1,5 – 2,0
Produção de lodo exc. (Kg SSV/Kg DBO ₅)	0,55	0,75	0,15
Taxa de reciclagem (%)	10 – 50	300	50 – 100
Idade do lodo (dias)	4 – 10	3	18 - 30
Eficiência de tratamento (%)	85 – 95	60 - 75	> 95

Fonte: Sperling (1997 p.79)

O sistema de oxigenação do processo é um dos pontos que influem na eficiência global do sistema. Em geral, nos processos em que se exige até 1kg de O₂/kg DBO₅ são usados aeradores de baixa rotação (100 a 150rpm), enquanto para as variantes em que a exigência de oxigênio é maior, cerca de 1 a 2kg de O₂/kg DBO₅, é recomendada a injeção de oxigênio puro (líquido). Além de melhorar a eficiência do processo, o oxigênio puro elimina a formação de aerossóis e de ruídos.

2.3.5.3.2.b Filtro biológico

A filtração biológica consiste de um leito filtrante de meio altamente permeável (pedras ou anéis de PVC), onde se fixam os microrganismos. A percolação de forma aspergida do efluente pelo filtro proporciona o contato da matéria orgânica com os microrganismos, e daí é que decorrem as reações metabólicas. O tipo de elemento filtrante é que determina a altura do filtro, pois os filtros com pedras, em média, atingem 2 metros de altura ou profundidade, enquanto com o uso de meio suporte a base de PVC é possível ter alturas ou profundidades entre 9 e 12 metros (Silva, 1995).

Meseguer *et al.* (1998) relatam que a vida biológica no filtro, em geral, é constituída de trotistas, bactérias aeróbias, anaeróbias e facultativas, fungos, algas, protozoários e animais superiores, como vermes, insetos, larvas e lesmas, que crescem gradativamente, formando uma película de biomassa na superfície do meio suporte do filtro. Por se tratar de seres aeróbios, consomem o oxigênio dissolvido do efluente, o qual é renovado pelo contato do efluente com a corrente de ar que circula através do filtro, fazendo com que não ocorra anaerobiose, o que provocaria forte odor. Outro fato é a existência de meio suporte de alto rendimento, que propicia um volume livre para recirculação do ar de 94 a 96%. Assim, como o processo de lodos ativados, o filtro percolador necessita de um decantador a sua jusante para reter a massa biológica (foco) que constantemente se desprende do meio suporte, em função da indisponibilidade de oxigênio dissolvido aos microrganismos. O lodo (massa celular) deve ser recirculado, com o objetivo de melhorar a eficiência do processo (Lagunas & Lis 1998).

Na figura 2.75 são apresentadas as vantagens e desvantagens do processo de filtro biológico percolador.

Vantagens	Desvantagens
Menor consumo energético em relação a outros processos aeróbios.	Possível surgimento de odores por falha na distribuição do efluente percolador.
Baixa sensibilidade às variações de carga poluente e presença de compostos tóxicos.	Maior sensibilidade a temperaturas baixas. O problema é maior devido ao contato do ar externo com o efluente.
Necessita de pouco espaço físico.	Efluente final com maior turbidez em relação ao processo de lodos ativados.
Baixo custo de construção e operação em relação a outros processos aeróbios.	Cuidados especiais com a estrutura de suporte do recheio, dado o peso variável em função da percolação.
Rendimento de remoção de carga entre 85 e 90%	Menor capacidade de eliminação de compostos lentamente degradáveis (tensoativos e corantes).

Figura 2.75: Vantagens e desvantagens do filtro biológico (percolador)

Fonte: Montagem a partir de dados de Meseguer *et al.* (1998)

Os filtros biológicos geralmente são circulares, o que facilita a distribuição uniforme do efluente sobre o meio filtrante, geralmente através de um braço rotativo. A classificação mais usada para definir o filtro biológico é aquela feita pela capacidade de tratamento da carga orgânica, conforme relacionado na tabela 28.

Tabela 28 - Parâmetros de dimensionamento para filtro biológico percolador

Características	Carga pequena	Carga baixa	carga alta	Carga elevada	Ação de desbaste
Carga hidráulica (m ³ /m ² /dia)	1 - 4	4 - 9	9 - 37	14 - 86	57 - 171
Carga orgânica (Kg DBO ₅ / m ³)	0,08 - 0,4	0,24 - 0,48	0,4 - 4,8	> 4,8	1,6
Recirculação	mínima	freqüente	sempre	freqüente	opcional
Presença de inseto	importante	moderada	moderada	baixa	baixa
Alimentação	intermitente	variável	contínua	contínua	contínua
Profundidade (m)	1,8 - 2,4	1,8 - 2,4	1 - 9	> 12	1 - 6
DBO ₅ eliminada (%)	80 - 85	50 - 70	65 - 80	65 - 85	30 - 50
Qualidade final - nitrificação	Bem	Ligeira	Ligeira	Limitada	Sem

Fonte: Meseguer *et al.* (1998 p.21)

Estudo desenvolvido em escala industrial na empresa têxtil Multicolor S/A, na região de Barcelona - Espanha, por Meseguer *et al.* (1998), apresentou resultados considerados muito bons, como, por exemplo: remoção de DQO na faixa entre 90 e 92%, DBO₅ com eliminação de 97%, tensoativos 99% e cor com 88% de eficiência de remoção. A conclusão dos autores é que o processo desenvolvido apresenta grande potencial de aplicação nas indústrias têxteis.

2.3.6 Eficiências dos processos usados nos STETs

As tabelas 29 e 30 apresentam alguns dados obtidos na literatura, referentes à eficiência dos processos presentes nos STETs.

Tabela 29 - Eficiência dos processos biológico e químico – efluentes têxteis

Tipo de processo	Faixa de remoção (%)				
	DQO	DBO ₅	SS	Cor	Custo
Lodos ativados	85 – 90	90 – 98	50 – 95	20 – 80	+++
Lodos ativados + Resina adsorvente	85 – 95	90 – 98	50 – 95	80 – 99	++++
Coagulação química (físico-químico)	50 – 80	50 – 80	>95	90 – 99	++++
Lodos ativados + coagulação química	90 – 95	90 – 99	>95	90 – 99	+++++
Filtro percolador + coagulação química	85 – 95	90 – 98	>95	90 – 99	+++
Depuração conjunta com esgoto	85 – 90	90 – 98	>90	80 – 99	++/+++
Bioreator de membrana	90 – 97	95 – 99	>99	>90	+++ /++++

Fonte: Crespi (2002 p.16)

Os dados apresentados por Crespi (2002), na tabela 29, mostram que, basicamente, para se atingir uma ótima eficiência global nos STETs, em termos de carga orgânica e descoloração, têm-se duas alternativas: a primeira é a associação de agentes adsorventes ao tratamento biológico (preferencialmente o lodos ativados); e a segunda é o uso de biorreatores de membranas, tecnologia que carece ainda de ser testada em efluentes têxteis com mais efetividade. Outro ponto interessante, destacado por Crespi (2002), é que atualmente os custos das duas alternativas já se equiparam, e que para o futuro com certeza os biorreatores de membranas terão destaque nos STETs.

Tabela 30 - Eficiência dos processos presente em STETs

Tratamento Tipo de operação	Faixa de remoção (%)				
	DBO ₅	DQO	SST	Óleos e Graxas	Cor
Tratamento primário					
- gradeamento	0 - 5	- o -	5 - 20	- o -	- o -
- equalização	0 - 20	- o -	- o -	- o -	- o -
- neutralização	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -
- coagulação química	40 - 70	40 - 70	30 - 90	90 - 97	0 - 20
- flotação	30 - 50	20 - 40	50 - 60	90 - 98	- o -
Tratamento secundário					
- lodos ativados convencional	70 - 95	50 - 70	85 - 95	0 - 15	≈20
- lodos ativados prolongada	70 - 94	50 - 70	85 - 95	0 - 15	≈20
- lagoa aerada e clarificação	60 - 90	45 - 60	85 - 95	0 - 10	≈20
- lagoa aeróbia	50 - 80	35 - 60	50 - 80	0 - 10	≈20
- filtro biológico	40 - 70	20 - 40	- o -	- o -	≈20
Tratamento terciário					
- coagulação química	40 - 70	40 - 70	30 - 90	90 - 97	0 - 70
- filtração em meio misto	25 - 40	25 - 40	80	- o -	- o -
- adsorção carvão ativado	25 - 40	25 - 60	25 - 40	- o -	80 - 90
- cloração	0 - 5	0 - 5	- o -	0 - 5	0 - 5
- ozonização	- o -	30 - 40	50 - 70	- o -	70 - 80
Tratamento avançado					
- irrigação " spray"	90 - 95	80 - 90	95 - 98	- o -	- o -
- evaporação	98 - 99	95 - 98	99	- o -	- o -
- osmose reversa	95 - 99	90 - 95	95 - 98	- o -	- o -

Fonte: UNEP (1994 p.78)

Através da tabela 30 se percebe que, em relação à carga orgânica, o processo que melhor desempenho apresenta é o de lodos ativados e suas variantes. Não obstante, este processo deixa a desejar quando se trata de remover cor do efluente. Quando a descoloração é prioridade, a filtração por membranas é o que apresenta melhor desempenho.

2.3.7 Fluxogramas de STETs implantados

Para se ter uma concepção da estrutura global dos STETs a melhor forma é a visualização do sistema como um todo, ou seja, através de fluxogramas. Na seqüência são apresentados de forma cronológica uma série deles.

A figura 2.76, a seguir, mostra um STET projetado desenvolvido no USA na década de 1970. A concepção básica é de tratamento biológico (lodos ativados) sem geração de lodo químico, apenas destacando-se que o sistema de injeção de oxigênio era por sopradores de ar, o que para aquela época poderia se considerar um avanço tecnológico (Gurnham 1971).

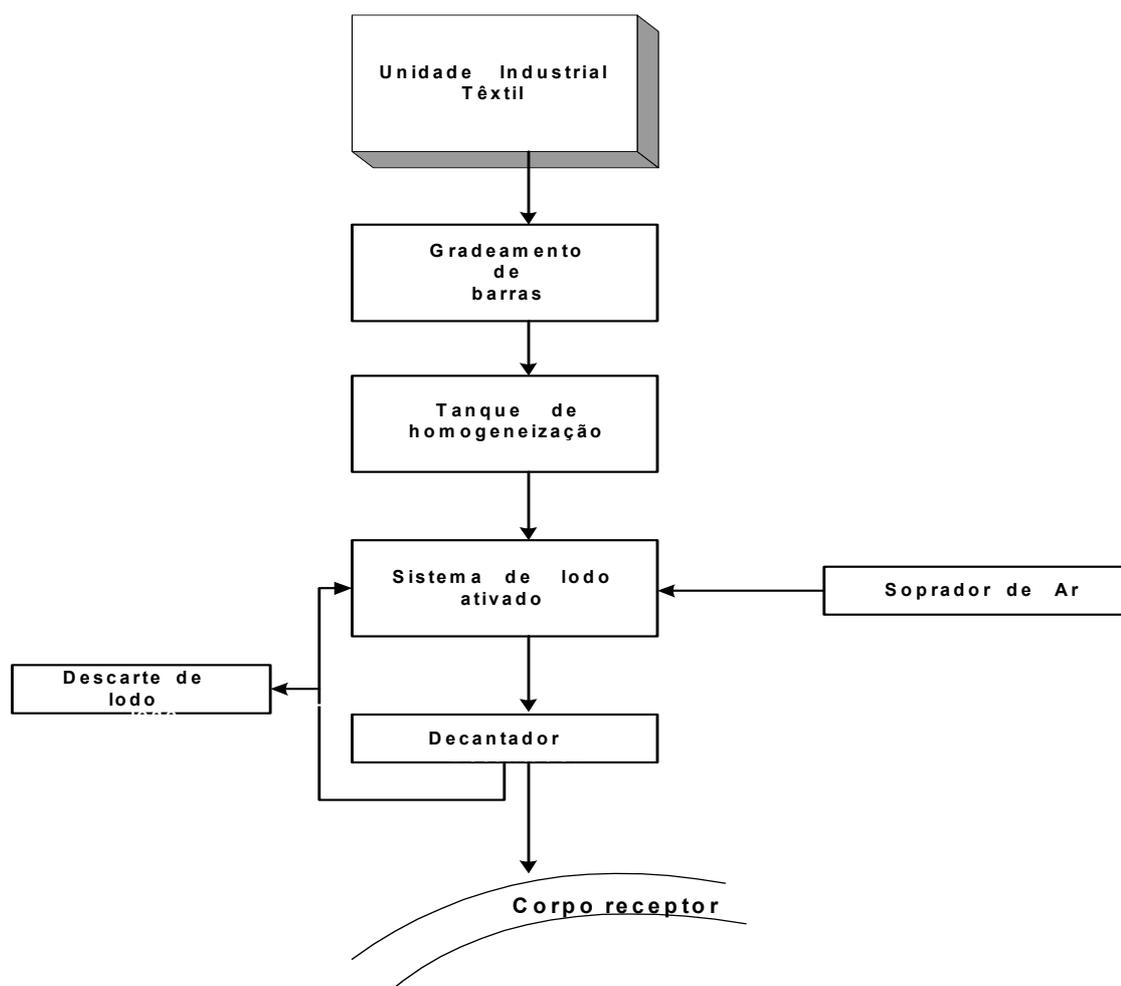


Figura 2.76 – Fluxograma de STET projetado na década de 1970 – (biológico).
Fonte – Gurnhan (1971 p.321)

A figura 2.77, a seguir, mostra um outro projeto de STET, da década de 1970, desenvolvido no USA. Diferente do apresentado na figura 2.46, este é centrado no processo físico-químico seguido do tratamento biológico, que é simplesmente um tanque aerado, ou seja, atuando como uma lagoa aeróbia. Ressalta-se, apenas, que no projeto do STET não existe qualquer indicação para o destino (disposição) do lodo químico (Lund 1971).

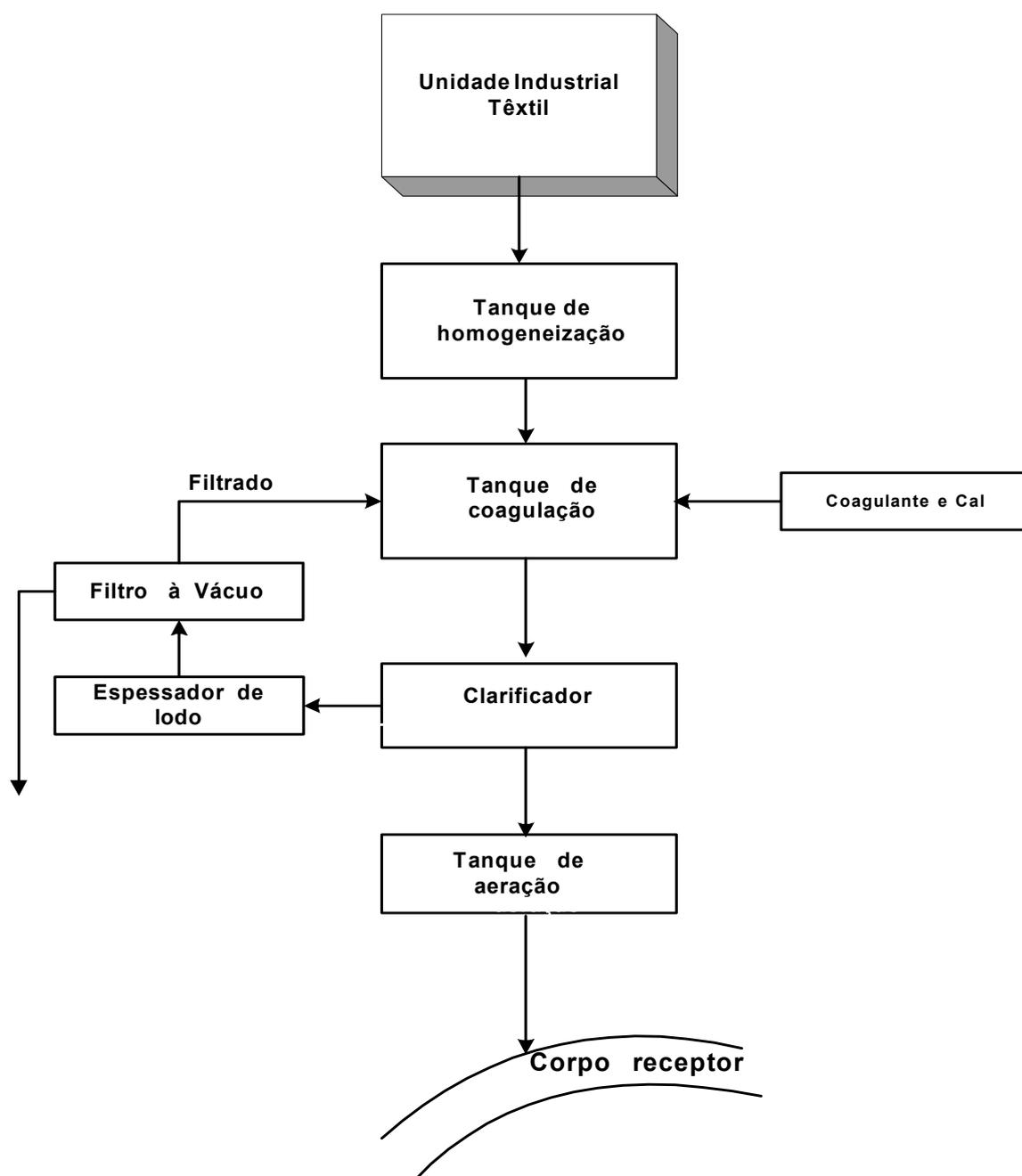


Figura 2.77 – Fluxograma de STET de 1970 físico-químico e biológico)
Fonte – Lund (1971 p.198)

A figura 2.78, a seguir, também é um projeto da década de 1970 e implantado no USA. O que se tem a destacar neste projeto é que ele apresenta apenas tratamento biológico (lodos ativados com aeração prolongada) como redutor de carga poluente. Parte do efluente final e todo o lodo biológico são tratados em processo de *land-application* (disposição no solo com objetivos agrícolas). É possível que tenha sido um dos primeiros projetos de *land-application* no USA (Lund 1971).

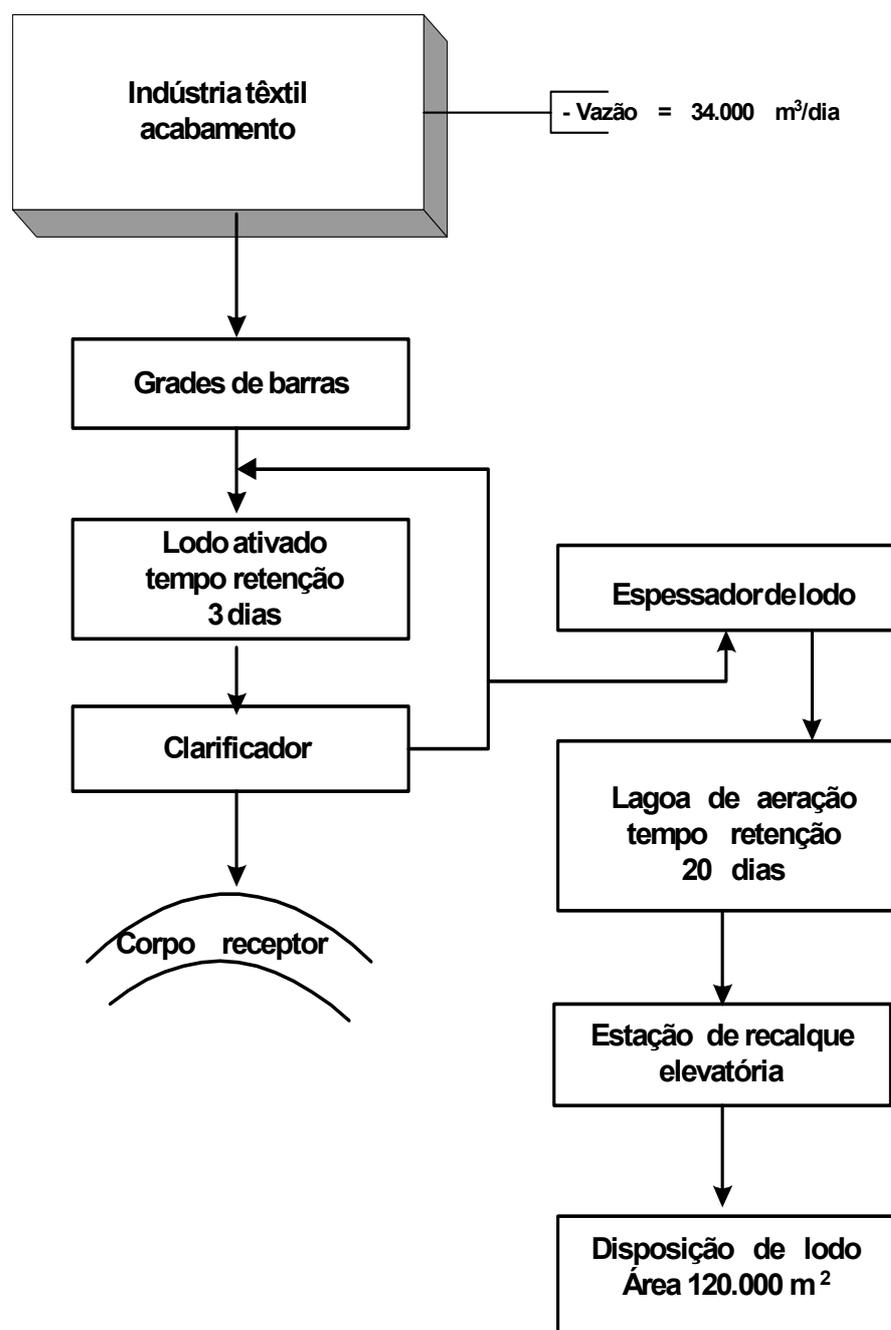


Figura 2.78 – Fluxograma STET – Tratamento biológico e *land-application* (1970)
Fonte – Lund (1999 p.199)

A figura 2.79 mostra o fluxograma de STET de uma grande indústria têxtil (tingimento e acabamento de fios), localizada no Norte da Alemanha. A constituição dos fios é de no mínimo 95% de algodão e os corantes em geral são reativos. A planta desse STET foi implantada no início da década de 1980. O que se destaca na planta é a quantidade de lodo gerado, cerca de 13,5 toneladas/dia e a recuperação de cerca de 20% do efluente tratado (Schönberger 1999).

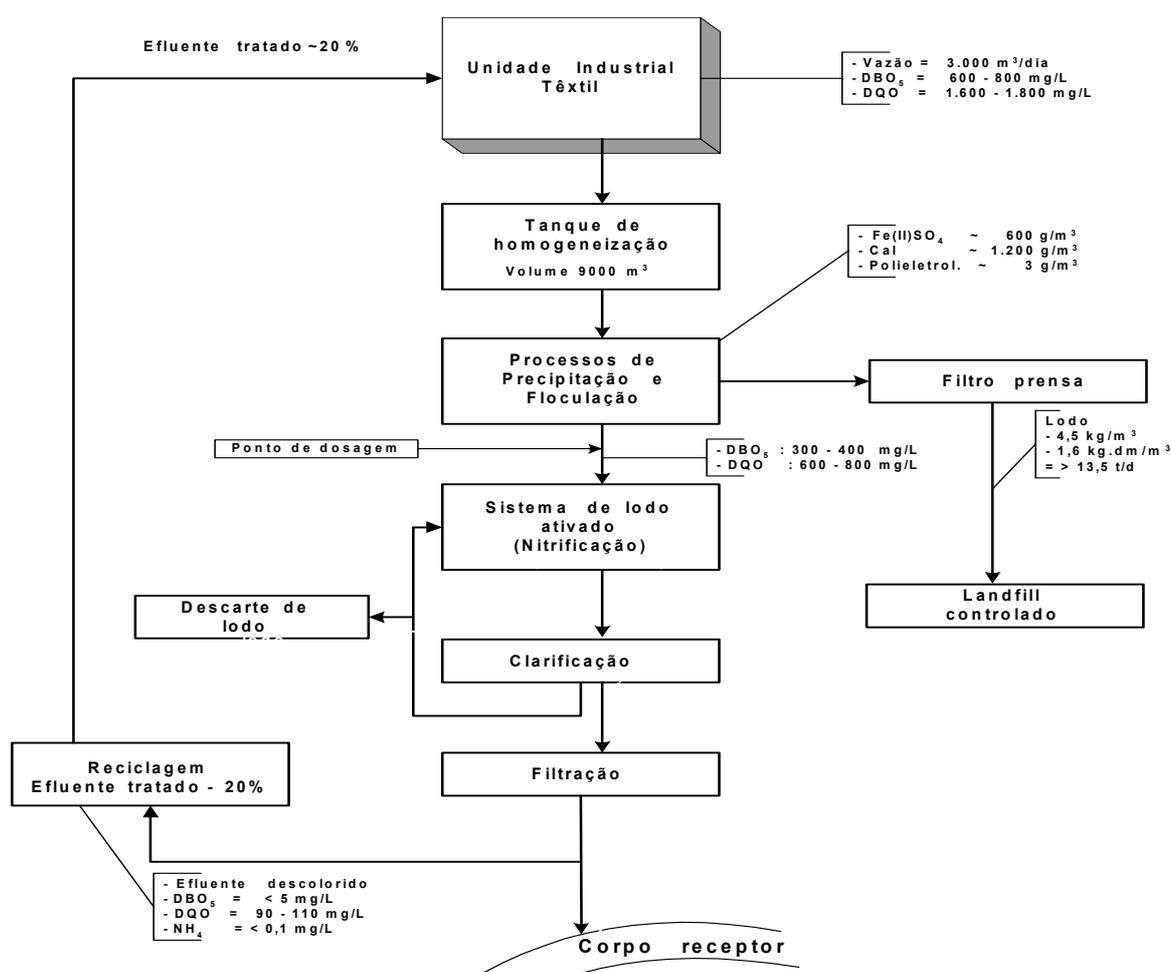


Figura 2.79 – Fluxograma de STET – Acabamentos de fios de algodão
Fonte – Schönberger (1999 p.23)

A figura 2.80, mostra a planta de um sistema de tratamento de águas residuárias em que o efluente é constituído pelo despejo de 20 indústrias têxteis de acabamento, além da mistura com o esgoto sanitário da região. A localização do sistema exige que a carga de despejos seja extremamente baixa (DBO₅ < 5mg/l). Para atingir esse objetivo é usada uma série de lodos ativados e carvão ativado para descoloração do efluente (Schönberger 1999).

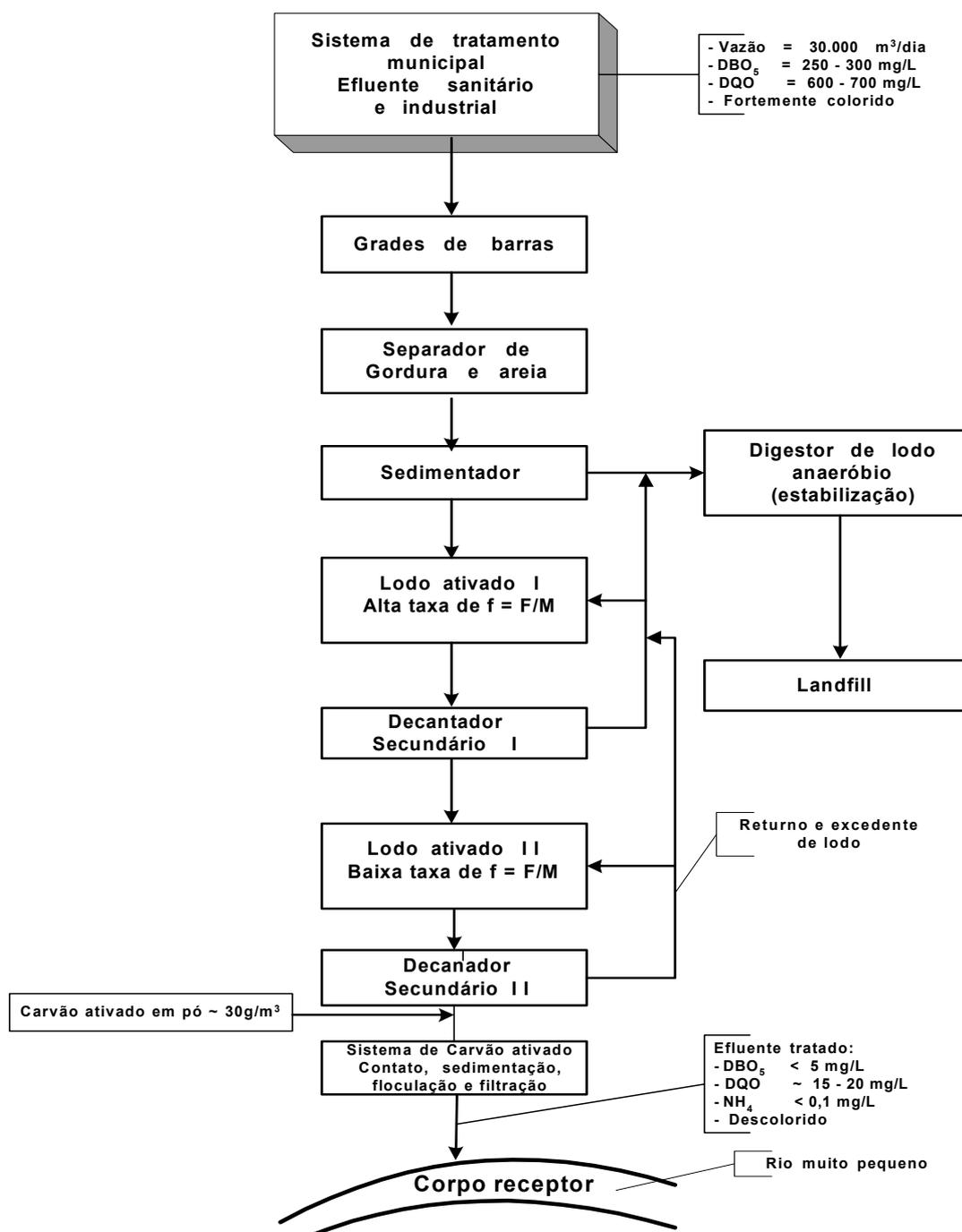


Figura 2.80 – Fluxograma de STET – 20 indústrias têxteis e esgoto
 Fonte – Schönberger (1999 p.20)

A figura 2.81 mostra o fluxograma de uma planta de STETs em regime de condomínio (200 indústrias de acabamento). O diferencial desta planta é que, após o tratamento biológico (lodos ativados), o efluente é submetido a um tratamento terciário (coagulação, floculação e ozonização). O sistema recicla uma pequena parcela do efluente ozonizado através de um filtro de areia e adsorção com carvão ativo (Schönberger 1999).

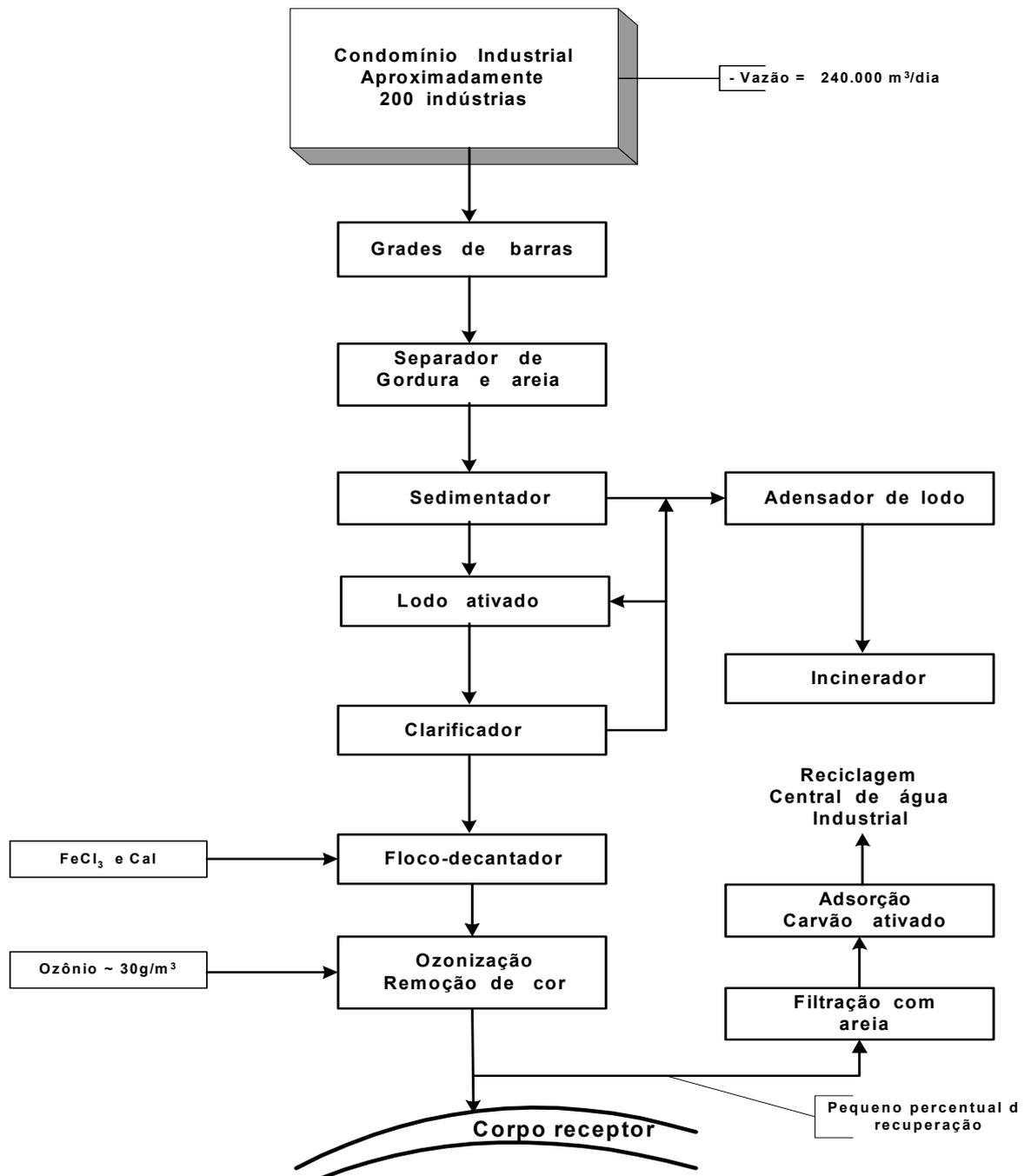


Figura 2.81 – Fluxograma do STET – Condomínio de 200 indústrias - Alemanha
Fonte – Schönberger (1999 p.22)

A figura 2.82 mostra um sistema de tratamento de efluentes industriais e sanitários. O diferencial neste sistema é que inicialmente os efluentes são tratados de formas distintas, só sendo misturados no tanque de aeração (lodos ativados). A remoção de cor se dá após o tratamento biológico, e tanto o lodo químico como o biológico são secados e depois incinerados (Schönberger 1999).

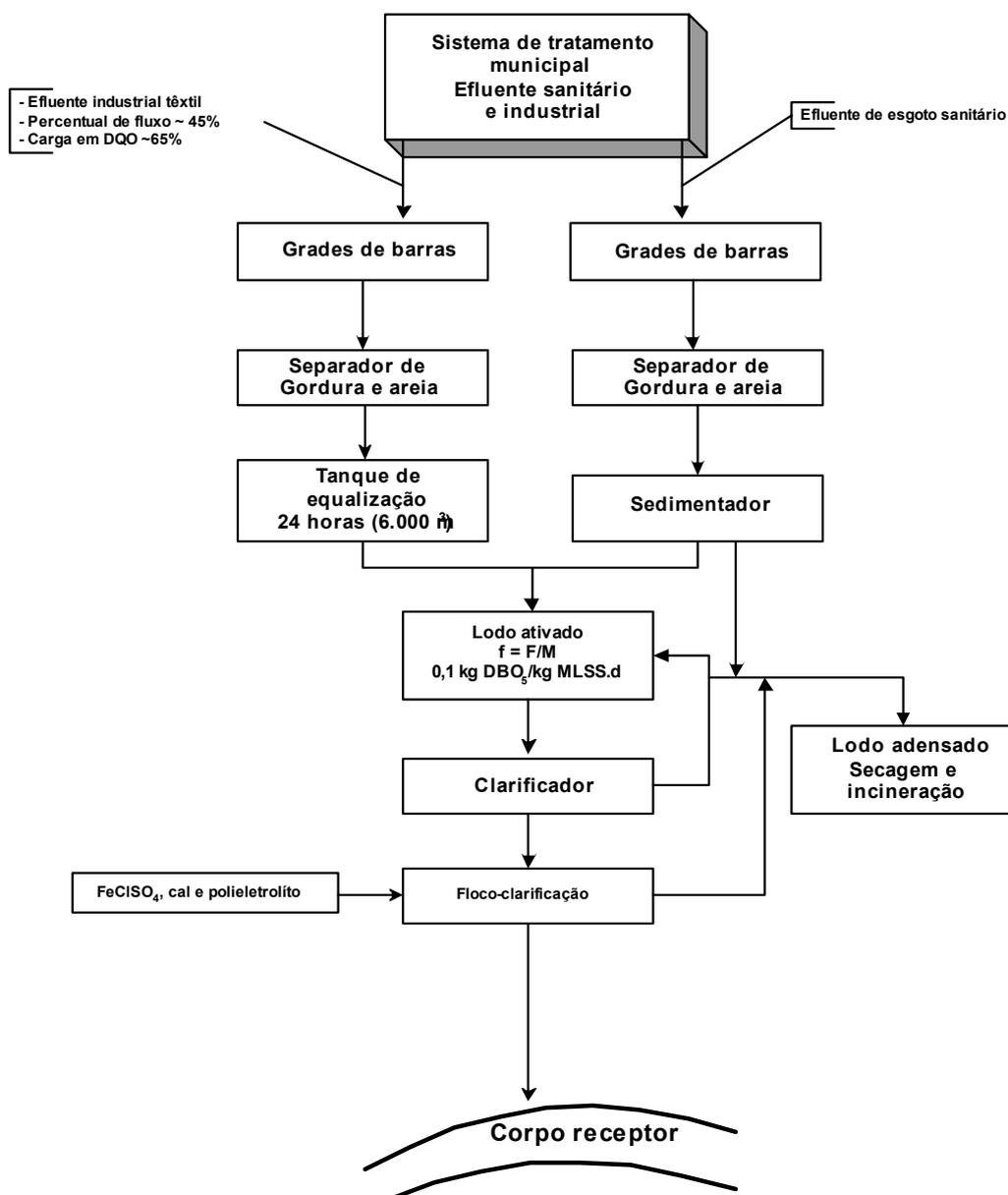


Figura 2.82 – Fluxograma do STET – Tratamento conjunto têxtil e sanitário
Fonte – Schönberger (1999 p.20)

A figura 2.83, a seguir, é uma planta de um STET, também localizada na Alemanha. É uma unidade de tratamento individual e utiliza algumas das tecnologias mais avançadas, como: neutralização com gases de combustão, tratamento biológico com biorreator, leito de adsorção de carvão ativo, filtração. O sistema recicla parte do despejo (aproximadamente 60%). O processo de reciclagem constitui-se de abrandamento por resina, filtração por osmose reversa e ozonização (Schönberger 1999).

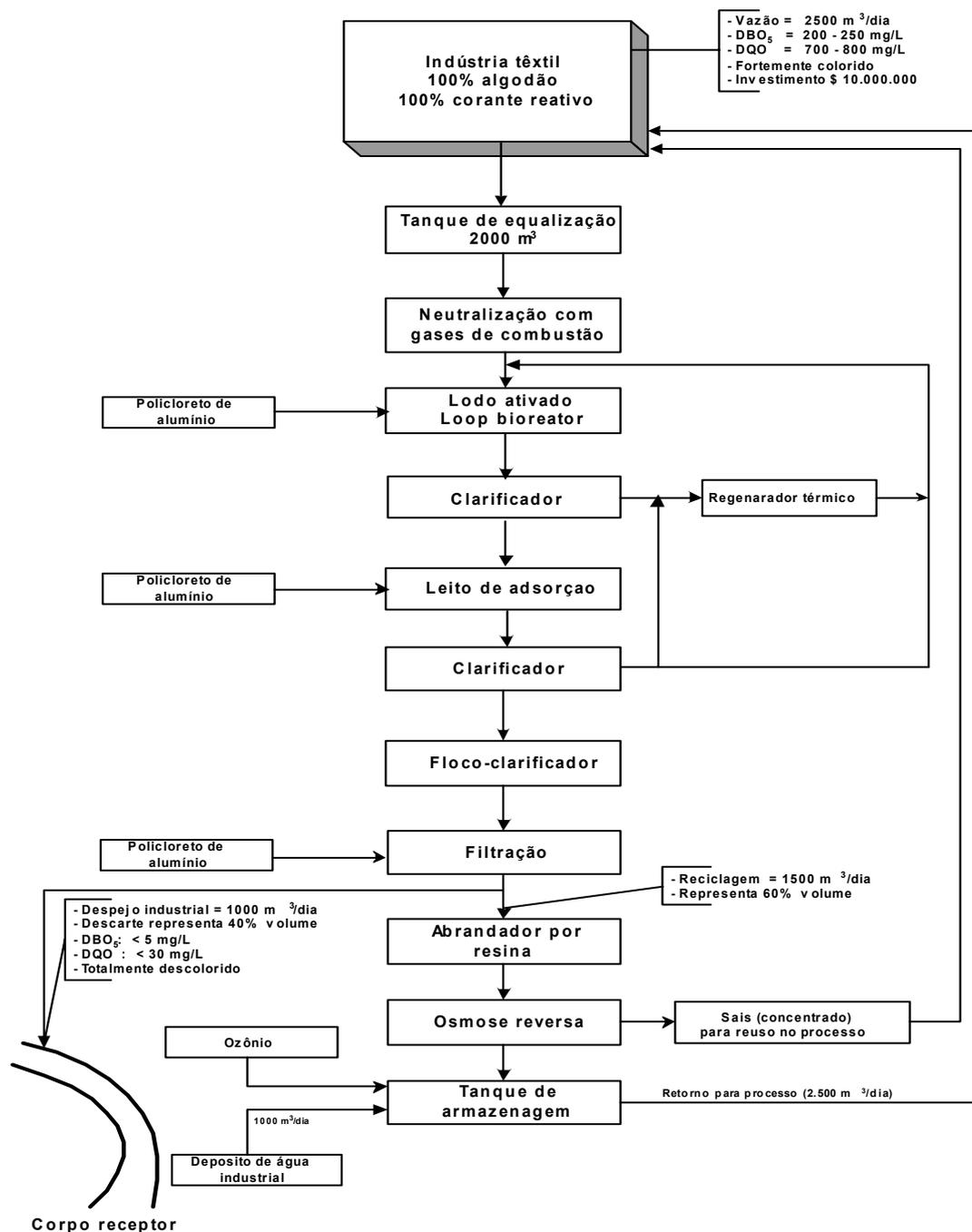


Figura 2.83 – Fluxograma de um STET – Utilização de tecnologias avançadas.
Fonte – Schönberger (1999 p.24)

A figura 2.84, a seguir, refere-se a um STET que trata tanto efluentes industriais (30 unidades) quanto sanitários. O sistema é constituído de um primário simples, um biológico com lodos ativados e desnitrificação, um terciário com remoção química de cor (uso de cloreto férrico) e polimento com adição de carvão ativo, e na última etapa, um filtro de areia. O sistema trabalha com um fator de carga (F/M) menor que 0,15kg DBO₅/kg MLSS.dia e o autor considera boa a eficiência de remoção de DBO₅ (IPPC 2002).

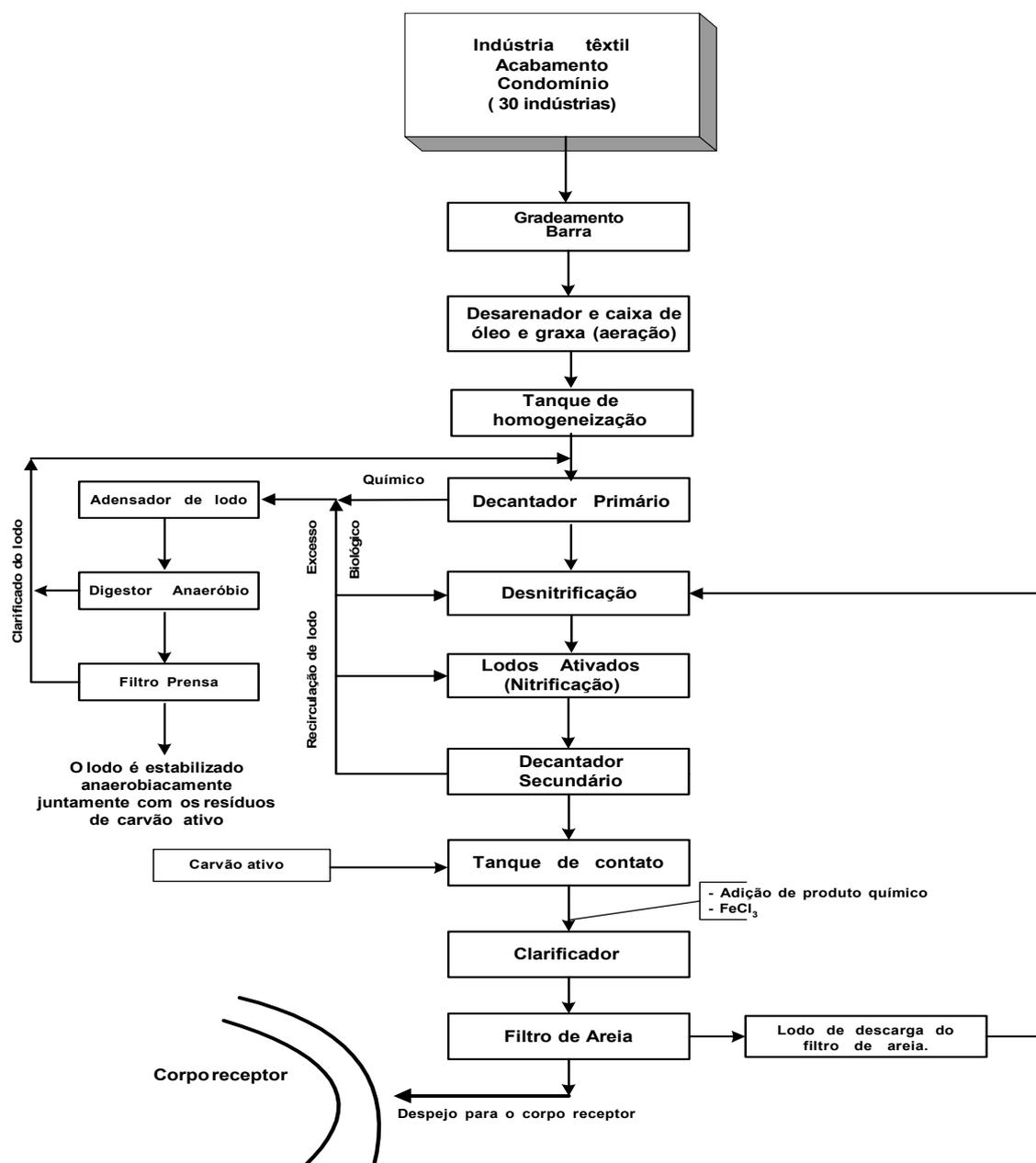


Figura 2.84 – Fluxograma STET – Efluentes têxteis e sanitários - Condomínio
Fonte – IPPC (2002 p.285)

A figura 2.85 mostra o fluxograma do STET em uma grande indústria têxtil (100 % algodão). Tratamento de lodos ativados com aeração prolongada, ou seja, tempo de retenção alto e fator de carga baixo. É citado que a remoção de carga e cor é de ótima qualidade (IPPC 2002).

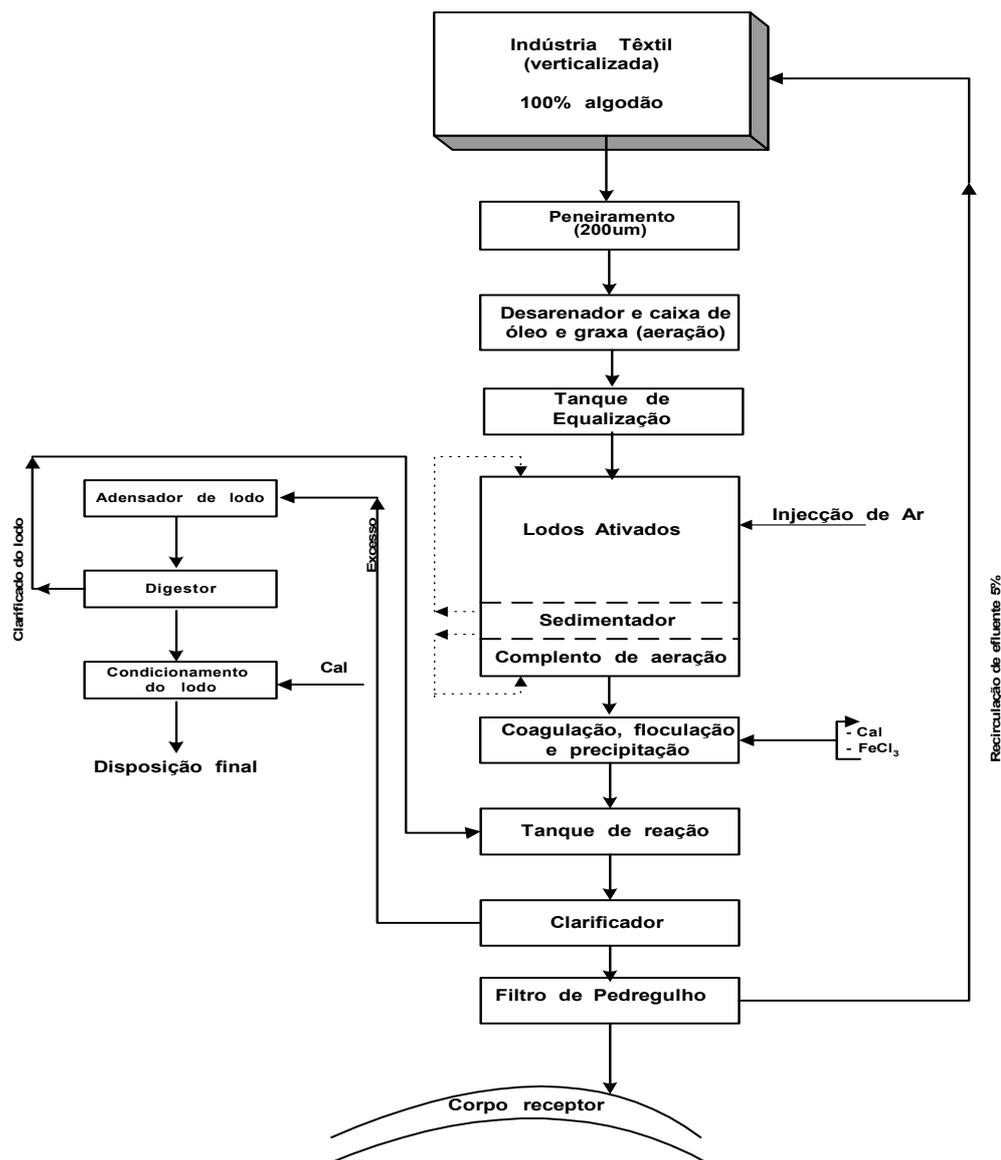


Figura 2.85 – Fluxograma STET – Efluentes têxteis e sanitários - Condomínio
Fonte – IPPC (2002 p.285)

A figura 2.86, a seguir, mostra um sistema que trata conjuntamente efluentes industriais e sanitários. Os efluentes têxteis e sanitários recebem pré-tratamentos diferenciados. O efluente têxtil chega à unidade já neutralizado e homogeneizado; daí é submetido primeiramente a um tratamento biológico de lodos ativados de alta carga (1,1 Kg DBO₅/Kg MLSS.dia) para, na seqüência, ser ozonizado; somente depois disso é juntado ao efluente sanitário no tratamento biológico principal (aeração prolongada - 1,1 Kg DBO₅/Kg MLSS.dia). Após o biológico existe um tratamento terciário para remover a coloração através de floculação e filtração (IPPC. 2002)

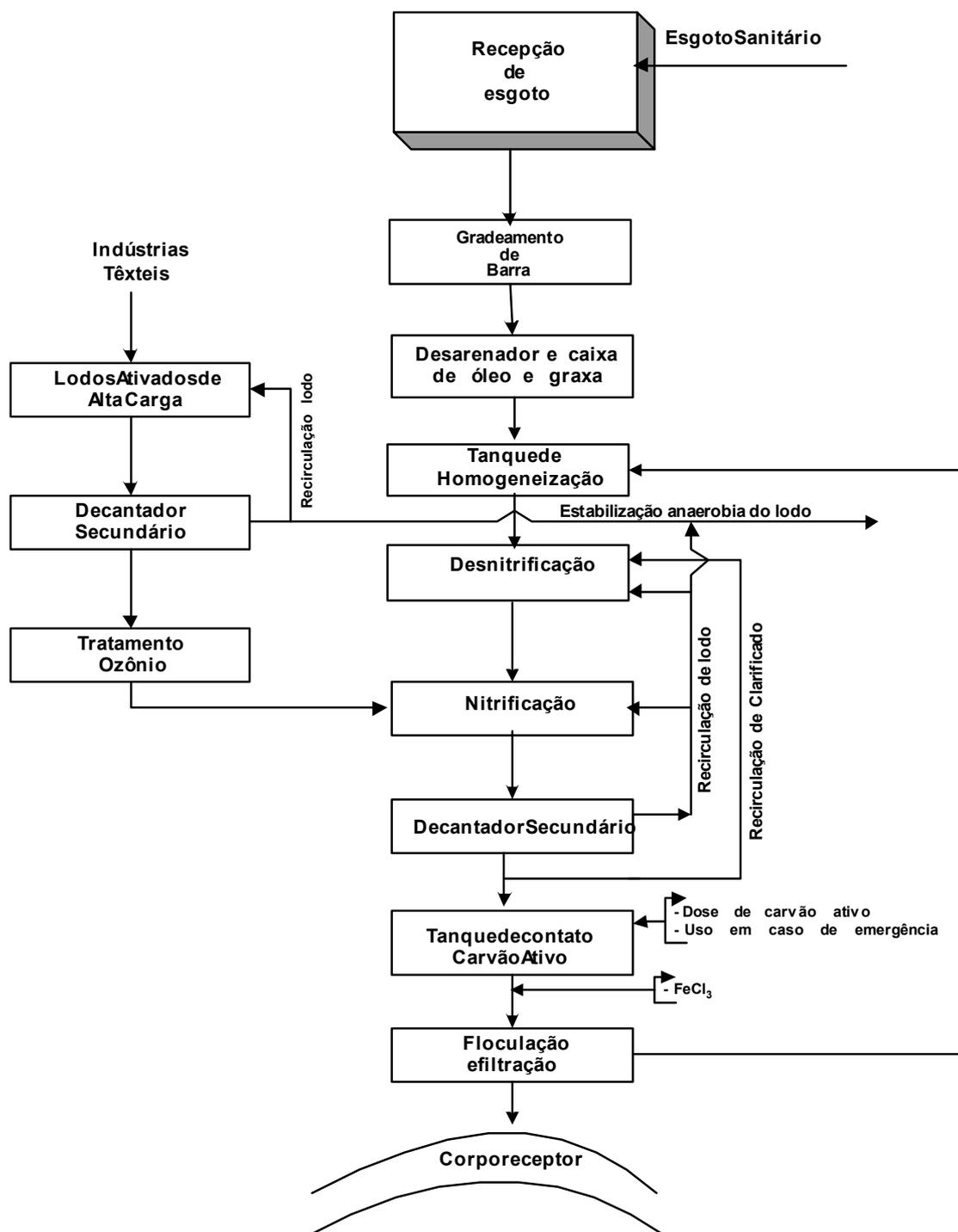


Figura 2.86 – Fluxograma STET – Efluentes têxteis e sanitários - Condomínio
 Fonte – IPPC (2002 p.286)

Como se percebe, os fluxogramas são muitos, mas em geral as concepções são muito similares, ficando a diferenciação em função de pequenos detalhes. O que se observa também é que os projetos da década de 1970 era simples e básicos e os do final do século, década de 1990, já apresentam diversas inovações tecnológicas.

“Um quilograma de prevenção vale mais do que uma tonelada de remédios”
Benjamin Franklin, (1706 - 1790).

Esta seção discorre sobre os aspectos metodológicos empregados para o desenvolvimento da pesquisa proposta neste trabalho. São definidas a forma e o desenvolvimento da pesquisa para que todos os objetivos propostos sejam atingidos. São analisadas as limitações e delimitações, tanto em relação aos dados quanto em relação aos resultados esperados, além da definição dos atores envolvidos no contexto da pesquisa.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1 Pesquisa - definição

A princípio, até pela formação tecnológica do autor deste trabalho, buscava-se uma solução específica e determinística quando da análise dos STETs; mas após o amadurecimento das idéias problematizadas no trabalho, passou-se a considerar que a resposta mais provável para o questionamento da pesquisa venha a ser um mesclado entre o racional tecnológico e o empírico dos projetos de STETs (envolvidos na pesquisa).

Para Goldenberg (1993), a pesquisa é um trabalho capaz de fazer avançar o conhecimento já existente, enquanto para Eco (1989 p.15), a pesquisa é “descobrir algo que ainda não foi dito”, e complementa sua definição com uma frase até curiosa: “A pesquisa é como o porco.....dela tudo se aproveita”. É importante salientar que essa é uma idéia muito otimista de pesquisa, e que se deve ter o bom-senso de extrair apenas o que é fidedigno, descartando os dados inconsistentes e falsídicos.

Para Tramontin (1994, p.21), pesquisar é:

"realizar um processo de investigação metódica e sistemática de um determinado campo ou domínio da realidade através de fundamentação teórica e levantamento rigoroso de dados empíricos, de modo a permitir uma teorização que resulte em ampliação do conhecimento".

Vários outros autores, como, por exemplo, Cervo & Bervian (1983), Ruiz (1982) e Araújo (1988), ressaltam a pesquisa como processo de investigação e um método científico de descoberta e geração de conhecimento contínuo.

Em resumo, pesquisar é uma atividade humana com o propósito de descobrir respostas às problematizações existentes. Isso somente é possível através da compreensão e da explicação dos fenômenos observáveis no universo e percebidos pelo homem. A pesquisa não deve buscar a acumulação de fatos (banco de dados), e sim, a compreensão dos fenômenos, que se dá mediante a geração de hipóteses para os problemas propostos.

Na presente pesquisa busca-se, através do pensamento sistêmico, analisar os fenômenos dinâmicos associados à concepção da seleção dos processos que compõem um dado STET. Para atingir os objetivos propostos adotou-se uma abordagem metodológica de pesquisa exploratória e explicativa.

3.2 Classificação da pesquisa

É importante fazer a classificação da pesquisa para que se possa ter a real dimensão do trabalho desenvolvido, além de conhecer os parâmetros que devem ser obtidos para se atingirem os objetivos do trabalho.

É perfeitamente compreensível que o tipo de pesquisa tenha influência na metodologia a ser aplicada, como também possa interferir no sistema de coleta e organização dos dados obtidos. Em alguns casos é possível que na coleta e organização dos dados se utilizem diversas e diferentes técnicas (Dehlinger & Produkt, 1999).

Recomenda-se o emprego de diversas técnicas de coleta como forma de validar os dados coletados; ou seja, a reprodução de valores aproximados, quando submetidos às diferentes técnicas, demonstra a confiabilidade dos dados. Neste trabalho, a fonte de dados está presente em um universo vasto e armazenado de forma caótica nas indústrias, com os pesquisadores e projetistas dos STETs.

Silva & Menezes (2001) propõem uma classificação sob quatro pontos de vista: quanto à natureza da pesquisa, à forma de abordagem do problema, aos objetivos e aos procedimentos técnicos. Do ponto de vista da natureza, a presente pesquisa pode ser definida como “aplicada”, pois gera conhecimentos de aplicação prática, que é a resolução dos problemas de seleção dos processos usados nos STETs com base na análise das experiências existentes. Quanto à forma de abordagem do problema, Silva & Menezes (2001) apresentam apenas duas opções: a pesquisa quantitativa e a qualitativa. Neste item de classificação nenhuma das opções satisfaz integralmente o enfoque da pesquisa, dado que a análise comparativa das tecnologias de tratamento possuirá tanto elementos quantitativos quanto qualitativos. Sendo assim, a pesquisa se enquadra nas duas alternativas, o que direciona a abordagem para uma classificação intermediária, que seria a de elemento “semiquantitativo”.

Também em relação aos objetivos a pesquisa se enquadra em duas classes; a de pesquisa “exploratória” e a de “explicativa”. É “exploratória” por envolver entrevista com atores (pessoas) que tiveram experiências práticas no cenário (caso); é também uma pesquisa explicativa, pois juntamente com a identificação dos fatores que influenciaram a seleção das tecnologias usadas nos STETs surgem as explicações a cerca das decisões.

Finalmente, quanto aos procedimentos técnicos, os enquadramentos são dois: pesquisa de “levantamento” e “*Ex-Post-Facto*”. O primeiro enfoque envolve a interpelação dos atores (conhecer as atitudes e os comportamentos), os quais serão avaliados e comparados em relação ao resultado final da seleção do processo nos STETs. No segundo enfoque, a classificação é do tipo “*Ex-Post-Facto*” e se deve ao fato de o experimento já ter sido realizado (projeto) e implementado (construído o STET) antes de a pesquisa ser iniciada.

Em resumo, chegou-se à seguinte classificação para a presente pesquisa: aplicada, semiquantitativa, exploratória, explicativa, de levantamento e *Ex-Post-Facto*.

3.3 Metodologia do trabalho

A metodologia tem sentido quando se relaciona com uma teoria que define a estrutura dos objetos analisados. Na análise do presente estudo busca-se utilizar os recursos da verbalização para interpretar e compreender o comportamento cognitivo dos projetistas, na seleção dos processos usados nos STETs, quando pressionado pelas empresas, órgãos ambientais e pela sociedade, especificamente quando da seleção do melhor projeto de STET para a obtenção da eficiência máxima do sistema.

Existem várias técnicas para eliciar o conhecimento de um perito (*expert*). A entrevista é uma das técnicas mais utilizadas no processo de eliciação do conhecimento de um indivíduo (Vergara & Santos, 1993). É fundamental que haja alguma forma de registro dos conhecimentos transmitidos pelo entrevistado e que estes sejam mantidos em lugares conhecidos e protegidos de qualquer dano. Assim a eliciação do conhecimento é o processo de obtenção e estruturação das informações na posse do *expert*. É uma tarefa que consome geralmente muito tempo e habilidade no trato das questões polêmicas (controvérsias) ou de caráter confidencial.

A pesquisa exploratória (baseada em entrevistas) apresenta quatro grandes dificuldades a serem transpostas. A primeira delas é identificar os atores (empresas, projetistas e demais envolvidos na macrogestão ambiental em questão) que apresentem potencial para fazer parte da amostra a ser pesquisada; na seqüência está o contato inicial e a solicitação da entrevista e o conseqüente aceite em participar da pesquisa. Estas etapas são dificultosas em função da maior ou menor abertura de cada ator na abordagem inicial. Considerando-se o aceite do ator em participar da pesquisa, a segunda grande dificuldade é obter a confiança do ator (do entrevistado). Para isso é necessário, primeiramente, expor com clareza os objetivos do trabalho, considerar, se necessário, o anonimato e convencer o ator de que a causa é nobre, além de que a sua participação é relevante para o sucesso da pesquisa. A valorização da pessoa (ator) através do interesse em seu desenvolvimento profissional e em sua capacidade individual de resolução dos problemas operacionais é uma estratégia que na maioria das vezes surte bom efeito

no processo de aquisição da confiança. A terceira dificuldade é evitar que o pesquisador, durante o processo de aquisição dos dados, venha a interferir e opinar sobre os problemas em questão. A última grande dificuldade é adequar o direcionamento do roteiro das questões dirigidas aos atores durante o processo de entrevista. Este redirecionamento do roteiro das questões, muitas vezes, surge em função de revelações (fatos, acontecimentos e experiências) que ocorrem durante o processo de entrevista e são inicialmente desconhecidas do pesquisador.

3.3.1 Aplicação do estudo de caso

Esta pesquisa também pode ser classificada como um “estudo de caso”, porque se enquadra no conceito desta modalidade de pesquisa, definida por Young (1960 p.58) da seguinte forma:

“ ...um conjunto de dados que descrevem uma fase ou a totalidade do processo social de uma unidade, em suas várias relações internas e nas suas fixações culturais, quer seja essa unidade uma pessoa, uma família, um profissional, uma instituição social, uma comunidade ou uma nação”.

Na presente pesquisa o estudo de caso se caracteriza por dois fatos. O primeiro: é que a abordagem se refere ao tratamento dos resíduos gerados especificamente por empresas do segmento têxtil; o segundo é que o tratamento é aplicado a um grupo de unidades fabris localizadas em pólos industriais específicos (Blumenau e Americana no Brasil, regiões do Minho e Covilhã em Portugal, além de Barcelona na Espanha). Estas duas situações geram uma forte conotação de “estudo de caso”, segundo a definição citada por Young (1960). Para Gil (1999), o estudo de caso favorece os procedimentos de coleta e análise de dados de uma dada pesquisa, porque nesta situação a tendência é a homogeneidade do perfil dos dados, o que, em tese, facilita a adoção de uma metodologia de obtenção das informações (dados).

3.3.2 Fontes de informações para o trabalho

Dentro de uma análise do cenário existente para a seleção dos processos a serem empregados nos STETs foram identificados 5 (cinco) atores de ações efetivas:

- a comunidade regional (no foco da poluição);
- a indústria têxtil geradora de poluição;
- os órgãos de responsabilidade ambiental;
- os projetistas envolvidos com STETs;
- os centros de pesquisa e pesquisadores científicos na área têxtil.

A comunidade regional, ou seja, a população residente nas proximidades dos focos de poluição, é a que sofre as principais conseqüências (águas contaminadas subterrâneas e superficiais, gases odoríferos e resíduos sólidos) da ação poluidora das indústrias. Sendo ela a sofrer as principais conseqüências da poluição, na maioria das vezes também é a primeira a esboçar algum tipo de reação contra esta agressão. Geralmente esboça a reação em grupos ou através de associações. Em relação a este ator, em geral buscou-se contato com organizações não-governamentais (ONGs) para detectar as ações da comunidade em reação à poluição gerada pelas indústrias têxteis especificamente.

Os processos úmidos têxteis são as fontes geradora de poluição, que é o foco da discussão deste trabalho, no qual se buscam as melhores alternativas de um STET para os cenários em questão. Desta forma, este cenário (indústria têxtil) é uma das principais fontes de informação para geração das análises dos STETs, pois foi e ainda é o grande campo de experimentação para o desenvolvimento das melhores tecnologias de tratamento dos resíduos dentro de um conjunto, ou seja, dentro de um sistema que conjugue a seqüência de processos para a melhor eficiência global.

Obter as informações dos projetistas de STETs com respeito às formas de decisão na hora de se definir um projeto de tratamento de resíduos talvez seja o ápice de toda a configuração da análise comparativa das tecnologias empregadas nos STETs. São estes os profissionais que têm a responsabilidade de definir o conjunto de processos de tratamento que levará o sistema à melhor eficiência global, ou ao melhor custo-benefício no tratamento da poluição gerada. Na verdade, o presente trabalho tem a pretensão de analisar as diversas possibilidades de seleção dos processos usados nos STETs que o projetista tem a sua disposição; por isso, as informações obtidas dos projetistas são significativas para o sucesso da análise que se pretende.

Nos órgãos ambientais buscam-se as informações com respeito à forma da aplicação das leis ambientais na fiscalização e liberação de licenças ambientais. Estes órgãos podem ser de origem municipal ou de instâncias superiores (estaduais ou federais), dependendo do organograma político de cada região em questão.

Os últimos atores são os centros de pesquisa e os pesquisadores (centros e/ou universidades) envolvidos com produtos têxteis. As informações a se obterem deles consistem em descobrir como é que se constrói (idealiza) uma pesquisa na área têxtil, principalmente as direcionadas ao tratamento dos resíduos. Além disso buscam-se outras informações, como fontes de financiamento, forma de interação entre empresas-centro de pesquisa (pesquisador) e a origem dos focos de pesquisa.

Os roteiros das entrevistas efetuadas ao longo desta pesquisa podem ser consultados no apêndice 11.6.

3.3.3 Forma de obtenção e registros das informações

Os dados que se buscam para alicerçar a análise comparativa entre as tecnologias de tratamento usadas nos STETs no Brasil e na Península Ibérica são muito subjetivos, haja vista que cada indústria têxtil está dentro de um contexto regional (social, político e técnico-ambiental), além de dispor das peculiaridades do processo produtivo. Assim, a principal forma de se obterem as informações desejadas é fazer uma visita ao local de interesse e posteriormente realizar entrevista com as pessoas conhecedoras do processo de tratamento e das questões históricas relacionadas aos temas em discussão.

A forma encontrada de obter e registrar as informações desejadas, foi através da realização de entrevista direta com as pessoas envolvidas – os atores - que se propuseram a colaborar na pesquisa. A entrevista segue um roteiro básico para cada tipo de ator; mas, qualquer nova revelação que venha a surgir durante a entrevista e seja desconhecida do pesquisador (entrevistador) pode gerar diversos outros questionamentos, não previstos no roteiro básico inicial.

As entrevistas são todas gravadas em fitas K-7 e posteriormente digitalizadas em arquivos MP3. A etapa posterior é a montagem de um banco de dados (base excel) com todas as informações relevantes extraídas de cada entrevista. Para cada entrevista existe uma planilha. Ela é preenchida com base nas respostas ao roteiro básico, mas também permite que sejam adicionadas as informações específicas e características de cada entrevista. As visitas também são registradas em fotos digitais. Os equipamentos e os processos em operação nos STETs foram fotografados e fazem parte do segundo banco de dados (banco de imagens). Neste segundo banco de dados cada imagem é relacionada com a indústria e com os processos de tratamento que integra.

Finalmente, para cada indústria que faz parte do estudo é montado o respectivo fluxograma do STET. Assim, juntamente com os fluxogramas obtidos na revisão bibliográfica, tem-se o terceiro banco de dados, que vincula o fluxograma do STET ao tipo de produtos têxteis fabricados e ao cenário em que se encontra a fonte de dados.

3.3.4 Critérios para seleção das fontes de informação

Estabelecer critérios de seleção das fontes de informação em uma pesquisa exploratória e de levantamento não é uma tarefa simples; até porque, como o nome já o diz, é uma questão “exploratória”, ou seja, aquilo que está se explorando é, em princípio, desconhecido. Por exemplo, identificar as indústrias têxteis geradoras de resíduos que, de alguma forma, ao longo de sua existência, tenham vivenciado com responsabilidade experiências de controle ambiental capazes de contribuir para a análise comparativa de tecnologias já utilizadas. Não existe pronto um catálogo, um roteiro ou mesmo uma metodologia para a execução desta identificação, de forma a se encontrarem os atores ideais para fazerem parte da pesquisa.

Poder-se-ia dizer que para a situação acima foi adotada uma metodologia de seleção subjetiva; ou seja, foram definidas algumas condições de campo e critérios de enquadramento. Caso a indústria têxtil geradora de resíduos atenda às condições e a um dos enquadramentos, poderia tornar-se um dos elementos da amostra da pesquisa. As condições de campo são as seguintes;

- o cenário de atuação dos atores deve estar restrito a uma dada região de pólo têxtil;
- o cenário deve ter uma política de preservação ambiental já definida e regida por leis e normas ambientais e,
- a indústria têxtil deve apresentar ou ter demonstrado responsabilidade ambiental.

Satisfeitas as condições de campo, é necessário ainda que a indústria têxtil atenda a um dos enquadramentos a seguir:

- apresentar um histórico de controle ambiental de mais de 15 anos;
- ter participado em algum fato relevante que tenha contribuído ou servido de exemplo para o controle e preservação ambiental no âmbito têxtil;
- dispor de alguma tecnologia de tratamento de resíduos considerada avançada ou não-convencional;
- ser uma indústria certificada ambientalmente pela ISO 14000 e suas séries, ou ainda, certificada pela EMAS;
- a indústria ter participado, em parceria com instituições de pesquisa, em algum projeto de relevância no controle de poluição ambiental aplicado aos resíduos têxteis; e,
- ser considerada uma grande indústria têxtil dentro do cenário em questão.

A identificação das indústrias que poderão fazer parte da amostra é um trabalho também subjetivo, pois pode ocorrer de diversas formas: através de uma relação de indústrias têxteis ou de alguma associação industrial, pela indicação de algum pesquisador, pela lista de indústrias certificadas, pela citação em algum artigo científico, pela indicação de algum órgão ambiental, pela citação em alguma revista da área têxtil, por ter se destacado em ações de controle de poluição ou pela citação de algum projetista de STET. Como se pode perceber, o trabalho da montagem da amostra é lento e necessita de investigação em diversas áreas. Do início até o momento da copilação final dos resultados novos dados poderão ser adicionados na amostra.

O número de elementos (indústria) da amostra pode ser variável, pois a quantidade está em função da diversidade apresentada pelas indústrias em relação aos critérios de enquadramento; mas, em geral, cada cenário pode gerar amostras com no mínimo 3 (três) e no máximo 15 (quinze) indústrias.

Da mesma forma, identificar os projetistas ou empresas de projetos envolvidos com STET também não é uma tarefa simples. As primeiras referências são obtidas junto às indústrias têxteis previamente selecionadas para a primeira etapa da pesquisa. O que dificulta em parte a identificação dos projetistas é que em muitos dos casos a indústria acaba executando o STET com diversos contratados; ou seja, executa-se em parte o STET e, conforme a etapa em desenvolvimento, é contratado um determinado profissional ou empresa de projetos. Em geral, não existem muitos profissionais ou empresas especializados em STETs, logo os elementos que compõem a amostra não são muitos, ficando entre 3 (três) e 5 (cinco) elementos para cada cenário estudado.

A identificação dos responsáveis pelos órgãos ambientais (controle e fiscalização) é uma tarefa muito mais simples. Através dos órgãos públicos municipais ou de esferas superiores eles são facilmente identificados e contactados. Também por meio das indústrias é possível saber qual o órgão ambiental que tem uma atuação mais marcante ou rígida.

Localizar as ONGs também não é uma tarefa muito difícil. Mediante informações das indústrias e dos órgãos ambientais é perfeitamente possível identificar as associações ou organizações de defesa do meio ambiente atuantes no cenário em estudo. Em geral o número destas organizações é pequeno, dificilmente elas passam de duas por cenário.

Quanto aos centros de pesquisa envolvidos com o segmento têxtil, também é muito fácil eles serem identificados. Comumente são instituições amplamente conhecidas no segmento industrial. Já em relação aos pesquisadores científicos envolvidos com pesquisa na área de tratamento de resíduos têxteis, tem-se certa dificuldade em fazer a sua identificação. Os que desenvolvem trabalhos dentro dos centros de pesquisa são até relativamente fáceis de serem encontrados.

Por sua vez, os pesquisadores universitários apresentam duas situações distintas. A primeira refere-se a pesquisadores das universidades brasileiras. Em geral, eles desenvolvem pesquisas ambientais nas diversas áreas industriais, sendo até possível dizer que é raro encontrar um pesquisador universitário dedicado exclusivamente aos problemas ambientais têxteis. Isso ocorre em função de o ensino superior brasileiro na área têxtil ser pouco desenvolvido, ou seja, existem apenas quatro cursos de graduação e nenhum de pós-graduação. A outra situação ocorre nos países com tradição no ensino têxtil (existem os cursos de graduação e pós-graduação): nesses países é relativamente fácil o desenvolvimento de pesquisas ambientais, assim se encontram com relativa facilidade pesquisadores dedicados quase exclusivamente aos problemas ambientais têxteis.

O número de elementos da amostra referente aos centros de pesquisa ou pesquisadores envolvidos com os problemas ambientais têxteis é restrito; em geral está entre 1 e 2 elementos por cenário.

3.3.5 Forma de designação dos atores no contexto da pesquisa

A princípio todos os atores são relacionados dentro dos seus respectivos cenários, na seqüência cada ator recebe uma designação (código), em que apenas o pesquisador é conhecedor da relação de designação (ator – código de identificação).

O código é composto de 3 (três) letras e uma seqüência numérica. Por exemplo, a citação de uma indústria localizada no Brasil, pólo têxtil de Blumenau, poderia ter a seguinte designação: IBB04. Ou seja:

- 1ª letra representa o ator (I) – indicar ser uma indústria têxtil;
- 2ª letra representa o país (B) – indicar ser do Brasil a indústria;
- 3ª letra representa o pólo têxtil (B) – indicar ser Blumenau a cidade,
- a seqüência numérica é aleatória.

Desta forma, tanto os atores quanto o pesquisador (autor) têm toda a liberdade de fazer os comentários que julgarem oportunos, sem se preocupar em constranger qualquer uma das partes pela citação dos nomes reais dos envolvidas na pesquisa.

3.3.6 Receptividade para aplicação das entrevistas

Depois de realizado o trabalho de identificação e seleção dos elementos (atores) que apresentam potencial para participar da pesquisa, inicia-se a etapa de abordagem e consolidação dos elementos como participantes efetivos da amostra. Esta fase inicial pode-se considerar como uma das mais tensas, porque a princípio não se conhece nem a pessoa que possui o poder de autorizar a participação do ator na pesquisa, tanto menos a pessoa que representará o ator na entrevista.

Em muitas das situações, quem autoriza também é quem representará o ator; assim, o segundo passo é fazer a identificação dessas pessoas. Na maioria das vezes, com uma simples solicitação de informação ao ator em questão pode-se ter a resposta desejada; mas também pode haver sérias dificuldades para obter essa pequena informação. Tudo depende do grau de conscientização ambiental e de colaboração do candidato a ator do cenário.

Outra questão é a forma de se fazer o contato. Em alguns casos, através de um simples *e-mail* é possível obter a resposta positiva para a solicitação; já em outros casos é necessário um contato mais pessoal, por exemplo, através de uma ligação telefônica ou até mesmo de uma visita pessoal.

É previsível que, por mais que se detalhem os objetivos da pesquisa e se especifiquem as informações que a pesquisa busca obter, muitas vezes as pessoas contactadas não entendem perfeitamente as intenções do pesquisador. Neste caso é necessário uma abordagem mais lenta e a utilização de uma argumentação mais elaborada para o convencimento do ator a participar da pesquisa.

Em geral, os órgãos ambientais, as ONGs, os centros de pesquisa e os pesquisadores se prontificam muito rapidamente a colaborar com a pesquisa. As dificuldades são maiores com as indústrias e principalmente com os projetistas. A dificuldade nas indústrias se deve ao fato de o STET não estar muitas vezes em perfeito funcionamento; e em relação aos projetistas talvez seja devida à competitividade que há no setor.

“Sabemos que a terra não pertence ao homem;
o homem sim, é que pertence à terra.”
Cacique indígena Seattle (1854)

Esta seção apresenta o perfil e as características de todos os atores (indústrias, órgãos ambientais federais, estaduais e municipais, projetistas e pesquisadores) e cenários (pólos têxteis e a região de influencia) para os quais a pesquisa é direcionada.

4 CENÁRIOS E ATORES

Conforme mencionado no item 3.3.4, os cenários da pesquisa foram escolhidos em função da sua representatividade no contexto industrial têxtil do país. No Brasil foram escolhidos os pólos de Americana (SP) e Blumenau (SC). Em Portugal os pólos foram os do Minho (Vale do Ave) e Covilhã (Serra da Estrela), e na Espanha, a região da Catalunha (Barcelona). Quanto aos atores, estes deveriam atender aos critérios estabelecidos no item 3.3.4.

4.1. Brasil – pólo têxtil de Americana (SP)

A cidade de Americana está localizada na Região Leste do Estado de São Paulo, a 124Km da capital, e tem uma população de aproximadamente 200.000 habitantes. A figura 4.01 mostra a localização da cidade de Americana no contexto brasileiro.

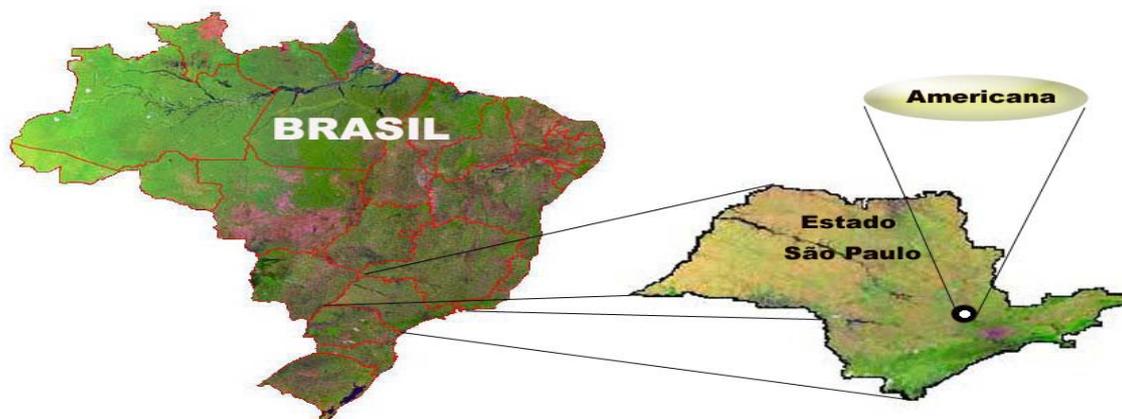


Figura 4.01 – Mapa da localização da cidade de Americana – São Paulo
Fonte: Montagem primária a partir de foto da Embrapa (2003)

A cidade é fruto da colonização de norte-americanos provenientes da cidade vizinha de Santa Bárbara D'Oeste, a qual estabeleceu na região o cultivo do algodão em pluma. Também foi colonizada por italianos e alemães. Foi fundada em 27 de agosto de 1875, e é deste ano também a inauguração da primeira fábrica de tecidos, chamada Carioba (em tupi-guarani significa “pano branco”). Foi a segunda maior indústria têxtil do Brasil. Essa empresa é considerada o berço da industrialização de Americana (Garcia, 1996). O local onde foi construída a fábrica posteriormente tornou-se um parque industrial têxtil e por muitas décadas (até 1940) foi o principal centro de atividade têxtil de Americana. A partir da década de 1930, com o advento das fibras artificiais e sintéticas, a cidade passou a ser conhecida como a Capital do *Rayon* e um dos mais importantes pólos têxteis do Brasil e da América Latina. (PMA, 2002).

Fazem parte do pólo têxtil de Americana as indústrias das cidades de Nova Odessa, Santa Barba D'Oeste e Sumaré, que juntas aglutinam cerca de 725 tecelagens, 05 fiações, sendo 02 de fibras naturais (algodão) e 03 de fibras artificiais e sintéticas, além de 50 indústrias de acabamento de tecidos (tinturarias e estamparias). Esse complexo industrial empregava efetivamente, no início de 2001, cerca de 17.124 colaboradores de forma direta (Andrade *et al.*, 2001). As matérias-primas básicas geradas ou manipuladas no pólo têxtil de Americana são os seguintes: fibras naturais (algodão, linho, seda e rami), fibras artificiais (rayon acetato, rayon viscose e fioco) e as fibras sintéticas (*náilon*, poliéster e elastano), enquanto os produtos finais são os seguintes: tecidos de algodão, linho, rami, brim, índigo, tecidos para camisaria, vestuário, cama, mesa, decoração, tapeçaria, *sport (tactel)*, *náilon*, poliéster, lona para painel, fitas para etiquetas, enfeites e viés, fitas para máquinas de escrever e impressoras, tecidos dublados para malas, bolsas, calçados e tênis, tecidos industriais e cirúrgico-hospitalares e para outras diversas aplicações. Em 2002 foram produzidos em média 155 milhões de metros lineares de tecido de plano por mês. Assim, a região de Americana é responsável por 85% da produção nacional de tecidos planos de fibras artificiais e sintéticas, por essa razão, é considerado o “maior pólo têxtil de tecidos planos de fibras artificiais e sintéticas da América Latina” (Sinditec, 2003).

4.1.1 Ações ambientais - Americana (SP)

A região de Americana é conhecida nacionalmente pelo pioneirismo na implantação do Comitê da bacia hidrográfica do rio Piracicaba que ocorreu em 18/11/1993. Foi o primeiro comitê de bacia criado no país, mas existem registros que desde meados da década de 1970 já havia grande preocupação ambiental com a bacia do rio Piracicaba. Assim, o Comitê da Bacia do Rio Piracicaba se tornou referência para a implantação de muitos outros comitês no país (MMA 2004). A figura 4.02 é uma foto do rio Piracicaba, do ano 2003, no qual se apresenta visualmente com um bom aspecto.

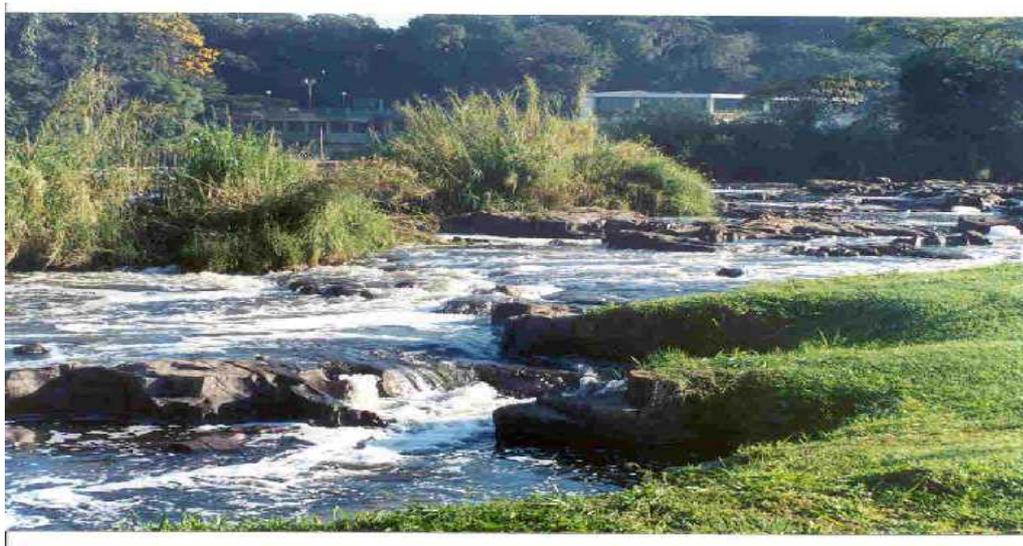


Figura 4.02 – Foto: o rio Piracicaba, nas proximidades de Piracicaba
Fonte: Razera (2003)

A Prefeitura Municipal de Americana dispõe de uma Secretaria de Meio Ambiente, que possui diversos projetos ambientais em desenvolvimento, como, por exemplo (PMA 2004):

- Adote uma praça – procura colaboradores para a conservação das praças;
- Americana Saudável – desenvolve programas de educação ambiental;
- Parques Ambientais – conservação dos parques;
- VerdeVIVO – busca aumentar a área verde da cidade;
- Voluntário Ambiental – capacitação de cidadãos - colaboradores ambientais;
- Museu da água e energia – preservação da memória ambiental.

A Secretária do Meio Ambiente busca colaborar com a Cetesb no processo de conscientização ambiental dos poluidores, além de agir na fiscalização e monitoramento ambiental (PMA 2004).

Na área ambiental têxtil a região se destacou pela construção de uma ETE (trata efluentes têxteis e sanitários), consorciada em 1994, chamada Quilombo, que foi projetada para tratar 2.200 m³/hora, ou seja, 52.800 m³/dia (cinquenta e dois milhões e oitocentos mil litros por dia), sendo possível com esse volume de água processar em média 350 toneladas de produtos têxteis por dia, e assim, atender cerca de 80% de todo o volume de efluentes líquidos gerado no complexo industrial têxtil de Americana (Cerqueira 1999).

4.1.2 Cetesb – Pólo têxtil de Americana (SP)

A Cetesb - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - é a agência do Governo do Estado de São Paulo responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição, com a preocupação fundamental de preservar e recuperar a qualidade das águas, do ar e do solo, e foi criada em 24 de julho de 1968. A Cetesb é um dos 16 centros de referência da Organização das Nações Unidas - ONU para questões ambientais, Tornou-se, também, uma das cinco instituições mundiais da Organização Mundial de Saúde - OMS para questões de abastecimento de água e saneamento, além de órgão de referência e consultoria do Programa da ONU para o Desenvolvimento em relação às questões ligadas a resíduos perigosos na América Latina (Cetesb 2003c).

Desde maio de 2002 as empresas da região de Americana fazem parte do Programa "Produção Mais Limpa", desenvolvido pela Cetesb para, através de novas tecnologias, novas plantas industriais e outras medidas, desenvolver processos produtivos com o menor impacto possível sobre o ambiente. O senhor Paulo Scaff, presidente da ABIT, quando do lançamento do citado programa, enfatizou "...não há governo que consiga manter o ambiente limpo, se a sociedade não participar". Mostrou-se otimista quanto à adesão das empresas têxteis a este programa, que visa à minimização dos impactos ambientais provocados pela atividade têxtil (Serenza, 2002).

Assim se percebe existirem ações que envolvem as empresas e os órgãos ambientais (estaduais e municipais) com objetivos específicos de minimizar os impactos ambientais e melhorar a qualidade de vida da sociedade inserida dentro deste contexto socioindustrial. No item 2.3.4 foram amplamente detalhados os programas de minimização de resíduos desenvolvidos pela Cetesb e em que o segmento têxtil está envolvido diretamente.

4.1.3 STETs - Pólo têxtil de Americana (SP)

Na região de Americana foram selecionadas 5 unidades para a aplicação da pesquisa. Estas 5 unidades caracterizam todo o perfil histórico da implantação dos STETs na região, além de envolverem algumas indústrias cadastradas no programa de minimização de resíduos P²/PL desenvolvido pela Cetesb.

4.1.3.1 Santista Têxtil S/A - (Americana – SP)

A Santista Têxtil, única multinacional brasileira do setor, é a maior exportadora do país de brins e de denim, tendo como principais mercados os Estados Unidos e países sul-americanos. A companhia é uma das cinco maiores produtoras de tecidos denim do mundo e também a maior exportadora de têxteis do Chile e da Argentina, países onde tem fábricas. Nasceu da fusão de duas tradicionalíssimas indústrias têxteis do Brasil: a São Paulo Alpargatas (Divisão Tecidos), fundada em 1907, e a Santista Têxtil, em operação desde 1929 (Santista 2004).

A empresa possui oito fábricas - cinco no Brasil, uma no Chile e duas na Argentina -, que empregam cerca de 5.000 pessoas. No Brasil, elas funcionam no Estado de São Paulo, em Americana e Tatuí; em Pernambuco, em Paulista; e em Sergipe, em Nossa Senhora do Socorro e em Aracaju. A unidade fabril Paulista, em Pernambuco, tornou-se a primeira do setor têxtil no país a contar com o chamado Sistema de Gestão Integrado – possuindo as três principais certificações disponíveis: ISO 9001/2000, ISO 14001 e agora a OHSAS 18001, que assegura o respeito às severas normas de saúde e segurança do trabalhador (*op. cit.*). A unidade fabril que está sendo pesquisada neste trabalho é a de Americana

A empresa, que tem como principais valores a “responsabilidade social” e a constante preocupação com o “meio ambiente”, gera o bem-estar e o desenvolvimento das comunidades onde atua (*op. cit.*).

Em relação à política ambiental, o Diretor Presidente da Companhia, Sr. Herbert Schmid, faz questão de relacionar e assumir publicamente, através do *site* e dos documentos da empresa, os compromissos com a preservação do ambiente, que são os seguintes:

- reconhecer a Gestão Ambiental como prioridade em todas as suas atividades, produtos e serviços;
- buscar o aperfeiçoamento de seus processos de forma contínua, visando à melhoria constante do desempenho ambiental e à prevenção da poluição;
- observar a legislação ambiental vigente e manter atualizada a documentação,
- manter diálogo aberto com as autoridades locais, comunidades, seus clientes e fornecedores, buscando a troca de informações para questões ambientais.

A Santista têxtil implantou seu primeiro STET no final da década de 1970, através de estudos desenvolvidos pela empresa Neotex – Soluções Ambientais. A partir desta data foram diversas as etapas de aprimoramento e desenvolvimento, as quais estão descritas no capítulo 5, como resultados da pesquisa.

Através de entrevista com o engenheiro elétrico e especialista em ambiente Sr. Luís Antônio Furquim da Silva, colaborador da Santista Têxtil, há muitos anos, foram obtidos os dados históricos e operacionais do STET.

4.1.3.2 Canatiba Têxtil (Santa Bárbara D'Oeste – SP)

A Canatiba é hoje um dos expoentes no segmento têxtil, pois é uma das empresas líderes no setor de denim, atendendo tanto o mercado interno como diversos países da América Latina, a Inglaterra, a Espanha, a Itália e Portugal. Possui três unidades fabris na região de Americana, as quais produzem 44 milhões de metros lineares de denim, a segunda maior produção do país (Canatiba 2004).

A empresa nasceu em meados da década de 1980, como uma pequena tecelagem, para ao longo dos últimos vinte anos se transformar em uma das maiores empresas do segmento têxtil do Brasil. Este crescimento sempre esteve e sempre está associado à responsabilidade social e ambiente; tanto que no início da década de 1990 implantou um STET dos mais modernos para a época, com o propósito de devolver a água em perfeitas condições ao corpo receptor (*op. Cit.*).

O STET foi desenvolvido pela empresa de projetos “Neotex – soluções ambientais”, assim como o *upgrade* da estação, conforme será descrito no capítulo 5.

No processo de entrevista a empresa foi representada pelos senhores José Maria Fort (7 anos de empresa) e Lídio Correia de Lima (16 anos de empresa), respectivamente, gerente industrial e responsável pelo STET.

4.1.3.3 Companhia Jauense de Tecidos (Jaú – SP)

Localizada na cidade de Jaú-SP, foi fundada em 1948, e quando da pesquisa (2003), era uma das principais indústrias têxteis da América do Sul. Tinha uma área total de 500.000m², sendo 135.000m² de área construída, às margens do rio Jaú. Em geral, procura oferecer aos seus clientes tecidos inovadores, desenvolvidos a partir de intensa pesquisa de tendências e estilos no contexto da moda. Os tecidos são 100% algodão e mistos com Poliamida, Lyocell e Elastano. Eles são usados em calças, jaquetas e saias com etiquetas de grandes marcas nacionais e internacionais. A fábrica também produz juta para sacos de café e lona para proteger as cargas dos caminhões. Os produtos Jauense são exportados para os Estados Unidos, Canadá, Europa, América Latina e Oriente Médio (Cia Jauense 2003).

A política de qualidade e ambiente da jauense tem os seguintes princípios:

- estimular o desenvolvimento humano, propiciar condições de crescimento com sensibilização ambiental;
- atender aos requisitos de produtos e processos, buscando a melhoria contínua de sua eficácia;
- buscar criatividade, flexibilidade e agilidade do processo e soluções com prevenção da poluição.

O STET da Cia. Jauense foi implantado no início da década de 1980, pela empresa de projetos ambientais *Degrémont* (origem francesa). Ao longo dos últimos 20 anos, o STET passou por poucas alterações.

O entrevistado foi engenheiro Roberval Ângelo Castro Mazullo, que trabalha na empresa desde 1996. É o responsável por todas as questões ambientais envolvidas na indústria.

4.1.3.4 Cermatex (Santa Bárbara D'Oeste – SP)

A Cermatex – Indústria de Tecidos Ltda. atualmente produz aproximadamente 15 milhões de metros lineares de tecidos especiais por ano, para as indústrias brasileiras em geral. São tecidos abrasivos, lonas para correias e pneus, além de tecidos para hospitais e calçados em geral. Está localizada no parque industrial da cidade de Santa Bárbara D'Oeste, região circunvizinha de Americana.

Há cerca de três anos, a empresa desenvolveu parceria com a Cetesb para implantação do programa de Prevenção à Poluição P² (programa comentado no item 2.3.4 pg. 118), com o objetivo de garantir o desenvolvimento econômico e sustentado da empresa, reorientando os padrões de produção e consumo de matérias-primas, através de abordagem preventiva em relação aos problemas ambientais.

O entrevistado foi o gerente da tinturaria e acabamento e também responsável por todas as questões ambientais, o químico Martim Godolim Junior, que é colaborador na empresa desde 1985, ou seja, aproximadamente 20 anos.

4.2. Brasil – pólo têxtil de Blumenau (SC)

A cidade de Blumenau está localizada na Região Nordeste do Estado de Santa Catarina, a 148Km de Florianópolis (capital). Fundada em 1848 por imigrantes alemães, a cidade possui uma economia dinâmica, na qual está inserido o maior pólo têxtil da América Latina, que é o do Vale do Itajaí – Santa Catarina.



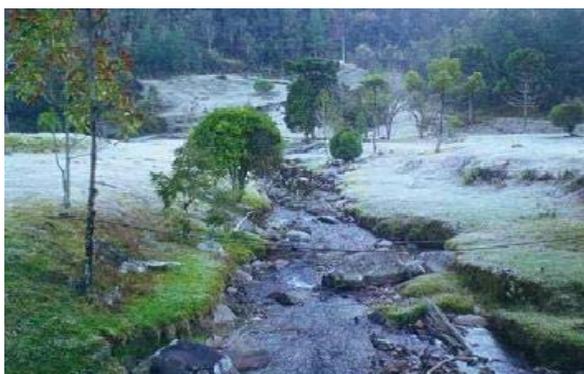
Figura 4.03 – Mapa da localização da cidade de Blumenau – Santa Catarina
Fonte: Montagem primária a partir de foto da Embrapa (2003)

A história da indústria têxtil em Blumenau se confunde com a própria história da cidade, pois as primeiras unidades industriais têxteis datam de 1878 e 1882, com a fundação das indústrias Cia. Hering e Karsten S/A respectivamente. Blumenau, no Vale do Itajaí, é a capital do pólo têxtil catarinense, tido como o segundo maior do mundo, com mais de 120 grandes empresas e um total de 339 unidades.

A atividade, porém não é monopólio apenas de Blumenau. Outras cidades, como Brusque, Jaraguá do Sul e Criciúma, esta última no Sul catarinense, também têm indústrias do ramo. No total são mais de 4.500 empresas, empregando 86.000 funcionários (140.000 antes da reengenharia iniciada no início da década de 1990). Os últimos anos têm sido sofríveis, em termos de desempenho econômico. Houve muita redução de postos de trabalho, devido principalmente à transferência de unidades fabris para outras regiões do país em que os incentivos fiscais e estruturais são maiores que no vale do Itajaí. Não obstante, a partir do século XXI a atividade começou a apresentar uma recuperação e até mesmo uma expansão, com as exportações em 11% e o ICMS 6,7% do volume gerado no Estado. Em 2004, estima-se um movimento financeiro de cerca de 230 milhões de dólares que estão sendo investidos pelas tecelagens e malharias (Sintex 2004).

4.2.1 Ações ambientais - Blumenau (SC)

A principal ação ambiental desenvolvida pelo município de Blumenau começou em 1977, com a criação da Faema – Fundação Municipal do Meio Ambiente. Por sua atuação a Faema, ao longo desses anos, tem influenciado outros municípios a criar seus órgãos de defesa do meio ambiente, bem como incentivado a implementação de uma política de gestão ambiental para toda a região. O trabalho de fiscalização e conscientização ambiental junto às empresas também apresentou bons resultados, pois na região algumas indústrias têxteis melhoraram tanto os seus STETs que chegaram à certificação ISO 14001. As ações ambientais desenvolvidas na região visam preservar o rio Itajaí-açu e sua bacia. A figura 4.04 mostra uma montagem de dois instantes do rio Itajaí-açu.



Nascente do rio Itajaí-açu



Rio Itajaí-açu na passagem pelo centro Blumenau-Sc

Figura 4.04 – Fotos do rio Itajaí-açu - STETs - IBA-02

Fonte: Foto da nascente – Site vistaimagem (02/2003); Foto do centro de Blumenau – Fonte primária

4.2.2 Órgãos ambientais – Pólo têxtil de Blumenau (SC)

A Fundação do Meio Ambiente – FATMA, criada em 1975, é o órgão responsável pelo ambiente no Estado de Santa Catarina. Está dividida em 8 unidades regionais, entre elas a Regional do Vale do Itajaí, com sede em Blumenau. A missão do órgão é garantir a preservação dos recursos naturais, através de fiscalização, emissão de licenciamento ambiental, programa de prevenção de acidentes com cargas perigosas, geoprocessamento, estudos e pesquisas ambientais, além da determinação da balneabilidade das águas do Estado, em parceria com os órgãos ambientais municipais e a Polícia Ambiental (FATMA, 2004).

As informações referentes às atividades da Fatma na regional de Blumenau foram repassadas pela engenheira química Luzia Scardueli Veira, técnica em controle ambiental desde 1985, que quando da entrevista era a chefe da fiscalização e licenciamento ambiental da regional da Fatma em Blumenau.

Existe em Santa Catarina, desde 1990, a Polícia de Proteção Ambiental do Estado de Santa Catarina, mas na região de Blumenau foi implantada somente em 1995, sob o comando do 10º Batalhão do 6º Pelotão de Polícia de Proteção Ambiental. Com abrangência de 24 municípios, desenvolve, desde o Médio e Baixo Vale do Itajaí, ações voltadas para a fiscalização das atividades potencialmente degradadoras do ambiente e a conscientização da população para a real necessidade da preservação do meio ambiente, como elemento basilar para uma melhor qualidade de vida, através de um consistente trabalho de educação ambiental (PPAB-SC, 2004). Na Polícia de Proteção Ambiental a entrevista foi com o Comandante, Tenente Dhiogo Cidral de Lima, na corporação desde 2001.

O terceiro órgão ambiental da região é municipal e está vinculado à Prefeitura Municipal de Blumenau - SC. A Fundação Municipal do Meio Ambiente – Faema, foi criada em 1977, sendo o segundo órgão ambiental municipal a ser criado no País. Por sua atuação ao longo desses anos tem influenciado outros municípios a criarem seus órgãos de defesa do meio ambiente, bem como incentivado a implementação de uma política de gestão ambiental para toda a região. Durante os últimos anos foram muitas as conquistas, como por exemplo: a cobertura florestal atingiu 70% do município, o controle da poluição industrial permite que o rio Itajaí-açu atravessasse Blumenau sem alterar sua qualidade; a coleta seletiva de resíduos recicláveis tem o melhor índice do país, com 300 toneladas por mês, contra 60 toneladas por mês em 1996, e o programa de certificação ambiental da FAEMA já certificou 168 empresas e é modelo para outras regiões de Santa Catarina e do Brasil (Faema, 2004).

Na Faema as informações também foram obtidas através de entrevista com a química Rosalene Zumar, na instituição desde 1996 e Superintendente de Controle de Poluição, com as atribuições na fiscalização e licenciamento ambiental para a cidade de Blumenau.

4.2.3 STETs - Pólo têxtil de Blumenau (SC)

Em Blumenau foram selecionadas 10 unidades para a aplicação da pesquisas, Sendo 9 unidades de STETs e uma de aterro industrial. A seleção foi em função da idade das empresas, porte de produção e destaque na preservação ambiental.

4.2.3.1 Anglian Water – STETs - (Brusque – SC)

Em Brusque a principal forma de tratamento dos efluentes têxteis é executada através de uma estação construída pela iniciativa privada para atender a um sistema integrado, com a participação inicial de 15 indústrias têxteis.

A construtora Cejen Engenharia Ltda., em consórcio a Anglian Water, uma grande empresa de saneamento inglesa, investiu 24.000.000 (vinte e quatro milhões) de dólares na estação de tratamento de efluentes industriais e urbanos, com um tecnologia tratamento pioneira no Brasil. O sistema tem capacidade para tratar 935m³/hora de efluentes. Além da estação de tratamento, também fez parte do projeto a implantação de 39,5km da rede coletora (interceptores), que recolhe os efluentes em diversos pontos (geralmente na margem do rio) da cidade de Brusque (Anglian, 2003).

O diferencial neste projeto é que a Cejen e a Anglian Engenharia Ambiental Ltda compraram uma tecnologia de tratamento biológico nunca utilizada no Brasil. O projeto foi iniciado em 1992 e finalizado em 1996. Durante a implementação, um desentendimento comercial fez com que a empresa Anglian Water assumisse o projeto como um todo.

As informações a respeito do projeto consorciado implantado pela Anglian Water foram obtidas através de entrevista com o gerente operacional da empresa, o engenheiro químico Clóvis A. Hidebrando, na empresa desde o início das operações, em 1996.

4.2.3.2 Artex – Grupo Coteminas – (Blumenau – SC)

A empresa Artex foi criada em 1936, há 68 anos, no bairro do Garcia, na cidade de Blumenau, para produzir toalhas para exportação. Com a incorporação da indústria Garcia, empresa centenária que produzia lençóis e roupas de cama, passou a produzir artigos de cama, mesa e banho. Na década de 1990 passou por uma grave crise econômica e foi incorporada por um banco de investimento; mas foi somente em 2000, com sua aquisição pelo grupo Coteminas, é que a empresa voltou a sua plena atividade. Passou a produzir apenas tecidos felpudos, como toalhas e roupões. Sua capacidade é de 800 toneladas/mês (Coteminas, 2004).

Na área ambiental foi uma das primeiras empresas têxteis de Blumenau a implantar um STET. Nos últimos 25 anos, sempre desenvolveu pesquisas com o objetivo de melhorar a eficiência do processo produtivo e o STET.

A entrevista foi realizada com o gerente industrial, técnico químico e especialista têxtil Rubens Schulze, na Artex desde 1979. Também participou na entrevista o responsável pela gestão ambiental, o químico Adolfo Ribert, na Artex desde 1970.

4.2.3.3 Dölher Têxtil (Joinville – SC)

Empresa centenária, foi fundada em 1881, em Joinville, quando esta ainda era apenas uma aldeia. Produz 1400 toneladas/mês de tecidos de algodão para cama, mesa e banho, além de tecidos industriais para colchão, cortinas e calçados. Em 2004 seu parque industrial tinha 200.000m² de área construída, de uma área total de 970.000 m², além de manter uma reserva ambiental de 300.000m² (Döhler,2004).

Nos últimos anos, foram aplicados em ambiente cinco milhões de dólares, entre a estação de tratamento de efluentes e o aterro industrial, um dos primeiros do Brasil na área têxtil. Conquistou prêmios como: Expressão de Ecologia (melhor gestão ambiental do Sul do país), o Prêmio Nacional de Ecologia (Confederação Nacional da Indústria), além das Certificações ISO 14001 e Öko-Tex (Döhler,2004).

O entrevistado foi o diretor técnico, o engenheiro elétrico e especialista têxtil José Mário Ribeiro, trabalhando na empresa desde 1972.

4.2.3.4 Companhia Hering (Blumenau – SC)

Os irmãos Hering, imigrantes alemães, dando continuidade a uma tradição familiar datada desde 1675, fundaram a Companhia Hering, em 1880, para produzir camisas. Na seqüência dos anos - mais de 120 - a Hering cresceu e se verticalizou na linha de malharia. Em determinado período a empresa foi sinônimo imediato de camiseta, pois ao longo de sua história fabricou e colocou no mercado mais de 5 bilhões de camisetas, o que equivale a cerca de 30 camisetas para cada brasileiro. Este número posiciona a empresa como a maior fabricante de produtos de vestuário do Brasil (Hering, 2004).

A palavra “Hering”, em alemão, significa “Arenque”, uma espécie de peixe, existente na Alemanha e muito parecido com a sardinha. Daí o símbolo da Hering ser dois peixinhos, representando os dois irmãos Hering. Assim, o símbolo da Hering é a primeira demonstração do respeito que a empresa tem pelo ambiente (Hering, 2004).

Na área ambiental, a empresa passou por todas as fases, desde o não-tratamento, quando a legislação nada exigia, até o STET completo, no qual a cor é totalmente eliminada. O SGA, implantado em 1996, e a certificação ISO 14001, em 1997, fazem parte do esforço da empresa em preservar e respeitar o ambiente. Além do já exposto, também mantém reservas florestais intocadas, sendo 6.579.955 m² de área preservada e 1.780.000m² de reflorestamento, totalizando 8.359.955 m², ou seja 835 hectares de área verde em plena área urbana de Blumenau (Hering, 2004).

A entrevista foi realizada, conjuntamente, com três colaboradores da Hering envolvidos com a área ambiental: o engenheiro civil João Ademir Berchtold, gerente de engenharia e manutenção, na empresa desde 1972, o analista ambiental Paulo César Duarte, responsável pela coordenação de sistema na área de qualidade e ambiente, na empresa desde 1991, e a engenheira química Josiani Orsi, responsável pelo STET e na empresa desde 2002.

4.2.3.5 Karsten Têxtil (Blumenau – SC)

A fundação da Karsten Têxtil é datada de 1882. São mais de 120 anos de existência dedicada à produção de artigos para a cadeia têxtil. A Karsten tornou-se uma companhia de capital aberto em 1971, e em 1977 implantou a sua própria fiação, completando assim toda a cadeia produtiva verticalizada. Os seus produtos estão espalhados por todo o Brasil e em mais de 40 países. Com produção de 25 milhões de metros lineares entre roupas de cama, mesa, banho e bordado, destaca-se como uma das maiores produtoras de tecidos do segmento têxtil (Karsten, 2004).

Na área ambiental se destaca pela Certificação Öko-Tex e a ISO 14001; além disto, também conquistou diversos prêmios e troféus, como, por exemplo, Expressão de Ecologia (1993 -1998) e Fritz Müller (1997). O STET é constituído de estação de efluentes e secagem do lodo têxtil (Karsten, 2004).

Participaram da entrevista os dois principais colaboradores na área ambiental, o técnico ambiental Frank Edson Maas, na empresa desde 1987, e a coordenadora do sistema de gestão ambiental Vanessa D. B. Pelenz, colaboradora desde 1996.

4.2.3.6 Malwee Malhas (Jaraguá do Sul – SC)

Em 1968, com quatro funcionários, na cidade de Jaraguá do Sul, foi fundada a hoje Malwee Malhas. Depois de 36 anos de atividade, produzindo em torno de 1.000 toneladas de malha, desde o fio até a confecção, e com cerca de 4.500 colaboradores, é uma das maiores e mais modernas indústrias (verticalizada) têxteis de malhas do Brasil. O mercado-foco é o nacional, onde ficou conhecida pelo *slogan* “Gostosa como um abraço” (Malwee, 2004).

A empresa cultiva uma constante preocupação com o meio ambiente e possui um STET dos mais modernos do Brasil, além de um aterro industrial próprio. Possui um parque ecológico com aproximadamente 150 hectares de mata nativa em plena área urbana de Jaraguá do Sul. O Parque representa mais um elemento que a Malwee oferece à comunidade para a melhoria da qualidade de vida. É aberto ao público diariamente e recebe aproximadamente 50 mil visitantes a cada o ano (Malwee, 2004).

A entrevista foi realizada com o engenheiro químico Cassiano Ricardo Minatti, analista ambiental da empresa, desde 2000, tendo atuado na área ambiental em outras indústrias têxteis das regiões de Blumenau e Jaraguá do sul.

4.2.3.7 Marisol (Jaraguá do Sul – SC)

A Marisol iniciou suas atividades em 1964, produzindo chapéus de praia em fibras naturais e sintéticas. Daí surgiu nome “Marisol”, que foi inspirado nas palavras "mar" e "sol". A diversificação das atividades ocorreu em 1968, com a incorporação da Tricotagem e Malharia Jaraguá Ltda. Atualmente (2004) com unidades no Nordeste e no Sul do país, conta com 5.600 colaboradores para a produção de 20 milhões de peças confeccionadas, destinadas aos mercados nacional e internacional (Marisol, 2004).

Na área ambiental, mantém 17.141.000m² destinados a reflorestamento, ou seja, 171 hectares, que garantem a independência energética na geração de energia térmica. Implantou o SGA e como conseqüência obteve a certificação ISO 14001. Entre os principais programas ambientais que desenvolve estão a manutenção de floresta e reflorestamento, coleta seletiva, educação ambiental, monitoramento do STET e prevenção de acidentes ambientais. Somente em 2003, o programa ambiental recebeu investimentos de R\$ 1.500.000 (Marisol, 2004).

A entrevista foi realizada com o bacharel em química Fernando Scarburro, analista ambiental da empresa desde 2001, com experiência na área ambiental em indústrias com outras atividades que não a têxtil.

4.2.3.8 Tecelagem Kuehnrich - Teka (Blumenau – SC)

A Teka, como é conhecida, foi fundada em 1926. No início era apenas uma fábrica de acolchoados. Nos anos seguintes foi se verticalizando e tornou-se um dos maiores produtores de tecidos de cama, mesa e banho. A unidade pesquisada processa 810 toneladas/mês, mas a capacidade do grupo é de 2.500 toneladas/mês (Teka, 2004).

Por ser uma empresa com quase 80 anos, participou ativamente do processo de melhoria das condições ambientais do rio Itajaí-açu, através da implantação de um STET que, para a época da implantação, foi um projeto inovador.

A entrevista foi realizada com o químico Flávio de Andrade, na empresa desde 1990 e responsável pelo sistema de tratamento de efluente e água industrial.

4.2.3.9 Sulfabril têxtil (Blumenau – SC)

Fundada em 1947, desde essa época é centrada na produção de malhas. Empresa verticalizada no segmento de malhas, teve capacidade de produzir até 700 toneladas/mês de malhas confeccionadas. Foi uma das maiores malharias da região de Blumenau. Foram quatro décadas produzindo e aperfeiçoando a arte de confeccionar malhas que mesclam qualidade e conforto. Mas a partir de 1995 enfrentou sérias dificuldades financeiras, atingindo o ponto crítico em 1999 com o pedido de falência pelos seus credores. Em 2000, através de uma gestão cooperativa liderado pelo BNDES, a empresa foi novamente colocada em operação, visando uma recuperação para posterior venda (JNB, 2002/14/12).

Sendo uma empresa pioneira na região de Blumenau, passou por todo o processo de implantação do STET, possuindo um sistema compacto e que recebeu uma série de adaptações, o que torna a aplicação da pesquisa interessante (Sulfabril, 2004).

O técnico ambiental Vitor Keller, desde 1988 na empresa, responsável pelo sistema de utilidade e ambiente, foi quem participou da entrevista e forneceu as informações.

4.2.3.10 Momento Engenharia Ambiental – Aterro Industrial - (SC)

A empresa administrava o aterro sanitário e industrial de Blumenau desde a década de 1990. Com o esgotamento do aterro, a empresa vislumbrou um nicho de mercado, que era o tratamento dos resíduos industriais têxteis, de que região estava carente. Assim, em 1996, a idéia começou a se materializar com a constituição da Momento Engenharia Ambiental (Momento, 2004).

Foram necessários 2 anos para a implantação e operação do aterro. Inicialmente receber só resíduos de classe II, posteriormente se habilitou para receber resíduos de classe I. A Capacidade é de 2.500.000m³, sendo previstas 5.000 a 10.000 toneladas/mês, o que projeta uma vida útil mínima de pelo menos 20 anos (Momento, 2004).

Em relação às questões ambientais, o aterro teve o Relatório de Impactos Ambientais - RIMA aprovado pela FATMA. O projeto procura mitigar todos os impactos ambientais possíveis, e para os irreparáveis foram definidas medidas compensatórias.

A entrevista foi com o diretor operacional e sócio da empresa Momento Engenharia Ambiental, civil e mestre em engenharia ambiental, Álvaro Gugelmin Pereira Borges, que também fez parte da equipe de projetistas do aterro, assim como também um dos autores do EIA-RIMA.

4.3. Brasil – projetistas

Neste tópico foram selecionados para participar da pesquisa dois projetistas, que ao longo de suas trajetórias profissionais sempre estiveram envolvidos com projetos de STETs. Eles estão ligados diretamente a empresas de projetos de STETs, desta forma em muitos momentos os nomes das empresas se confundem com seus fundadores. Talvez em função disto, é que os mesmo solicitaram para que seus nomes não fossem citados no trabalho.

4.4. Brasil – pesquisadores

Pesquisadores que desenvolvem pesquisas com ênfase em tratamento de efluente têxtil são muito poucos no Brasil, mas para a pesquisa foram selecionados dois professores e pesquisadores que têm em seus currículos muitos trabalhos publicados com efluentes têxteis. Assim com os projetistas solicitaram que seus nomes não fossem citados no trabalho.

4.5. Portugal – pólo têxtil do Minho (Vale do Rio Ave - PT)

O Minho é uma das regiões mais belas de Portugal, localizada no Norte do país, entre as cidades do Porto e Viana do Castelo. O nome da região está relacionado com o rio Minho, que faz parte de uma das maiores bacias hidrográficas do Norte de Portugal. Minho é uma palavra ibérica derivada do latim *Minium*, introduzida na região quando do domínio arabe-romano, significando um pigmento de cor vermelhada e brilhante que quimicamente é um óxido de chumbo (Pb_3O_4) (Ribeiro, 2003).

Considerando-se toda a região, a população passa de 700.000 habitantes e as indústrias são mais de 700 unidades. A estrutura produtiva é baseada no setor secundário, principalmente a indústria têxtil e a de calçados. O centro do pólo têxtil está na cidade de Guimarães (Amave 2003).



Figura 4.05 – Mapa da localização da região do Minho – Portugal
Fonte: Europe-Atlas (2004)

A indústria têxtil, na região do Minho, teve a sua origem em 1845 (século XIX), na cidade Santo Tirso, com a inauguração da Fábrica do Rio Vizela, destinada à industrialização da seda e do algodão. Essa vocação vem desde os tempos das primeiras povoações da região, há mais de 1.000 anos (séculos VIII e IX) (Agrave 2003).

4.5.1 Ações ambientais - Minho (PT)

O pólo do Minho é de origem centenária, do que se pode concluir que a maioria das indústrias teve suas atividades iniciadas sem a implantação de STET. Este cenário começou a se alterar a partir de meados da década de 1990, com a implantação dos primeiros STETs nas indústrias com tratamento independente. Em setembro de 1997, a região passou a contar com o Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave - SIDVA, implantado pela Associação dos Municípios do Vale do Ave - Amave e financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional - Feder. Muitos STETs implantados nas indústrias foram financiados pelo Feder, com valores mínimos de 50% a fundo perdido. Os STETs, para receber o financiamento do Feder, precisavam ter pelo menos uma tecnologia avançada de tratamento de efluentes e ações de minimização e uso racional de energia (Agrave 2003).

A ação ambiental mais importante da região do Minho foi a implantação do SIDVA, que teve origem em 1975, no momento em que ainda mundialmente repercutiam as posições assumidas por cada país na reunião de Estocolmo em 1972. No Minho era constituído um grupo de estudo para buscar soluções para a despoluição do Vale. Passada uma década dos primeiros movimentos em defesa do ambiente, na região, nada se tinha estabelecido de concreto. Somente em 1985 formou-se a Comissão de Gestão Integrada da Bacia do Rio Ave, constituída de representantes de sete ministérios do governo, representantes dos municípios do Vale do Rio Ave, técnicos e pesquisadores da área ambiental. A conclusão dos trabalhos desta comissão se deu em 1990, com a aprovação de um sistema de tratamento conjunto de todas as fontes poluidoras. Assim, foi aprovado o "Plano de Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia do Ave", que contemplou o sistema de gestão ambiental por tratamentos dos resíduos líquidos integrado (em conjunto). Estava criado e aprovado o Sistema Integrado de despoluição do Vale do Ave - SIDVA (Silva, 2003).

Em Portugal essa foi a primeira proposta de controle ambiental em que o foco foi definido em termos da bacia hidrográfica, e não segundo limites territoriais de uma cidade, além de buscar uma solução única para os resíduos industriais e urbanos.

Todas as ações ambientais desenvolvidas nessa região têm o objetivo de preservar o rio Ave e sua bacia. A figura 4.06 mostra as fotos do rio Ave em dois pontos.



Figura 4.06 – Fotos do rio Ave em dois pontos distintos.

Fonte: Primária na foto da serra. Foto da cidade a fonte é a Tratave (2003).

O que se pode perceber pelas fotos da figura 4.06 é que próximo da nascente a coloração do rio é esverdeado, cor característica da presença de flora rica em algas, enquanto na segunda foto, em uma região industrial, a coloração do rio é avermelhada, característica de que o rio recebeu efluentes coloridos das indústrias têxteis. As ações de despoluição do rio Ave têm o objetivo de no futuro não se ter essa situação vista na figura 4.06, em relação à segunda foto.

4.5.2 Órgãos ambientais – Minho (PT)

Em Portugal a fiscalização ambiental é exercida por diversos órgãos com diferentes subordinações. Entre eles têm-se: as Juntas de Freguesia (bairros), as Câmaras Municipais (prefeituras), o Ministério do Ambiente, a Direcção Regional do Ambiente e a Inspeção Geral do Ambiente. O órgão licenciador é a Direcção Regional do Ambiente, a qual analisa o projeto do STET do solicitante e delibera sobre sua viabilidade. O principal órgão fiscalizador é a Inspeção Geral do Ambiente.

4.5.3 STETs – Minho (PT)

No Minho foram seleccionadas 15 unidades para a aplicação da pesquisa. A seleção foi feita em função da idade das empresas, porte de produção e destaque na preservação ambiental. Ressalte-se, também, que fazem parte da amostra as 3 unidades do SIDVA.

4.5.3.1 Têxtil Adalberto Tinturaria – (São Tirso – Minho-PT)

Fundada no início da década de 1970, com mais de 30 anos no mercado, tem como atividades tinturaria e acabamento de tecidos planos e malhas, tendo um foco especial para a estampagem de tecidos. A produção atinge 1.500.000 metros lineares ou 360 toneladas/mês (Adalberto, 2004).

A empresa investe constantemente em pesquisa e equipamentos tecnologicamente avançados. Foi uma das primeiras empresas em Portugal a trabalhar em escala industrial com a estampagem de tecidos. A empresa tem implantado o sistema de gestão da qualidade e a certificação ISO 9001:2000, além de ter como meta a certificação ISO 14001 (Adalberto, 2004).

Na área de ambiente a empresa é aderente ao SIDVA, e como tal, dispõe de estação de pré-tratamento para atender às exigências do sistema. Preocupada com o ambiente e os custos que advêm do seu tratamento, investe em sistemas de recuperação e recirculação dos efluentes, separação dos resíduos sólidos e recuperação de calor (minimização de energia). Suas ações são reconhecidas pelo Ministério do Ambiente e alguns de seus produtos são certificados pelo ECO-TEX (Adalberto, 2004).

A entrevista foi realizada com a diretora administrativa e sócia-proprietária Dra. Ana Paula Pinto da Silva, que está a frente da administração da empresa desde 1990 e participou como representante das indústrias têxteis nas comissões de criação do SIDVA.

4.5.3.2 Barroso Malhas – (Barcelos – Minho-PT)

Indústria de tingimento e acabamento de malha, localiza-se na cidade de Barcelos, distrito de Braga. Tinge 360 toneladas/mês de tecidos de algodão e poliéster para clientes de diversos segmentos da confecção. A empresa foi fundada em 1980, a partir da iniciativa do Sr. Antônio Barroso, 56 anos, com experiência em tinturaria.

A empresa se destaca na proteção ao ambiente, pois possui um STET com tecnologia avançada de tratamento (ozonização), além de dispor de uma central de energia elétrica em regime de co-geração a partir de gás natural.

Participaram da entrevista o Sr Antônio Barroso, fundador e administrador, e o Sr. Antônio Barroso Filho, gerente de qualidade e na empresa desde 1997.

4.5.3.3 Carlos Pimenta Machado – Tinturaria (Guimarães – Minho-PT)

Tinturaria e acabamento de tecidos de felpos e malhas, foi fundada em 1987, pelo Sr. Carlos Pimenta Machado, 52 anos. A indústria tem a capacidade de tingir 300 toneladas de tecido por mês, atendendo os mercados interno e externo.

Na questão ambiental se destaca pela adoção de tecnologia avançada para o STET (filtração por membranas). Está em constante parceria com os institutos de pesquisas e as universidades, com o objetivo de buscar melhorias para o STET.

Foram entrevistados os Srs. Carlos Pimenta Machado, administrador, sócio-proprietário e fundador da empresa, e o engenheiro químico Renato Silva, responsável pelo STET e na empresa desde 2000.

4.5.3.4 Coelima – Indústrias têxteis - (Guimarães - Minho-PT)

Indústria têxtil do setor de cama, mesa, banho e bordado, baseada exclusivamente nas fibras de algodão e algumas fibras de poliéster e linho. Fundada em 1922, na cidade de Guimarães – Portugal, é uma das maiores indústrias têxteis portuguesas. A Coelima é uma indústria verticalizada, tendo fiação, tecelagem, acabamento (tingimento e estamparia) e confecção.

É uma empresa aderente ao sistema SIDVA, mas, independentemente disto, sempre investiu em tecnologias de minimização e mitigação das fontes poluidora industriais.

A entrevista foi feita com engenheiro mecânico e diretor industrial Dr. Otávio Pereira da Silva, 47 anos e na empresa desde 1992.

4.5.3.5 Coats Clark (Vila Nova de Gaia – Minho-PT)

A Coats Clark foi fundada em Paisley, na Escócia, por Sir James Coats, no final do século XIX, há mais de 180 anos. Hoje (século XXI) é líder mundial no fornecimento de linhas de costura e bordado, tendo mais de 60.000 colaboradores espalhados entre os 60 países onde possui filiais (Coats, 2004).

A Companhia de Linha Coats & Clark estabeleceu-se em Portugal em 1905, na cidade de Vila Nova de Gaia. A produção é de 100 toneladas/mês de linha de costura, usando como matérias-primas principalmente algodão e poliéster, além de outras fibras. A unidade portuguesa é uma das maiores da Europa (Coats, 2004).

A unidade fabril em Portugal é centenária e houve tempos em que não tinha qualquer STET; mas sendo uma empresa comprometida com a proteção do ambiente, sempre buscou as melhorias ambientais. Desde meados do século XX a empresa se preocupa em garantir a proteção do ambiente. Sempre buscou as melhores tecnologias de tratamento e atualmente dispõe de um STET que atende às exigências da legislação ambiental e que em alguns aspectos transcende os objetivos da lei e demonstra todo o respeito da empresa pelo ambiente.

A entrevista foi realizada com o engenheiro eletrônico José Antônio Ribeiro, 52 anos, diretor do departamento de engenharia e na empresa desde 1968. Está na função de diretor de engenharia há mais de 10 anos.

4.5.3.6 Crispim & Abreu Têxteis (Famalicão – Minho - PT)

A empresa iniciou as suas atividades como uma pequena confecção industrial no começo da década de 1980, posteriormente evoluiu industrialmente para tecelagem de malhas. A fibra mais utilizada sempre foi o algodão, mas fibras como poliéster, poliamidas e outras também são utilizadas. A produção da empresa é 240 toneladas/mês de malhas confeccionadas. Em 1998 foi implantada a indústria de acabamento de malhas (tinturaria).

No controle de poluição a empresa dispõe apenas de pré-tratamento (peneiramento, homogeneização e controle de pH), pré-requisito para aderir ao SIDVA.

A entrevista foi realizada com Sr. Arthur Belém, 41 anos, técnico têxtil e diretor técnico e colaborador da empresa desde 1998. Participou ativamente no projeto e implantação da tinturaria durante o ano de 1998.

4.5.3.7 Estação de Tratamento de Barcelos (Barcelos – Minho-PT)

O Rio Cávado atravessa o concelho de Barcelos e, durante longos anos, recebeu os esgotos da cidade, e até mesmo os lixos da população local. Começou a ser despoluído com a entrada em funcionamento da Estação de Tratamento de Águas Residuais – ETAR em junho de 1999. O projeto do sistema começou a ser idealizado ainda na década de 1980 (Barcelos, 2004).

A ETAR trata as águas residuais da população urbana, de 42.505 habitantes (11.550 m³/dia) e os efluentes provenientes do setor têxtil (indústrias), mais precisamente das tinturarias, em um volume equivalente a 11.220 m³/dia.

A entrevista foi realizada com a engenheira civil Claudia Gava, representante da Câmara Municipal de Barcelos, e a engenheira ambiental Carla Sá Carneiro, gerente administrativo da EcoBarcelos, concessionária operacional da ETAR de Barcelos.

4.5.3.8 J.M.A. – Felpos (Guimarães – Minho - PT)

O grupo J.M.A. começou com uma pequena tecelagem em 1958, na cidade de Guimarães. Ao longo dos 45 anos se tornou uma das maiores empresas têxteis de Portugal. Sua produção é estimada em 900 toneladas/mês de têxteis-lar (cama, mesa, banho, principalmente os tecidos felpudos), sendo que 90% da produção é destinada à exportação para países da União Européia e E.U.A. (JMA, 2004).

É uma empresa aderente ao SIDVA desde 1998, mas desde do início da década de 1990 investe significativamente na redução do volume dos efluentes e na recuperação de subprodutos, de forma a minimizar a carga poluente.

A entrevista foi feita com engenheira têxtil Dra. Elizabeth Silva, 31 anos, responsável pela área ambiental, na empresa desde 1996, quando foi contratada para dar continuidade ao projeto de pesquisa de redução da carga poluente através de tecnologias avançadas (ultrafiltração).

4.5.3.9 Mundotêxtil Sociedade Exportadora (Vizela – Minho - PT)

Empresa fundada em 1975, atua exclusivamente no segmento de têxteis de banho (principalmente toalhas). A exportação é o foco principal da empresa, pois 96% da produção são destinados a mais de 20 países, sendo a Espanha, Itália e E.U.A. os maiores consumidores. A indústria é inteiramente verticalizada e produz cerca de 800 toneladas de tecidos por mês (Vizela, 2003).

Segundo a revista portuguesa “Exame” de outubro de 2004, a empresa Mundotêxtil está entre as 500 melhores maiores em produtividade e rentabilidade de Portugal e é a sexta no segmento têxtil (Diário de Vizela, 2004).

Em relação às questões ambientais, por alguns anos aguardou a ligação ao SIDVA; atualmente está em implantação um STET independente, o qual contempla as melhores tecnologias de tratamento dos resíduos têxteis (Vizela, 2003).

A entrevista foi feita com o engenheiro mecânico, especialista em qualidade e ambiente, Ricardo Ferreira, colaborador na empresa desde 1996 e responsável pela área de ambiente.

4.5.3.10 Riler – Indústrias Têxteis (Vizela – Minho - PT)

A Riler teve origem em 1964. Inicialmente era apenas uma indústria de estamparia. A partir de 1975 se transformou em uma indústria de tingimento e acabamento de tecidos do lar (cama, mesa, banho e rendados). A capacidade produtiva é de 520 toneladas/mês. A atividade é a de prestação de serviços de tingimento e acabamento para diferentes clientes (Riler, 2003).

Na área ambiental dispõe de STET independente do SIDVA, o qual atende plenamente à legislação ambiental portuguesa. Em relação ao setor produtivo, possui desde 2000 a certificação Öko-tex 100 para diversos produtos.

Foi entrevistado o engenheiro têxtil Antônio Manuel Santana, 31 anos, na empresa desde 1998, responsável pela gestão de sistemas, entre os quais o ambiental.

4.5.3.11 Risetamega Acabamentos Têxteis (Marco Canaves – Minho-PT)

A empresa nasceu da necessidade de atender à demanda de produtores de “*babygrows*”, um tipo de malha felpuda destinada à moda infantil. Criada em 1990, está instalada em Constance, região de Marco de Canaves, situada no Extremo Sul da região do Minho. Em 13 anos de existência sua produção cresceu em torno de 500%. Em 2003, deve processar 250 toneladas de malhas por mês (Risetâmega, 2003).

Consciente da necessidade de minimizar impactos ambientais gerados pela indústria, instalou um STET que atende totalmente aos parâmetros de lançamento de despejos exigidos pela legislação portuguesa.

As informações para a pesquisa foram obtidas através da entrevista com a química Carla Rodrigues, responsável pelos setores de qualidade têxtil e ambiente.

4.5.3.12 SIDVA – Serzedelo e Rabada – Tratave (Guimarães – Minho)

Conforme mencionado no item 4.3.1, a mais importante ação de despoluição na região do Minho em todos os tempos, sem dúvida foi a implantação do Sistema de Despoluição do Vale do Ave – SIDVA. O projeto prevê a despoluição da bacia do rio Ave. Para atingir os objetivos foram projetados e implantados 3 STRs -sistemas de tratamento de resíduos (sanitários e industriais) com os seus respectivos aterros sanitário e industrial, além da rede de drenagem, com 130km. As unidades foram denominadas de Serzedelo, Rabada e Agra, nomes que representam os locais onde foram implantadas.

A proposta de implantação do SIDVA sempre considerou a premissa que o sistema fosse construído em duas etapas, a primeira para atender os primeiros 15 anos de demanda e a segunda para um período total de 30 anos. Na primeira etapa, entre as estações e os interceptores foram investidos 100.000.000 de euros, financiados pelos municípios, governo central e o fundo de desenvolvimento europeu Feder. A etapa seguinte do projeto prevê a ampliação da capacidade das três estações de tratamento e a complementação de mais 60km de interceptores e coletores, para tratar o equivalente populacional de 700.000 habitantes (Amave, 2003).

O sistema abrange os municípios de Famalicão, Guimarães, Santo Tirso, Trofa e Vizela, ou seja, a parte da bacia hidrográfica do rio Ave considerada como a "zona mais poluída" da bacia. A estrutura implantada é composta de 3 estações de tratamento de águas residuais – ETARs, que tratam conjuntamente 75.000m³/dia, de forma a atender 120.000 habitantes, e uma carga industrial de equivalente populacional de 500.000 pessoas. A figura 4.07 mostra a distribuição das 3 ETARs na bacia hidrográfica do rio Ave (Tratave, 2003).

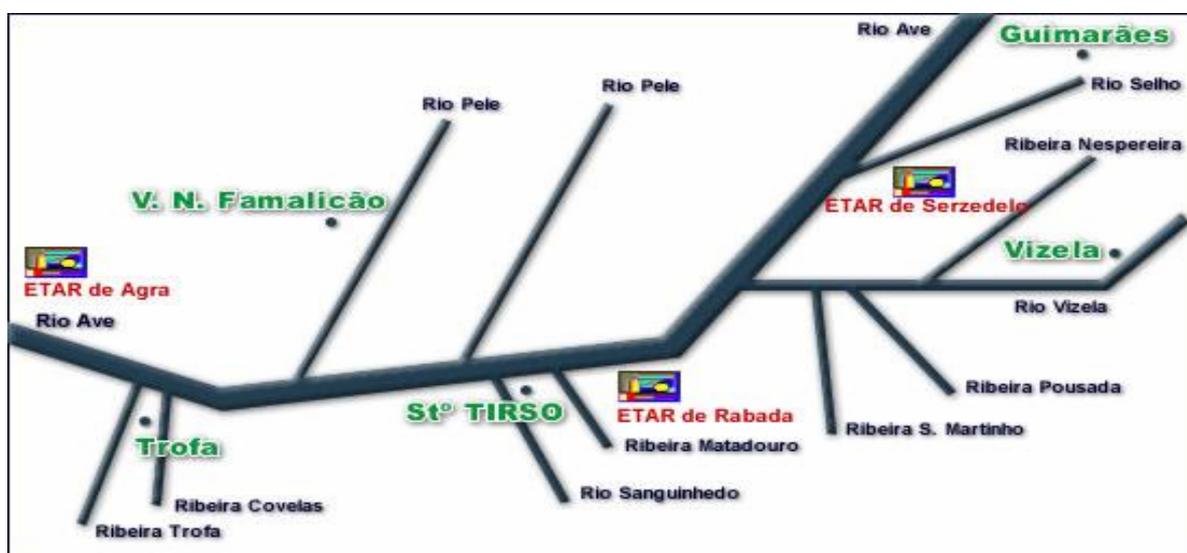


Figura 4.07 – Distribuição das unidades do SIDVA da bacia do Ave
Fonte: Tratave 2003

A Tratave – Tratamento de Águas Residuais do Ave - foi constituída quando da entrada em operação do SIDVA para participar de concorrência pública para exploração e gestão de todo o SIDVA. A empresa foi a vencedora da licitação e assumiu a gestão do sistema em setembro de 1998 pelo período de 25 anos (Tratave, 2003).

As estações visitadas e incluídas na pesquisa são Serzedelo e Rabada. A primeira, com capacidade de tratar 15.000m³ de efluentes por dia, atende 35.000 habitantes e uma carga orgânica industrial, principalmente têxtil, a um equivalente populacional de 100.000 habitantes. Então a estação de Rabada, com a capacidade de tratar 30.000m³ de efluentes por dia, atende a 40.000 habitantes e uma carga industrial correspondente a 200.000 habitantes (equivalente populacional). Estes dados significam mais de 20.000.000m³ de efluentes que já foram tratados nos últimos anos, ou seja, deixaram de impactar ambientalmente o rio Ave (Tratave, 2003).

A entrevista para obtenção dos dados de gestão operacional das estações de tratamento foi realizada com o engenheiro biológico e diretor técnico da Tratave, Sr. Cláudio Costa, 34 anos, na empresa Tratave desde 1997, mais precisamente, desde que a empresa assumiu a concessão da gestão do SIDVA, através de licitação pública vencida em 1997.

4.5.3.13 T.M.G. Acabamentos Têxteis (Guimarães – Minho - PT)

Fundada em 1937, a TMG é um dos maiores grupos têxteis de Portugal. Atua no segmento de tecidos para vestuário, do lar e decorações. É uma empresa verticalizada, cuja produção atende aos mercados nacional (30%) e internacional (70%). A unidade industrial que fez parte da pesquisas tem uma produção de 900 toneladas de tecidos e malhas por mês (TMG 2004).

Na área ambiental, a empresa trata seus efluentes líquidos desde 1998, através do SIDVA. Mas, independentemente deste tratamento, a empresa está sempre em busca de tecnologias avançadas de tratamento de efluentes, com o objetivo de minimizar ou recuperar subprodutos de forma a reduzir seu impacto ambiental.

A entrevista teve a participação da engenheira química e responsável ambiental Sra. Dulce Joel, 46 anos, na empresa desde 1979, e do técnico mecânico e gerente de manutenção Sr. Guilherme Farias, 48 anos, na empresa desde 1969.

4.5.3.14 Tinamar (Barcelos – Minho - PT)

A Tinamar foi fundada em maio de 1989, na cidade de Barcelos, através da aquisição de uma pequena tinturaria, e assim se especializou na prestação de serviços de tinturaria e outros tipos de acabamentos têxteis, abrangendo os diferentes tipos de tecidos e malhas. Partindo de uma pequena produção, cresceu ao longo dos anos de forma a atingir 300 toneladas/mês de tecido.

O STET implantado na indústria atende à legislação ambiental portuguesa. O diferencial deste sistema em relação a outros pesquisados neste trabalho é a sua localização dentro do terreno industrial e a conseqüente disposição em relação ao espaço físico disponível para a implantação da estação.

O entrevistado foi o químico industrial e diretor administrativo Sr. Manuel Pinheiro, 34 anos e na empresa desde 1996. Com experiência em projetos de STETs, foi quem projetou o sistema em operação na indústria.

4.5.3.15 Valindo Acabamentos (Fafe – Minho - PT)

O Grupo “Valindo” foi criado em 1964. Atua em diversos segmentos do mercado, mas a principal atividade está concentrada na área têxtil, como a tecelagem de malhas, confecção, bordado, tingimento e acabamento. A empresa responsável pela tinturaria é a “Valindo Acabamentos”, que iniciou suas atividades em 1989. Tem capacidade de processar 200 toneladas de malhas por mês, utilizando diversos tipos de matéria-prima, como algodão, poliéster e mistura com elastano. O objetivo da empresa é prestar serviço para as demais unidades do grupo (Valindo, 2003).

Em função de problemas de logística na implantação da unidade industrial, acabou tendo que construir um STET extremamente compacto, e por isso necessitou de uma tecnologia não convencional para o tratamento. Atende adequadamente às exigências ambientais e prepara-se para a certificação ambiental ISO 14.001.

A entrevista foi feita com o sócio gerente (diretor), eng^o. têxtil, com Ph.D. em química têxtil, Sr. Alípio Aguiar, 34 anos, nesta atividade desde 1989.

4.6. Portugal – pólo têxtil de Covilhã (Serra da Estrela)

Inicialmente conhecida como o Covil da Lã e depois Covilhã, está localizada no interior de Portugal, mais especificamente na Cova da Beira, na vertente sudeste da Serra da Estrela, ponto mais alto de Portugal (1998 metros de altitude) e também conhecida como cidade da lã e da neve. Foi elevada à condição de cidade em 1870, e destacou-se desde então como um pólo industrial de lanifícios. A atividade têxtil sempre foi destaque na região, desde o início do século XII, de forma a credenciar a região como um dos principais centros de lanifícios da Europa (CMC, 2003). A figura 4.08 mostra a localização da região no território português.

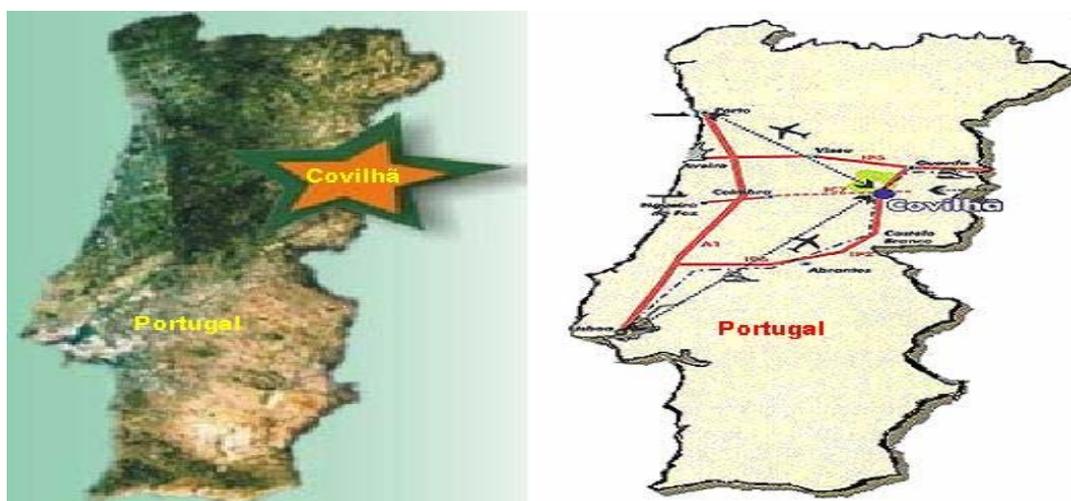


Figura 4.08 – Localização de Covilhã dentro do território português.

Fonte: RT-Serra da Estrela 2003

O Marquês de Pombal instalou em Covilhã a Real Fábrica de Panos, junto à Ribeira da Degoldra, e também a Superintendência das fábricas de lanifícios, que impulsionou a economia da região. Covilhã tem uma população de mais de 50.000 habitantes e a região supera os 200.000 habitantes, segundo dados do censo de 2001 (Inept, 2003). A indústria têxtil regional, em 2003, produziu cerca de 40.000 quilômetros lineares de tecido para as grandes marcas têxteis, como a Hugo Boss, Armani, Zenga, Marks & Spencer, Yves St. Laurent e Calvin Klein. A Universidade da Beira Interior, criada em 1975, teve como um dos primeiros cursos implantados a licenciatura em engenharia têxtil, com o objetivo de dar suporte o setor têxtil.

4.6.1 Ações ambientais - Covilhã (PT)

Em função da grande concentração de unidades industriais têxteis em Covilhã, por onde passam as ribeiras da Degoldra e a Carpinteira, suas águas ganharam cores diversas, assim como cheiros fortes e desagradáveis. A população há muito exige a construção de estação de tratamento de efluentes por parte das indústrias para a solução destes problemas ambientais, pois nas questões dos esgotos urbanos 90% da zona urbana já é dotada de rede coletora e estações de tratamento (CMC, 2003).

Em 1999, a Câmara Municipal de Covilhã e a Universidade da Beira Interior desenvolveram projeto para a recuperação das duas ribeiras que passam junto às fábricas de lanifícios. Essas ribeiras foram e têm sido afetadas pela descarga dos efluentes urbanos e industriais. O investimento no projeto foi de 5.000.000 de euros e estabeleceu uma recuperação urbano-paisagística e a retirada das águas residuárias das duas ribeiras, através da construção de um STET por parte das empresas têxteis (Jornal Público, 2002).

A têxtil "Paulo de Oliveira S/A", juntamente com outras grandes empresas de Covilhã, tem realizado investimentos para evitar, ou pelo menos minimizar, a poluição das ribeiras e dos rios da região. Essas empresas buscam a melhoria do ambiente e ao mesmo tempo vantagens econômicas, como a minimização de custos pela reutilização das águas tratadas (Orbi, 2003). Neste contexto, as ribeiras Degoldra e Carpinteira deságuam no rio Zêzere, que corre pelo vale formado pela principal bacia hidrográfica da região. A figura 4.09 mostra o vale e o rio Zêzere.



Figura 4.09 – Vale e rio Zêzere – Região da Serra da Estrela.
Fonte: RT-Serra da Estrela 2003

Os efeitos da poluição nas ribeiras acabam por refletir-se em todo o vale do Zêzere; assim o caso de Covilhã é um dos focos de poluição da região, mas existem outros. O importante a se destacar é que os órgãos públicos e a sociedade estão empenhados em combater os impactos ambientais que a região está sofrendo, em especial o vale do Zêzere. As ações que se desenvolvem na região são no âmbito de um plano para a recuperação da bacia hidrográfica do Zêzere, o qual passa pela recuperação urbano-paisagística de muitas ribeiras e a construção de estações de tratamento de efluentes para os esgotos sanitários e os efluentes industriais.

4.6.2 STETs – Covilhã (PT)

Na região da Serra da Estrela foram selecionadas apenas duas unidades, uma das quais é uma lavadora de lã. Dado o seu alto potencial poluidor, é interessante conhecer as tecnologias empregadas neste tipo de indústria têxtil. A outra empresa pesquisada na região trabalha com lã e mistura com outras fibras, principalmente as elásticas como: com *lycra* ou *stretch*. Eram poucas as indústrias têxteis que dispunham de STET completo, o que dificultou a aplicação da pesquisa nesta região; por outro lado, teve-se a informação de que muitas indústrias estão em processo de implantação do STET.

4.6.2.1 Paulo de Oliveira - Têxteis – (Covilhã – Serra da Estrela - PT)

Indústria têxtil familiar fundada em 1936, surgiu de uma tecelagem de fios de lã. Passou a tingir os seus próprios tecidos a partir de 1967 e, assim verticalizou a sua produção. Foi deste período em diante que as vendas para o exterior se intensificaram. É considerada a maior indústria de tecidos de lã da Península Ibérica, produzido cerca 20.000.000m² por ano de produtos de lã (Paulo Oliveira, 2003).

Na área ambiental, a empresa dispõe de um completo STET, que em parceria com a Universidade da Beira Interior desenvolve pesquisas para melhorar o sistema e encontrar uma solução eficiente para a disposição do lodo gerado no sistema.

A entrevista foi com a engenheira química Sra. Marta Oliveira, responsável pela gestão ambiental e desde de 1998 na empresa.

4.6.2.2 Lavadora de Lã Manuel Tavares (Guarda – Serra da Estrela - PT)

Esta lavadora industrial de lã foi implantada em 2001, em substituição a uma unidade que se destruiu por um incêndio. O trabalho na lavadora industrial consiste basicamente em lavar e branquear a lã para posteriormente ser vendida às fiações de lã. A capacidade de lavagem desta unidade é de cerca DE 50 toneladas por mês de lã de ovelha, sendo do que 50% da lã tem origem em Portugal e o restante é importado.

No âmbito dos efluentes líquidos, as lavadoras de lã talvez sejam as unidades têxteis com maior impacto ambiental, pois seus efluentes podem ser 30 a 40 vezes mais poluidores que os efluentes gerados em uma tinturaria de malhas de algodão. A unidade pesquisada tem um STET independente, que foi fornecido pelo próprio fabricante da lavadora de lã.

A entrevista foi realizada com o engenheiro mecânico e gerente de produção Sr. Pedro Lemos, 32 anos e na empresa desde 2000, período em que se iniciou a montagem industrial.

4.7 Projetistas - Portugal

Assim como no Brasil, em Portugal também foi difícil encontrar projetistas especializados em STETs, pois os projetos estão distribuídos entre as empresa de tratamento de águas em geral. Assim, participaram da pesquisa 3 profissionais com renomada experiência na solução de problemas ambientais têxteis. São eles: o engenheiro de produção têxtil e professor Dr. Venceslau Correa, Ph.D. em ciência do ambiente e com experiências em STET com tecnologias não convencionais. O segundo entrevistado foi o Sr. Moinhos da Costa, projetista e sócio-proprietário da empresa Moinhos – Água e Energia Ltda, no mercado de projetos e implantação de STET em Portugal há mais de 25 anos. O terceiro participante foi o engenheiro químico F. Duarte, projetista e sócio-proprietário da empresa de projetos e assessoria ambiental F. Duarte & Duarte Ltda, atuando no mercado de tratamento de águas industriais e residuárias há cerca de 27 anos.

4.8 Pesquisadores e centro de pesquisa - Portugal

Em Portugal existem apenas dois cursos universitários com embasamento têxtil, o primeiro na Universidade do Minho e segundo na Universidade Beira Interior. São cursos focados no processo industrial, com poucos pesquisadores trabalhando com efluentes têxteis. Foram identificadas duas pesquisadoras com este perfil, a primeira, a professora, eng^a. química Dr^a. Maria Tereza Amorim, Ph.D., com mais de 20 anos na Universidade do Minho trabalhando com efluentes têxteis. A Dr^a. Tereza Amorim não foi entrevistada por já fazer parte do desenvolvimento da pesquisa como co-orientadora. Na Universidade Beira Interior colaborou com a pesquisa a eng^a. química e professora Dr^a. Isolina Gonçalves, Ph.D., pertencente ao departamento de química, cujas pesquisas são direcionadas em grande parte para os efluentes têxteis (processos biológicos anaeróbios e aeróbios).

Em Portugal, quando se trata de pesquisa, a maiores fontes desta atividade estão nos institutos e centros de pesquisa. Para o setor têxtil existe o Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal - Citeve, criado em 1986, resultado da associação de empresas têxteis e associações industriais. São cerca de 600 associados e 1500 clientes, atendidos por uma equipe de 55 técnicos qualificados (Citeve 2003). O foco das pesquisas são os processos industriais têxteis, mas existe também uma área de pesquisa denominada de ambiente, em que são desenvolvidas soluções para os problemas dos efluentes têxteis em função das necessidades dos associados e clientes. Participaram da entrevista dois pesquisadores: a engenheira têxtil Maria José Carvalho, 37 anos, gerente de desenvolvimento de pesquisas do ambiente, e o consultor ambiental do centro o engenheiro químico António Sarmiento, de 75 anos e com mais de 45 anos de experiência em efluentes têxteis.

O Idite-Minho - Instituto de Desenvolvimento e Inovação Tecnológica do Minho - foi criado em meados da década de 1990, e tem como principais fundadores a Associação Industrial e a Universidade do Minho. Sendo o segmento industrial têxtil um dos mais fortes da região, a maioria das pesquisas desenvolvidas no instituto está voltada para este segmento. A entrevista foi com eng^o. químico António Sanfins, 35 anos, diretor de desenvolvimento de projetos na área do ambiente.

4.9 Órgão ambiental CCDR-N - Portugal

Em Portugal, mais especificamente na região Norte (Minho), o principal órgão ambiental é o CCDR-N (Comissão de Coordenação de Desenvolvimento Regional do Norte). Ligado ao Ministério do Ambiente, tem a função central de coordenar todas as ações ambientais da região, além desenvolver atividades de licenciamento e fiscalização. Historicamente, este órgão já teve diversas nomenclaturas, como, por exemplo: DRA-N e CCRN; mas os objetivos e a missão perante a comunidade regional sempre foram os mesmos. A entrevista foi realizada com o Sr. António Lamas de Oliveira, 52 anos e coordenador da unidade de Braga desde 1994.

4.10 Ong's ambientais - Portugal

Na região do Minho foram localizadas duas associações que podem ser consideradas organizações não-governamentais com atuação na área ambiental, a “Quercus” – Associação Nacional da Conservação da Natureza e “A Lontra” – Associação dos Amigos do Rio Vizela.

A Quercus é primeira e mais antiga associação de defesa do ambiente em Portugal. Criada em 1985, com sede na cidade do Porto, possui unidades distribuídas pelas principais cidades portuguesas. Por ser a associação ambiental com maior representatividade em Portugal, está sempre envolvida com as principais questões do ambiente que surgem no país. A entrevista foi realizada com a Sr^a. Ana Cristina da Costa, 36 anos, bacharel em biologia e zoologia, engenheira do ambiente e presidente da Quercus na unidade de Braga desde 2001.

Outra entidade contatada foi “A Lontra – Associação dos amigos do rio Vizela”, ainda em fase de estruturação física e jurídica. O rio Vizela pertence à bacia do rio Ave. O objetivo principal desses amigos é promover discussões com foco nas condições de poluição em que se encontra o rio Vizela. A entrevista foi realizada com o engenheiro Carlos Nelson da Rocha, 48 anos, idealizador, fundador e presidente da associação.

4.11. Espanha – pólo têxtil da Catalunha - Barcelona

A Espanha ocupa 80% da Península Ibérica e tem uma população de 39 milhões habitantes. Sua economia é extremamente diversificada, mas o grande centro econômico é a região da Catalunha, mais precisamente a cidade de Barcelona, na qual a indústria têxtil é um das atividades de destaque.

No século XVIII, Barcelona entrou na revolução industrial baseada no êxito de uma indústria têxtil que utilizava a lã e o algodão importado do continente americano. Os principais produtos têxteis desta região estão vinculados ao algodão, ou seja, a região concentra 60% da produção têxtil global da Espanha. Na seqüência vem a região de Valência, com os 25%, e os restantes 15% estão espalhados por todo o país. O setor é constituído de pequenas e médias empresas, do tipo familiar e com um elevado grau de inter-relação entre si (City, 2003).

A figura 4.10, mostra a localização do pólo têxtil de Barcelona no contexto da Península Ibérica.



Figura 4.10 – Localização de Barcelona no contexto da Península Ibérica.

Fonte: Geographic-guide 2003

Apenas a título de informação, o santo padroeiro dos tecelões, Antônio Maria Claret, nasceu em 1807, na Vila de Sallent, província de Barcelona, e foi tecelão (ABTT, 2003).

4.11.1 Ações ambientais – Região da Barcelona (ES)

Em se tratando de recursos hídricos, a região da Catalunia (Barcelona) dispõe de um número reduzido de bacias hidrográficas, além de elas terem pequenas extensões, dada a proximidade com o Mediterrâneo. A bacia de maior destaque na região é a do rio Besòs. A figura 4.11, mostra uma classificação da qualidade da água das principais bacias na Península Ibérica.



Figura 4.11 – Classificação da qualidade da água da península ibérica.
Fonte: Geographic-guide 2003

Estão em destaque na figura 4.11 as regiões do Minho (Portugal) e a Catalunha (Espanha), como áreas em que as bacias hidrográficas apresentam águas de qualidade ruim, e com certeza são as duas bacias mais poluídas e conseqüentemente da Europa.

O rio Besòs, com desembocadura em Barcelona, é considerado um rio extremamente poluído pelas descargas industriais da região, dadas as muitas intervenções feitas pelo homem, principalmente pelas canalizações ao longo das regiões urbanas de Barcelona, sendo por muitos anos considerado o segundo rio mais poluído da Europa. Em resumo, recebe o impacto ambiental gerado por mais de dois milhões de habitantes, além de atender a uma região predominantemente industrial. Outros exemplos são os rios Llobregat e Segre, que também atravessam Barcelona e estão igualmente muito poluídos.

A figura 4.12 mostra uma montagem de fotos do rio Besòs, com a nascente em Montelejo e a desembocadura na cidade de Barcelona, duas situações bem distintas em relação ao grau de poluição.



Figura 4.12 – Rio Besòs da nascente a desembocadura - Barcelona.
Fonte: Wikipedia 2003

Durante as décadas de 1980 e 1990 foram intensas as discussões a respeito da despoluição do rio Besòs, chegando-se a propor até a sua canalização completa (fechamento da parte superior do rio), tornando-o assim um canal de resíduos. Mas desde 1996 o governo da Espanha desenvolve ações de implantação de estações de tratamento nas margens dos rios Besòs e Llobregat, recuperação das margens de forma paisagística e ecológica, visando à despoluição destes dois rios que atravessam a cidade de Barcelona. Estima-se que já foram investidos nos últimos dez anos cerca de 15 milhões de euros na recuperação dos rios Besòs, Llobregat e Segre (Fraga 2003). O resultado final será uma melhor relação cidade-rio, em que a sociedade estabelece uma relação de respeito com o ambiente.

4.11.2 STETs – Catalunha (ES)

Na região da Catalunha (Barcelona, Massanes e Girona) foram selecionadas para a pesquisa três unidades industriais têxteis de grande porte. Cada uma das indústrias apresenta um diferencial na tecnologia de tratamento dos efluentes têxteis, desde sistemas simples de tratamento até às tecnologias avançadas de filtração, como ultrafiltração e osmose reversa.

4.11.2.1 Abanderado - Sara & Lee – (Catalunha – Girona - ES)

A empresa têxtil Abanderado, do Grupo Sans, criada em 1960, produz confecção de roupas íntimas masculinas e femininas. É dona de marcas como Abanderado, Princesa, Ocean e Unno. A partir de 1991, foi incorporada pela Company Sara Lee, um grupo de destaque mundial com diversos tipos de atividades, principalmente o têxtil. Atualmente (2005), está presente em 58 países com mais de 150.000 colaboradores. Na unidade industrial de Gerona (Espanha), processa 500 toneladas de tecidos acabados por mês, atendendo à verticalização do grupo na confecção de roupa íntima, sendo neste setor uma das maiores indústrias têxteis da Europa.

Nas questões ambientais o Grupo Sans sempre buscou atender à legislação Espanhola, mas com a incorporação do grupo pela Company Sara Lee, a responsabilidade ambiental passou a ser exigida com maior rigor, tanto pela própria Sara Lee como pelas autoridades ambientais espanholas. A empresa acabou precisando optar por uma tecnologia de tratamento avançada para poder atender às novas exigências de lançamento de seus despejos líquidos e sólidos impostas pelas autoridades espanholas.

A entrevista foi realizada com Sr. Jaime Porta Espasa, 65 anos. Formado em Ciências Químicas e Bioquímicas, foi por 12 anos diretor técnico da empresa e nos últimos 5 anos presta assessoria técnica na produção têxtil e assuntos ambientais.

4.11.2.2 Hidrocolor Acabamentos Têxteis - (Barcelona - ES)

A Hidrocolor é uma indústria de tinturaria e acabamentos têxteis para diferentes tipos de fibras e misturas, com o objetivo de prestação de serviço a terceiros. Fundada em 1978, ao longo dos mais de 25 anos de existência se aprimorou tecnologicamente, tanto que se transformou em uma indústria especialista no tingimento de tecidos especiais, ou seja, na mistura de fibras naturais e sintéticas. Em 2003 apresentava uma capacidade produtiva de 250 toneladas por mês de tecidos tingidos e acabados, sendo que seus serviços atendem a clientes nacionais e internacionais.

A preocupação ambiental sempre foi uma constante para a empresa, tanto que possui STET desde 1985. Para exemplificar a preocupação ambiental que teve ao longo dos últimos anos, conquistou as certificações Öko-tex 100 e ISO 14.001, o que representa um controle rigoroso sobre os processos produtivos e o STET.

A entrevista para a coleta de dados foi realizada com Sr. Joseph More I Pruna, 45 anos, engenheiro têxtil, gerente de produção e ambiente, na empresa desde a sua fundação, em 1978.

4.11.2.3 Tybor SA – (Massanes – Catalunha - ES)

A empresa, fundada em 1962, trabalha com o tingimento de fibras sintética para grandes marcas mundiais, como a Benneton. As principais matérias-primas são os poliésteres e poliamidas. Sua produção em 2003 era de aproximadamente 200 toneladas por mês de tecido acabado.

Atende rigorosamente à legislação ambiental Espanhola e possui um STET moderno com tecnologias inovadoras para o tratamento dos resíduos têxteis, mas basicamente dentro da filosofia do tratamento biológico.

Participou da entrevista o engenheiro químico Sr. Carles Fa, 36 anos, na empresa desde 1997, sendo o responsável pelo setor de águas (industrial e despejos), além da gestão de segurança e qualidade.

4.12 – Pesquisador - Espanhol

O principal centro de pesquisa têxtil da Catalunha é o Instituto de Investigação e Cooperação Industrial Têxtil – Intexter, localizado na Escola de Engenharia de Terrassa – (Universidade Politécnica da Catalunha). A entrevista foi com o professor e pesquisador Dr. Martí Crespi Rossell, 53 anos, subdiretor de assuntos externos e investigação e chefe do laboratório de controle e contaminação ambiental. O professor Dr. Crespi é um renomado pesquisador na área de efluentes têxteis, com diversos trabalhos publicados na área ambiental.

“O mundo é um lugar perigoso de se viver, não por causa daqueles que fazem o mal, mas sim por causa daqueles que observam e deixam o mal acontecer”.

Albert Einstein (1879 – 1955)

Esta seção apresenta os resultados da pesquisa de campo, que são as informações obtidas através das entrevistas com os atores (indústrias, órgãos ambientais, projetistas, pesquisadores e comunidade). As entrevistas exploram os fatos históricos das implantações de STETs, além das ações ambientais que ocorreram ao longo das últimas três décadas e estejam relacionadas com os atores e cenários.

5 RESULTADO DA PESQUISA DE CAMPO

Conforme mencionado no item 3.3.5, a partir deste ponto do trabalho, os atores envolvidos na pesquisa, principalmente as empresas, deixaram de ser referenciados pelos seus nomes e passaram a ter um código, ficando assim preservada a imagem dos atores, em função de qualquer tipo de análise que vier a ser realizada quando da sintetização dos dados obtidos nas entrevistas.

5.1 Sintetização dos resultados das entrevistas – STETs

Para a melhor compreensão dos códigos designados aos atores, segue um exemplo para o caso das indústrias e outro para os projetistas. Para as indústrias têxteis – por exemplo: IBA-01:

O ator entrevistado representa uma indústria têxtil (I);

O cenário primário – Brasil (B), Espanha (E) e Portugal (P);

O cenário secundário:

Americana (A), Blumenau (B), Minho (M), Covilhã (C) e Barcelona (B).

0X – A seqüência numérica é aleatória e usada apenas como referência.

Para os projetistas usa-se, por exemplo, PBA-01; a diferença relativa à primeira letra (P).

5.1.1 IBA-01

Indústria localizada no pólo têxtil de Americana, faz parte de um grupo têxtil consolidado no mercado brasileiro. A unidade pesquisada é uma indústria verticalizada, que processa o algodão desde a limpeza até o acabamento final, passando pela fiação, tingimento dos fios (urdume), engomagem, tecelagem, desengomagem para o tingimento do sobretinto (30%) e o próprio tingimento do sobretinto. A produção instalada é de 2.500 toneladas de tecido por mês.

A figura 5.01 apresenta de forma sintetizada dados de relevância para a determinação do perfil da indústria pesquisada.

Descrição	Dados
Atividade	Produção de jeans
Matéria-prima	100 % algodão para tecido plano
Tipo de corante usado	Índigo e enxofre
Tempo de atividade	A unidade tem mais de 30 anos de existência
Produção da empresa	5,5 milhões de metros lineares por mês
Mercado consumidor	Mercado interno (50%) – Mercado externo (50%)
Água industrial e custo	Captação de rio – Tratamento convencional – R\$ 0,20
Número de colaboradores	Aprox. 2.000 e na área ambiental 12
SGA e ISO 14001	Possuí ambas – respectivamente 1997 e 1998
Área de tratamento dos efluentes	5.000m ²
Vazão de tratante da ETE	130m ³ /hora - ≈ 3.120m ³ /dia
Concepção do tratamento atual	Filtro biológico e lodos ativados
Investimento na ETE	R\$ 2.000.000,00 (Reais)
Custo operacional do sistema	R\$ 1,55 por m ³ ou R\$ 140.000,00 mensais
Pré-tratamento	Gradeamento, homogeneização e peneiramento.
Neutralização	Sim – Ácido Sulfúrico – H ₂ SO ₄
Tratamento físico-químico	Não existe
Tratamento biológico	Lodo ativado – aeração prolongada
Tipo de aeração	Aerador superficial de baixa rotação
Remoção de cor	Sim – Aproximadamente 90% de eficiência
Tratamento terciário	Adensamento de depois centrifugação
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico – aproximadamente 5ton/dia
Disposição do lodo	Armazenamento – aguardando melhor solução
Automação	Não - apenas medição on-line de pH e vazão
Laboratório químico	Análise de rotina para monitoramento

Figura 5.01 - Síntese de dados da empresa IBA-01

Fonte: Primária (03/2003)

A primeira unidade de tratamento de efluentes é datada de 1975, e era um sistema de controle de pH e tratamento de resíduos de goma; mas, realmente, o primeiro STET foi implantado no início da década de 1980, e é muito provável que tenha sido o primeiro STET instalado no Brasil. A concepção de tratamento foi basicamente biológica. O STET era constituído de gradeamento, tanque de homogeneização e equalização, neutralização, lodos ativados em regime de aeração prolongada e desidratação do lodo biológico por filtro-prensa. A disposição do lodo biológico era feita em uma lagoa de sacrifício. A figura 5.02 mostra a foto aérea do STET implantado em 1980.



Figura 5.02 – Foto do STET da empresa IBA-01

Fonte: Conchon *et al.* (2002)

A primeira alteração neste sistema ocorreu em 1992, através da implementação de um novo tanque de homogeneização e equalização, com tempo de detenção de 48 horas, pois o tanque original tinha entre 6 e 9 horas de tempo de detenção. A alteração teve o objetivo de tornar o STET mais estável biologicamente, evitando que as oscilações do processo fabril (hidráulicas e orgânicas) pudessem provocar no STET choque de carga (desestabilização do sistema).

A partir de 1996, a direção da empresa estabeleceu como meta prioritária a implantação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), pois a empresa buscava atender o mercado externo, o qual começava a exigir de seus fornecedores responsabilidade ambiental (Política Ambiental). Inicialmente a implantação do SGA se deu através de uma assessoria ambiental externa, mas os trabalhos não evoluíram e então se decidiu pela implantação sem a assessoria externa.

Destarte o SGA acabou sendo consolidado apenas em 1997. Segundo o entrevistado, a maior dificuldade do processo foi a conscientização dos colaboradores, que ocorreu somente depois de muitas reuniões de motivação e desenvolvimento de ações práticas relacionadas à reciclagem de lixo. Um exemplo destas ações foi a coleta seletiva do lixo das residências dos colaboradores. Eles desenvolviam a coleta seletiva no lixo doméstico e traziam para empresa os materiais com valor econômico e a empresa disponibilizava uma área de armazenamento e formas de comercialização dos materiais. A receita financeira é revertida para a compra de materiais escolares para os filhos dos próprios colaboradores. Questionado, o entrevistado sobre os custos de implantação e manutenção do SGA informou que a empresa não contabiliza o sistema como uma fonte de custo, mas tem a certeza que ele trouxe vantagens financeiras para a empresa, dados os diversos programas de minimização de resíduos e energia que foram implantados a partir do SGA.

Em 1998, algumas alterações no processo fabril provocaram um aumento considerável na carga orgânica do efluente industrial. Para contornar esta situação, o STET foi alterado da seguinte forma, um novo decantador secundário foi introduzido no sistema e o processo de lodos ativados passou a trabalhar em regime de aeração convencional; na desidratação do lodo se introduziu um adensador e o filtro-prensa existente foi substituído por uma centrífuga de horizontal "Pieralisi".

No contexto do SGA a certificação ISO 14001 foi uma consequência natural, que se concretizou em 1998. Assim como o SGA, a ISO 14001 também foi implantada sem assessoria externa. As principais dificuldades para implantação da ISO 14001 foram duas. A primeira foi quanto à conscientização dos colaboradores, que precisaram de muitas horas de doutrinação e treinamento para a total assimilação. A segunda dificuldade foi estabelecer um eficiente sistema de avaliação e monitoramento para o acompanhamento da *performance* do STET. Segundo o entrevistado, a certificação trouxe melhorias para o STET em todos os parâmetros de despejo. Por exemplo: em termos de DBO_5 , a eficiência passou de 90% para 98%. Este valor é considerado excelente para qualquer estação de tratamento de efluente industrial.

Ainda, neste contexto de busca por melhorias ambientais, a meta do SGA passou a ser eliminar a poluição visual (remoção dos corantes). Conforme mencionado no item 2.3.1.1.1, na legislação ambiental do Estado de São Paulo a cor não faz parte dos parâmetros de controle do despejo final, mas mesmo assim a empresa considerou ser importante a remoção da coloração do efluente final. Em função desta meta, em 1999 foram desenvolvidos diversos estudos para a definição de um processo de remoção de coloração do efluente final. Foram estudados os seguintes processos: ozonização, ultravioleta, uso de descolorante, uso de ácido fólico e implantação de tanque anóxico. A opção escolhida foi o tanque anóxico, pois em função das características do STET em operação este processo foi o que apresentou o melhor custo-benefício. O custo de implantação do tanque anóxico foi pequeno, haja vista a existência do tanque já construído, ou seja, foi reaproveitado o antigo tanque de homogeneização e equalização que havia sido desativado em 1992. O tanque anóxico ficou com um tempo de detenção de cerca de 8 horas.

A figura 5.03 mostra em primeiro plano o tanque anóxico (antigo tanque de homogeneização), e ao fundo, o tanque de homogeneização, que na verdade é uma pequena lagoa.



Figura 5.03 – Foto do tanque anóxico da empresa IBA-01
Fonte: Primária (03/2003)

Com o tanque anóxico a eficiência do STET em relação à remoção de cor passou de 60% para 90%, ou seja, entra no sistema com 10.000mg CoPt/L e sai com aproximadamente 700mg CoPt/l. Em conjunto com a Cetesb, a empresa participou de um estudo para determinar os mecanismos da descoloração que proliferou no tanque anóxico. Concluiu-se que a descoloração dos efluentes está relacionada com a ação metabólica das bactérias filamentosas.

A figura 5.04 mostra a foto de uma bactéria filamentosa do tipo 1851, identificada no laboratório da Cetesb, através do manual de taxonomia escrito por Jenkins em 1993.



Figura 5.04 – Foto da bactéria filamentosa tipo 1851.

Fonte: Cetesb (2002d p.26)

Segundo o entrevistado, este foi um dos trabalhos que mais satisfação trouxeram ao grupo gestor do SGA, pois a redução da poluição visual é que mais impressiona a comunidade e a deixa satisfeita, ou seja, o trabalho aparece visualmente.

Entre 1999 e 2001, a empresa participou do programa P²+PL, promovido pela Cetesb, cujo principal objetivo era a minimização de resíduos e economia de energia elétrica. Em termos de resultados, houve diversos ganhos, por exemplo: a energia elétrica foi reduzida em 12%, o consumo específico de água passou de 33,89L/kg de tecido para 27,68L/kg de tecido, o que significou uma redução de 18% e dependendo da produção fabril, pode representar até 30.000m³/mês de água. Em termos de eficiência, a DBO₅ passou de 95 para 98%”, a DQO, de 90 para 94% e a cor, de 72 para 93%. Os resultados foram considerados ótimos (Cetesb 2002d).

Outra alteração significativa no STET ocorreu em 2002, com o objetivo de melhorar a estabilidade do processo de lodos ativados. A empresa de projetos ambientais, após estudar algumas alternativas, propôs o retorno do processo de lodos ativados com aeração prolongada, e para isto se fez necessária a introdução de um filtro biológico aerado com o objetivo de reduzir a carga de DBO₅ em pelo menos 50%.

Em função dos investimentos, cerca de 500.000 reais, optou-se inicialmente por confirmar as expectativas de eficiência para o filtro biológico através de uma unidade-piloto. O custo de estudo foi de cerca de 10.000 reais, investimento considerado baixo em função do valor efetivo do filtro biológico. A unidade-piloto operou durante quatro meses. Os resultados confirmaram as expectativas para o processo. A figura 5.05 mostra a aspensão no filtro e o material de enchimento.



Figura 5.05 – Foto do filtro biológico – empresa IBA-01.

Fonte: Primária (02/2003) com montagem de Conchon *et al.* (2002 p.352)

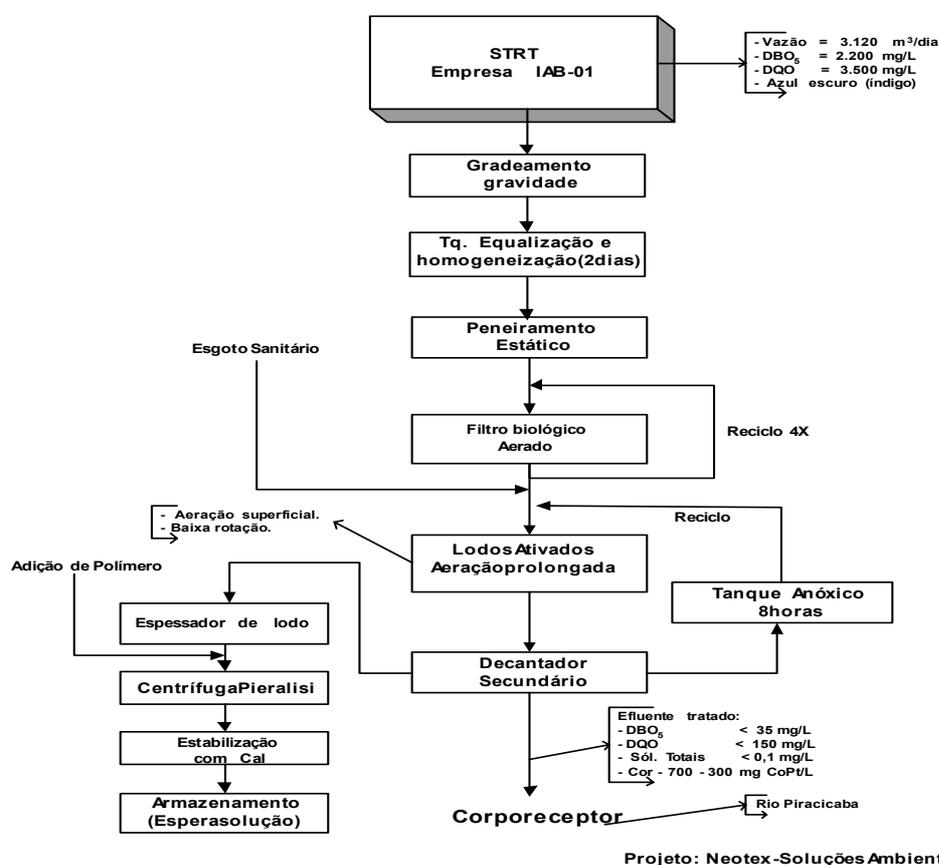


Figura 5.06 – Fluxograma do STET – empresa IBA-01.

Fonte: Primária (02/2003)

O projeto original e todas as alterações mencionadas no STET foram executadas pela mesma empresa de projetos ambientais. As edificações e aquisições de equipamentos sempre foram feitas pela empresa. Questionada a política da empresa, sobre serem os custos dos projetos ambientais relevantes na tomada de decisão, seu representante informou que não, pois o principal ponto é a confiabilidade dos projetos e se eles atenderão às necessidades da empresa. Quando se perguntou ao entrevistado se, na opinião dele, houvera algum erro de projeto no STET, ele respondeu que considerava o tanque de equalização e homogeneização subdimensionado, mas que isso não era um erro de projeto, e sim uma contingência em função de o processo fabril ser dinâmico e o STET estático.

O problema ambiental que a empresa busca contornar é o destino final para o lodo biológico. Primeiramente, a direção da empresa nunca aceitou a disposição em aterro industrial, por considerar este um procedimento inadequado à boa prática ambiental e ainda gerar um passivo ambiental permanente. Por algum tempo, o lodo foi depositado em uma lagoa de sacrificio, que é constantemente monitorada até se encontrar uma solução nobre para o lodo. Nos últimos anos da década de 1990, a Cetesb autorizou, por um determinado período, o uso agronômico do lodo (*land-application*). A empresa passou a aplicar o lodo em uma plantação de capim com 22 hectares, destinada à alimentação de 100 cabeças de gado.

A partir de 2002, a Cetesb não mais renovou a autorização para a disposição do lodo em *land-application*, alegando que o lodo têxtil apresenta potencial de mutagenicidade. A empresa, conjuntamente com a ABIT e outras indústrias têxteis, interpôs recurso junto à Cetesb, questionando o posicionamento do órgão em relação à rejeição da disposição do lodo têxtil em *land-application*. O entrevistado mencionou que no dossiê entregue à Cetesb são citadas inúmeras indústrias americanas e italianas que utilizam o *land-application* há muitos anos sem qualquer tipo de problema. Enquanto aguarda um posicionamento da Cetesb, a empresa continua em busca de outras soluções para o lodo. Em conjunto com o IPT, estuda, por exemplo, a compostagem do lodo, o próprio *land-application* em culturas não pertencentes à cadeia alimentar humana e ainda, a incineração em caldeiras como fonte de energia calorífica. O lodo continua sendo armazenado na própria empresa.

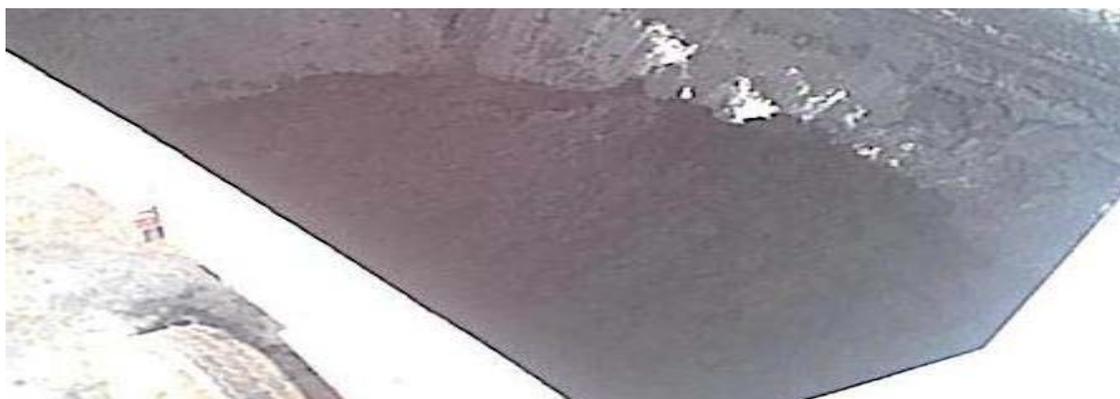


Figura 5.07 – Foto do lodo biológico - empresa IBA-01.
Fonte: Primária (02/2003)

Em relação à recuperação da lixívia da mercerização, a empresa não considera financeiramente viável (investimento alto) a sua reciclagem, pois o valor residual de soda na lixívia é muito inferior a 8°Bé, valor mínimo exigido para a viabilidade do processo. Assim, a lixívia é armazenada e posteriormente repassada a um tercerizador ambiental, que a fornece a uma indústria de papel e celulose para que esta a use no processo industrial. O valor pago ao tercerizador para a retirada da lixívia é muito inferior ao custo de uma neutralização no STET.

Para o ajuste do pH a empresa usa ácido sulfúrico. Segundo o entrevistado, a empresa já utilizou o gás carbônico, mas o seu custo oscila muito, ou seja, quando da implantação os custos são compatíveis com o ácido sulfúrico, mas depois de algum tempo tornam-se muito maiores que os do ácido. Como o custo do gás carbônico é formado através de cláusulas contratuais entre as partes, o que se precisa é ter um contrato muito bem-negociado para que se evitem as oscilações no custo do gás e o custo-benefício seja suportável. Quanto à eficiência do ácido sulfúrico, a empresa ressaltou que, mesmo com o sistema de controle, o pH oscila dentro de uma determinada faixa, mas a resultante é satisfatória. Quanto à questão da periculosidade, informou que o sistema dispõe de toda segurança necessária.

Em termos de acidentes operacionais envolvendo a área ambiental, tem-se registro de apenas um vazamento de soda cáustica, que foi comunicado aos órgãos competentes. Em função deste caso é que se registrou o único auto de infração ambiental contra a empresa em mais de 30 anos de existência. Também houve uma

situação no final de 2002, na qual o uso de novo produto no tingimento gerou uma desestabilização no processo biológico que provocava a flotação do lodo. Neste caso, conseguiu-se corrigir o problema a tempo de se evitar dano ao ambiente. Em função deste episódio todos os novos produtos, antes de serem usados no processo fabril, devem primeiramente passar por uma análise ambiental em termos do grau de poluição, para aí sim serem liberados para o processo industrial.

Questionada a empresa quanto à possibilidade de vir a utilizar alguma tecnologia avançada para viabilizar processos de reciclagem, a resposta foi que são tecnologias para o futuro, mas na atual situação - de baixo custo da água industrial e elevados custos industriais - estes processos ainda não apresentam um custo-benefício compatível com a atividade industrial têxtil brasileira. Além disso, alguns destes processos, como, por exemplo, as filtrações por membranas, ainda apresentam inconvenientes, como o tratamento dos concentrados por elas gerados.

A empresa participa do Comitê de Bacia do Rio Piracicaba e acompanha com interesse a questão da taxa do uso das águas, cuja expectativa é que a cobrança seja implantada em 2006. Não se percebeu preocupação a respeito do assunto, uma vez que a empresa estima que o valor a ser cobrado seja entre 1 e 2 centavos/m³. Em relação à atuação do órgão ambiental, a opinião é que já foi mais atuante, principalmente na década de 1990, e que hoje age com mais rigor com as empresas de porte, além de as ações dos fiscais sempre visarem à atuação.

A indústria está localizada em uma região densamente povoada; apesar disto, segundo o entrevistado, nunca houve reclamações ou denúncias de poluição. Por outro lado, ainda que a empresa esteja sempre aberta à visita da comunidade, esta não manifesta grande interesse em tal prática. O mesmo acontece com as escolas da região, pois a empresa propôs ações ambientais em conjunto, como palestras, visitas a indústria e ajuda para implantação de coleta seletiva de lixo, mas não se teve grande receptividade por parte delas.

Finalizando, o entrevistado ressaltou que o custo ambiental é de 150.000 reais mensais, e que a empresa não usa as ações ambientais como *marketing*, pois considera as ações como uma obrigação da empresa para com a comunidade.

5.1.2 IBA-02

Indústria, localizada no pólo têxtil de Americana, surgiu de uma pequena tecelagem e depois uma tinturaria fundada no final da década de 1960. Possui três unidades fabris e é uma das maiores indústrias de denim do país. O processo industrial verticalizado, composto pela fiação, tingimento de fios, engomagem, tecelagem, desengomagem do sobretinto e acabamento. Mesmo produzindo apenas o artigo denim, a diversificação é grande, pois são mais de 350 artigos distintos.

A figura 5.08 apresenta de forma sintetizada dados de relevância para se ter o perfil da indústria.

Descrição	Dados
Atividade	Produção de jeans – Denim – 365 produtos
Matéria-prima	100 % algodão para tecido plano
Tipo de corante usado	Índigo e enxofre
Tempo de atividade	35 anos de existência
Produção da empresa	10 milhões de metros lineares por mês
Mercado consumidor	Mercado interno (75%) – Mercado externo (25%)
Água industrial e custo	Captação de rio – Tratamento convencional – R\$ 0,32
Número de colaboradores	Aprox. 1.300 e na área ambiental 20
SGA e ISO 14001	Não possui
Área de tratamento dos efluentes	3.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	60m ³ /hora - ≈ 1.400m ³ /dia
Consumo específico de água	20 – 25L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento e lodos ativados
Investimento na ETE	U\$ 3.000.000 dólares
Custo operacional do sistema	R\$ 1,20 por m ³ ou R\$ 51.000 mensais
Pré-tratamento	Gradeamento, peneiramento e homogeneização
Neutralização	Sim – Gás Carbônico – CO ₂
Tratamento físico-químico	Não existe
Tratamento biológico	Lodo ativado – aeração prolongada
Tipo de aeração	Aerador de injeção de oxigênio puro (O ₂)
Remoção de cor	Apenas no biológico – Aproximadamente 50% de eficiência
Tratamento terciário	Adensamento de depois centrifugação
Produtos químicos	Polímeros catiônicos no lodo ≈ 10ppm
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico – aproximadamente 8ton/dia
Disposição do lodo	Aterro industrial – R\$ 140.00 por tonelada
Automação	Sim – pH, Oxigênio e vazão
Laboratório químico	Análise de rotina para monitoramento

Figura 5.08 - Síntese de dados da empresa IBA-02

Fonte: Primária (03/2003)

O STET foi implantado em 1986, com capacidade de tratar 30m³/hora e carga de DBO₅ entre 1500 – 2000mg/L. Dez anos depois, em 1996, houve o primeiro “*upgrade*”, e em seguida, em 2000, o outro “*upgrade*”. Inicialmente o sistema era constituído de gradeamento, peneiramento, equalização e homogeneização, processo de lodos ativados (aeração prolongada – ar difuso) e a desidratação do lodo por leitos de secagem. Neste primeiro sistema não havia sistema de neutralização. Na figura 5.09 está representado o esquema deste primeiro STET.

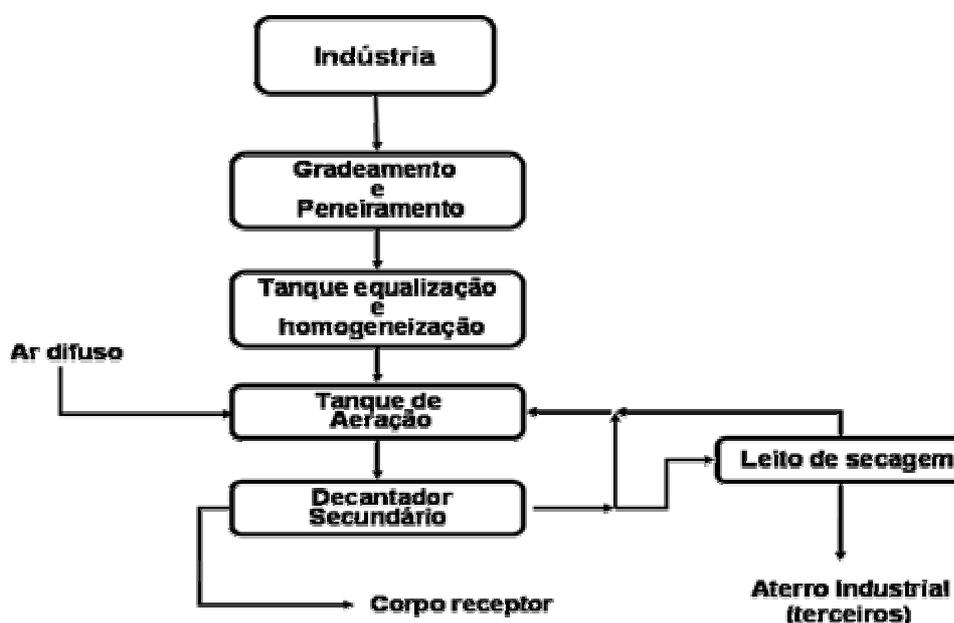


Figura 5.09 – Esquema do primeiro STET da empresa IBA-02 (1986)
Fonte: Primária (02/2003)

Em 1996, em função de a carga orgânica ter aumentado consideravelmente (dobrado), o STET precisou receber o primeiro “*upgrade*”. As alterações efetuadas foram as seguintes: o tanque de homogeneização e equalização acabou por receber uma torre de resfriamento (reduz de temperatura no tanque biológico), o efluente passou a ser neutralizado com ácido sulfúrico (H₂SO₄), introduziu-se mais um decantador secundário e no tanque biológico o sistema de aeração por ar difuso foi substituído pela injeção de oxigênio puro. Por último, a desidratação do lodo por meio de leito de secagem foi abandonada (uso apenas em casos emergenciais) e substituída por uma centrífuga do tipo vaso horizontal.

A figura 5.10 mostra a diferença entre o lodo centrifugado e o do leito de secagem.



Figura 5.10 – Comparação - lodo de leito de secagem e o centrifugado - IBA-02
Fonte: Primária (02/2003)

A figura 5.11 mostra o STET da empresa IBA-02 após do primeiro “upgrade”.

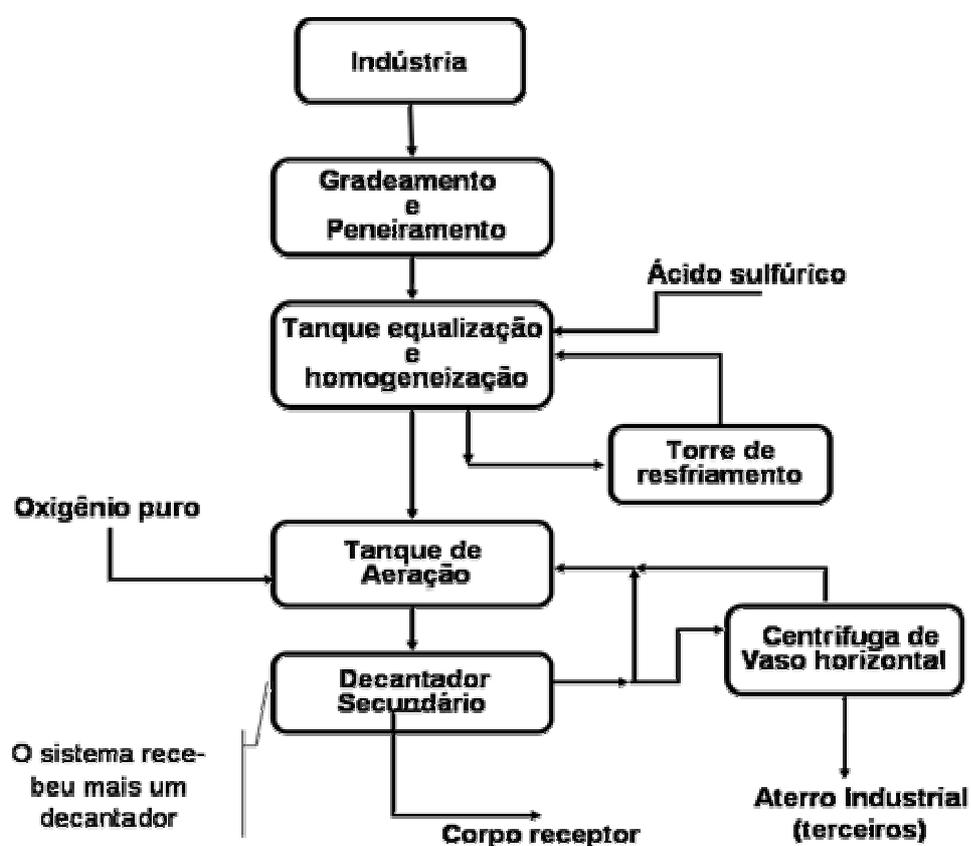


Figura 5.11 – Esquema do STET depois do 1º “upgrade” (1996) - IBA-02
Fonte: Primária (02/2003)

É importante citar que a substituição do ar difuso pelo oxigênio puro (líquido) foi uma iniciativa da própria empresa, pois havia algumas reclamações por parte da comunidade vizinha à fábrica, principalmente em relação ao ruído intermitente gerado pelo sistema de ar difuso (sopradores). Assim, a proposta da empresa de projetos foi de um sistema que fosse silencioso e apresentasse melhor eficiência que o anterior. Em contrapartida as melhorias apresentaram maior custo operacional do que o do sistema anterior. A empresa aceitou o novo custo ambiental em respeito ao direito da comunidade. Ainda em relação a este assunto, o entrevistado cita outro exemplo que ocorreu quando da implantação de uma nova unidade fabril, cujo parque industrial é bem isolado (distante de povoações), e mesmo assim a diretoria optou pela aeração por oxigênio puro, com o propósito de minimizar qualquer tipo de poluição sonora e também por considerar que o aumento do custo operacional pode ser compensado pela melhor eficiência do sistema.

Na figura 5.12 são apresentadas duas imagens. A primeira é do tanque de aeração com um aerador de injeção de oxigênio puro, tendo ao fundo a torre de resfriamento do tanque de homogeneização. A segunda imagem é da outra unidade industrial da empresa, na qual também se optou pelo sistema de aeração por oxigênio puro. A finalidade desta segunda imagem é mostrar que a unidade se encontra em uma região totalmente despovoada e mesmo assim a empresa optou por um sistema de aeração silencioso (injeção de oxigênio puro), apesar do custo operacional ser maior.



Sistema injeção oxigênio puro e torre de resfriamento



O STET da outra unidade fabril também oxigênio puro

Figura 5.12 – Fotos do STET - IBA-02

Fonte: Primária (02/2003) com montagem de Conchon *et al.* (2002 p.13)

O segundo “*upgrade*” foi implantado em 2000, e se fez necessário pelo aumento de consumo de água - que passou de 30 para 60m³/hora - e também da DBO₅, que chegou a 3000mg/L. As alterações foram as seguintes: a neutralização passou a ser por gás carbônico (CO₂) e os tanques de homogeneização e de aeração (biológico) foram ampliados, o primeiro para dar mais estabilidade ao sistema e o segundo para garantir aos lodos ativados o regime de aeração prolongada. Não obstante, segundo o informante, o sistema ainda continua pouco estável. Na opinião dele o tanque de homogeneização ainda está subdimensionado; contudo, o sistema atende perfeitamente aos parâmetros de despejo, como, por exemplo: DQO de 120mg/L e DBO₅ de 40mg/L, ou seja, 90 e 95% de eficiência respectivamente.

Os projetos ambientais sempre foram desenvolvidos pela mesma empresa de projeto. Apesar de a empresa dar grande ênfase aos custos, sempre deu preferência ao que considera de “*top*” no segmento de tratamento de efluentes têxteis. Perguntado ao gerente como são tomadas as decisões referentes às soluções ambientais, a resposta foi que a empresa não dispõe de especialista na área, assim a diretoria busca informações e faz visitas à unidade com a tecnologia implantada.

Como o STET teve dois processos distintos de neutralização, o entrevistado foi indagado sobre as diferenças entre os processos. Primeiramente, mencionou que o processo industrial dispõe de mercerização e caustificação, e que parte do lixiviado com concentração de 3 a 5°Bé é destinada para reúso em uma fábrica de papel e celulose da região. Outro procedimento é dar ênfase à neutralização no processo fabril, o que é bem mais produtor do que a simples neutralização no STET. Em função destas duas ações o consumo de neutralizante é pequeno. Mencionou que a neutralização com o CO₂ é extremamente estável e mais segura em comparação com o H₂SO₄, porém em condições normais o custo é 50% superior. Não obstante, a empresa consegue condições especiais de preço, pois também compra O₂ puro.

Quanto à descoloração do efluente, o entrevistado respondeu que é uma preocupação da empresa, mesmo a legislação do Estado não a exigindo. Informou que em nível laboratorial foram testados diversos processos de remoção de cor, mas que ainda não se chegou a conclusão sobre a melhor opção em termos de custo-benefício. Contudo, o STET em operação possibilita a remoção de cor de 50 a 60%.

A figura 5.13 mostra uma comparação visual entre o efluente bruto e o despejo final.



Figura 5.13 – Fotos do efluente do STET - IBA-02
Fonte: Primária

Em relação às questões de SGA e ISO 14001, segundo o gerente industrial, o foco da filosofia ambiental da empresa é primeiramente atender à legislação, e na seqüência, dentro do limite de custo-benefício, executar todas as ações que possam contribuir para a melhoria do ambiente. O entrevistado menciona que até o momento os clientes não estão exigindo estes instrumentos, mas considera que para um futuro muito próximo, tanto o SGA quanto a ISO 14001 deverão ser requisitos básicos nas ações comerciais entre as empresas.

Segundo o entrevistado, nunca ocorreu acidente ou erro operacional grave que tenha prejudicado o ambiente, como também jamais a empresa foi multada por algum órgão ambiental, embora considerem que a Cetesb seja exigente, principalmente com aqueles que procuram cumprir corretamente a legislação. Quanto à comunidade, consideram que ela é consciente ambientalmente e sempre que se detecta alguma irregularidade procura a empresa para esclarecimento.

Concluindo a entrevista, o gerente destacou que a empresa tem como metas ambientais investir em ações de minimização de carga poluente, como por exemplo, programa de reúso de parte do efluente tratado em operações menos nobres do processo industrial, recuperação da goma por processo de filtração por membrana, testar o ácido fólico para reduzir a geração de lodo, além de dar preferência ao uso de produtos químicos (corantes e auxiliares) menos poluentes.

5.1.3 IBA-03

A empresa começou como uma pequena tecelagem de juta e algodão, no centro da cidade, em 1948. Com o decorrer dos anos a indústria se deslocou para uma grande área próxima ao rio, mas ainda permaneceu dentro do perímetro urbano. Ao longo destes quase 60 anos, a empresa cresceu e atualmente produz uma grande quantidade de produtos de algodão - principalmente brim - que são vendidos nos mercados interno e externo.

A figura 5.14 apresenta de forma sintetizada dados de relevância para se ter o perfil da indústria IBA-03.

Descrição	Dados
Atividade	Produção de Brim, juta e tecidos mistos
Matéria-prima	Algodão para tecido plano e fibras artificiais
Tipo de corante usado	Direto, reativo e sulfurosos
Tempo de atividade	56 anos de existência
Produção da empresa	1,5 milhões de metros lineares por mês
Mercado consumidor	Mercado interno e mercado externo
Água industrial e custo	Minas (30%) e poços semi-artesianos (70%) – R\$ 0,05
Número de colaboradores	Aprox. 1.700 e na área ambiental 30
SGA e ISO 14001	Em implantação
Área de tratamento dos efluentes	10.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	80m ³ /hora - ≈ 1.920m ³ /dia
Consumo específico de água	70 - 75L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento e lodos ativados / recuperação de goma e soda
Investimento na ETE	U\$ 2.000.000,00 (Dólares)
Custo operacional do sistema	R\$ 0,50 por m ³ ou R\$ 25.000 mensais
Pré-tratamento	Gradeamento, peneiramento e homogeneização
Neutralização	Sim – Gás Carbônico e ácido sulfúrico
Tratamento físico-químico	Sim, mas não utiliza
Tratamento biológico	Lodo ativado – aeração prolongada
Tipo de aeração	Aerador de superficial (baixa rotação)
Remoção de cor	Apenas no biológico – Aproximadamente 50% de eficiência
Tratamento terciário	Adensamento de depois centrifugação
Produtos químicos	Polímeros catiônicos no lodo
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico – aproximadamente 1ton/dia
Disposição do lodo	aterro industrial (privado) – R\$ 80,00 por tonelada
Automação	Não – dados de pH e vazão
Laboratório químico	Análise de rotina para monitoramento – (DBO ₅ , DQO e sólidos)

Figura 5.14 - Síntese de dados da empresa IBA-03

Fonte: Primária

Conforme citado, a indústria está instalada no perímetro urbano, com residências muito próximas do STET, como pode ser visualizado através da figura 5.15.



Figura 5.15 – Foto aérea da empresa IBA-03
Fonte: Primária (02/2003)

O STET foi projetado por uma grande empresa de projetos ambientais e iniciou a operação em 1981, tornando-se uma das primeiras estações de tratamento implantadas na indústria têxtil no país, com capacidade de tratar $120\text{m}^3/\text{hora}$ de efluente e carga de DBO_5 entre 800 e 1.000mg/L .

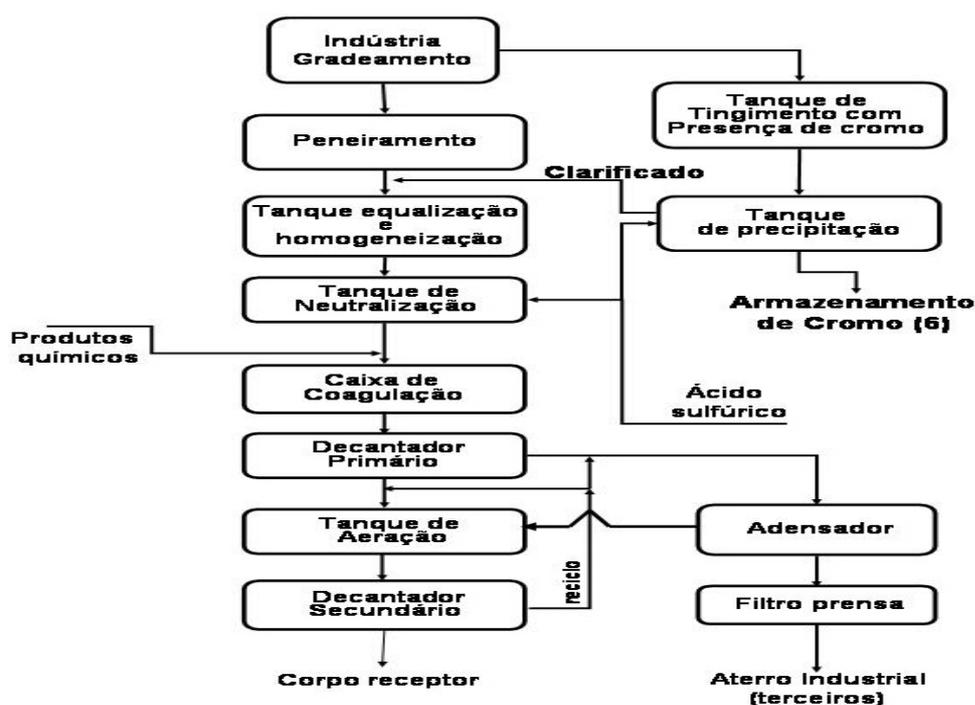


Figura 5.16 – Fluxograma do STET da empresa IBA-03
Fonte: Primária

Um ponto a destacar na figura 5.16 é o processo de remoção de cromo hexavalente, pois é um algo difícil de se encontrar em um STET. No início da década de 1980 a indústria utilizava alguns corantes metálicos à base de cromo, o que contaminava o efluente final. Na época, a empresa optou por implementar o processo de remoção de cromo baseado na precipitação do cromo pela redução do pH e conseqüente formação de hidróxido de cromo (precipitado). Posteriormente, o sistema foi abandonado, porque os corantes metálicos foram substituídos por similares isentos de cromo.

Durante muito tempo, quase 15 anos, o sistema operou sem grandes alterações, mas depois desse período a indústria teve sua capacidade de produção duplicada. Conseqüentemente nesta ampliação os maiores problemas eram a carga orgânica (goma) e a alcalinidade (mercerização). Para esta situação a empresa tomou uma decisão ousada: ao invés de duplicar o STET, optou por otimizar o processo industrial através de sistemas de recuperação de goma e soda cáustica. A figura 5.17 mostra os evaporadores de soda cáustica e a ultrafiltração da goma sintética.



Figura 5.17 – Sistemas de reciclagem de soda cáustica e goma sintética

Fonte: Primária

Na época os investimentos nas recuperadoras foram da ordem de 1.700.000 dólares, valor este semelhante ao necessário para a duplicação do STET. A opção da empresa foi investir em soluções de minimização de carga e não no STET.

Segundo o entrevistado, depois de quase 5 anos, tem-se a certeza de que foram corretas as decisões tomadas entre 1996 e 2000, de reciclar tanto a goma sintética (implantação em 1997) quanto a soda cáustica (implantação em 2000), haja vista a própria tendência mundial de otimização dos processos industriais como forma de reduzir os impactos ambientais.

Não obstante, como qualquer processo industrial, as recuperadoras tiveram seus problemas de adaptação. No caso da soda a principal dificuldade foi relativa à otimização operacional, pois por algum tempo o processo não apresentou os resultados esperados. Foi necessário conscientizar e treinar os operadores de forma exaustiva para se obterem rendimentos economicamente aceitáveis. O investimento neste processo foi de 700.000 dólares, valor que a empresa estima ter recuperado no 5 primeiros anos operação do sistema. A indústria, antes da instalação do processo, consumia em torno de 350 a 400g NaOH/kg de tecido, e depois de realizada a implantação, o consumo passou a ser de 180 a 200g NaOH/kg, ou seja, aproximadamente 50% de redução, valor este inferior à meta inicial, que era de 75 a 85% de recuperação de soda. Mesmo com a recuperadora, a indústria ainda consome, entre ácido sulfúrico e gás carbônico, 30.000kg/mês, pois o pH do efluente bruto, em alguns momentos, atinge valores entre 11 e 12. Apesar de o processo não ter atingido plenamente as metas inicialmente traçadas, a empresa considera que o investimento neste tipo de ação apresenta vantagens ambientais imediatas e financeiras a médio e longo prazo. Para o cálculo da taxa de retorno ser positiva deve-se considerar a soda recuperada, a redução de acidificante no STET, a geração de água destilada e quente para o processo industrial.

Na recuperação da goma o investimento foi de aproximadamente um milhão de dólares, em 1996, tornando-se a empresa uma das pioneiras na instalação deste tipo de processo no país. Assim como no caso da soda, a recuperação de goma precisou passar por diversos ajustes, desde a troca de motores elétricos por causa da diferença de frequência até modificações de ordem de processo na engomagem e na desengomagem. Segundo o gerente da tecelagem, até aquele momento o processo às vezes apresenta alguma instabilidade, fazendo com que a goma recuperada perca viscosidade.

Segundo o gerente, o problema é uma falha de logística, que pode ser vista através da figura 5.15, mostrada anteriormente. A tinturaria (onde ocorre a desengomagem e a recuperação da goma) encontra-se de certa forma distanciada (500 a 700m) da tecelagem (onde ocorre a engomagem), o que faz com que a goma reciclada tenha que ser transportada por meio de carreta-tanque. Dependendo da temperatura ambiente, especialmente em dias frios, no momento do transporte pode haver uma variação negativa da temperatura no tanque de transporte que contém a goma, o que, por sua vez, pode provocar a instabilidade na viscosidade do produto reciclado. Quanto à taxa de retorno, o entrevistado relatou que tentou por diversas vezes calculá-la, e quando o faz apenas considerando a recuperação da goma, a taxa é muito baixa. O cálculo exato envolve inúmeros parâmetros, como os relacionados a seguir:

Processo industrial

- Eficiência de recuperação da goma sintética;
- Menor massa na engomagem e secagem (redução de energia);
- Aumento da capacidade de engomagem (aumento de velocidade);
- Menor tempo de repouso (aumento de produção);
- Menos água para remoção da goma (redução do consumo específico H₂O),
- Menor desgaste dos teares (redução dos custos de manutenção).

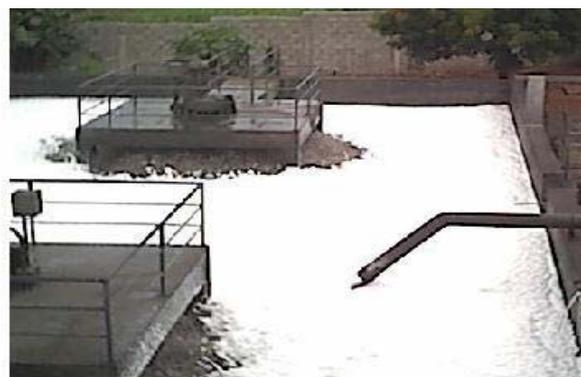
STET

- Menor consumo de antiespumante (redução de produto químico);
- Menor produção de lodo biológico (redução de resíduo final);
- Redução da carga orgânica (redução de energia elétrica),
- Melhoria dos parâmetros finais.

A mensuração de todos estes parâmetros dificulta a determinação exata da taxa de retorno, mas na empresa não existem dúvidas quanto à viabilidade do investimento. Um fato marcante, neste processo, foi que antes da recuperação da goma usavam-se 2.000kg de antiespumante por mês no STET, e depois da recuperação praticamente se eliminou o antiespumante (<10kg por mês). Apesar da afirmação anterior, o que se pode ver no STET é que ainda se tem uma quantidade de espuma significativa no sistema, conforme pode ser visto através da figura 5.18.



Espuma no tanque de homogeneização e equalização



Espuma no tanque biológico

Figura 5.18 – Presença de espuma nos tanques de homogeneização e biológico
 Fonte: Primária

A pergunta que fica é: como seria a situação quando eram utilizados 2.000kg/mês de antiespumante no sistema?

Globalmente, as diferenças verificadas antes e depois das alterações no processo produtivo são as seguintes: a produção de tecidos passou de 900.000 para 1.500.000 de metros lineares por mês (aumento de 60%); o volume de efluente passou de 120 para 85m³/hora (redução 30%); e a redução na carga orgânica estima-se em mais de 50%, o que possibilita O₂ dissolvido no efluente final acima de 2mg/L, além de permitir que no chamado horário de “ponta” (19:00 às 22:00h), a potência dos aeradores possa ser reduzida de 36 para 24Cv, sem que seja afetado o teor de oxigênio dissolvido no tanque de aeração. Considerando toda esta situação, a empresa tem a convicção de que decisão tomada de recuperar subprodutos em detrimento da ampliação do STET foi extremamente correta.

A empresa ainda estuda a possibilidade de reaproveitar os gases de combustão da caldeira para neutralizar os efluentes brutos, pois como mencionado, mesmo com a recuperadora de soda ainda se consome cerca de 1ton./dia entre CO₂ e H₂SO₄. O aproveitamento dos gases ainda não se consolidou em função de as caldeiras queimarem óleo combustível, mas existe a possibilidade, a partir de 2006, de se queimar gás natural, o que em muito justificaria este processo de neutralização, uma vez que não haveria fuligem na lavagem dos gases de combustão, eliminado assim o único problema ambiental do processo que neste momento inviabiliza sua aplicação.

Ainda com referência à questão da neutralização, destaca-se o uso combinado dos dois sistemas, o CO_2 puro e o H_2SO_4 ; ou seja, cada sistema opera independente, a combinação se refere a uma programação que determina qual sistema deve operar. As considerações que os operadores têm sobre os sistemas são as seguintes: o ácido apresenta menor custo, mas em compensação os riscos operacionais são maiores, enquanto o gás carbônico puro tem custo maior e riscos operacionais menores. Assim, durante os períodos de presença de operadores no STET é usado o ácido, e nos demais momentos, principalmente nos finais de semana, é usado CO_2 .

Em relação à cor do efluente, a legislação regional não exige a sua remoção, mas a filosofia ambiental da empresa é gerar o mínimo de impacto; desta forma, no STET se busca eliminar o máximo de cor do efluente final. O processo utilizado para a remoção de parte da cor se dá através do decantador secundário. Nesta última etapa por que passa o efluente, utiliza-se cloreto férrico e hidróxido de cálcio (cal) para ajudar na sedimentação dos flóculos. No passado o coagulante usado era sulfato de alumínio, mas a geração de lodo e os custos eram maiores que os atuais. Após a sedimentação no decantador o lodo é encaminhado para o adensador e na seqüência para o filtro-prensa. O produto final da prensagem é um lodo misto, ou seja, uma mistura de produtos químicos com matéria biológica. São geradas aproximadamente 20ton /mês de lodo, que são enviadas para um aterro industrial particular ao custo de R\$ 80,00 a tonelada. A figura 5.19 mostra o efluente na saída do decantador e também o lodo gerado após o filtro-prensa.



Clarificado na saída do decantador secundário



Lodo químico e biológico depois filtro prensa

Figura 5.19 – Efluente final e lodo químico e biológico da IBA-03

Fonte: Primária

Através da figura 5.19, percebe-se que o efluente final apresenta baixa incidência de cor e ainda há uma pequena quantidade de espuma resistente.

Não obstante, a quantidade de lodo preocupa a empresa, tanto que cerca de alguns meses antes da pesquisa iniciou um programa objetivando reduzir os resíduos (lodo) gerados pelos efluentes líquidos (biossólidos). A redução está baseada na utilização de ácido fólico como elemento de controle e revitalização do processo biológico. Os dados iniciais representaram 50 dias sem descarte de lodo, totalizando quase 50 toneladas de lodo que deixaram de impactar o ambiente. Os técnicos da empresa estão otimistas com o projeto.

O resultado final que se está tendo no STET é o seguinte: uma eficiência global que oscila entre 90 e 95%, pois em termos de DBO_5 o que se tem é 300mg/L na entrada e entre 20 e 30mg/L no efluente final, enquanto a DQO de entrada é de 1.500, e a de saída, entre 400 e 300mg/L. Os demais parâmetros se enquadram perfeitamente dentro do exigido pela legislação. O sistema apresenta alguma instabilidade apenas quando de paradas com tempo superior a 15 dias (programadas), o que sempre é previamente comunicado aos órgãos ambientais.

Em relação aos serviços com projetos e assessorias ambientais a empresa tem dois momentos distintos. O primeiro se refere ao primeiro projeto do STET, que foi desenvolvido por uma grande empresa de projetos na área de saneamento, empresa essa multinacional com vasta experiência internacional. O segundo momento é o vivenciado depois da instalação e operação do STET, em que se busca uma sinergia entre a dimensão do trabalho a se desenvolver e o porte da empresa de projetos ou assessoria, pois ficou evidenciado no primeiro caso que após a implantação do STET a empresa de porte internacional perdeu o interesse em dar continuidade à relação comercial e conseqüentemente em prosseguir com o desenvolvimento do sistema (assessoria). Depois desta situação a busca é por parceiros ambientais comprometidos com a suas propostas de projeto, antes e depois da implantação; ou seja, são parcerias que exigem no mínimo de 6 a 12 meses para se consolidar e garantir os valores propostos em contrato. O entrevistado deixou bem claro que a empresa leva muito em consideração tanto os custos de implantação do projeto quanto os serviços de projeto e assessoria.

No período da pesquisa a empresa se encontrava em fase de implantação da SGA e da ISO 14.001. Os objetivos destas ações são a consolidação das práticas ambientais já desenvolvidas e poder apresentar à sociedade todos os esforços que a empresa empenha na preservação do ambiente. A implantação do sistema de gestão e a certificação conta com assessoria externa e envolve todos os setores da indústria, no âmbito das chefias até os cargos de menor nível. A empresa estima investir R\$ 1.000.000 entre assessoria, treinamento e melhoria nos processos do STET para que tanto a SGA quanto a ISO 14.001 sejam implantadas com sucesso.

O entrevistado relatou que o que mais impressiona em todo o processo de SGA e ISO 14.001 é o efeito da comunicação sobre os colaboradores. Ele cita um exemplo: em um período de umidade relativa do ar muito baixa o consumo de água aumentou muito; bastou então um comunicado através de *e-mail* a todos os setores, pedindo controle e economia de água, e em dois dias o consumo tinha voltado aos padrões rotineiros. Além da comunicação, a oportunidade dos colaboradores em participar dando sugestão é um forte estímulo para que as ações sejam implantadas com sucesso.

A empresa procura divulgar suas ações ambientais, mas a comunidade não apresenta grande interesse, apenas algumas escolas encaminham seus alunos para visitas à empresa. O comitê de bacia da região não é atuante, de forma que fica apenas para o órgão ambiental estadual controlar e fiscalizar os impactos gerados pelas indústrias. Para a empresa o órgão fiscalizador é atuante e seus fiscais compreendem certos problemas do STET e procuram muitas vezes orientar no sentido de que os problemas sejam resolvidos da melhor forma possível.

A implantação definitiva do SGA e ISO 14.001 para 2003 já é uma realidade. Ficam como metas para curto e médio prazos a melhora do processo de neutralização mediante o uso dos gases de combustão e principalmente a redução do volume de lodo gerado com a utilização da tecnologia do ácido fólico, que algumas indústrias têxteis já estão usando.

5.1.4 IBA-04

Esta empresa surgiu na região de Americana, na década de 1970. Inicialmente eram 5 pequenas tecelagens, as quais, quando da implementação do distrito industrial, na década de 1980, juntaram-se em uma só e tornaram-se a primeira indústria a se fixar nessa área. Ao longo dos quase 40 anos de existência, a empresa focou sua linha de produção nos tecidos especiais de algodão, produtos para a linha industrial, como tecidos abrasivos para correias, lonas em gerais e pneus, além de tecidos para hospitais e calçados em geral.

A figura 5.20 apresenta de forma sintetizada dados de relevância para se ter o perfil da indústria IBA-04.

Descrição	Dados
Atividade	Produção de tecidos especiais – correias, lonas e abrasivos
Matéria-prima	Fios de algodão para tecidos especiais
Tipo de corante usado	Sulfurosos, diretos e reativos
Tempo de atividade	38 anos de existência
Produção da empresa	1,0 milhões de metros lineares por mês
Mercado consumidor	Mercado interno e mercado externo
Água industrial e custo	Poços semi-artesianos (90%) – Serviço público – R\$ 1,30
Número de colaboradores	Aprox. 190 e na área ambiental 08
SGA e ISO 14001	Apenas projetos
Área de tratamento dos efluentes	500m ²
Vazão de tratamento da ETE	07m ³ /hora - ≈ 200m ³ /dia
Consumo específico de água	40 – 48L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento e lodos ativados
Investimento no STET	U\$ 500.000,00 dólares
Custo operacional do sistema	R\$ 3,00 por m ³ ou R\$ 15.000,00 mensais
Pré-tratamento	Gradeamento, peneiramento e homogeneização
Neutralização	Raramente utilizado - ácido sulfúrico
Tratamento físico-químico	Não tem
Tratamento biológico	Lodo ativado – aeração prolongada
Tipo de aeração	Aerador de superficial (baixa rotação) – injeção escalonada
Remoção de cor	Apenas no biológico – Aproximadamente 50% de eficiência
Tratamento terciário	Adensamento e filtro-prensa
Produtos químicos	Polímeros catiônicos no lodo ≈ 2ppm
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico – aproximadamente 1ton/dia
Disposição do lodo	aterro industrial (privado) – R\$ 90,00 por tonelada
Automação	Não – dados de pH e vazão
Laboratório químico	Análise de rotina para monitoramento – (DBO ₅ , DQO e sólidos)

Figura 5.20 - Síntese de dados da empresa IBA-04

Fonte: Primária

A indústria possui tecelagem, tinturaria e acabamento final. A capacidade instalada é de 200.000kg/mês ou 1.000.000 de metros lineares por mês, e no momento da pesquisa trabalhava com 95% de aproveitamento dessa capacidade.

A tinturaria foi implantada em 1989 e a primeira unidade de tratamento era apenas um simples físico-químico. Dois anos depois, em 1991, este sistema foi substituído por STET que atendesse às exigências de lançamento. O processo de implantação do STET começou em 1990, através da busca de uma empresa de serviços ambientais para desenvolver o projeto do STET. A ajuda veio de outras indústrias têxteis, que já tinham passado por esta necessidade. As melhores referências foram para uma empresa que se especializou em STET e tinha um excelente conceito de responsabilidade ambiental e sucesso neste tipo de empreendimento. Assim surgiu o projeto que se encontra esquematizado na figura 5.21, a seguir:

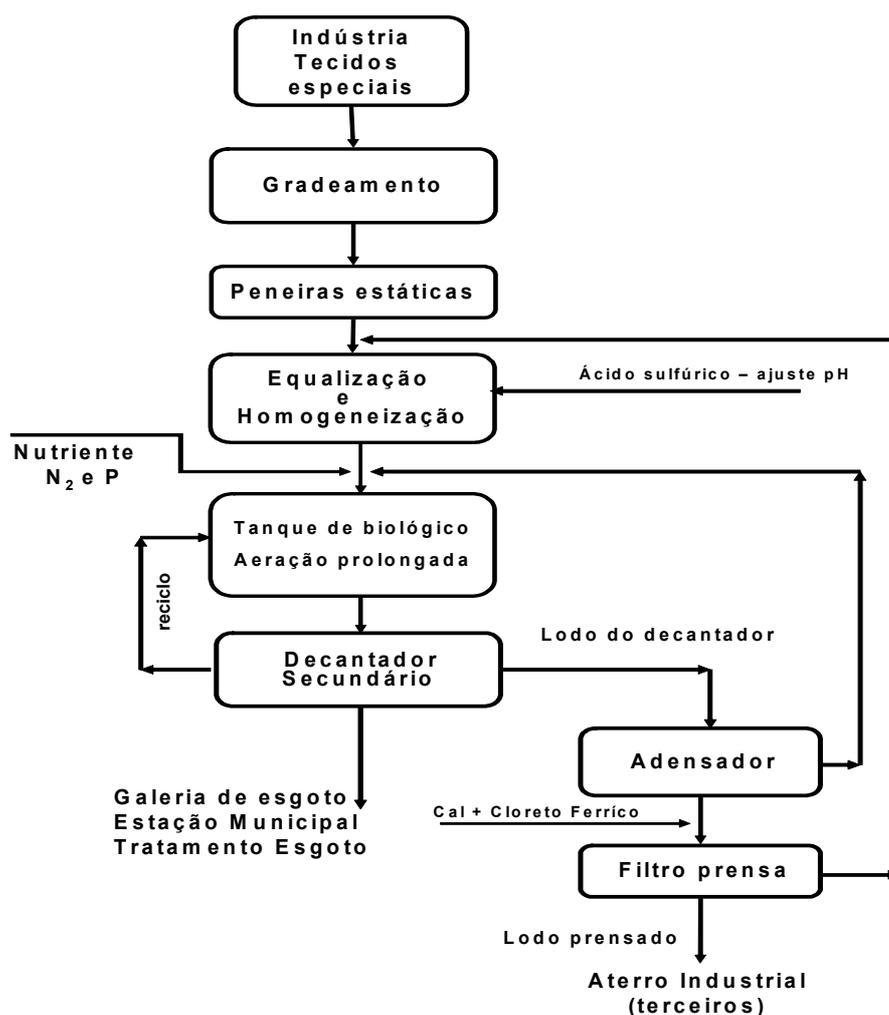


Figura 5.21 – Fluxograma esquemático do STET da IBA-03
Fonte: Primária

O STET da figura 5.21 tinha capacidade de tratar apenas de $5\text{m}^3/\text{hora}$, ou seja, $120\text{m}^3/\text{dia}$. Posteriormente, em 1996, as cargas volumétrica e orgânica se alteraram, a vazão triplicou e a carga orgânica duplicou. Então o STET precisou passar por *upgrade* para que pudesse o sistema se enquadrar nas exigências legais. Nos momentos críticos desse período a vazão chegou a atingir até $15\text{m}^3/\text{hora}$, e a DBO_5 5.000mg/L , daí a necessidade do *upgrade*. Estudos determinaram que 60 a 70% da carga orgânica tinham origem nos processos de engomagem e desengomagem, o restante estava nos produtos químicos (auxiliares e corantes).

A proposta para *upgrade* era triplicar a capacidade do STET ou reduzir as cargas orgânica e volumétrica e ainda efetuar algumas modificações no sistema, como: duplicar o tempo de retenção do tanque de homogeneização, melhorar a eficiência do decantador secundário e substituir o filtro-prensa por uma centrífuga. As ações foram desenvolvidas em parte, mas o grande ganho ocorreu no processo produtivo, através da minimização da carga orgânica e volumétrica. Desta forma foi possível evitar o aumento da capacidade do sistema, e até mesmo o aumento do tanque de homogeneização e a substituição do filtro-prensa. Executou-se apenas a modificação no decantador secundário. Assim, o STET passou a tratar $8\text{m}^3/\text{hora}$ ($200\text{m}^3/\text{dia}$) com DBO_5 de 2.500mg/L e eficiência entre 95 e 98%.

No *upgrade* estava prevista a substituição do filtro-prensa por uma centrífuga, mas por questões de custos não ocorreu. Na figura 5.22 são mostrados: o filtro-prensa e o leito secagem (coberto).



Figura 5.22 – Filtro-prensa, lodo prensado e leito de secagem (coberto)
Fonte: Primária

O entrevistado, questionado a respeito de falhas no projeto do STET, respondeu que considerava uma pequena falha o subdimensionamento do tanque de homogeneização (50m³); que no *upgrade* de 1996 era para ter sido resolvido este problema, mas isso acabou não acontecendo. Também considera como falha o esgoto sanitário da indústria não estar ligada ao STET. Finalizou o comentário afirmando ter certeza se que essas falhas pouco interferem na eficiência global.

No início de 1998, a empresa firmou parceria com a Cetesb para o Programa de Prevenção à Poluição (P²) (item 2.3.4), visando a melhorias no setor de engomagem e tinturaria para a redução da carga poluidora. O programa começou com um diagnóstico da situação de todos os processos produtivos e gerou as seguintes informações do processo:

- elevada carga orgânica no processo de engomagem (amido natural);
- odor (cheiro de ovo podre) do processo de tingimento;
- elevado índice de consumo de água no tingimento;
- redução da vida útil dos equipamentos;
- alto índice de consumo de energia/kg de tecido processado,
- elevado número de reprocesso de tingimento.

Após dois anos de trabalho focado nos principais itens acima relacionados, foram obtidos os seguintes resultados pontuais:

- economia significativa no consumo de energia elétrica e térmica;
- redução de 35% no desperdício com estopas, tiras e retalhos;
- redução de 20% no reprocessamento da tinturaria;
- redução de 50% na carga orgânica - modificações na engomagem;
- redução significativa dos odores e,
- redução de 30% no consumo específico de água.

Todas as ações conjuntas propiciaram uma redução de 5% nos custos da empresa, aumentando assim a competitividade dos produtos fabricados, além de também minimizar as cargas poluidoras. Para a empresa, o programa P² possibilitou estudar e conhecer com mais detalhes o seu processo produtivo e o STET, e assim implementar ações positivas para diminuição da poluição gerada, como por exemplo:

Redução de água:

- reaproveitamento de água de resfriamento da sanforizadeira (0,35m³/hora),
- reaproveitamento das águas da chamoscadeira e resfriamento dos *jiggers* e redução de consumo de água nos vestiários 2,5m³/hora.

Redução de carga orgânica:

- substituição da goma de amido por composto modificado (mais solúvel);
- redução em 55% da carga orgânica no STET (redução de 370kgDBO₅/dia),
- redução de 20% nos produtos químicos utilizados na desengomagem.

Redução do grau de toxicidade e consumo de insumos:

- substituição dos corantes de enxofre por outros menos poluidores;
- substituição de oxidante de dicromato por clorito ou peróxido e,
- recuperação de parte da soda (venda) e redução 95% de ácido sulfúrico.

Ficaram ainda algumas ações previstas no programa P² que não foi possível implementar, e assim se tornaram metas ambientais para futuro, como:

- reaproveitamento do efluente tratado em operações menos nobres;
- substituição do óleo combustível (BPF) por gás natural ou GLP,
- substituição do ácido acético por fosfórico – redução de nutrientes no STET.

A parceria com o órgão ambiental estadual no programa P² trouxe muitos ganhos. O principal foi a maturidade empresarial, pois a empresa se permitiu olhar para todos os seus problemas produtivos e ambientais, passando a conhecê-los melhor e, desta forma, enfrentá-los com responsabilidade e determinação.

Questionado quanto à estabilidade do STET, o entrevistado afirmou que, dada a presença dos corantes sulfurosos, o sistema apresenta certa instabilidade, pois nesta situação, por muitas vezes a eficiência do STET caiu de 95 para 85%. Mesmo com a ação do P² para reduzir os corantes sulfurosos, aproximadamente 10% dos corantes usados na tinturaria são sulfurosos, de forma que a redução da eficiência do STET pode ocorrer com certa frequência. O uso de sulfurosos em detrimento dos reativos e diretos ocorre em função do custo.

Em relação ao problema da cor do efluente, têm-se na figura 5.23 dois momentos distintos, o primeiro o efluente bruto e o segundo o efluente tratado.



Figura 5.23 – Coloração do efluente bruto e tratado – IBA-04
Fonte: Primária

A remoção de cor nunca foi uma preocupação da empresa, pois a legislação ambiental nunca a exigiu, e também porque, depois de tratado, o efluente é direcionado para a rede pública (tratamento municipal), a um custo de R\$ 0,50 por m³. O fato de a indústria estar ligada à rede pública e pagar por isso elimina os limites de carga orgânica para os seus despejos.

Para a empresa, o órgão ambiental, no âmbito de seus recursos, exerce uma estreita vigilância sobre as indústrias poluidoras, mas também procura ser um parceiro no combate à poluição, desenvolvendo programas e ações para minimização dos impactos ambientais. Considera a comunidade bem consciente, mas ressalta que nunca houve qualquer divergência entre ela e a comunidade, pois busca sempre divulgar as suas ações ambientais para a tranquilidade de todos.

O SGA e a ISO 14.001 são as duas principais metas da empresa. Esta acha que não são metas difíceis de atingir, pois tanto um quanto a outra se caracterizam como trabalhos documentais, porque as ações ambientais já existem e são executadas. Os objetivos destas implantações são as melhorias ambientais, mas também a empresa é ciente de que no futuro tanto o SGA quanto a ISO 14001 serão fatores de competitividade no mercado nacional e no internacional.

5.1.5 IBB-01

Empresa da região de Blumenau, iniciou suas atividades no final da década 1960, como uma pequena indústria de malhas. Após mais de 35 anos de existência se tornou uma das mais modernas e maiores indústrias do segmento têxtil, fazendo com que sua marca seja respeitada em todo mercado brasileiro. No momento da pesquisa possuía 5 unidades fabris e aproximadamente 6.000 colaboradores, atuando em unidades de malharia, tinturaria, corte, estamparia e confecção. A figura 5.24 apresenta de forma sintetizada dados para se ter o perfil da indústria IBB-01.

Descrição	Dados
Atividade	Produção de malhas, acabamento e confecção industrial
Matéria-prima	Fios de algodão
Tipo de corante usado	Reativos (60%), direto (25%) e sulfuroso (15%)
Tempo de atividade	36 anos de existência
Produção da empresa	1.000 toneladas de tecido por mês.
Mercado consumidor	Mercado interno (100%)
Água industrial e custo	Captação de rio (100%) – R\$ 0,14 por m ³
Número de colaboradores	Na unidade pesquisada 3.500 e na área ambiental 10
SGA e ISO 14001	SGA em projeto e ISO 14.001 sem previsão
Área de tratamento dos efluentes	5.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	Cap. 230m ³ /hora - ≈ 5.500m ³ /dia – Utilização apenas 60%
Consumo específico de água	90L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento e Valo de oxidação
Investimento no STET	US\$ 2.000.000,00 (Dólares)
Custo operacional do sistema	R\$ 1,10 por m ³ ou R\$ 105.000,00 mensais
Combustíveis nas caldeiras	Gás natural
Recuperação de calor	Sim – Trocador de calor de placa
Pré-tratamento	Gradeamento, peneiramento e homogeneização
Neutralização	Gases de combustão - ácido sulfúrico (se necessário)
Tratamento físico-químico	Junto com o biológico
Tratamento biológico	Valo de oxidação (carrossel) – aeração prolongada
Tipo de aeração	Sopradores – aeração difusa – injeção escalonada
Remoção de cor	Biológico e uso descolorante– eficiência de 97%
Tratamento terciário	Adensamento – Centrifuga e filtro-prensa
Produtos químicos	Descolorante 300mg/L e Polímeros catiônicos no lodo ≈ 2ppm
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico e químico – aproximadamente 4ton/dia
Disposição do lodo	aterro industrial (próprio) – estimativa R\$ 140,00 por tonelada
Automação	Sim – pH, O ₂ diss. e vazão – controle e dosagem de produtos
Laboratório químico	Análise de rotina para monitoramento – (DBO ₅ , DQO e sólidos)

Figura 5.24 - Síntese de dados da empresa IBB-01

Fonte: Primária

A empresa demonstra uma grande afinidade com as questões ambientais, pois disponibiliza para a sociedade, desde 1978, um parque florestal com 1.500.000m² de área verde, mais de 35.000 árvores de diversas espécies, espaço cultural (dois museus), áreas de lazer e preservação ambiental. Na figura 5.25 se tem um desenho esquemático do parque florestal da empresa (próximo da indústria).

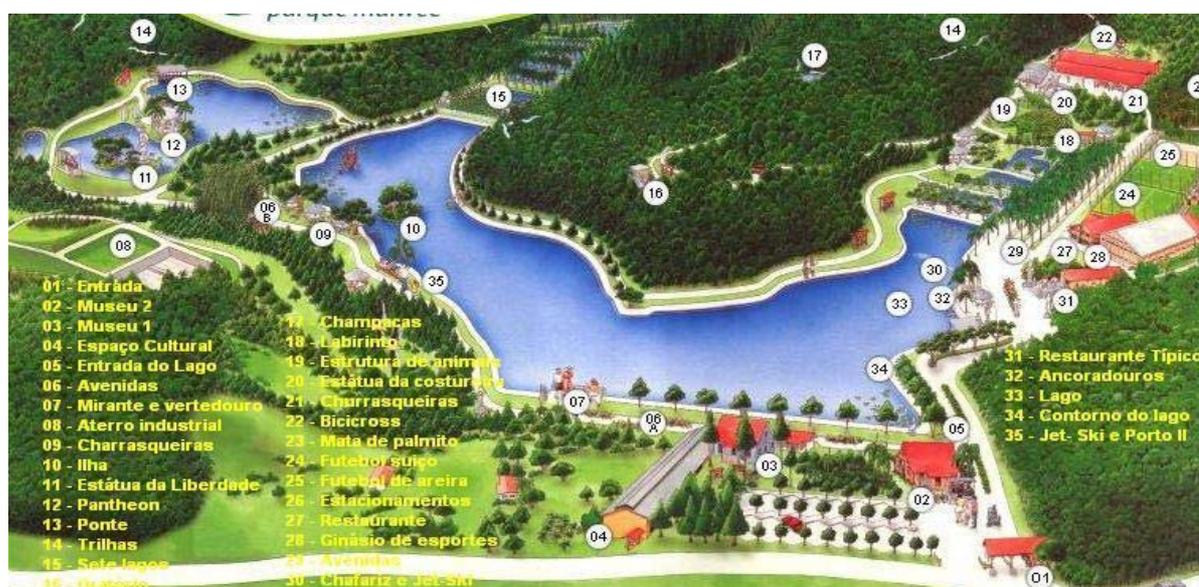


Figura 5.25 – Desenho esquemático do parque florestal da IBB-01
 Fonte: Primária

Na região o parque é considerado um verdadeiro santuário ecológico, tanto que recebe milhares de visitantes anualmente. Além disso é um orgulho para empresa, pois exemplifica, através da prática, que é possível uma coexistência harmoniosa entre o homem (indústria) e a natureza. Por isso, o lema adotado pela empresa é: *“Qualidade e durabilidade, tanto em nossas malhas quanto na conservação do patrimônio ecológico, paisagístico e cultural da região”*

Quase na mesma época da criação do parque a empresa também deu início ao processo de tratamento dos efluentes, instalando uma unidade de neutralização por ácido sulfúrico. O primeiro STET a ser operado na unidade industrial foi implantado em 1985. Era constituído de um tratamento físico-químico centrado no uso de cal (óxido de cálcio) e sulfato de alumínio como coagulante, e na seqüência, o tratamento biológico (lodos ativados – convencional). O problema desta concepção de tratamento era o volume de lodo químico e biológico formado, o qual, dependendo do tipo de corante, poderia se ter até 20ton./dia de lodo.

O primeiro STET operou entre 1985 e 1990; a partir daí o sistema passou a operar de forma inversa, ou seja, primeiro o tratamento biológico e depois o físico-químico. As alterações foram apenas hidráulicas, mas a geração de lodo reduziu-se de 18 para 10ton./dia. A quantidade de lodo era tanta que obrigou a empresa, em 1996, a construir um aterro industrial, conforme pode ser visto na figura 5.26.



Figura 5.26 – Fotos do aterro industrial da IBB-01
Fonte: Primária

O aterro industrial está localizado na parte alta do parque florestal. Foram tomadas todas as precauções para proteger a área em que se encontra o aterro. Este é composto de três unidades. A primeira se encontra recebendo lodo, a segunda também destina-se a receber lodo úmido, e a terceira unidade é cobertura, pois é destinada a receber lodo seco. O uso desta última unidade depende da geração de lodo com a umidade máxima de 15%. Para isso, o lodo da centrífuga ou do filtro-prensa precisa ser submetido ao processo de secagem, e até o momento da pesquisa ainda não se havia chegado à definição quanto à melhor forma de se operar esse processo. As unidades sem cobertura são todas impermeabilizadas, de forma a evitar qualquer infiltração de líquido no solo, e o chorume é coletado e transportado por caminhão-tanque para o STET.

Em 2000 a empresa precisava aumentar a produção industrial, e para isso optou por construir uma nova tinturaria e desativar a que estava em operação. Com esta decisão o STET também precisava de *upgrade*, mas assim como na tinturaria, a opção foi por um STET novo, que atendesse à nova condição produtiva com maior eficiência e - conseqüentemente - menor impacto ambiental.

Várias empresas de projetos apresentaram propostas para o novo STET. Segundo o entrevistado, a escolha do projeto se baseou na eliminação do problema do sistema antigo, que era o alto custo operacional decorrente do excesso de lodo químico e biológico. A proposta vencedora foi a de uma empresa italiana, cujo projeto previa baixa formação de lodo e remoção da cor do efluente. O projeto italiano é baseado na concepção biológica de aeração prolongada, que adota a variante de “valo de oxidação” ou “carrossel” dos lodos ativados. A figura 5.27 mostra o fluxograma do STET da empresa IBB-01.

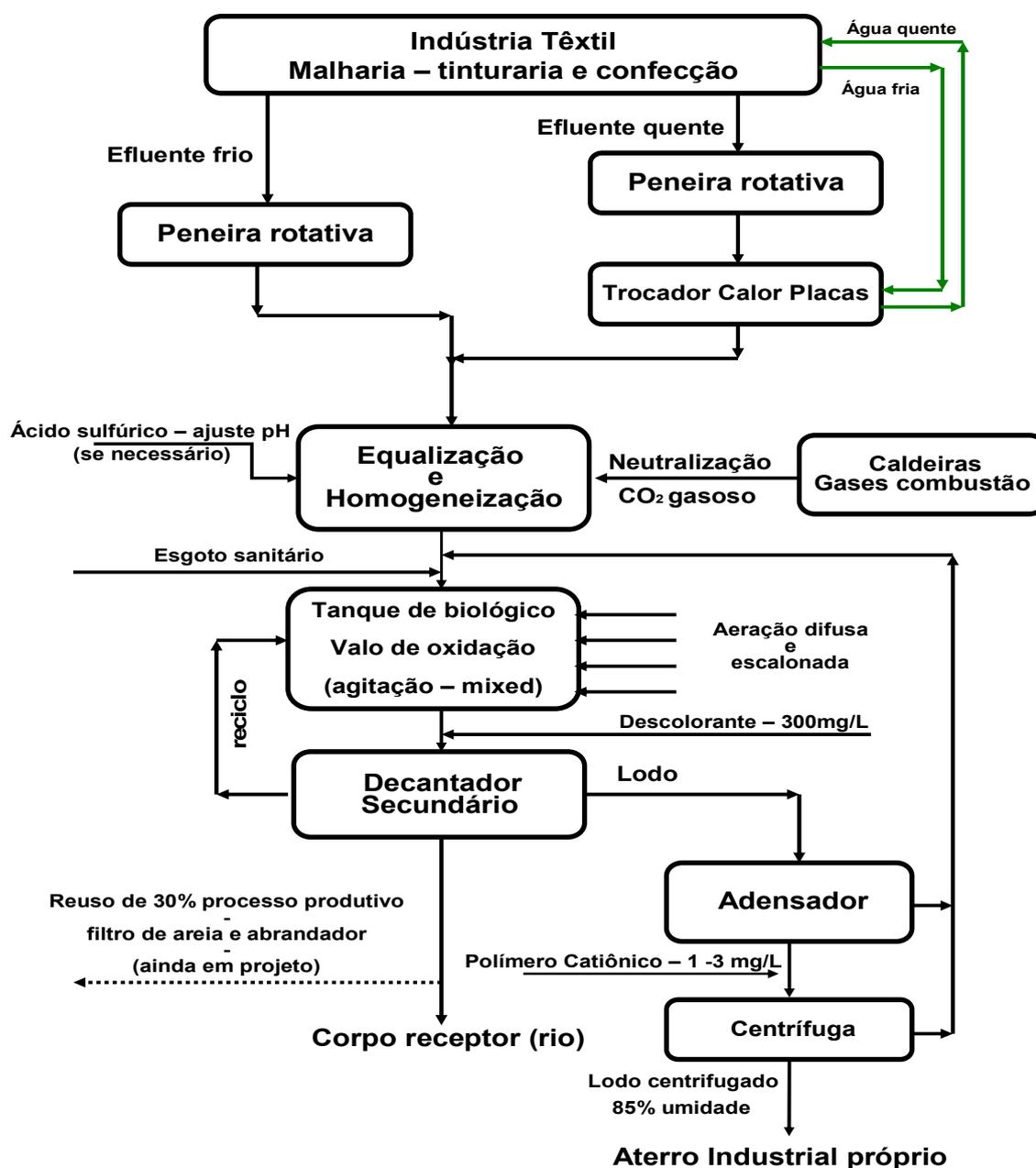


Figura 5.27 – Fluxograma esquemático do STET da IBB-01
Fonte: Primária

Os destaques do STET projetado pela empresa italiana são três. O primeiro é a segmentação dos efluentes em linha quente e fria, com o objetivo de recuperar parte do calor, conforme tema tratado no item 2.3.5.1.4. O segundo ponto é o processo de neutralização do efluente através dos gases de combustão, também tema tratado no item 2.3.5.1.7.c. O terceiro destaque é o uso de uma variante dos lodos ativados denominada “Valo de oxidação – Carrossel”.

O valo foi projetado com tempo de retenção no tanque de aeração para 72 horas (3 dias). O menor consumo de água na tinturaria quase duplica o tempo de aeração, fazendo com que a “idade do lodo” chegue a 85 dias, o que acaba se constituindo em um volume diminuto de lodo. Pelo sistema anterior se produzia em torno de 10ton./dia, mas com o novo STET este valor passou a ser de 4ton./dia, o que propiciou um aumento significativo da vida útil do aterro industrial.

A empresa oficialmente não releva o custo da implantação do STET, e quando questionada, apenas menciona que a preservação ambiental não constitui custo, mas sim, investimento. Pelo porte do STET pode-se estimar que foram gastos mais de 2.000.000 de dólares entre projetos, equipamentos e obras civis.

Faz parte também do projeto do STET o processo de neutralização por gases de combustão. A figura 5.28 mostra as duas etapas da neutralização.



Figura 5.28 – Sistema de neutralização de efluente por gases de combustão
Fonte: Primária

A neutralização por gás de combustão consta de um lavador de gases (torre com jato de água), cujas funções principais são o resfriamento e a lavagem dos gases. No tanque de homogeneização a injeção do gás é processada através de domos distribuídos ao longo de todo o tanque. O processo tem a capacidade de reduzir o pH de valores em torno de 10 a 11 para 7,5 a 8. O valor do investimento foi de 150.000 reais e os custos operacionais são baixos, basicamente a energia elétrica dos ventiladores.

A viabilidade do processo de neutralização por gases de combustão foi favorecida pelo uso do gás natural como combustível nas caldeiras, pois este não gera resíduos de fuligem quando da injeção dos gases de combustão no tanque de homogeneização ou na coluna de resfriamento. Também contribuiu para o sucesso o tipo de mercerizadeira, pois esta dispõe de um processo de reciclagem direta da lixívia do primeiro banho. Não obstante, no momento da pesquisa a mercerizadeira estava desativada, por uma decisão técnica da gerência industrial.

O foco principal do projeto do STET está no tratamento biológico, por se tratar de uma variante de lodos ativados pouco utilizada em efluentes têxteis no Brasil. Na seqüência a figura 5.29 mostra o processo biológico – Valo de oxidação - Carrossel.



Figura 5.29 – Vista aérea do processo biológico – valo de oxidação- IBB-01
Fonte: Primária

O STET possui em torno 2.300m² de área construída, com dois tanques retangulares de 95mX16mX6m e a semicircunferência com 29m de diâmetro. Parte dos equipamentos do STET foi importada da Itália. O resultado deste sistema em termos de eficiência global é superior a 95%; mas, considerando-se apenas a DBO₅, a eficiência muitas vezes chega a 98%, haja vista que o efluente bruto apresenta uma DBO₅ em torno de 600mg/L, enquanto a DBO₅ do efluente tratado muitas vezes chega a 10mg/L. A remoção de cor também é significativa e está na faixa entre 90 e 97%. Cumpre lembrar que a legislação regional não exige a remoção da cor, mas mesmo assim a empresa o faz, e para isto estabeleceu um limite de 130mg CoPt/L para o despejo final. A figura 5.30 mostra duas amostras de efluentes para comparação visual da cor entre as condições iniciais e finais do sistema.



Figura 5.30 – Comparação visual dos efluentes bruto e final – IBB-01
Fonte: Primária

Para uma empresa que não tem necessidade de remover a cor do efluente, o que se vê através da figura 5.30 é um exemplo de compromisso com a preservação do ambiente, pois mais de 60% dos custos operacionais são gastos na remoção de cor.

Em relação aos produtos que mais impactam o STET, foi citado que a presença de corante vermelho reativo dificulta em muito a remoção da cor. Também foram relatados alguns problemas quando da presença de resíduos da lavagem dos recipientes de pasta de estamaria, principalmente as de base PVC. Para a solução deste problema usa-se um solvente para a remoção dos resíduos que sobram nos recipientes, os quais depois são separados por decantação (180kg/mês). Os resíduos são enviados para o aterro industrial e o solvente é reaproveitado em outras limpezas.

Questionado quanto à estabilidade do sistema biológico, o entrevistado respondeu que o sistema suporta muito bem as variações de carga poluidora do processo produtivo, o que torna a operação do sistema extremamente fácil e segura; mas foi mencionado que o STET, inicialmente, teve problemas quanto à eficiência de remoção de cor, pois o efluente final em geral apresentava forte coloração. Técnicos da empresa projetista desenvolveram diversos estudos com o objetivo de minimizar este problema e apresentaram como solução a dosagem de bissulfito de sódio no efluente final. Tal solução não foi aceita pela empresa, que considerou tal prática agressiva ao ambiente, em vista da toxicidade desconhecida do produto químico e a supressão de oxigênio dissolvido no efluente final. O problema foi resolvido pela equipe da própria empresa, através do uso de um decolorante na entrada do decantador secundário, ressaltando-se que este produto em parte retorna ao tanque de aeração pelo processo de reciclo do lodo. O resultado é uma remoção de cor entre 90 e 97% e, quanto aos efeitos tóxicos, a equipe considera que são praticamente nulos, pois a eficiência no tratamento biológico permaneceu inalterada em relação à presença do decolorante.

Outro destaque no STET é a automação e controle de todo o sistema. A figura 5.31, mostra uma das telas de controle do *software* de automação.

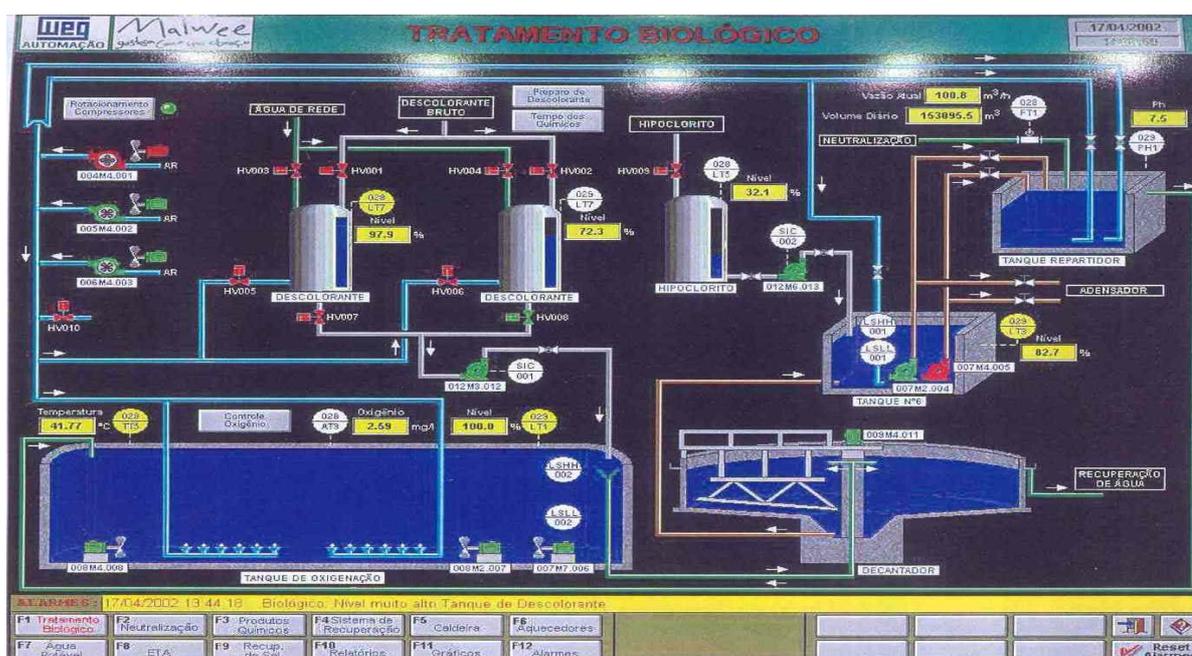


Figura 5.31 – Tela do programa de controle e automação do STET – IBB-01

Fonte: Primária

Os principais parâmetros de controle do sistema são: vazão, pH, temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, níveis de líquidos e rotação de motores, os quais são mostrados *on line* no sistema. Com os dados dos parâmetros é possível o acionamento a distância (ligar, desligar e controle de intensidade). O projeto de automação não fez parte do projeto italiano, pois foi desenvolvido em parceria com uma empresa de automação brasileira.

A empresa não possui SGA nem ISO 14.001. Segundo o analista, o importante são as ações desenvolvidas pela empresa com o objetivo de preservar a forma pela qual se traçam e atingem as metas. Ele informou que a empresa tem todas as condições para implementação tanto do SGA como a ISO 14.001 e que para futuro estas ferramentas serão necessárias, principalmente para atender o mercado externo.

A meta principal da empresa é recuperar 30% do efluente final. O problema na reutilização do efluente é o excesso de sal (cloreto de sódio), pois a indústria utiliza em torno de 250ton./mês, o que equivale, em média, a 200mg/L de sais no efluente a ser tratado. O reaproveitamento somente se torna viável caso 80% do sal sejam removidos. Em função disto, a empresa desenvolve pesquisa para definir qual o melhor processo para a retirada deste sal. Outra pesquisa está em desenvolvimento com a universidade regional, em que se busca a viabilidade da aplicação agrícola para o lodo. A empresa estima investir R\$ 1.000.000 no STET nos próximos 2 anos.

Por todas estas iniciativas é que a empresa constantemente recebe prêmios e certificados de responsabilidade ambiental. A empresa se orgulha por ver as suas ações ambientais serem reconhecidas como corretas e ser exemplo.

Em relação ao órgão ambiental, considera atuante apenas o estadual; os demais somente atuam em caso de denúncia. Os fiscais sempre tiveram atitudes pró-ativas com o objetivo de se ter o problema solucionado. Na opinião do entrevistado, o órgão ambiental é mais rígido com as pequenas que com as grandes indústrias.

A comunidade e a empresa têm uma boa relação, pois esta busca fazer a sua parte na preservação do ambiente e ainda oferece à comunidade um belo parque florestal. Para a empresa, respeitar a comunidade é "*produzir sem poluir o ambiente*".

5.1.6 IBB-02

A unidade industrial está localizada na região de Blumenau. É uma empresa de origem centenária (mais de 135 anos), mas já foi administrada por vários grupos empresariais. No momento da pesquisa era parte integrante de um grande grupo têxtil, com unidades fabris em outros estados brasileiros e no exterior. A unidade pesquisada produz artigos felpudos para cama, mesa e banho em um volume de 900.000kg/mês. O sistema produtivo é verticalizado (fiação, tecelagem, acabamento e confecção). Neste segmento têxtil a empresa atua há mais de 67 anos. A figura 5.32 apresenta de forma sintetizada dados de relevância para se ter o perfil da indústria IBB-02.

Descrição	Dados
Atividade	Produção de tecidos felpudos (cama e banho)
Matéria-prima	Fios de algodão
Tipo de corante usado	Reativo (90%), direto (5%) e sulfuroso (5%)
Tempo de atividade	135 anos – no segmento atua a 67 anos
Produção da empresa	900 toneladas de tecido por mês.
Mercado consumidor	Mercado interno (50%) e externo (50%)
Água industrial e custo	Captação de rio (100%) – R\$ 0,10 por m ³
Número de colaboradores	Na unidade pesquisada 2.250 e na área ambiental 18
SGA e ISO 14001	Não tem – outras unidades do grupo em implantação
Área de tratamento dos efluentes	8.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	Cap. 300m ³ /hora - ~ 7.200m ³ /dia – Utilização apenas 80%
Consumo específico de água	110L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento, lodos ativados em conjunto com físico-químico
Investimento no STET	US\$ 4.000.000,00 dólares
Custo operacional do sistema	R\$ 075 por m ³ ou R\$ 135.000,00 mensais
Recuperação de calor	Sim – nos equipamentos de tingimento
Pré-tratamento	Gradeamento, desarenação e homogeneização
Neutralização	Não utiliza - (se necessário) ácido sulfúrico
Tratamento físico-químico	Em conjunto com tratamento biológico
Tratamento biológico	Lodos ativados – convencional
Tipo de aeração	Aeradores de oxigênio líquido (puro) – Unidade geradora
Remoção de cor	Biológico e uso descolorante– eficiência de 90 %
Produtos químicos	Descolorante, sulfato alumínio e polímero aniônico no lodo
Tratamento terciário	Adensamento – decantador e prensa desaguadora
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico e químico – aproximadamente 2ton/dia
Secagem do lodo	Sim – umidade de 1 a 2% (praticamente pó)
Disposição do lodo	aterro industrial (terceiro) – R\$ 180,00 por tonelada
Laboratório químico	Análise de rotina para monitoramento – (DBO ₅ , DQO e sólidos)

Figura 5.32 - Síntese de dados da empresa IBB-02

Fonte: Primária

Em se tratando de empresa centenária (1868), o primeiro problema ambiental que surge diz respeito à localização, pois, embora a indústria tivesse sido instalada distante do perímetro urbano, após 135 anos, em uma região de grande progresso industrial e comercial é certeza que ela passa a fazer parte integrante do perímetro urbano do município. A figura 5.33 mostra a vista aérea da região em que está localizada a unidade, além do tipo de atividade em suas circunvizinhanças.



Figura 5.33 – Vista aérea da unidade IBB-02

Fonte: Primária

Para um problema como o mostrado na figura 5.33, em que se tem uma indústria em meio urbano, é muito difícil ter-se uma solução definitiva sem a desativação da unidade industrial e conseqüentemente o envolvimento de elevado investimento financeiro. Neste caso, ao longo da apresentação dos dados desta unidade serão relatadas algumas situações envolvendo a comunidade, em função da proximidade física da indústria com a comunidade.

Em se tratando de uma empresa de porte, já no início da década de 1980, participou dos esforços da época para a solução dos problemas ambientais gerados pelos efluentes têxteis; porém, existem relatos na empresa que mencionam que mesmo antes deste período já tinha havido tentativas de tratamento do efluente através de fossas sépticas e reatores anaeróbios.

Não obstante, foi em 1981 que se montou o primeiro sistema de tratamento, que era composto de um tanque de homogeneização com neutralização por ácido sulfúrico. Este sistema operou por aproximadamente 5 anos. Desse período existe um registro de derrame de ácido, ocorrido durante uma descarga, em que, apesar de todos os esforços para controlar o acidente, uma parte do ácido atingiu o corpo receptor, o que provocou a morte de alguns peixes. Na época o incidente foi notícia nos jornais.

A partir de 1987, foi incorporado ao sistema o tratamento físico-químico (decantador – adensador e filtro-prensa), com o objetivo de remover a cor do efluente. O coagulante usado inicialmente era o sulfato de alumínio, mas os custos se mostraram elevados. Na busca de alternativas, encontrou-se o sulfato ferroso (rejeito de siderurgia) em combinação com cal (óxido de cálcio), que tinha custos muito inferiores aos produtos anteriores, todavia o processo exigia altas concentrações destes produtos (500 – 700 ppm). Tais dosagens de coagulantes levaram à geração de até 1.000ton./mês de lodo químico. Assim, tinha-se a diminuição nos custos dos agentes coagulantes, mas em contrapartida provocou-se o aumento dos custos de disposição do lodo (lixão municipal). O pior de toda esta situação é que a forma inadequada de disposição do lodo acabava por gerar um passivo ambiental.

Em 1991, um novo *upgrade* incorporou o tratamento biológico ao STET. A opção recaiu sobre o processo de lodos ativados convencional, com aeração por ar difuso (sopradores). Tal ação visava à redução da carga orgânica remanescente (DBO_5) no efluente após o físico-químico.

O excesso de lodo começou a ser minimizado a partir de 1995, quando se procedeu à inversão no sistema dos processos físico-químico e biológico. O decantador secundário passou a produzir tanto lodo químico quanto biológico. Nessa época ficou comprovado que a inversão dos processos propiciava uma redução de 20 a 30% no volume de lodo. Outra modificação foi a substituição do filtro-prensa por uma prensa desaguadora, tornando o trabalho de deságüe menos oneroso e mais ágil.

A figura 5.34 mostra o fluxograma esquemático do STET em operação quando da pesquisa.

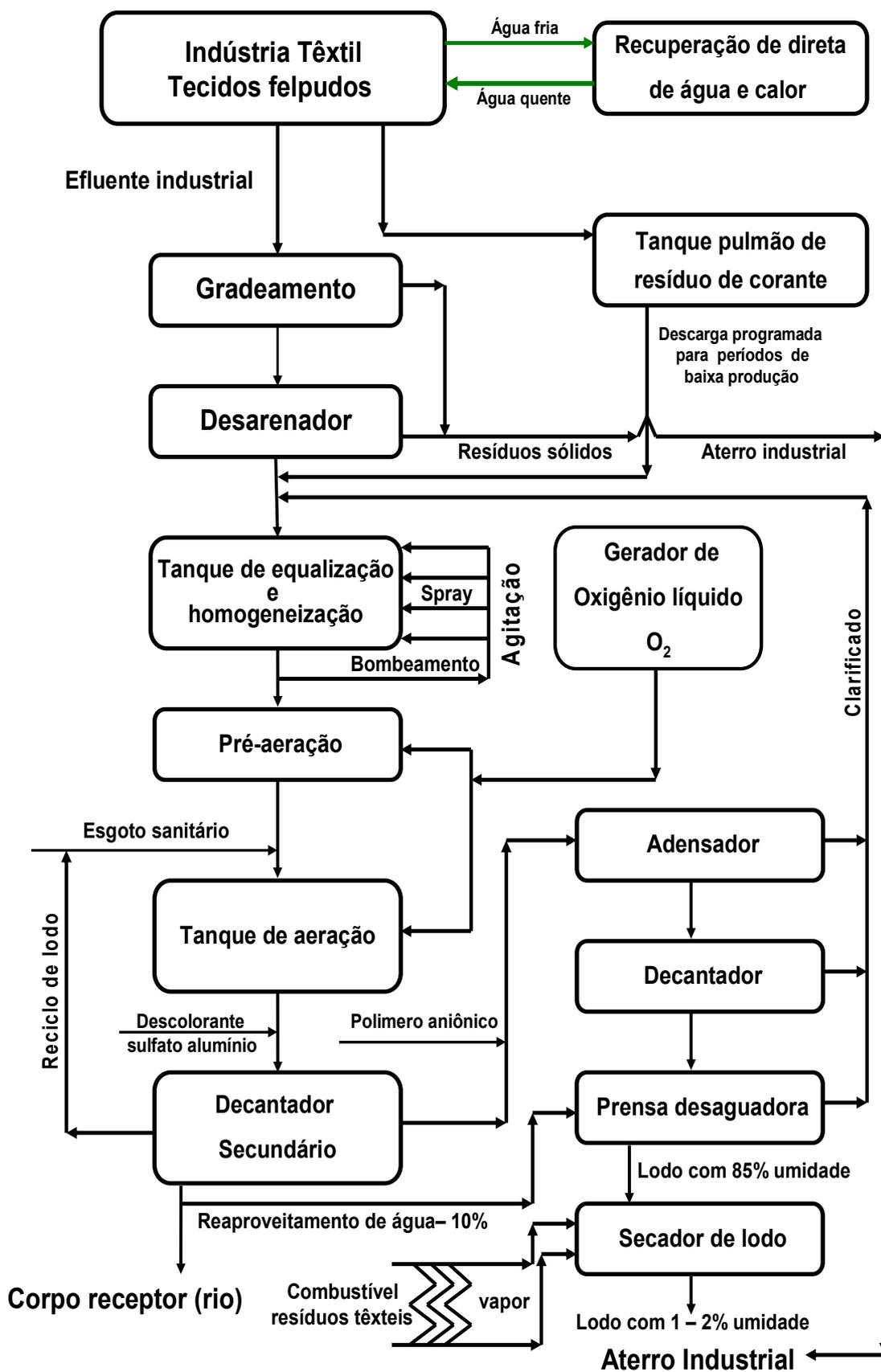


Figura 5.34 – Fluxograma do STET da IBB-02
 Fonte: Primária

Em 1996, com o aumento de carga orgânica, devido, principalmente, à expansão da produção, tornou-se necessário também aumentar a quantidade de oxigênio no sistema. Nessa época, também havia reclamações por parte comunidade vizinha à fábrica quanto ao ruído provocado pelos sopradores de ar (110 decibéis). A solução para o problema foi a substituição dos sopradores por injetores de oxigênio puro (O₂ líquido). Assim, buscou-se atender à comunidade (eliminação do ruído) e ao mesmo tempo melhorar a eficiência do processo biológico, além de se obter uma pequena redução do volume de lodo. Foi uma solução que aumentou os custos operacionais do STET, mas que a empresa teve o discernimento de concluir tratar-se de custo agregador de vantagens ambientais a ela e à comunidade.

Ainda em 2001, com o objetivo de reduzir ainda mais o volume de lodo, pois a sua disposição em aterro industrial (terceiros) resultava em elevados custos, a empresa, em parceria com fornecedores, desenvolveu um secador para o lodo, cuja fonte de energia são resíduos (pelets) do processo industrial (60ton./mês). Quando do desenvolvimento do projeto a grande preocupação da empresa era a toxicidade dos gases gerados no secador, mas em todas as análises efetuadas durante a fase de testes, assim como do monitoramento em regime de operação, nunca se apresentaram quaisquer sinais de nocividade ao ambiente. A figura 5.35 mostra o material (pelets – resíduos têxteis) usado como fonte de calor, a caldeira e secador de lodo, além da prensa desaguadora.

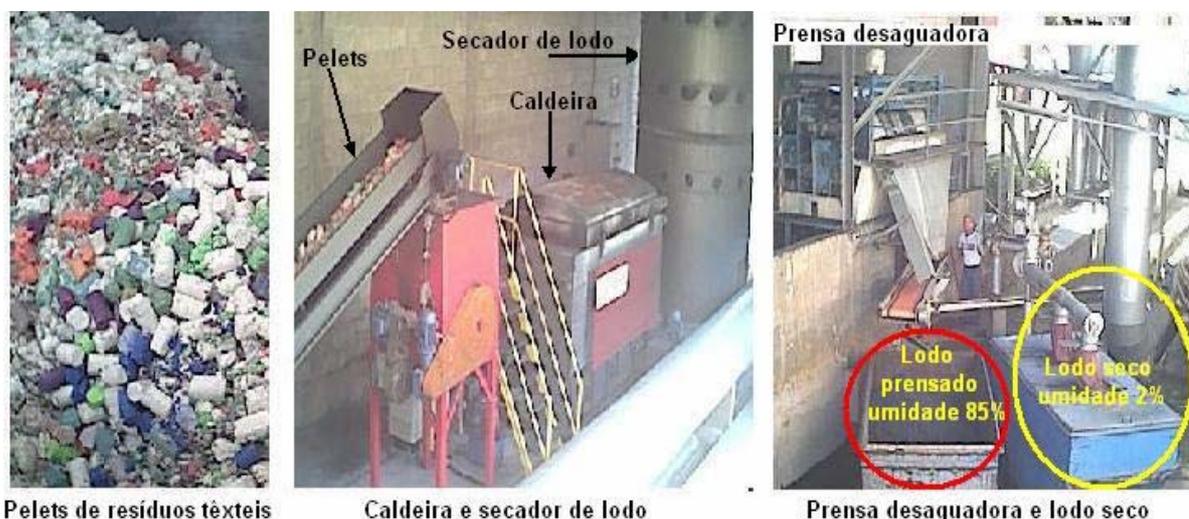


Figura 5.35 – Secagem do lodo da IBB-02
Fonte: Primária

A secagem do lodo contribuiu em muito para redução dos custos operacionais do STET, principalmente por ser a fonte de energia um resíduo do processo industrial, com baixo valor econômico. Outra ação que trouxe redução de custo foi a instalação, em parceria com um fornecedor, de uma unidade geradora de oxigênio puro. Além de diminuir os custos com O_2 (líquido), também foi resolvido um problema de logística, pois a região às vezes fica isolada por fortes chuvas (enchentes); desta forma fica garantido o fornecimento de oxigênio em qualquer tempo. Nestas duas ações foram investidos cerca de 1.000.000 de reais.

No STET existem duas situações práticas que são difíceis de explicar, mas ocorrem já há algum tempo. A primeira refere-se ao controle do pH, ou seja, à ausência de neutralização. Estando o efluente bruto com pH entre 10 e 11, após o tratamento o despejo final tem um pH entre 7,5 e 8,0. O único produto utilizado que poderia reduzir o pH é o sulfato de alumínio, que é usado no decantador secundário, mas que pela dosagem não seria suficiente para promover toda esta redução. Outro elemento seria o gás carbônico gerado no processo biológico (degradação da matéria orgânica), que também não teria uma quantidade suficiente para o controle. A outra situação curiosa refere-se à temperatura no processo biológico: apesar do resfriamento através de *spray* no tanque de homogeneização, o efluente industrial no tanque de aeração oscila entre 36° e 40°C, dependendo da época do ano. Não obstante, mesmo com esta temperatura a eficiência do sistema atinge valores entre 95 e 98%. Através da figura 5.36 se tem uma visão do efluente bruto no tanque de homogeneização e o uso de *spray* para a redução da temperatura.



Figura 5.36 – Sistema de resfriamento utilizado na IBB-02
Fonte: Primária

Na questão do reaproveitamento de energia a empresa deixa a desejar, pois usa de torres e *sprays* para o resfriamento dos efluentes quentes. Tal prática inviabiliza qualquer tipo da recuperação de calor através de trocadores.

Outro problema no STET, na época da pesquisa, era a dificuldade da remoção total da cor do efluente, pois a legislação ambiental municipal exige o efluente com cor inferior a 80mgCOPt/L, o que representa um efluente límpido e cristalino. Através da figura 5.37 é possível se compararem as cores do efluente bruto e do tratado.

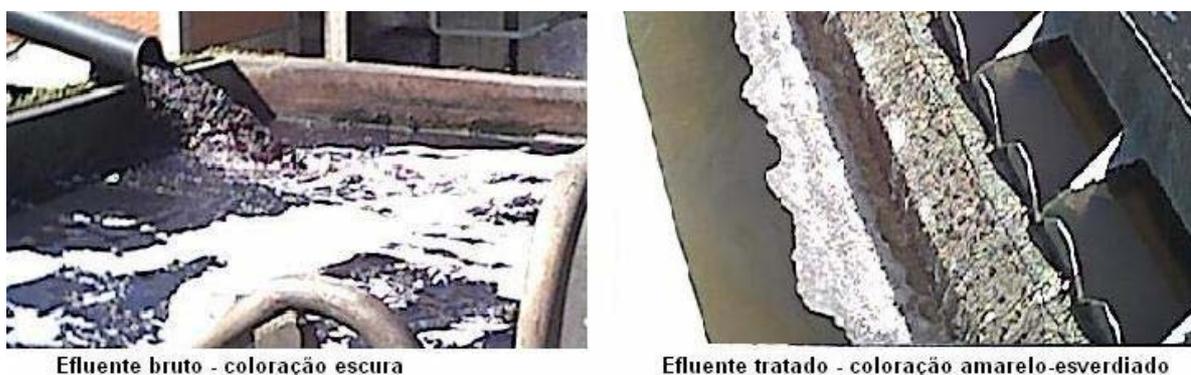


Figura 5.37 – Comparação de coloração dos efluentes bruto e tratado na IBB-02
Fonte: Primária

Para melhorar a remoção de cor já está prevista mais uma modificação no STET. Baseado em experiências bem-sucedidas de remoção de cor de outras indústrias têxteis da região, os tratamentos biológico e físico-químico serão implementados separadamente, e o físico-químico (decantador lamelar) passará a ser um tratamento terciário. O lodo químico e o biológico continuarão a ser prensados e secados conjuntamente. A empresa espera com essa alteração atingir com maior facilidade a remoção de cor exigida pela legislação municipal.

Apesar dos problemas existentes, os entrevistados consideram que o STET é muito estável e eficiente. A remoção de DBO_5 em geral fica acima de 95% (entrada na faixa de 900 - 800mg/L e saída entre 40 - 20mg/L), enquanto para a DQO a eficiência está na faixa de 90 a 93%. A cor é o parâmetro de lançamento que a empresa busca melhorar, pois o efluente bruto tem entre 1.200 e 1.500mgCOPt/L e a saída deve estar abaixo de 80mgCOPt/L. Isto significaria uma eficiência mínima de 94% , que estava sendo difícil atingir sem o tratamento terciário.

Os entrevistados destacaram que, apesar de a empresa ter passado por várias administrações ao longo de sua existência, sempre as questões ambientais foram tratadas com prioridade, como se evidencia pelos inúmeros projetos de parceria na área ambiental em que a empresa esteve envolvida. O principal entre eles foi o “Ecogoman”, projeto desenvolvido pelo Instituto Euvaldo Lodi (IEL) em parceria entre indústrias têxteis brasileiras e o instituto de pesquisa GTZ da Alemanha. O objetivo principal do projeto era desenvolver tecnologia para eliminar e/ou reaproveitar a goma dos efluentes da indústria têxtil utilizando técnicas de filtração por membranas. Apesar de não implantar a recuperação de goma (prioridade financeira), um dos entrevistados, que participou ativamente do projeto, considera que os ganhos ambientais para a empresa foram muito bons. Questionados sobre o emprego das tecnologias avançadas, os entrevistados consideram que no futuro este será o caminho para as soluções ambientais, mas no Brasil sua implantação deve demorar um pouco em função dos altos custos de *know-how* que estas tecnologias exigem.

Quanto ao SGA e à ISO 14.001, em princípio a empresa não tem como meta a implantação destes instrumentos como parte de sua política ambiental. Já foi certificada pelo Öko-tex-100, mas no momento da pesquisa não o era mais. Não obstante, continua atuando no mercado externo europeu sem grandes problemas. Na opinião dos entrevistados, se for necessária a implantação do SGA e da ISO 14.001 as dificuldades serão mínimas, pois a empresa dispõe de toda a infraestrutura e metodologia necessárias.

A respeito do rigor dos órgãos ambientais, afirmaram que o municipal é o mais rigoroso, principalmente na questão da cor; mas, mencionaram que o importante é ter uma relação franca com o órgão, assim tudo se resolve da melhor forma.

A comunidade é tão consciente de seus direitos que até em nível de bairro, e mesmo de rua, há formação de grupos organizados e as questões ambientais são as mais discutidas. Diante de qualquer problema eles procuram a empresa e fazem suas reclamações, mas procuram a empresa para o entendimento. A empresa está sempre aberta à comunidade, tanto que tem um programa de visita da comunidade à unidade industrial. Dentro do possível a empresa busca divulgar suas realizações na área ambiental, pois seu lema é sempre respeitar o ambiente.

5.1.7 IBB-03

A história dessa empresa em alguns momentos se confunde com a história da própria região de Blumenau. Como toda empresa centenária, começou a partir de uma pequena unidade de fabricação de peças de roupa (camisas). Com o tempo a produção cresceu, novas tecnologias surgiram e a expansão se tornou uma consequência do trabalho e dedicação de seus fundadores. A empresa se orgulha de que todo o progresso e expansão que teve foram sempre acompanhados por uma atenção especial com as questões ambientais e a comunidade.

O grupo tem 7 unidades industriais, distribuídas em malharia, acabamento (tinturaria e estamparia) e confecções industriais. A matéria-prima é o fio de algodão e tecidos em *jeans*, enquanto os produtos finais são artigos de malha e peças de *jeans* confeccionadas e lavadas. Em seus mais de 120 anos de existência detém uma marca na confecção de camisetas, pois se estima ter fabricado mais de 5 bilhões de unidades. São produzidas 1.500 toneladas de tecidos tingidos, 120.000 peças estampadas e 350.000 peças de *jeans* acabadas.

Desde sua origem, no século XIX, a empresa se preocupa com a interação entre a atividade industrial e o ambiente; tanto que sempre fez parte de seu patrimônio significativa extensão de áreas verdes (8,7m² de área verde por metro quadrado de área construída) . No período da pesquisa a distribuição física da área da empresa era conforme mostra a figura 5.38.

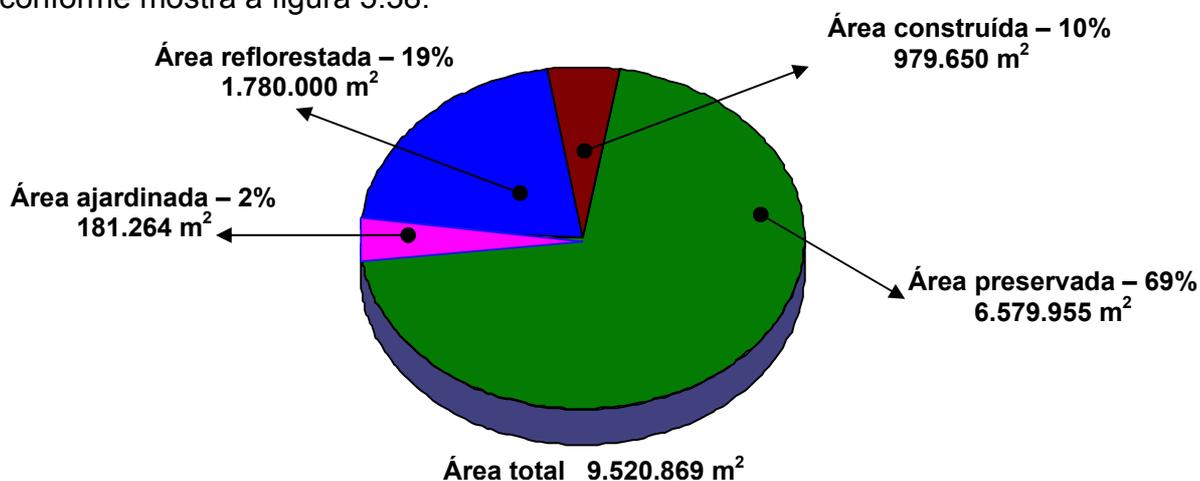


Figura 5.38 – Gráfico de pizza referente à distribuição de área da IBB-03
Fonte: Primária

A área preservada da empresa forma um parque ecológico em pleno perímetro urbano de Blumenau. A figura 5.39 é uma montagem de algumas fotos do parque.

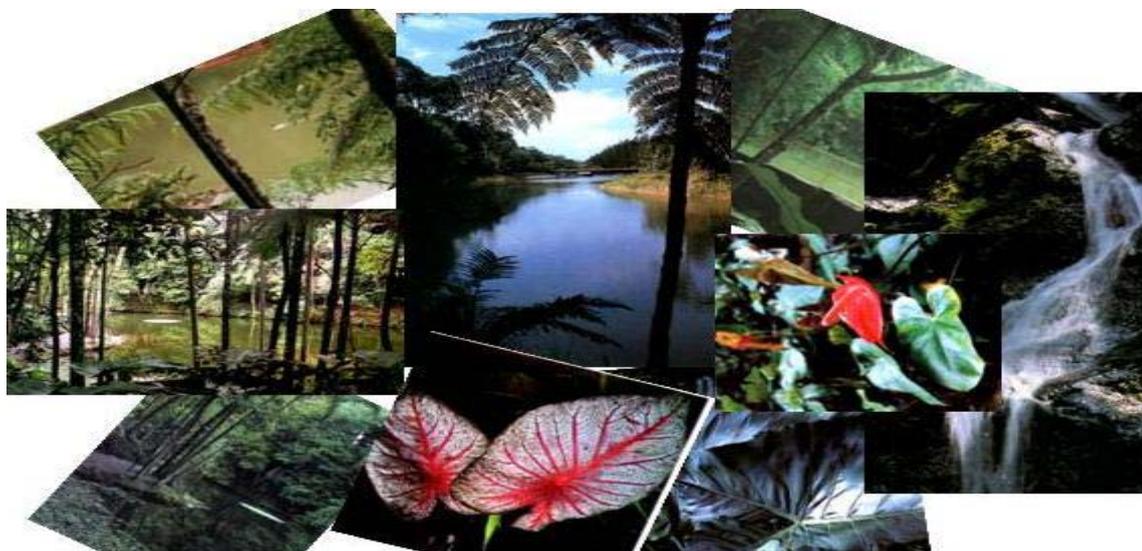


Figura 5.39 – Montagem de fotos do parque ecológico da IBB-03
Fonte: Primária

A empresa sempre se preocupou com a preservação do ambiente, a qualidade de vida de seus colaboradores, além da comunidade de forma geral. Sempre que uma nova unidade industrial é implantada os engenheiros são orientados a agir com responsabilidade ambiental, em busca da harmonia entre a produção e a preservação do ambiente.

Consta nos registros da empresa que a primeira iniciativa de tratamento dos efluentes líquidos da tinturaria ocorreu em 1980, através de uma unidade-piloto de flotação em que se pesquisou a eficiência deste processo na redução da carga poluidora. Em 1981 foi instalado o primeiro STET, que se constituía de tanque de homogeneização e equalização (agitação superficial) e do tratamento físico-químico através de processo de flotação. A redução da carga poluidora ficava entre 40 e 50%, além de gerar um passivo ambiental em lodo químico de grandes proporções. Durante muitos anos se pesquisaram diferentes tipos de agentes coagulantes e seus coadjuvantes, mas em geral a redução nos custos com produtos químicos levava ao aumento do volume de lodo, e vice-versa. Neste período o lodo gerado foi depositado no aterro municipal (lixão).

A figura 5.40 apresenta os dados sintetizados para a formação do perfil da indústria IBB-03.

Descrição	Dados
Atividade	Malharia, tinturaria, estamparia, lavanderia <i>jeans</i> e confecção
Matéria-prima	Fios de algodão e tecidos de <i>jeans</i>
Tipo de corante usado	Reativo (90%), direto (5%) e sulfuroso (5%)
Tempo de atividade	123 anos
Produção da empresa	1.500ton/mês (tingimento) e 500.000 peças/mês acabadas
Mercado consumidor	Mercado interno (75%) e externo (25%)
Água industrial e custo	Captação de rio (100%) – R\$ 0,20 por m ³
Número de colaboradores	4.200 próprio + 4.000 tercerizados e na área ambiental 15
SGA e ISO 14001	Sim – SGA (1995) e ISO 14.001 (1997)
Área de tratamento dos efluentes	10.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	Cap. 300m ³ /hora - ≈ 7.200m ³ /dia – Utilização apenas 70%
Consumo específico de água	95L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento, lodos ativados e físico-químico (terciário)
Investimento no STET	U\$ 5.000.000,00 dólares
Custo operacional do sistema	R\$ 1,20 por m ³ ou R\$ 121.000,00 mensais
Recuperação de calor	Sim – Trocadores de calor
Pré-tratamento	Gradeamento, desarenação, peneiramento e homogeneização
Neutralização	Não utiliza
Tratamento físico-químico	Decantador de lamelar após o tratamento biológico
Tratamento biológico	Lodos ativados – aeração prolongada
Tipo de aeração	Sopradores de ar – Difusores de ar (domos)
Remoção de cor	Biológico, decantador lamelar – descolorante eficiência 98 %
Produtos químicos	Descolorante e Polímero aniônico no lodo
Tratamento terciário	Adensamento – decantador lamelar e prensa desaguadora
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico e químico – aproximadamente 15ton/dia
Secagem do lodo	Não
Disposição do lodo	aterro industrial (terceiro) – R\$ 150,00 por tonelada
Automação	Apenas medições <i>on line</i> pH, O ₂ dissolvido e vazão
Laboratório químico	Análise de rotina para monitoramento – (DBO ₅ , DQO e sólidos)

Figura 5.40 - Síntese de dados da empresa IBB-03

Fonte: Primária

Em 1990, após vários estudos, foi projetado e implantado um novo STET, que na concepção principal tinha o biológico e o físico-químico atuando conjuntamente no decantador secundário. O coagulante e o floculante são adicionados antes do decantador secundário e na seqüência se tem o lodo biológico e o químico. Tal opção em muito reduziu a geração do lodo, mas em termos de redução da coloração o sistema não propiciava uma eficiência superior a 75%. Não obstante, para aquele período esta eficiência permitia atender plenamente à legislação em vigor quanto à cor.

Entre 1997 e 1998, quando da fase de implantação da ISO 14.001, a comunidade (vizinhança) começou a registrar algumas reclamações em relação aos odores do STET. O cheiro se acentuava em determinados dias e havia períodos de total ausência de odor. Após vários pareceres de consultores, muitos deles não conclusivos, chegou-se à conclusão de que o odor era causado por microrganismos anaeróbios, devido à ausência de oxigênio dissolvido no fundo do tanque de aeração. A situação que se tinha era que a partir dos 4,10m até 4,50m (fundo) o teor de oxigênio era zero, de forma a propiciar o que se denomina de anaerobiose.

Através da figura 5.41 é possível ver a causa do problema do mau-cheiro. Na primeira foto percebe-se que a agitação e a aeração de todos os tanques são feitas por meio de aeradores superficiais de média rotação (1700 – 1800rpm), e tipo de aeração que dificilmente é capaz de injetar oxigênio dissolvido a profundidade superior a 3,50m. Foi o que aconteceu no STET projetado no início da década de 1990, pois os tanques de aeração possuem 4,50m de profundidade. O problema se evidenciou a partir de 1997, devido ao aumento da carga orgânica.



Vista aérea da STET - (1990 - 1998)



Tanque de aeração - Ar difuso (após 1998)

Figura 5.41 – Montagem de fotos que mostram diferentes tipos de aeração

Fonte: Primária

A solução para o problema do mau-cheiro foi garantir que o tanque de aeração não tivesse mais área de anaerobiose, e para isto os aeradores superficiais foram substituídos por sopradores de ar com difusores (domos), com os quais a aeração se inicia a partir do fundo dos tanques. A substituição poderia ter gerado outro problema ambiental, que é a poluição sonora, pois os sopradores em geral apresentam um elevado nível de ruído; por isso os equipamentos foram colocados em um compartimento subterrâneo e isolados acusticamente.

Em 2002, para atingir a meta de remoção de cor, que corresponderia a valores abaixo de 80mgCOpt/L, como determinava o órgão ambiental municipal, o STET passou pelo último *upgrade*, que foi a implantação do físico-químico (tratamento terciário) separado do tratamento biológico. O tratamento terciário é constituído basicamente de um decantador lamelar, o qual gera apenas lodo químico, que posteriormente é misturado com o lodo biológico e desidratado na prensa desaguadora.

A figura 5.42 apresenta o fluxograma do STET após o último *upgrade*, realizado em 2002.

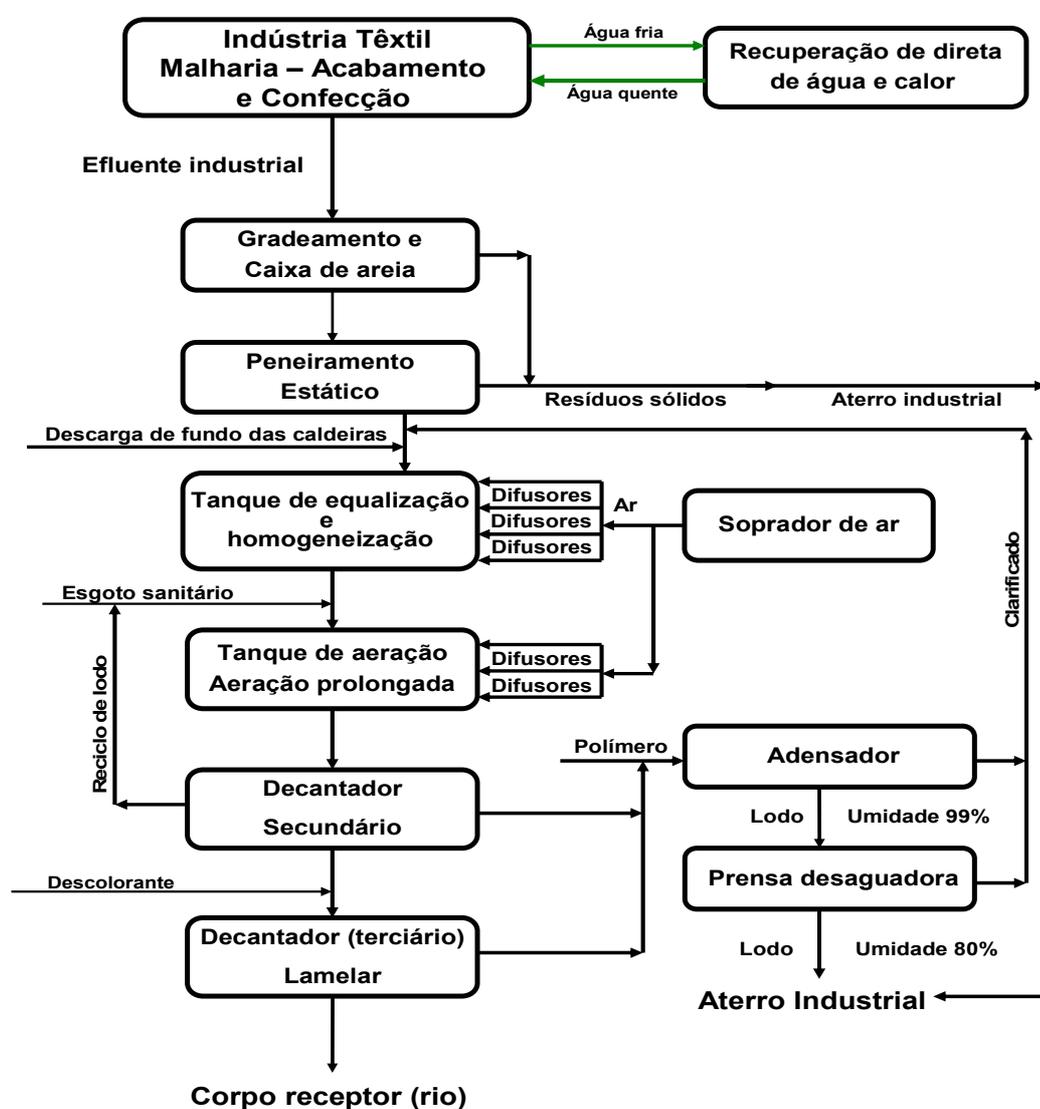


Figura 5.42 – Fluxograma esquemático do STET da IBB-03

Fonte: Primária

Implantadas todas as modificações, os resultados foram: redução de 25% no consumo de energia, eliminação dos odores causados pela anaerobiose, redução do consumo de produtos químicos e redução de volume de lodo químico e biológico.

O fator a destacar neste STET (figura 5.42) é o volume de efluente tratado - mais de 250m³/hora - com remoção de cor superior a 98%, conforme pode ser visto através da figura 5.43, que busca uma comparação visual entre o efluente bruto e o tratado.

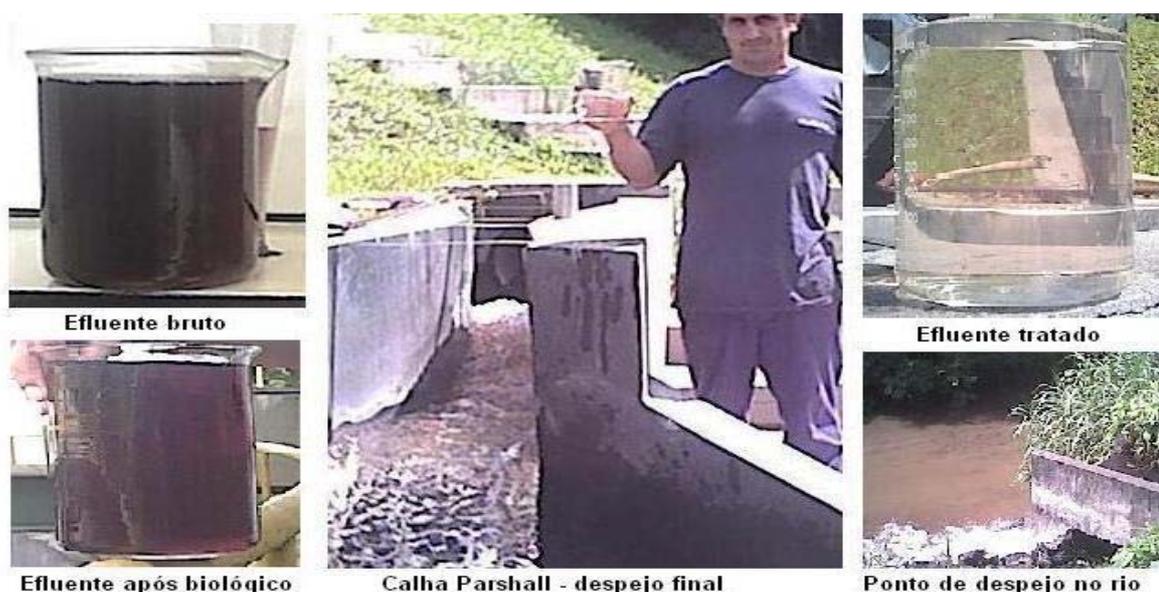


Figura 5.43 – Montagem de fotos para comparação visão do efluente IBB-03.
Fonte: Primária

O STET opera muito próximo de seus limites máximos de eficiência. Por exemplo: a DBO₅ situa-se entre 94 e 97%, a DQO de 90 a 92% e a cor acima de 98%. Em termos de carga orgânica pode se considerar que geração não é das maiores, pois a DBO₅ de entrada está entre 250 e 300mg/L, enquanto a DQO entre 600 e 700mg/L. O mesmo não pode ser dito em relação à cor, pois no efluente bruto homogeneizado os valores estão entre 2000 e 2200mgCOPt/L.

Para a empresa, a remoção total da cor do efluente (> 80mgCOPt/L) pode contribuir com alguma toxicidade para o efluente final, em função excesso de descolorante usado no processo. Várias análises de toxicidade do efluente final já foram realizadas, mas até naquele momento da pesquisa ainda não se tinha um resultado conclusivo, pois são necessárias várias séries de análise de toxicidade positiva em comparação com efluentes sem remoção de cor para se chegar a uma conclusão.

Muitos dos resultados alcançados pela empresa na área ambiental se devem a dois poderosos instrumentos implantados entre 1995 e 1997, que são o SGA e a ISO 14.001. No segmento têxtil esta empresa foi pioneira em nível de Brasil na implantação destes instrumentos. A iniciativa da implantação surgiu em 1993, através de um colaborador que retornara de um curso de pós-graduação na Inglaterra e que conseguiu convencer a diretoria da empresa de que estes instrumentos seriam essenciais à condução de uma política ambientalmente correta.

O SGA foi primeiramente implantado como pré-requisito para a ISO 14.001, mas ao longo do seu desenvolvimento gerou muitas outras ações com resultados significativos para a redução dos impactos ambientais. Inicialmente se fez uso de assessoria externa, mas na parte final do SGA e na implantação da ISO 14.001 não foi mais necessária tal assessoria. Estima-se que foram investidos mais de 300.000 reais para a implantação do SGA e ISO 14.001, pois foram 18.000 horas de treinamentos aplicados aos colaboradores, o que a empresa considera como a responsável pelo o sucesso do projeto. A conscientização dos colaboradores teve importância fundamental nos resultados apresentados; tanto que a certificação da ISO 14.001 ocorreu em *in loco*, sendo certificadas as 7 unidades fabris da empresa ao mesmo tempo (recorde para época).

Através do SGA a empresa ganhou um novo colaborador, o “Naturinho”, um personagem de desenho animado defensor das políticas ambientalmente corretas. Por exemplo: os resíduos sólidos (com exceção do lodo) passaram a ser reciclados, segundo os conceitos da coleta seletiva. Na figura 5.44 o “Naturinho” colabora na campanha pela coleta seletiva.

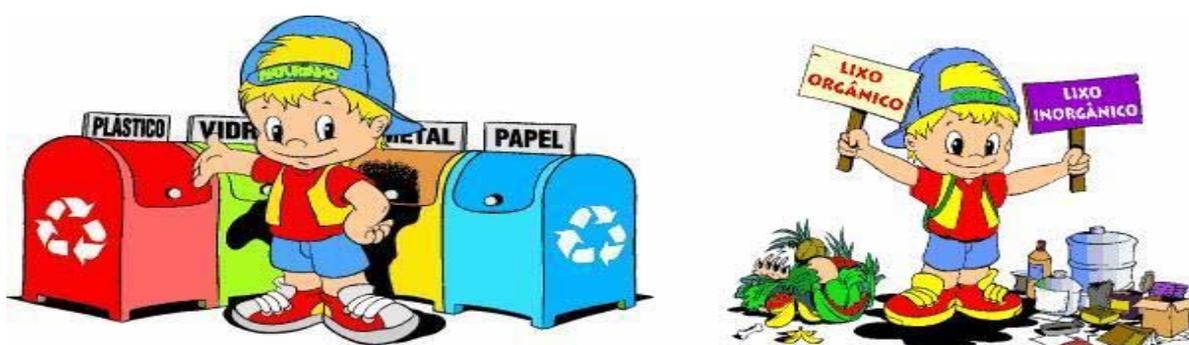


Figura 5.44 – Campanha do “Naturinho” pela coleta seletiva na IBB-03
Fonte: Primária

Ao longo dos últimos 8 anos, a quantidade de resíduos sólidos (excluído o lodo) gerados mensalmente reduziu-se em mais de 90%, pois em 1996 a média era de 80ton/mês, passando para cerca 7ton./mês em 2002. Este resultado é reflexo da evolução na conscientização dos colaboradores.

Outra ação importante que em muito reduziu os impactos ambientais na fábrica foi o cadastramento dos fornecedores de insumos de processo produtivo segundo uma classificação ambiental por cores. O verde significa que é certificado ambientalmente, o azul acusa preocupações ambientais e o vermelho significa falta de cuidados com o ambiente. O departamento de compras utiliza a classificação ambiental para poder definir os pedidos de compra de produtos químicos. Assim, os impactos ambientais em parte são minimizados já na aquisição dos produtos.

A partir de 2000, tendo o SGA e as certificações Öko-tex, ISO 9001 e 14.001, a empresa empenhou-se na implantação do OHSAS 18.001, normas de controle para segurança e saúde de forma integrada; ou seja, a qualidade, a segurança e o ambiente são conjuntamente macrogerenciados através do SIG. Neste ano também ocorreu a recertificação para as ISOs 9001 e 14.001.

Na área energética, apesar de maiores custos, houve a substituição do óleo combustível (BPF) pelo gás natural que polui muito menos o ar. Também foi desenvolvido, na própria empresa, um sistema de recuperação de calor (trocadores) para as águas da tinturaria. Este projeto teve um investimento de 250.000,00 reais e um “*pay-back*” inferior a 3 meses.

Em termos de comunidade vizinha, os entrevistados mencionaram que ela é extremamente consciente e ativa quanto ao meio ambiente; não hesita em denunciar a empresa aos órgãos ambientais e até mesmo fazer movimentos para atingir suas metas de qualidade de vida. Tanto que a única multa ambiental que a empresa recebeu decorreu de uma denuncia, quando de um acidente (ruptura de tubo na tinturaria) em pleno dia e horário de um jogo do Brasil na copa do mundo de 1998. Nesse período também houve os protestos em relação aos odores, já comentados.

Os órgãos ambientais são exigentes, principalmente o municipal; mas este último é também um órgão que busca a melhor solução para os problemas surgidos, desde que receba comunicação antecipada dos percalços do sistema.

Já em 1993 a empresa efetuou uma publicação intitulada “O desafio ambiental”, na qual são estabelecidos 7 desafios (metas):

1. adquirir algodão em pluma e tratado com maiores cuidados ambientais;
2. continuar implantando e buscando a máxima eficiência nas estações de tratamento de efluentes líquidos;
3. complementar a instalação de filtros antipoluentes para gases;
4. reduzir o consumo de óleo combustível como fonte energética e substituí-lo progressivamente por gás natural, quando houver disponibilidade do produto na região;
5. reduzir cada vez mais o consumo específico de água e produtos químicos;
6. criar soluções ambientalmente adequadas para o destino final do lodo e de outros resíduos sólidos e,
7. dar continuidade aos programas de reciclagem e de emprego de métodos e insumos de baixo impacto ambiental.

Passados 12 anos, alguns deles foram realizado com sucesso, como, por exemplo, os itens 2, 3, 4 e 5; outros foram iniciados mas não finalizados, como o caso do item 1, pois a empresa não mais trabalha com algodão em pluma (não tem mais fiação) e há os que estarão em contínua execução, como os itens 5 e 7. Já o item 6 ainda continua com meta para o futuro. Já se tem uma solução ecologicamente correta para o destino final do lodo, mas ainda pode ser diminuído em muito o passivo ambiental com este resíduo (redução de volume).

Isto está dentro da política da empresa, que é “.....garantir um ambiente de trabalho seguro, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida de seus associados”, além de “....respeitar o meio ambiente, atendendo a todas legislações ambientais,ou seja, prevenindo o impacto da poluição e melhorando continuamente os processos de gestão.”

5.1.8 IBB-04

É uma empresa com mais de 56 anos de existência, que fez história como uma das maiores indústrias têxteis do país. Surgiu de uma pequena tecelagem de tecidos planos, mas depois de uma década passou a trabalhar apenas com tecelagem de malhas. Atingiu a produção de 700ton/mês de malha acabada e confeccionada e 2.500 colaboradores. A partir da década de 1990 entrou em uma crise financeira, que culminou com a sua falência em 1995. A partir de então a empresa passou a ser gerenciada por um comitê de credores e funcionários.

A figura 5.45 apresenta os dados sintetizados para a formação do perfil da indústria IBB-04.

Descrição	Dados
Atividade	Malharia, tinturaria, estamparia e confecção
Matéria-prima	Fios de algodão
Tipo de corante usado	Reativos (95%) e sulfuroso (5%)
Tempo de atividade	56 anos
Produção da empresa	350ton/mês (tingimento)
Mercado consumidor	Mercado interno (100%)
Água industrial e custo	Captação de rio (100%) – ETA compacta - R\$ 0,10 por m ³
Número de colaboradores	1.300 colaborador
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	3.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	Cap. 150m ³ /hora - ≈ 4.800m ³ /dia – Utilização apenas 70%
Consumo específico de água	185L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento, lodos ativados e físico-químico (terciário)
Investimento no STET	U\$ 2.000.000,00 (Dólares)
Custo operacional do sistema	R\$ 0,98 por m ³ ou R\$ 80.000,00 mensais
Pré-tratamento	Gradeamento, homogeneização e peneiramento
Neutralização	Não utiliza
Tratamento físico-químico	Decantador após o tratamento biológico
Tratamento biológico	Lodos ativados – Convencional
Tipo de aeração	Injeção de oxigênio puro (líquido)
Remoção de cor	Biológico, decantador, adensador e filtro prensa
Tratamento terciário	Floculador, decantador, adensador e filtro prensa
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico e químico – aproximadamente 6ton/dia
Secagem do lodo	Não
Disposição do lodo	aterro industrial (terceiro) – R\$ 170,00 por tonelada
Automação	Apenas medições <i>on line</i> pH e O ₂ dissolvido
Laboratório químico	Serviço tercerizado

Figura 5.45 - Síntese de dados da empresa IBB-04

Fonte: Primária

Com a crise financeira, tanto a produção quanto o número de colaboradores foram reduzidos a menos da metade, mas mesmo assim a empresa continua na luta para sobreviver no mercado. Esta situação fez com que nos últimos 10 anos a empresa apenas efetuasse as manutenções necessárias no STET, de forma a atender aos parâmetros de lançamento definidos pela legislação ambiental.

Fundada na década de 1940, a indústria está localizada no perímetro urbano, ou melhor dizendo, praticamente no centro da cidade (3km). Esta é uma situação que acaba por trazer problemas de relacionamento entre a empresa e a comunidade. Através da figura 5.46 percebe-se a proximidade entre a indústria e o centro da cidade.



Figura 5.46 – Posicionamento da IBB-04 em relação ao centro da cidade.

Fonte: Primária

Em função desta proximidade o primeiro problema que se teve diz respeito aos gases (fumaça) expelidos pelas caldeiras. A população vizinha protestou algumas vezes e a empresa optou por substituir o combustível óleo BPF pelo xisto, pois, apesar de seu custo ser 5% maior, é muito menos poluente. Também contribuiu para a minimização dos impactos a instalação de equipamentos como o filtro multiclone e o lavador de gases. Este último ajuda a regularizar o pH do efluente bruto, pois os gases de combustão contêm um bom percentual de CO_2 , que em contato com a água reage e forma ácido carbônico (neutralizante). A figura 5.47 mostra o multiclone e o lavador de gases.



Figura 5.47 – Multiciclone e lavador de gases da IBB-04.

Fonte: Primária

Este problema de localização somente pode ser resolvido com a transferência da indústria para um parque industrial. Esta solução requer altos investimentos, os quais, dada a atual situação financeira da empresa, é praticamente impossível serem viabilizados.

Antes da crise econômica, entre 1990 e 1995, a empresa realizou altos investimentos na área ambiental, como a neutralização dos efluentes por CO_2 puro e lodos ativados com O_2 líquido (puro), o que para aquela época representava elevados custos operacionais.

O primeiro STET foi instalado em 1979. Era apenas um tanque de homogeneização com a função de resfriar e neutralizar (ácido sulfúrico) o efluente bruto. Em 1983 foram incorporadas a este sistema peneiras estáticas, com o objetivo de remover sólidos.

Entre 1985 e 1986 foi instalado um tratamento físico-químico constituído de um tanque de coagulação (agitação rápida), um floculador (agitação lenta), um flotador com injeção de ar dissolvido e a desidratação do lodo por filtro–prensa para a remoção de cor e carga orgânica.

Em 1993 a neutralização passou a ser realizada com CO₂ puro. Nesse período também foi instalado o tratamento biológico (processo de lodos ativados - convencional com injeção de O₂ líquido (puro)). A partir de 1998 deixou-se de realizar a neutralização e se inverteu de fluxo de efluente entre os tratamentos físico-químico e biológico. Também foi substituído o flotador por um decantador convencional. Na figura 5.48 é mostrado o fluxograma esquemático do STET em operação desde essa época.

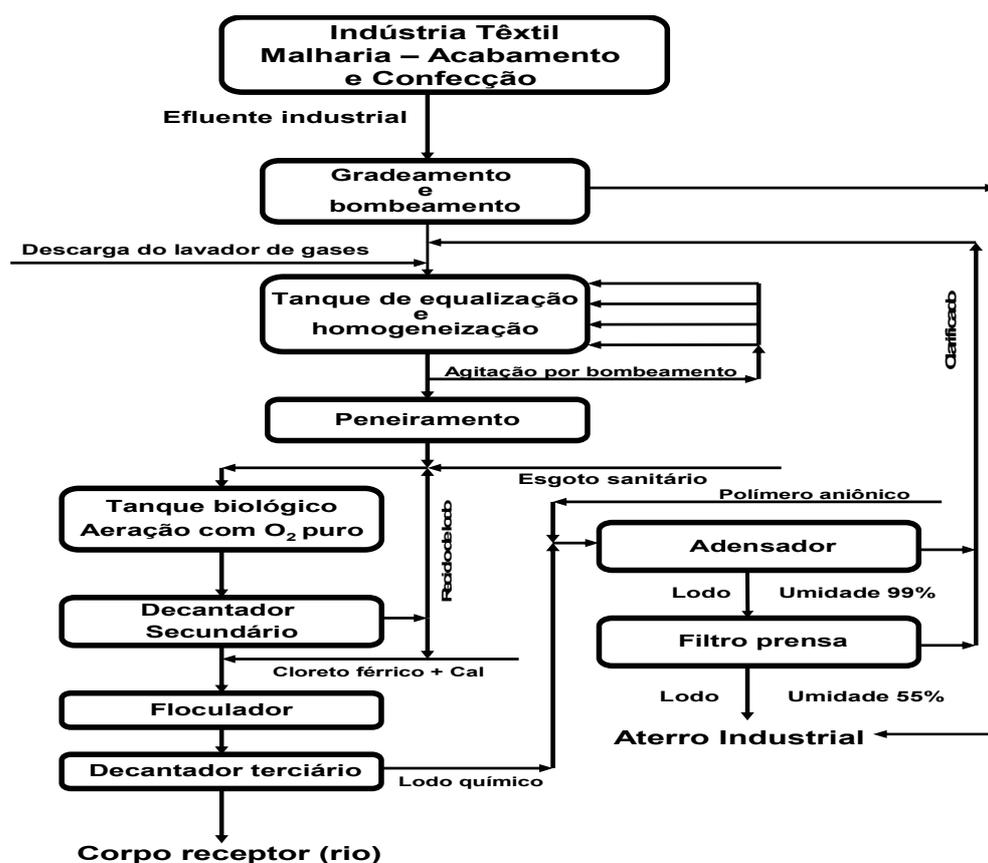


Figura 5.48 – Fluxograma esquemático do STET da IBB-04.

Fonte: Primária

Questionado quanto à estabilidade do tratamento biológico, o entrevistado informou que o considera muito estável; apenas ressaltou que quando do uso de corante à base de enxofre no processo industrial a eficiência do tratamento biológico é comprometida. Nesta situação o STET tem sua eficiência reduzida em quase 10%, ou seja, de 95 para 85%. O problema não é tão complexo, porque a DBO₅ e DQO de entrada no sistema são baixas, entre 250 e 320mg/L e 400 e 600mg/L, respectivamente.

A maior dificuldade no STET está na remoção de cor, pois o efluente bruto em geral apresenta uma elevada coloração, ou seja, entre 1.000 e 1.200mgCoPt/L, valores resultantes do uso de cores escuras no tingimento. A remoção da cor acaba por gerar um volume de lodo químico de 5ton/dia (umidade de 55 a 60%). O preço para a disposição do lodo no aterro industrial é de R\$ 170 reais a tonelada, o que leva a um custo diário de aproximadamente R\$ 1.000 reais para dar destino apropriado ao lodo. Este valor representa quase a metade dos custos operacionais. A desidratação do lodo é realizada por meio de um filtro-prensa, cuja operação necessita da atenção constante de um operador. Esse filtro apresenta um problema de poluição sonora, pois quando da descarga do clarificado acaba produzindo um ruído que pode ser ouvido na vizinhança, assim não pode ser operado depois das 22 horas. A solução desta situação passa pela substituição do filtro-prensa por uma prensa desaguadora ou centrífuga, e no caso do custo de disposição, um das melhores alternativas é a secagem do lodo; mas, infelizmente, os investimentos nesta área estão sendo postergados ao máximo.

O que se percebeu durante a entrevista é que existe uma certa animosidade entre a comunidade e a empresa, pois havendo qualquer tipo de problema ambiental na indústria os vizinhos fazem a denúncia imediatamente aos órgãos ambientais. Tanto que a empresa foi multada em algumas oportunidades, como por exemplo, quando faltou O₂ no tratamento biológico e ocorreu uma anaerobiose, gerando um odor forte. Em outra ocasião o problema se deveu a um derrame de óleo combustível, e a última ocorrência do tipo se deu quando do rompimento da tubulação de efluente. Apesar das multas mencionadas, na opinião do entrevistado os fiscais são compreensivos e agem com imparcialidade, buscam sempre resolver os problemas da melhor forma possível. Em termos de exigência, mais uma vez o órgão municipal é posicionado como o mais atuante.

Segundo o entrevistado, a esperança do grupo gestor e dos colaboradores é que as dificuldades financeiras possam passar e assim tudo voltar à normalidade. Desta forma será possível voltar a investir no STET, pois este carece de uma manutenção mais efetiva e algumas alterações e otimizações para possibilitar a redução dos custos operacionais. Enquanto isto não ocorre, a empresa tenta cumprir da melhor forma possível o que determina a legislação ambiental.

5.1.9 IBB-05

É uma indústria têxtil também centenária, focada no mercado de artigos para o lar, produzindo tecidos para cama, mesa, banho e decoração. A fase de maior crescimento ocorreu nas décadas de 1970 e 1980, mas principalmente depois de se instalar no parque industrial. A partir de 2000 atingiu a produção de 1.400 toneladas ou 26.000.000m² lineares por mês de tecidos acabados e confeccionados, o que a faz uma das maiores empresas têxteis de artigos do lar do Brasil.

Em relação às questões ambientais, a empresa foi pioneira em algumas ações, o que demonstra a responsabilidade com o ambiente. Os principais dados característicos da indústria em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.49.

Descrição	Dados
Atividade	Tecido do lar – Cama, mesa, banho e decorações
Matéria-prima	Fios de algodão
Tipo de corante usado	Reativo (90%) e disperso (10%)
Tempo de atividade	123 anos
Produção da empresa	1.400ton/mês (tingimento – acabamento)
Mercado consumidor	Mercado interno e externo
Água industrial e custo	Captação de rio (100%) – ETA – R\$ 0,07 por m ³
Número de colaboradores	3.300 colaboradores – Área ambiental 15 colaboradores
SGA e ISO 14001	Sim
Área de tratamento dos efluentes	5.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	Cap. 200m ³ /hora - ≈ 4.800m ³ /dia – Utilização apenas 70%
Consumo específico de água	80L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento, lodos ativados e físico-químico
Investimento no STET	US\$ 6.000.000,00 de dólares
Custo operacional do sistema	R\$ 0,70 por m ³ ou R\$ 101.000,00 mensais
Pré-tratamento	Gradeamento, peneiramento, filtração e homogeneização
Neutralização	Ácido sulfúrico
Tratamento físico-químico	Flotador, adensador e filtro-prensa
Tratamento biológico	Lodos ativados convencional e valo de oxidação
Tipo de aeração	Ar difuso
Remoção de cor	Biológico, flotação, adensador e filtro-prensa
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico e químico – aproximadamente 8ton/dia
Disposição do lodo	aterro industrial (próprio) – Estimativa R\$ 150,00 por tonelada
Automação	Apenas medições <i>on line</i> pH e O ₂ dissolvido
Laboratório químico	Completo
Combustíveis nas caldeiras	Gás natural

Figura 5.49 - Síntese de dados da empresa IBB-05

Fonte: Primária

Por ser uma empresa centenária, o seu envolvimento com o ambiente é antigo; mas, diferentemente de outras empresas na mesma condição, não tem o problema de localização no perímetro urbano. Já em 1970, quando começou a crescer, optou por se transferir para o distrito industrial, tornando-se assim a primeira indústria a se fixar naquela área. Foi uma decisão de logística acertada, tanto do ponto de vista industrial como ambiental.

A preservação dos recursos hídricos sempre foi foco desta empresa, talvez até porque passou por uma série de dificuldades em obter água industrial. Até o início da década de 1990 toda a água era comprada da companhia de água (serviço público), cuja fonte eram poços artesianos. Em 1993 a empresa construiu uma captação em um rio a cerca de 7Km de distância da indústria e através de ETA trata 200m³/hora de água para atender às necessidades industriais.

Segundo o entrevistado, a pressão pela preservação ambiental por parte dos clientes internacionais foi mais intensa nas décadas de 1980 e 1990, período em que as certificações eram cobradas com maior insistência. Foi então que empresa implantou o SGA, a ISO 14.001 e certificou alguns produtos pelo selo Öko-tex-100. Essas ações em muito contribuíram para um ambiente menos poluído.

Em termos de ações ambientais, tudo começou a partir de 1980, através da construção do primeiro STET. O tratamento era somente um físico-químico com unidades de gradeamento, caixa de areia, tanque de homogeneização, neutralização, flotores e leito de secagem. O sistema apresentou problemas na operação, pois as características do efluente não contribuíam para uma boa flotação, assim como para a desidratação do lodo. A primeira alteração foi substituir o leito de secagem por um filtro de prensa para melhorar a desidratação em termos operacionais. Este sistema operou por aproximadamente 13 anos.

Em 1993 foi instalado o tratamento biológico de lodos ativados com aeradores superficiais. Também a partir dessa época os produtos químicos do processo industrial passaram a ser rigorosamente controlados em termos de toxicidade para não prejudicar a eficiência do novo tratamento (biológico).

Em 1995 a empresa participou, conjuntamente com outras congêneres, do projeto de pesquisa “Ecogoman”, projeto este já mencionado quando da apresentação dos dados da IBA-01 e IBB-02. O projeto teve o objetivo de desenvolver tecnologias para reaproveitamento de resíduos de goma e conseqüentemente reduzir o impacto ambiental. Apesar de a pesquisa demonstrar viabilidade técnica e financeira, a empresa optou por não implantar o projeto.

Outra ação ambiental importante da empresa foi a instalação, em 1996, de um aterro industrial exclusivamente para o lodo têxtil, o primeiro de propriedade privada implantado no Sul do Brasil. Construído na concepção de “*landfill*”, tem uma área de 20.000m². Inicialmente foi projetado para uma vida útil de 20 anos de operação, mas com a implantação de processos para reduzir o volume de lodo este período deve ter aumentado em pelo menos 30%.

Também em 1996 se iniciou a implantação do SGA, com o objetivo de viabilizar a ISO 14.001. Os dois projetos se iniciaram com consultoria externa, mas acabaram sendo finalizados pela equipe interna da empresa. Os investimentos nestes projetos foram estimados em 1.000.000 de reais, já considerando-se as adequações que se fizeram necessárias no STET. Além da ISO 14.001, a empresa também certifica os produtos de exportação através do selo Öko-Tex-100 exigido no mercado europeu.

Outra ação que demonstrou respeito ao ambiente ocorreu em 2000, quando se substituiu o óleo combustível (BPF) das caldeiras pelo gás natural e biomassa (restos das indústrias madeireiras). O sistema de caldeiras ainda dispõe de filtros multiciclone e lavadores de gás para minimizar ao máximo os impactos atmosféricos.

Procurando melhorar o STET, em 2002 houve um *upgrade*, no qual se investiu 2.000.000 de dólares. O Projeto foi desenvolvido por uma empresa italiana, cuja tendência é projetar tratamentos biológicos do tipo valo de oxidação (carrossel). Este processo simula as condições e ações existentes nos rios, ou seja, cria regiões aeróbias e anóxicas, além da correnteza característica. A forma de injeção de oxigênio passou de aeração superficial para ar difuso (sopradores), e a idade do lodo, entre 25 e 30 dias.

A figura 5.50 mostra o fluxograma esquemático do STET após o *upgrade*, em operação desde 2003.

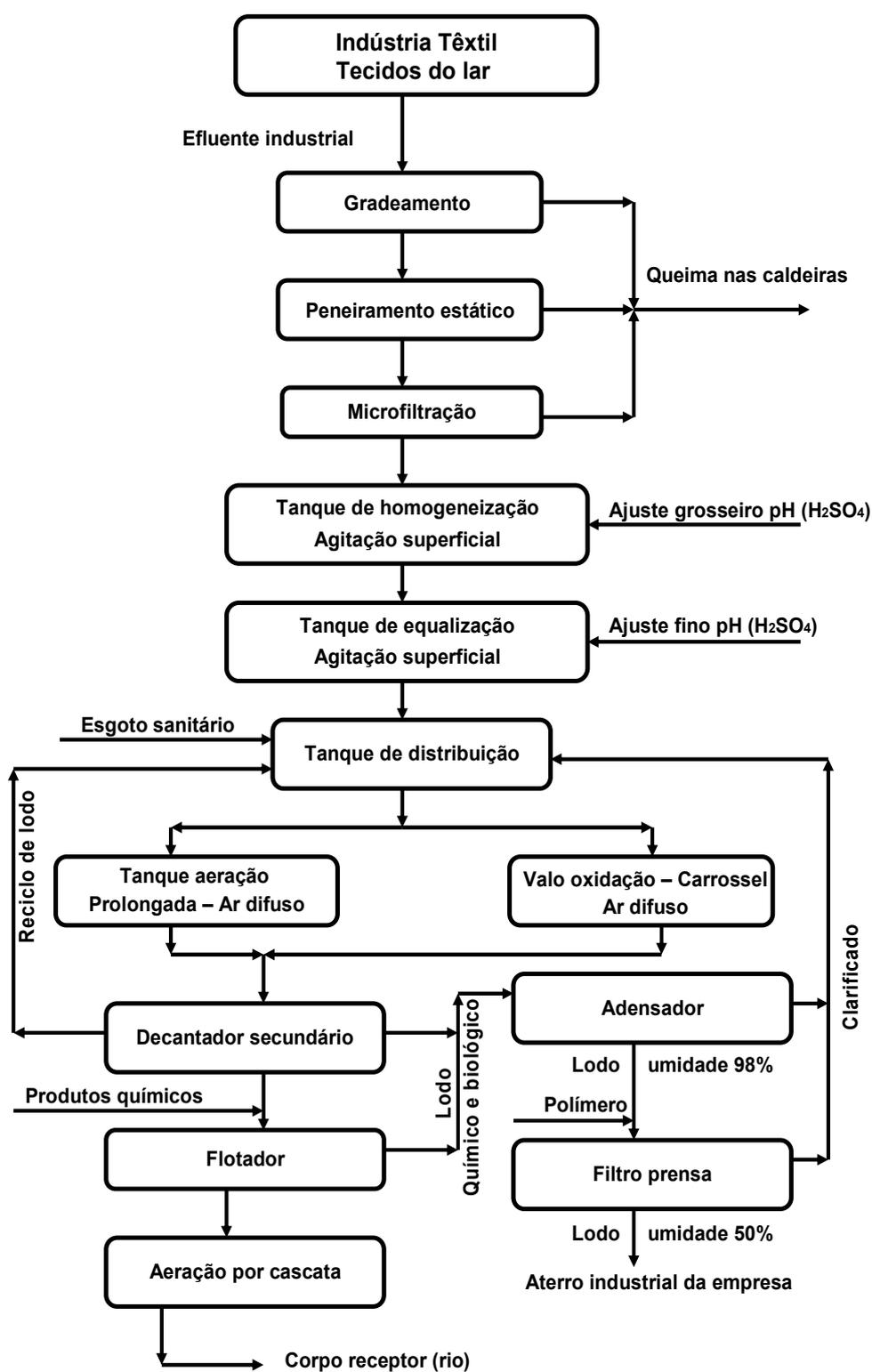


Figura 5.50 – Fluxograma esquemático do STET da IBB-04.
Fonte: Primária

Fato que merece ser mencionado e analisado referente ao *upgrade* é a adaptação do tratamento biológico antigo (lodos ativados – convencional) ao novo (lodos ativados – valo de oxidação), pois o sistema passou a trabalhar com dois tanques de aeração; o primeiro continua na concepção antiga, enquanto o segundo (tanque novo) foi construído em forma de valo de oxidação (carrossel) e trabalha segundo esta concepção. Os tanques de aeração trabalham em concepções diferentes, mas o decantador secundário é único, o que faz com que o retorno de lodo se dê para os tanques de aeração que estão operando com concepções de tratamento biológico diferentes. Os dois tanques de aeração são mostrados na figura 5.51.



Figura 5.51 – Comparação visual dos dois tanques de aeração da IBB-05.
Fonte: Primária

Quanto ao sucesso da adaptação promovido no sistema, ainda não havia nenhuma análise conclusiva a respeito, pois quando da pesquisas o sistema ainda se encontrava na fase de adaptação e estabilização (alguns problemas ainda precisavam ser resolvidos).

Quando aos problemas no STET, a empresa sempre buscou a solução através de profissionais com capacidade comprovada na área ambiental. Sempre se exigiram garantias de eficiência do sistema, mas neste último *upgrade* os problemas surgiram depois de o prazo de garantia ter-se esgotado. O principal problema que surgiu é a formação de *bulking* no decantador secundário, como pode ser visto através da figura 5.52.



Decantador secundário - Formação de bulking



Arraste de lodo com clarificado

Figura 5.52 – Problema de bulking no decantador secundário da IBB-05.

Fonte: Primária

O problema mostrado na figura 5.52 não gerava naquele momento maiores conseqüências de carga poluidora ao efluente final, pois na seqüência este clarificado ainda seria submetido a um tratamento físico-químico (flotação) que elimina todos flocos químicos e biológicos; mas tratava-se de uma situação que precisava de uma solução, pois a permanência daquelas condições com certeza afetaria a eficiência global do processo biológico, dado o excesso de perda de material celular do processo de lodos ativados.

Questionado sobre a estabilidade biológica do sistema, o entrevistado respondeu que, em função do curto espaço de tempo de operação do sistema, ainda não foi possível obter uma quantidade de dados suficiente para concluir a respeito deste questionamento.

Outro questionamento foi quanto à remoção de cor do efluente, legalmente a empresa não precisa atender a este parâmetro de lançamento, mas considera que o impacto visual causado pelos corantes compromete toda a imagem de empresa ambiental correta e assim, ela mesma estabeleceu um valor limite de cor de 150 a 200mgCOPt/L para o efluente final. Esta faixa de cor garante ao efluente um aspecto incolor, o suficiente para não alterar os aspectos visuais do corpo receptor. Através da figura 5.53, pode ter uma comparação visual entre os efluentes bruto e tratado.

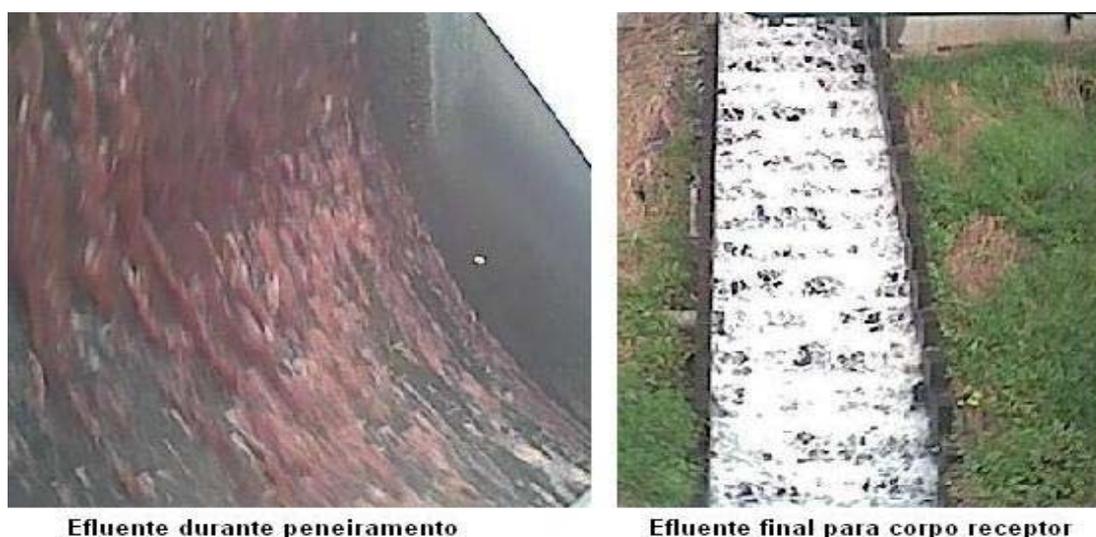


Figura 5.53 – Comparação visual entre efluente no inicial e final do STET.

Fonte: Primária

No projeto italiano está prevista a recuperação de 10% do efluente tratado através do uso direto em operação não produtiva e a reciclagem de outros 30% por um processo de remoção de sais em filtros de resina, podendo estes 30% ser aproveitados no processo produtivo.

A empresa também sempre buscou uma inter-relação com a comunidade, tanto que desenvolve o programa “*Vamos trabalhar sem destruir a natureza*”, através de palestras e concursos em escolas públicas da região. Após a certificação ISO 14.001 desenvolveu uma campanha de *marketing* em nível nacional, divulgando suas conquistas na área ambiental, principalmente para que toda a comunidade tivesse acesso às informações. Ao longo dos últimos 15 anos recebeu diversos prêmios ambientais pelas ações desenvolvidas. Com a comunidade nunca houve atritos, ou seja, a relação sempre foi muito cordial; também a empresa nunca foi multada por órgãos ambientais.

Para finalizar a entrevista, o interlocutor destacou a palavra do presidente da empresa sobre as questões ambientais, “...o importante não é apenas cumprir a lei, mas fazer tudo o que for necessário para manter o equilíbrio ecológico, independente de ser ou não obrigação legal.” E ainda, “Investir em meio ambiente não é uma ação altruísta, mas sim, a construção da excelência”. Estes são alguns dos pensamentos que norteiam as ações ambientais desta indústria têxtil”.

5.1.10 IBB-06

Trata-se de uma indústria de malhas com acabamento e confecção. Fundada em meados da década de 1960, tornou-se, nos anos 90, uma das maiores indústrias têxteis do Brasil. Neste início de milênio a empresa passa por uma retração na produção. Com capacidade instalada de 700 toneladas/mês, no período da pesquisa operava apenas 50% desta capacidade. Busca diversificar a produção através de lavanderia de *jeans* e outros artigos de uso pessoal.

As questões ambientais começaram a ser tratadas com maior intensidade a partir da década de 1980, quando implantou o primeiro STET para atender à legislação e minimizar os impactos ambientais gerados pelo processo de beneficiamento. Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.54.

Descrição	Dados
Atividade	Malharia, tinturaria, acabamento, estamparia e confecção
Matéria-prima	Fios de algodão
Tipo de corante usado	Reativo (95%) e direto (5%)
Tempo de atividade	37 anos
Produção da empresa	700ton/mês (tingimento) – Utilização 50%
Mercado consumidor	Mercado interno e externo
Água industrial e custo	Captação de rio (100%) – ETA – R\$ 0,10 por m ³
Número de colaboradores	3.300 (grupo), 1.300 (unidade) – Área ambiental 15
SGA e ISO 14001	Sim
Área de tratamento dos efluentes	5.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	Cap. 200m ³ /hora - ≈ 4.800m ³ /dia – Utilização apenas 50%
Consumo específico de água	110L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento, lodos ativados e físico-químico (terciário)
Investimento no STET	US\$ 3.000.000 de dólares
Custo operacional do sistema	R\$ 1,50 por m ³ ou R\$ 110.000 reais mensais
Pré-tratamento	Gradeamento, peneiramento e homogeneização
Neutralização	Sulfato de alumínio antes do biológico
Tratamento físico-químico/terciário	Decantador lamelar, adensador, centrífuga e secador de lodo
Tratamento biológico–Tipo aeração	Lodos ativados – convencional – ar difuso
Remoção de cor	Biológico, decantação, adensador e centrífuga
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico e químico – aproximadamente 1ton/dia (seco)
Secagem do lodo	Sim – Secador com gases de combustão (umidade 12 a 15%)
Disposição do lodo	aterro industrial (terceiros) – Estimativa R\$ 150,00 a tonelada
Laboratório químico	Completo
Combustíveis nas caldeiras	Gás natural

Figura 5.54 - Síntese de dados da empresa IBB-06

Fonte: Primária

O STET instalado em 1985 era apenas um físico-químico baseado na coagulação, floculação e decantação, em que os principais coagulantes eram o cloreto férrico e cal. O volume de lodo gerado chegava a atingir 10ton/dia e era enviado para o aterro municipal (lixão). Ao longo dos últimos 18 anos o STET passou por diversas modificações, chegando à situação mostrada através da figura 5.55.

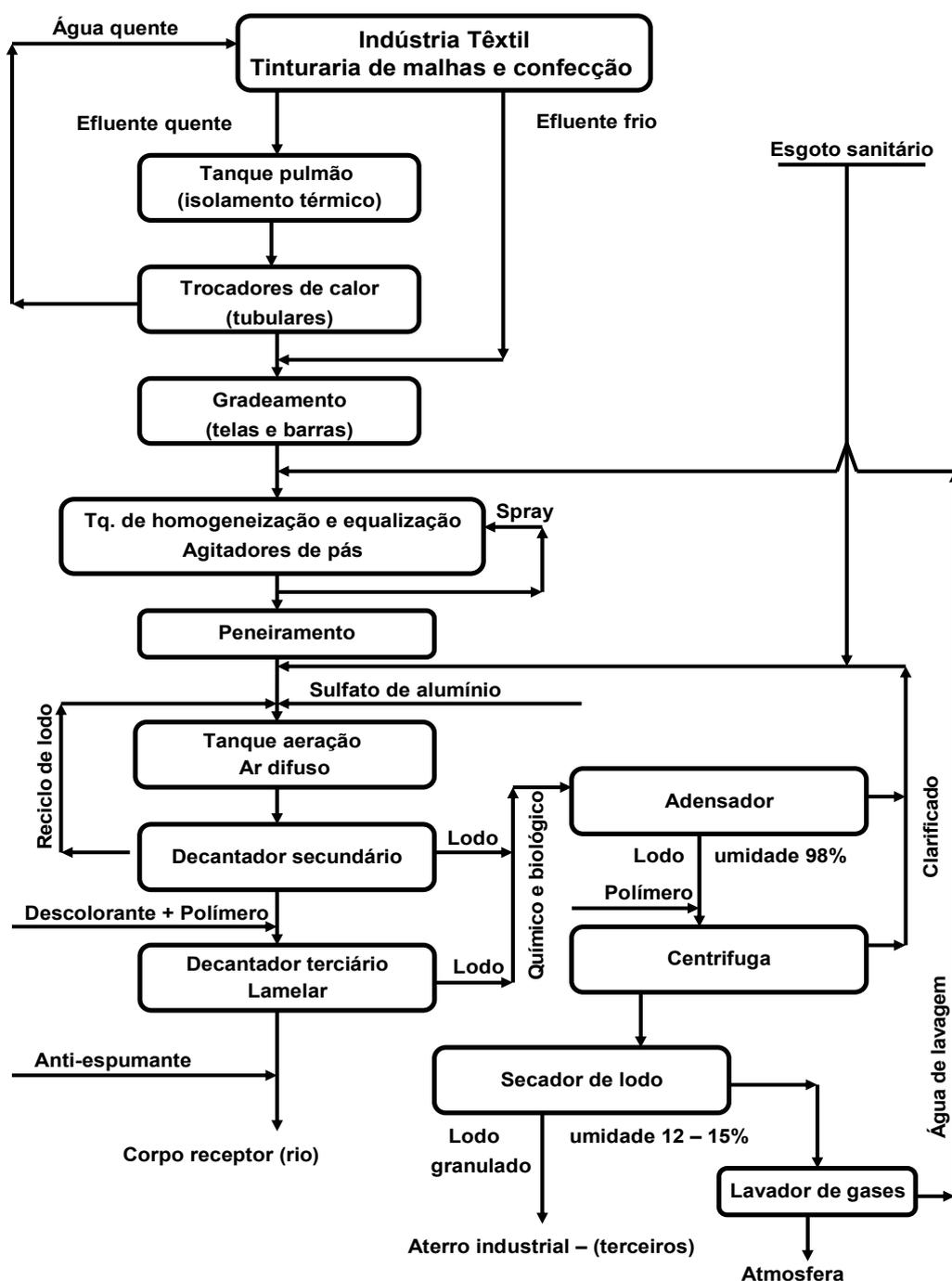


Figura 5.55 – Fluxograma do STET da IBB-06.
Fonte: Primária.

Em 1993 foi desativado o primeiro sistema e instalado um novo STET. Este seguiu a tendência do tratamento convencional da década de 1980, que era baseada no tratamento físico-químico e biológico. Com o aumento nas cargas hidráulica e orgânica, em 1998, precisou-se duplicar a capacidade do sistema. Aproveitando-se as ações que precisavam ser implementadas no sistema, procedeu-se à inversão na ordem do fluxo hidráulico entre o tratamento biológico e o físico-químico. Neste *upgrade* o sistema passou a ser aerado por oxigênio puro (líquido) e a desidratação por centrifugação. O objetivo das alterações era reduzir o volume de lodo e melhorar a eficiência do tratamento biológico.

Não obstante, a redução efetiva do volume de lodo somente foi ocorrer em 2000, com a decisão de secar o lodo através de secador rotativo, cuja fonte de calor são gases de combustão das caldeiras. O lodo resultante da centrífuga (umidade de 70 a 75%) é direcionado para o secador rotativo, e ao final do processo de secagem está na forma granular e com umidade entre 10 e 15%.



Figura 5.56 – Secador rotativo de lodo e amostra de lodo seco.
Fonte: Primária.

Durante a pesquisa constatou-se que aspecto físico do lodo seco era excelente, apresentando-se em forma granular e praticamente sem odor característico. O secador trabalha em regime de pressão negativa e a fonte de calor são cavacos de madeira ou rejeitos de gases de combustão (fumaça). Depois da secagem os gases passam por um lavador e o lixiviado segue para o STET. Considerando-se o reaproveitamento da energia térmica, o secador apresenta um excelente *pay-back*.

A última modificação no STET ocorreu em 2002, quando foi alterado mais uma vez o tipo de aeração no tanque biológico, ou seja, o oxigênio puro (líquido) foi substituído pelo oxigênio da atmosfera que passou a ser introduzido no tanque de aeração por meio de sopradores de ar.



Figura 5.57 – Forma de aeração do tanque biológico da IBB-06.
Fonte: Primária.

Através da figura 5.57 pode-se observar que o aerador de baixa rotação usado para injeção de oxigênio puro foi desativado e que existem outras regiões sendo aeradas por ar difuso (sopradores). Segundo o entrevistado, a decisão de alterar o tipo de aeração se baseou nos custos do oxigênio e sua logística de entrega por parte do fornecedor. Também citou que o “pay-back”, no caso do ar difuso em relação ao oxigênio puro, é inferior a dois meses. A modificação do sistema representou uma redução de 20% no custo operacional (R\$ 1,90/m³ para R\$ 1,50/m³). É possível que a alteração tenha provocado uma pequena variação na faixa de pH no tanque de aeração, a qual foi corrigida com um simples aumento na quantidade de sulfato de alumínio adicionado antes do tanque biológico. Houve também uma variação na média da temperatura do tanque de aeração, principalmente em dias quentes, acima dos 30°C. Nestes dias o ar difuso injetado pouco contribui para a redução da temperatura no tanque, ao contrário do oxigênio puro, que possui temperatura de liquefação de -180°C. No processo de injeção, parte desta ausência de calor é transferida para o efluente; mas em termos de eficiência do processo, as alterações foram mínimas.

O entrevistado também mencionou alguns problemas, como formação de *bulking*, mas descartou a possibilidade de tal inconveniente estar associado à mudança do tipo de aeração. Mencionou que faz constante acompanhamento do processo biológico através de análise bacteriológica e que o problema de lodo pode estar mais relacionado com a idade do lodo em aplicação do que com o tipo de aeração.

Em termos de eficiência global o STET atinge, em média, 94%. A DBO₅ bruta oscila entre 400 e 450mg/L e a tratada, entre 30 e 40 mg/L, enquanto a DQO bruta está entre 900 e 1.000mg/L e a tratada entre 150 e 200mg/L. A cor do efluente bruto está na média de 1.500mg COPt/L, enquanto a saída oscila entre 80 e 120 mg COPt/L, valores estes que atendem tanto à legislação do Estado como às metas da empresa.

Todas as alterações ocorridas desde 1998 foram desenvolvidas no âmbito da SGA, com o foco principal na implantação da ISO 14.001, que se deu em 2000. Com o SGA e a ISO 14.001 a empresa buscou aprimorar o STET e minimizar os impactos ambientais, e assim estar apta a exportar seus produtos para qualquer parte do mundo sem nenhuma restrição de ordem ambiental. Questionado sobre a dificuldade de implantação destes instrumentos, o entrevistado relatou que inicialmente houve boa receptividade, mas ao longo da implantação a conscientização dos colaboradores do setor produtivo se tornou difícil, devido à habitual resistência das pessoas a modificar hábitos e costumes. A assessoria externa na implantação tanto da SGA quanto da ISO foi decisiva para o sucesso do projeto.

Através das políticas ambientais traçadas no âmbito do SGA a empresa mantém uma área de 17.000.000m² destinada a reflorestamento, garantindo assim uma independência energética. Busca também uma destinação correta para todos os resíduos industriais, além do constante monitoramento de todas as atividades potencialmente poluentes. Um exemplo de responsabilidade ambiental, definida no âmbito da SGA, é o empenho da empresa na remoção de cor do efluente, haja vista que a legislação não impõe qualquer limite quanto a cor para o despejo final. A empresa estabeleceu o limite máximo de cor em 300mgCOPt/L, mas na prática opera na faixa entre 80 e 120mgCoPt/L. Com estes valores se tem um efluente com aspecto incolor. Este padrão de cor representa 30 a 40% no custo operacional.

Questionado quanto à relação entre comunidade e empresa, o entrevistado informou que, mesmo sendo a empresa localizada em um parque industrial, já houve algumas vezes reclamações, principalmente em relação a ruído, mas que estas acabam sendo desconsideradas, porque a empresa cumpre perfeitamente a legislação neste quesito ambiental. Apesar destes pequenos problemas, a empresa busca estar aberta à comunidade, principalmente junto às escolas e associações de bairro. É uma comunidade plenamente consciente de seus direitos e sempre que se sente ameaçada em sua qualidade de vida pela poluição reage através de denúncias aos órgãos fiscalizadores.

Dos órgãos ambientais, segundo a opinião do entrevistado, o órgão estadual é o mais atuante, pois visita constantemente a indústria e busca, através do automonitoramento, estar ciente da situação ambiental da empresa. As ações dos fiscais sempre foram pedagógicas, desde que a indústria aja com responsabilidade. Apesar do excelente relacionamento entre a empresa e o órgão ambiental, em função de um vazamento de óleo da caldeira a indústria recebeu uma multa; mas a empresa buscou um acordo com o órgão ambiental e transformou 90% do valor da multa em investimento no sistema de controle de poluição das caldeiras. Em relação ao comitê de bacia, o entrevistado declarou desconhecer qualquer ação de planejamento, controle ou até mesmo de discussão a respeito da taxaço do uso pagador dos recursos hídricos na região.

Como meta de curto prazo está a recertificação da ISO 14.001 e na seqüência a busca por uma parceria com um centro de pesquisa para desenvolver estudos com vista ao reaproveitamento do lodo seco na agricultura. Quanto ao STET, este precisa de uma automação eficiente, que propicie ganhos operacionais e principalmente em termos de segurança.

Para finalizar o processo de coleta dos dados, o interlocutor citou o que a empresa tem como valor ambiental, registrado perante a sociedade na forma de um compromisso, que é “.....utilizar racionalmente os recursos naturais e gerenciar em toda a sua extensão os processos produtivos para neutralizar todo e qualquer impacto ambiental”.

5.1.11 IBB-07

O STET apresentado neste item não é propriedade de uma única indústria têxtil, mas sim, um sistema integrado com o objetivo de tratar os efluentes de um conjunto de 14 indústrias têxteis. Por isso, em termos de volume tratado, este é o maior sistema de tratamento pesquisado no Brasil. O perfil das indústrias que fazem parte deste consórcio de tratamento é em sua maioria o de fabricantes de tecidos planos, mas há também alguns fabricantes de artigos do lar (felpudos) e malharia.

O projeto do sistema integrado foi fruto do programa de recuperação ambiental da bacia do rio Itajaí-açu desenvolvido pela FATMA em meados da década de 1990, o qual exigia que todas as indústrias têxteis tivessem um STET. As indústrias localizadas nesse pólo têxtil, que é cortado pelo rio Itajaí-mirim, até aquela data pouco tinham avançado no controle da poluição. A situação exigia que todas as indústrias se adequassem no menor espaço de tempo. Tais circunstâncias propiciaram a formação de um grupo de indústrias têxteis que precisavam implementar em suas unidades STETs, donde surgiu a idéia de um sistema que tratasse os efluentes gerados pelo grupo. Então, o projeto do sistema integrado tomou corpo no interesse de uma empresa brasileira de engenharia. Na seqüência, também houve interesse de uma empresa inglesa de saneamento básico, e assim se formou uma *"join venture"* para a implantação do STET integrado.

O projeto foi ampliado para atender também os esgotos sanitários da cidade, que na época tinha 60.000 habitantes. Considerando um processamento têxtil de 100.000 toneladas/mês e o esgoto sanitário de parte da população, o sistema foi projetado para tratar 930m³/hora de efluente. Além do sistema de tratamento, também fez parte do projeto a construção de 40km de rede coletora ao longo da cidade.

Inicialmente a *"join venture"* foi constituída com 62,5% das ações pertencentes à empresa brasileira e o restante (37,5%) à empresa inglesa de saneamento básico. Em dezembro de 1996, depois de investidos 24.000.000 de dólares, entre o STET e a rede coletora de efluentes, o sistema entrou em operação em meio a uma disputa judicial entre seus sócios.

A empresa inglesa acusou a brasileira de estelionato, apropriação indébita, não cumprimento de cláusulas contratuais e desvio de dinheiro para contas em paraísos fiscais em relação a 16.000.000 de dólares investidos pela empresa inglesa. Também foram usados outros 4.000.000 de dólares, financiados pelo Banco Regional de Desenvolvimento – BRDE. A empresa brasileira também foi acusada de não implantar o aterro industrial previsto no projeto. Depois de três anos a justiça deu posse definitiva do STET à empresa inglesa. Mas o STET continua hipotecado ao BRDE, que em uma última avaliação em 2002, estimou em apenas 5.000.000 de reais o seu valor global, menos de 2.000.000 de dólares - Muito longe dos 24.000.000 de dólares de investimentos declarados pela empresa brasileira.

O empreendimento passou ainda por outros problemas, como o não-tratamento do esgoto sanitário da cidade, pois a rede coletora de esgoto, que era responsabilidade do município, nunca foi implantada junto às residências. O problema foi a crise econômica por que passou o pólo têxtil, fazendo com que algumas das empresas participantes do consórcio fossem fechadas e conseqüentemente diminuíssem os clientes do sistema. Estes problemas fizeram com que o sistema, projetado para tratar 930m³/hora opere apenas entre 250 e 300m³/hora. Tal ociosidade trouxe diversos problemas operacionais e financeiros à empresa que gerencia o sistema integrado. Na fase de projeto, a empresa brasileira estimou um preço de U\$ 0,52 por metro cúbico e faturamento de U\$ 74.000.000 de dólares depois de 20 anos. Assim, com a redução no volume de efluente tratado com certeza a projeção não deve se realizar.

Estes problemas fizeram com que a empresa inglesa abortasse outros investimentos na área de saneamento básico no Brasil. Para o gerente operacional (brasileiro) da empresa, a imagem do Brasil saiu muito desgastada deste episódio judicial, e a empresa inglesa só se mantém no Brasil em função da sua responsabilidade ambiental empenhada com as empresas participantes do consórcio do sistema integrado. O Sistema é mantido em operação, mas sem qualquer investimento que possa contribuir para o aperfeiçoamento das condições de operação. Mesmo operando apenas 30% da capacidade instalada, o STET não apresenta déficit.

Os principais dados em termos ambientais do STET integrado estão sintetizados na figura 5.58.

Descrição	Dados
Atividade	Tratamento de efluentes têxteis e sanitários
Matéria-prima	Diversas – mas principalmente algodão
Tipo de corante usado	Diversos
Tempo de atividade	8 anos
Produção da empresa	Diversas indústrias, estimativa de 100.000ton/mês
Mercado consumidor	Mercado interno e externo
Água industrial e custo	Diversos
Número de colaboradores	13
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	34.000m ² – 17.000m ² (ocupação) e 3.450m ² (construção)
Vazão de tratamento da ETE	Cap. 930m ³ /hora ≈ 22.320m ³ /dia – Utilização de apenas 30%
Consumo específico de água	Variado
Concepção do tratamento atual	Tq. de homogeneização, deep shaft, separação de lodo
Investimento no STET	U\$ 24.000.000 de dólares
Custo operacional do sistema	Não informado
Pré-tratamento	Gradeamento, peneiramento e homogeneização (industrias)
Neutralização	Gás carbônico
Tratamento físico-químico/terciário	Decantador lamelar, espessador e centrífuga.
Tratamento biológico–Tipo aeração	Deep Shaft – Ar comprimido – 6 a 7 bar
Remoção de cor	Biológico, decantação lamelar, espessador e centrífuga
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico e químico – aproximadamente 30ton/dia
Secagem do lodo	Não – umidade entre 70 e 75%
Disposição do lodo	aterro industrial (próprios) – Estimativa R\$ 150,00 a tonelada
Automação	Apenas medições <i>on line</i> de pH, O ₂ dissolvido e vazão
Laboratório químico	Sim – as principais análises ambientais

Figura 5.58 - Síntese de dados da empresa IBB-07

Fonte: Primária

O projeto técnico do STET foi desenvolvido e implantado por uma empresa especializada em projetos de STET. O ponto de destaque ou de ousadia do projeto foi adotar para o tratamento biológico um processo diferente dos lodos ativados, processo este denominado de “*Deep Shaft*” ou seja, poço profundo. Este STET tornou-se pioneiro na utilização da tecnologia “*Deep Shaft*” no Brasil e na América Latina. As principais vantagens deste processo são a necessidade pequena extensão de área para implantação do processo e um baixo consumo de energia elétrica. A tecnologia foi comprada da empresa inglesa Zeneca Bioproducts Limited e adaptada às normas brasileiras pela empresa de projeto. A figura 5.59 apresenta o fluxograma esquemático do sistema integrado de tratamento de efluentes têxteis e sanitários.

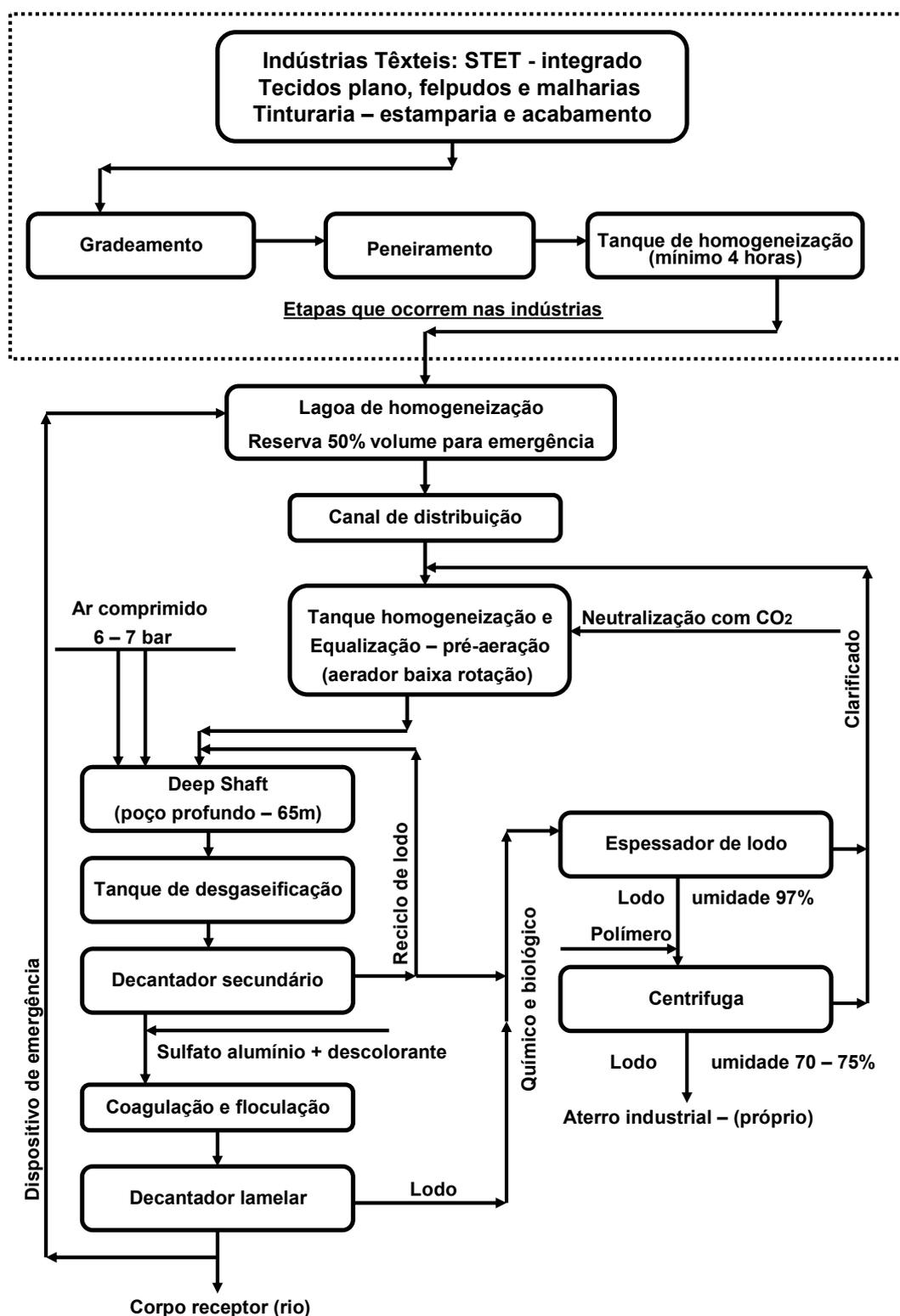


Figura 5.59 – Fluxograma esquemático do STET da IBB-07.
Fonte: Primária.

A figura 5.60 apresenta o corte e o direcionamento do fluxo de efluente e do ar comprimido ao longo do *Deep Shaft*.

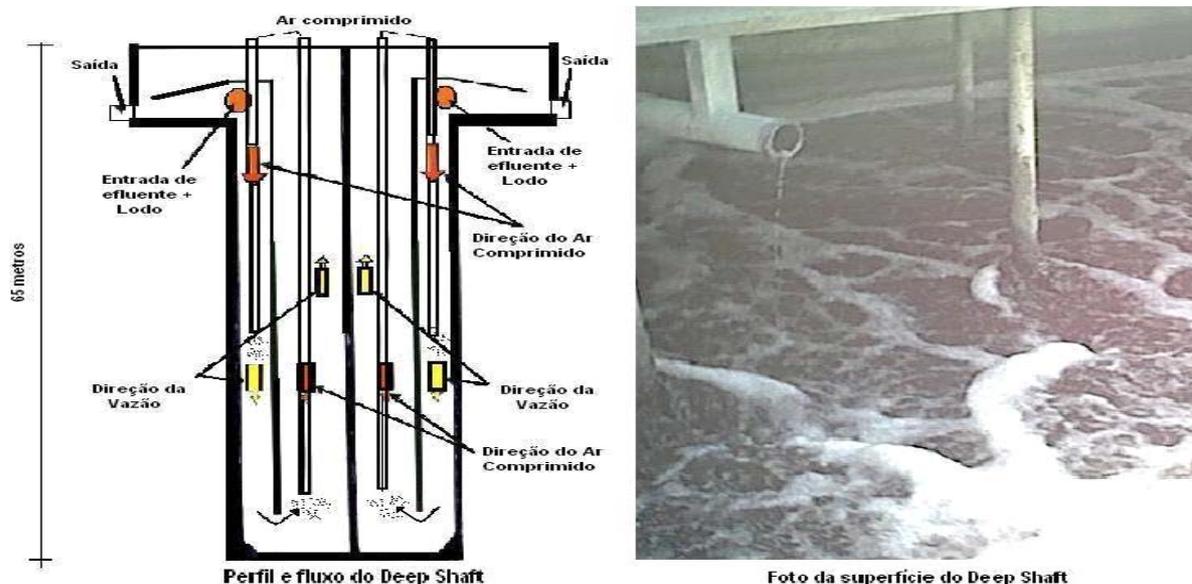


Figura 5.60 – Perfil e fluxo de efluente e ar do efluente no Deep Shaft.
Fonte: Primária.

O *Deep Shaft* é um poço com 65m de profundidade por 6m de diâmetro, com aproximadamente 1.800m^3 , o que permite um tempo de residência de 2 horas. O poço é formado por duas meias-luas independentes com uma separação central, de forma que o efluente entra e sai pela mesma meia-lua, perfazendo um caminho de 120m. Durante o percurso é injetado ar comprimido entre 6 e 7bar em dois pontos distintos: o primeiro na profundidade de 30m (zona de oxidação) e o segundo na profundidade de 50m (zona de saturação). Foi relatado pelo entrevistado que durante a construção do poço surgiram sérios problemas para a impermeabilização do poço, pois foram encontradas várias nascentes de água durante a perfuração. Questionado quanto à instabilidade do *Deep Shaft*, o entrevistado relatou que em 6 anos de operação nunca houve perda da biota e a eficiência biológica sempre se manteve acima dos 93%.

O STET trabalha com eficiência média de 95%, pois a DBO_5 na entrada do sistema oscila entre 600 e 700mg/L e depois de tratado deixa o sistema entre 30 e 40mg/L. A DQO na entrada varia de 1.500 a 2.000mg/L, enquanto na saída fica entre 150 e 250mg/L. A cor bruta é muito variável, dependendo da época do ano, das cores da moda; mas em geral na entrada fica entre 2.000 e 3.000mgCOPt/L, enquanto na saída oscila entre 100 e 200mgCOPt/L.

A remoção da cor é considerada pelo entrevistado como o maior entrave no STET, apesar de não ser uma exigência legal, pois a empresa prima pelo combate a todos os tipos de poluição, inclusive a visual. O entrevistado estima que mais de 30% dos custos operacionais referem-se à remoção de cor (produtos químicos). A figura 5.61 permite um comparação visual dos efluentes bruto e tratado.

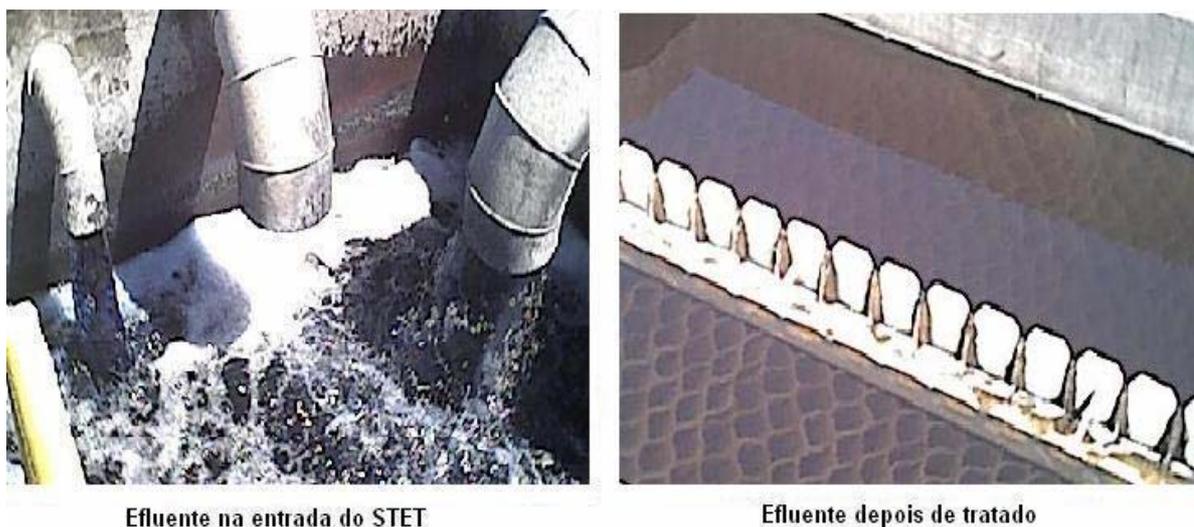


Figura 5.61 – Comparação visual entre efluente bruto e tratado – IBB-07.
Fonte: Primária.

O lodo químico da remoção de cor é agregado ao excesso de lodo biológico para a desidratação conjunta na centrífuga. Diariamente são geradas aproximadamente 30 toneladas de lodo, com umidade entre 70 e 75%, o qual é enviado para um aterro industrial de propriedade da empresa. A figura 5.62 mostra as condições das lagoas de disposição do lodo têxtil no aterro industrial.



Figura 5.62 – Lagoas de disposição de lodo têxtil – aterro industrial – IBB-07
Fonte: Primária.

O aterro industrial é formado por lagoas (células) de disposição, que são impermeabilizadas através de membranas de poliuretano de alta densidade. Está previsto que todas as lagoas serão cobertas de forma a evitar a formação de lixiviado proveniente do acúmulo de água da chuva como a que já ocorreu nas duas primeiras lagoas na parte inferior da figura 5.62. A vida útil do aterro está prevista para 15 anos, mas para atingir este objetivo o STET deve diminuir o volume de lodo gerado diariamente. Este tipo de aterro industrial acaba por gerar um passivo ambiental sem previsão de extinção.

O sistema não possui SGA nem certificação ISO 14.001, principalmente devido aos problemas administrativos por que passou o empreendimento. Não houve estímulo para buscar a excelência através destas ferramentas ambientais, tanto que todas as unidades inglesas são certificadas ambientalmente. O entrevistado informou que já houve cobrança por parte de vários clientes que atuam com o mercado externo a respeito da certificação ISO 14.001, pois os seus clientes no exterior muitas vezes questionam o destino dos efluentes.

Em relação ao comitê de bacia, a empresa está diretamente empenhada na criação do Comitê do Rio Itajaí-Mirim, tanto que antes mesmo de sua constituição definitiva já participa financeiramente junto à câmara técnica para a operacionalização do comitê. O Itajaí-Mirim encontra o Itajaí-açu quase na desembocadura no mar, assim há uma luta jurídica para que o Itajaí-Mirim não fique como uma sub-bacia do Itajaí-açu e que tenha o seu próprio comitê. A empresa se empenha em todas as ações para preservação do rio Itajaí-Mirim, pois somente com a despoluição do rio é que as ações da empresa serão reconhecidas.

A respeito da comunidade, o entrevistado a considera consciente de seus direitos ambientais, tanto que está sempre a reivindicar a despoluição do Itajaí-Mirim. Quanto a isto, a empresa enfrenta alguns problemas, por ser pioneira no tratamento de efluentes na região, pois qualquer problema que surja na região a população credita ao sistema de tratamento integrado. Ou seja, a população é consciente em relação aos seus direitos, mas é leiga em relação ao entendimento dos problemas causados pela poluição, de tal forma que às vezes reclama indevidamente.

Estes mal-entendidos, em parte, são frutos de uma má localização geográfica do sistema, pois está muito próximo da cidade, como pode ser visto na figura 5.63.

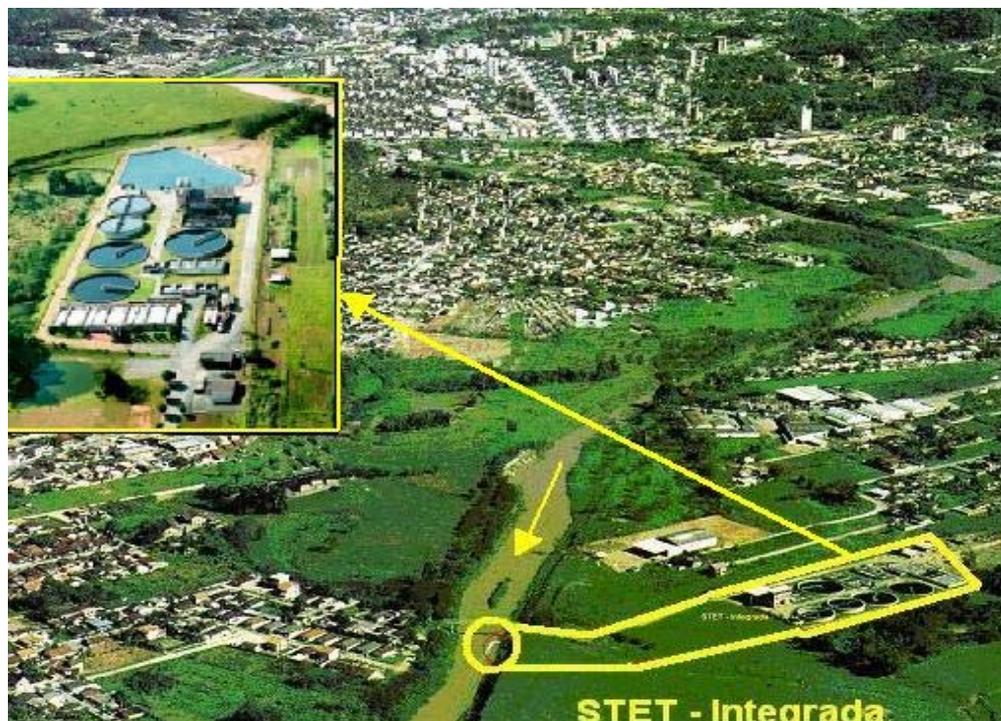


Figura 5.63 – Vista aérea da cidade e o sistema tratamento - IBB-07.
Fonte: Catálogo PMB (2000)

Quanto aos órgãos fiscalizados, o entrevistado criticou apenas a questão de existir mais de um órgão com atribuições fiscalizadoras. As ações deixam de ser coordenadas e às vezes o que é acordado com um deles não é respeitado pelo outro. Para o entrevistado a Fatma sempre esteve sensível aos problemas e disposta a colaborar na solução deles; mas o mesmo ele não pode dizer da Polícia Ambiental, cuja única prática é a multa. Esta opinião se deve ao fato de a Polícia Ambiental ter multado a empresa por excesso de amônia no despejo final, sem buscar qualquer entendimento. Esta é à única multa sofrida pela empresa, e mesmo assim está *sub judice*.

Questionado quanto às metas ambientais para o futuro, o interlocutor informou que a expectativa passa por uma decisão do município em tratar o esgoto sanitário com a empresa. Caso isto venha a ocorrer serão necessárias melhorias no sistema, devido à deterioração dos últimos anos; mas enquanto isto não acontece a empresa continua à disposição dos empresários que queiram tratar os seus efluentes.

5.1.12 IBB-08

É mais uma empresa têxtil centenária (122 anos), fundada no final século XIX como uma camisaria; mas, só foi a partir da década de 1970, com a abertura do capital da empresa a novos investidores, é que ela passou a crescer rapidamente. Com os investimentos a empresa se verticalizou e aumentou a capacidade produtiva até atingir 1.000 toneladas/mês de produtos do lar. A partir daí focou o mercado externo e assim se transformou numa das maiores empresas têxteis do Brasil.

Nas questões ambientais é uma empresa ecologicamente transparente, pois sempre demonstrou preocupação com o ambiente. Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.64.

Descrição	Dados
Atividade	Artigo do lar, Cama, mesa, banho e decorações
Matéria-prima	Fios de algodão
Tipo de corante usado	Reativo (90%) e direto (5%)
Tempo de atividade	122 anos
Produção da empresa	1.200ton/mês (acabamento) – Utilização 85%
Mercado consumidor	Mercado interno e externo
Água industrial e custo	Captação de rio (100%) – ETA – R\$ 0,16 por m ³
Número de colaboradores	2.540 total – Área ambiental 30
SGA e ISO 14001	Sim
Área de tratamento dos efluentes	70.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	Cap. 200m ³ /hora - ≈ 4.800m ³ /dia – Utilização apenas 100%
Consumo específico de água	140L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento, lagoas ativadas e físico-químico (terciário)
Investimento no STET	U\$ 5.000.000 de dólares
Custo operacional do sistema	R\$ 1,20 por m ³ ou R\$ 160.000,00 mensais
Pré-tratamento	Cx. de areia, gradeamento, peneiramento e homogeneização
Neutralização	Ácido sulfúrico no tanque de homogeneização
Tratamento físico-químico/terciário	Dec. lamelar, adensador, desaguadora e secador de lodo
Tratamento biológico–Tipo aeração	Lagoas ativadas – Aerador superficial rápido
Remoção de cor	Biológico, decantação, adensador e prensa desaguadora
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico e químico – aproximadamente 2ton/dia (seco)
Secagem do lodo	Sim – Secador com lenha (umidade 15 a 20%)
Disposição do lodo	Aterro industrial (terceiros) – Estimativa R\$ 150,00 a tonelada
Automação	Apenas medições <i>on line</i> pH e vazão
Laboratório químico	Completo
Combustíveis nas caldeiras	Gás natural e lenha

Figura 5.64 - Síntese de dados da empresa IBB-08

Fonte: Primária

Antes de 1988 as ações tiveram apenas o objetivo de eliminar alguns produtos tóxicos usados no processo industrial, como o removedores e corantes azóicos. Em 1988 a empresa se tornou a primeira indústria têxtil catarinense a instalar um STET baseado exclusivamente na concepção do tratamento biológico. O sistema era constituído de um pré-tratamento (caixa de areia, gradeamento e peneiramento estático), tanque de homogeneização e equalização e tratamento biológico (lagoa aerada com decantador secundário). O lodo biológico era desidratado primeiro em um adensador e na seqüência em leitos de secagem (umidade final 70%). Só então era enviado para o aterro municipal (lixão). A capacidade de tratamento era de 90m³/hora de efluentes e foram investidos 2.500.000 de dólares.

A partir de 1990 houve um aumento do volume de efluente a ser tratado de 90 para 150m³/hora; então, por problemas operacionais, os leitos de secagem foram substituídos por uma prensa desaguadora. Na seqüência, em 1993, buscando a melhoria contínua e a eliminação da poluição visual, que de certa forma incomodava a comunidade ribeirinha ao corpo receptor, a empresa optou pela implantação do tratamento terciário (físico-químico) após o tratamento biológico para a remoção de cor do efluente. Foi uma das primeiras indústrias têxteis catarinenses a adotar um tratamento de remoção da cor (físico-químico com decantador lamelar) após o tratamento biológico. Com esta alteração a eficiência de remoção de cor passou a se situar na faixa 96%. Neste último *upgrade* também se aumentou a capacidade de tratamento do sistema, e assim ela passou a tratar 210m³/hora de efluente.

Houve também em 1996 uma alteração do processo de neutralização, que desde 1988 era por de CO₂ puro e naquele ano passou a ser por meio de ácido sulfúrico (H₂SO₄) e com controle manual. O foco da alteração foi a redução de custo, estimada naquela época entre 40 e 50%. Na opinião do entrevistado, os dois processos atendem plenamente à redução do pH, além de que em mais 7 anos de operação com ácido não ocorreu nenhum incidente; mas quando da pesquisa o SGA estudava a possibilidade de usar novamente o CO₂, mesmo com um custo 30% superior, simplesmente por se tratar de uma tecnologia ecologicamente correta. O pH nunca foi um problema para esta indústria, pois a mercerização é terceirizada e assim o pH do efluente bruto está entre 9 e 11, enquanto a saída, em 7,5 a 8,5.

O STET implantado em 1993 apresentava uma boa remoção de cor, mas a geração de lodo era excessiva. Eram 360 toneladas/mês de lodo biológico e químico, cuja umidade oscilava entre 75 e 85%. Entre 1993 e 1998 era possível depositar o lodo no aterro (lixão) municipal; após este período o aterro municipal teve sua capacidade esgotada e assim as indústrias foram obrigadas a depositar o lodo em um aterro industrial construído principalmente para receber o lodo têxtil. O custo para disposição do lodo passou a ser de R\$ 160,00 a 190,00 reais por tonelada. Para a empresa isto representava entre R\$ 60.000 e 70.000 de reais por mês. Em função destes custos a empresa passou a buscar na secagem do lodo uma alternativa para a redução do volume e conseqüentemente, dos custos.

Assim, em 1998, a partir da sugestão de um colaborador, a empresa comprou um secador de fécula de mandioca e iniciou um processo de adaptação do equipamento para a secagem do lodo têxtil. Foram aproximadamente 8 meses de pesquisa e testes até se conseguir secar o lodo com boa qualidade, ou seja, uniformidade e umidade entre 10 e 15%, além de uma forma granular. A figura 5.65 mostra a prensa desaguadora com lodo prensado e o secador que foi desenvolvido na própria empresa.



Lodo na prensa desaguadora



Secador de lodo - adaptado de secador de fécula

Figura 5.65 – Prensa desaguadora e secador de lodo – IBB-08.

Fonte: Primária

A secagem do lodo representou uma economia de cerca de 70% no custo de disposição, tornando a adaptação do secador de fécula um excelente investimento, tanto que o *pay-back* foi inferior a 2 meses.

A figura 5.66 mostra o fluxograma esquemático do STET em operação desde 1998.

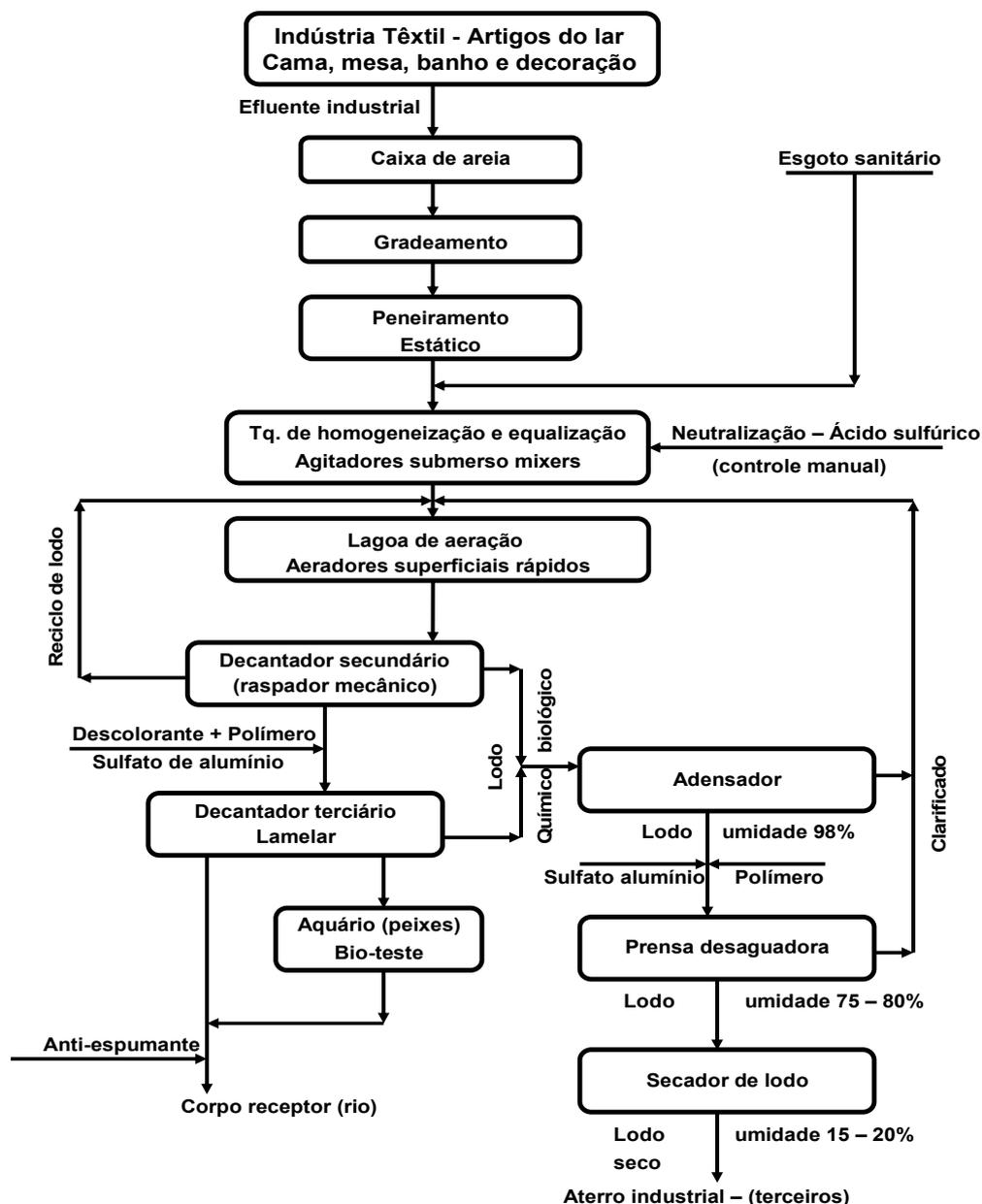


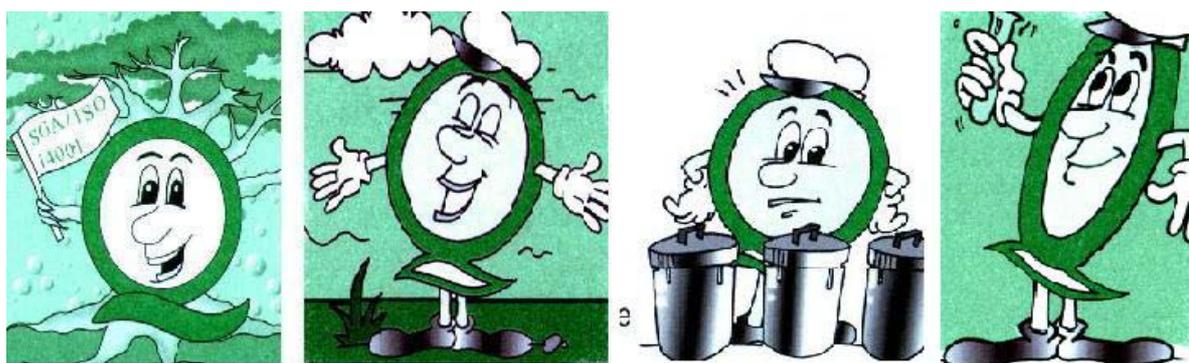
Figura 5.66 – Fluxograma esquemático do STET IBB-08.

Fonte: Primária

Questionado sobre a estabilidade biológica do STET, o entrevistado mencionou que alterações no processo industrial (produtos químicos) podem gerar variações na biota do sistema. Cita um problema, recente, ocorrido quando uma mudança no processo industrial causou uma infestação de espirilos flagelados no tratamento biológico, o que dificultou a floculação do lodo e aumentou a demanda por oxigênio dissolvido, provocando zonas de anaerobiose nas lagoas aeradas com fortes odores no sistema. A empresa contratou assessoria externa para resolver o problema.

Com exceção da situação anterior, ao longo de quase 15 anos de operação do STET o processo biológico sempre apresentou um comportamento estável; tanto que a eficiência global em geral é superior a 95%, pois a DBO₅ bruta oscila entre 500 e 600mg/L, enquanto a tratada fica entre 10 e 15mg/L, muito abaixo dos limites estabelecidos pela legislação, que é 100mg/L para atender a 80% de eficiência do sistema ou ainda o limite de 60mg/L. Em termos de DQO bruta os valores oscilam entre 1.200 e 1.400mg/L, enquanto a tratada fica em torno de 150 e 200mg/L. Também a cor é removida com elevada eficiência, pois a cor no efluente bruto é acima de 2.000mg/L e depois do efluente tratado fica abaixo dos 80mgCOPt/L.

Em paralelo a todo o histórico de construção e montagem do STET se têm também a implantação do SGA (1998 – 1999) e as certificações ambientais Öko-tex-100 (1995) e ISO 14.001 (2000). O SGA surgiu como um pré-requisito para a ISO 14.001, mas também trouxe outros elementos essenciais à preservação do ambiente, como, por exemplo, a importância da educação ambiental. Ações educativas são transmitidas tanto dentro da fábrica quanto fora, como nas escolas, através de campanhas de conscientização ecológica. Para isto em muitos programas foi usado o “Qualito”, um personagem animado que é um defensor da qualidade dos produtos e do ambiente. A figura 5.67 mostra o “Qualito” em ação.



O Qualito festejando a SGA/ISO 14.001 - Ar limpo, lixo reciclado e água despoluída

Figura 5.67 – “Qualito” - defensor da qualidade dos produtos e do ambiente.

O entrevistado relatou que os colaboradores mostraram boa receptividade, tanto em relação ao SGA quanto à ISO 14.001; mas a conscientização ambiental foi uma tarefa mais árdua, que precisou de muitas horas de treinamento e exemplo da direção da empresa na prática de preservação.

No âmbito do SGA, em 1998, com uma capacidade de geração de 25.000 toneladas de vapor por hora, a empresa optou pelo uso do gás liquefeito, além de também ficar apta à queima do gás natural, que ocorreu somente em 2000. Através do uso do gás foi possível minimizar a carga poluente de gases na atmosfera da fábrica. Na época os custos com gás eram muito parecidos com os do óleo combustível, mas na seqüência dos anos o custo do gás se alterou substancialmente, de forma que em 2002 a empresa instalou um segundo sistema com a mesma capacidade de geração de vapor, mas tendo como combustível a lenha. Ainda se queima gás natural, mas em volume bem menor (redução 50 - 60%); a maior parcela de vapor é obtida com a queima de lenha, que é produzida pela própria empresa através de áreas de reflorestamento. Nesta decisão o foco predominante foi o custo.

Nos últimos 10 anos, a empresa sempre esteve envolvida em parcerias de pesquisa que visassem à eliminação do desperdício e à redução dos impactos ambientais. O primeiro projeto com este perfil foi o “Ecogomam”, desenvolvido entre 1995 e 1997 que buscava a recuperação da goma e o tratamento dos efluentes coloridos. Na seqüência foram testados processos com ozônio e ultravioleta, também para eliminação de cor. Todos os projetos apresentaram bons resultados em termos ambientais, mas economicamente não se mostravam competitivos em relação a outros processos com a mesma função. Quando da pesquisa, a empresa estava voltada a estudar alguns destes processos citados, principalmente a recuperação de goma. A empresa tem projetos de ampliar a produção e assim um processo de reciclagem que minimize a carga orgânica poderia resultar em uma adequação do STET sem grandes alterações em termos de obras civis.

A respeito do relacionamento com a comunidade, deve-se ressaltar que a empresa está relativamente afastada de qualquer centro urbano. A comunidade vizinha à fábrica é constituída em geral pelos seus próprios colaboradores. Esse fato que em nada inibe a relação comunidade *versus* empresa, pois já houve reclamações ambientais, principalmente em relação ao odor do STET, conforme já mencionado. Neste episódio os auditores visitaram todos os vizinhos e apresentaram um relatório sobre os problemas e quais seriam as ações que estavam sendo tomadas, além da comunicação prévia aos órgãos ambientais.



Figura 5.68 – Vista aérea da fábrica e do STET – IBB-08.

Em relação aos órgãos ambientais, na opinião do interlocutor eles são rigorosos, mas agem estritamente no âmbito das leis ambientais e de forma igualitária com todas as indústrias, independentemente do seu porte e atividade. Mencionou que os fiscais agem de forma educativa e buscam as soluções dos problemas.

Outro fato interessante de se ressaltar é a preocupação da empresa com a questão da toxicidade dos efluentes tratados. Os efluentes são monitorados trimestralmente através de análises de metais pesados e toxicidade, pois a empresa considera que o fato de remover totalmente a cor do efluente pode provocar um excesso de produtos químicos no efluente tratado, tanto que mantém um sistema de bioteste com peixes na saída do STET. A figura 5.69 mostra um aquário com peixes que recebe efluente tratado na mesma proporção que o corpo receptor.



Figura 5.69 – Monitoramento através de bioteste com peixes – IBB-08.
Fonte: Primária

É detalhe como o mostrado na figura 5.69 que evidencia a política ambiental da empresa, que é centrada na melhoria contínua do STET. Assim, a meta para os próximos anos é a recuperação de efluentes e goma para reuso no processo industrial, para desta forma minimizar a carga poluente ainda existente.

5.1.13 IBB-09

É uma indústria de camisaria, fundada em meados da década de 1920, que a partir de 1933 passou a produzir artigos do lar. Considerando-se a produção de todas as suas unidades, são produzidas 2.500 toneladas/mês de artigos do lar. Neste segmento têxtil é a maior empresa da América Latina. Suas atividades são vertikalizadas desde a fiação até a confecção. A unidade pesquisada produz cerca de 810 toneladas/mês e atende aos mercados brasileiro e parte do europeu.

Ambientalmente tem o compromisso de manutenção do equilíbrio ecológico, o que faz desde 1978, quando passou a investir em soluções para minimizar sua carga poluente. Os dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.70.

Descrição	Dados
Atividade	Artigo do lar: cama, mesa, banho e decorações
Matéria-prima	Fios de algodão
Tipo de corante usado	Reativos (80%) e outros (20%)
Tempo de atividade	78 anos
Produção da empresa	800ton/mês (unidade) – 2.500ton/mês (grupo)
Mercado consumidor	Mercado interno (50%) e externo (50%)
Água industrial e custo	Captação de rio (100%) – ETA – R\$ 0,15 por m ³
Número de colaboradores	6.120 (grupo), 2.350 (unidade) – Área ambiental 08
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	500m ²
Vazão de tratamento da ETE	Cap. 280m ³ /hora - ≈ 6.720m ³ /dia – Utilização 80%
Consumo específico de água	160L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento e lodos ativados
Investimento no STET	U\$ 6.000.000 de dólares
Custo operacional do sistema	R\$ 1,20 por m ³ ou R\$ 210.000 mensais
Pré-tratamento	Gradeamento, peneiramento e homogeneização
Neutralização	Não tem
Tratamento físico-químico/terciário	Filtro à vácuo e prensa desaguadora
Tratamento biológico–Tipo aeração	Lodos ativados – Convencional – O ₂ líquido – puro
Remoção de cor	Biológico, decantação, filtro a vácuo e prensa desaguadora
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico e químico – aproximadamente 10ton/dia
Secagem do lodo	Não – estuda a possibilidade de uso
Disposição do lodo	aterro industrial (terceiros) – Estimativa R\$ 150,00 a tonelada
Automação	Apenas medições <i>on line</i> pH e O ₂ dissolvido
Laboratório químico	Completo
Combustíveis nas caldeiras	Óleo combustível

Figura 5.70 - Síntese de dados da empresa IBB-09

Fonte: Primária

As ações de minimização dos impactos ambientais se iniciaram em 1987, com a instalação de um tratamento primário composto de gradeamento, peneiramento, homogeneização, neutralização por ácido sulfúrico, remoção de cor por flotação e desidratação por filtro a vácuo. Este sistema operou por 6 anos, mas apresentou vários problemas, entre eles o excesso de lodo e a baixa remoção de carga orgânica. Em alguns momentos não era possível atender ao limite de carga orgânica estabelecido pela legislação ambiental municipal.

O estranho neste primeiro tratamento era a desidratação do lodo por meio de um filtro a vácuo. Este tipo de equipamento é muito pouco usado em STETs, pois naquela época existiam outras formas para desidratação do lodo têxtil, como, por exemplo, adensadores, espessadores e filtros-prensas, em que os investimentos são várias vezes inferiores ao filtro a vácuo, sem considerar os custos operacionais.

A partir de 1990 tiveram início os estudos para implantação do tratamento biológico com o objetivo de remover a carga orgânica que não era eliminada até àquela época. Foi construída uma unidade piloto de tratamento biológico (lodos ativados convencional e O₂ líquido) e operada durante 6 meses. Os resultados obtidos foram muito bons e garantiam que o processo atendia à necessária redução de DBO₅.

O problema que se tinha era a falta de espaço disponível para a implantação do tratamento biológico, pois havia apenas 2.000m² de área, na qual já se encontrava instalado o tratamento primário. Consultadas três empresas de renome na área de projetos para STETs, todas elas foram unânimes em afirmar que não seria possível projetar um sistema que tratasse 250 – 300m³/hora de efluente no espaço disponível. A empresa não aceitou a tese dos projetistas e montou um grupo de trabalho para projetar o STET. O grupo formado era composto por engenheiros de empresas parceiras (uma metalúrgica e outra de projetos biológicos) e da própria empresa. Para adequar o STET ao espaço disponível, a solução foi projetar uma estação vertical toda em aço carbono. Para atender às especificações do projeto foi preciso tanques com a até 11m de altura e 600 toneladas. É evidente que tais condições de construção aumentaram o custo de investimento, tanto que exigiram 6.000.000 de dólares, ou seja, aproximadamente 900 dólares por m³/dia instalado.



Decantador secundário

Tanques de homogeneização e biológico

Figura 5.71 – STET construído em aço carbono – IBB-09.

Fonte: Primária

O STET começou a operar em 1992, com capacidade para tratar $6.720\text{m}^3/\text{dia}$ ($280\text{m}^3/\text{hora}$) e 1.980m^2 de área ocupada. A relação volume diário por área ocupada é $3,40\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$, sendo assim o mais compacto entre todos os STETs pesquisados neste trabalho.

Em 1995 foi desativado o tratamento físico-químico (flotadores) que operava antes do tratamento biológico. Os flotadores tinham problemas para serem operados, pois além de produzir lodo em excesso, também provocavam incrustações nos trocadores de placas (resfriamento), em função da presença de resíduo de sulfato de alumínio no clarificado. Sem os flotadores o sistema passou a remover os lodos químicos e biológicos conjuntamente no decantador secundário. Para melhorar a desidratação do lodo foi instalada uma prensa desaguadora após o filtro a vácuo.

Outro fato interessante, que o entrevistado atribuiu em parte ao uso de O_2 líquido, é a ausência de neutralização antes do tratamento biológico. Mesmo não tendo mercerização, no processo produtivo, o pH do efluente homogeneizado se situa entre 9 e 10, enquanto depois de tratado se encontra entre 8,0 e 8,5, isto graças às reações metabólicas (formadoras de moléculas de CO_2) e também à presença de sulfato de alumínio, que é usado antes do decantador secundário e em grande parte retorna ao tanque biológico através do reciclo do lodo. A figura 5.72 apresenta o fluxograma esquemático do STET que opera desde 2003.

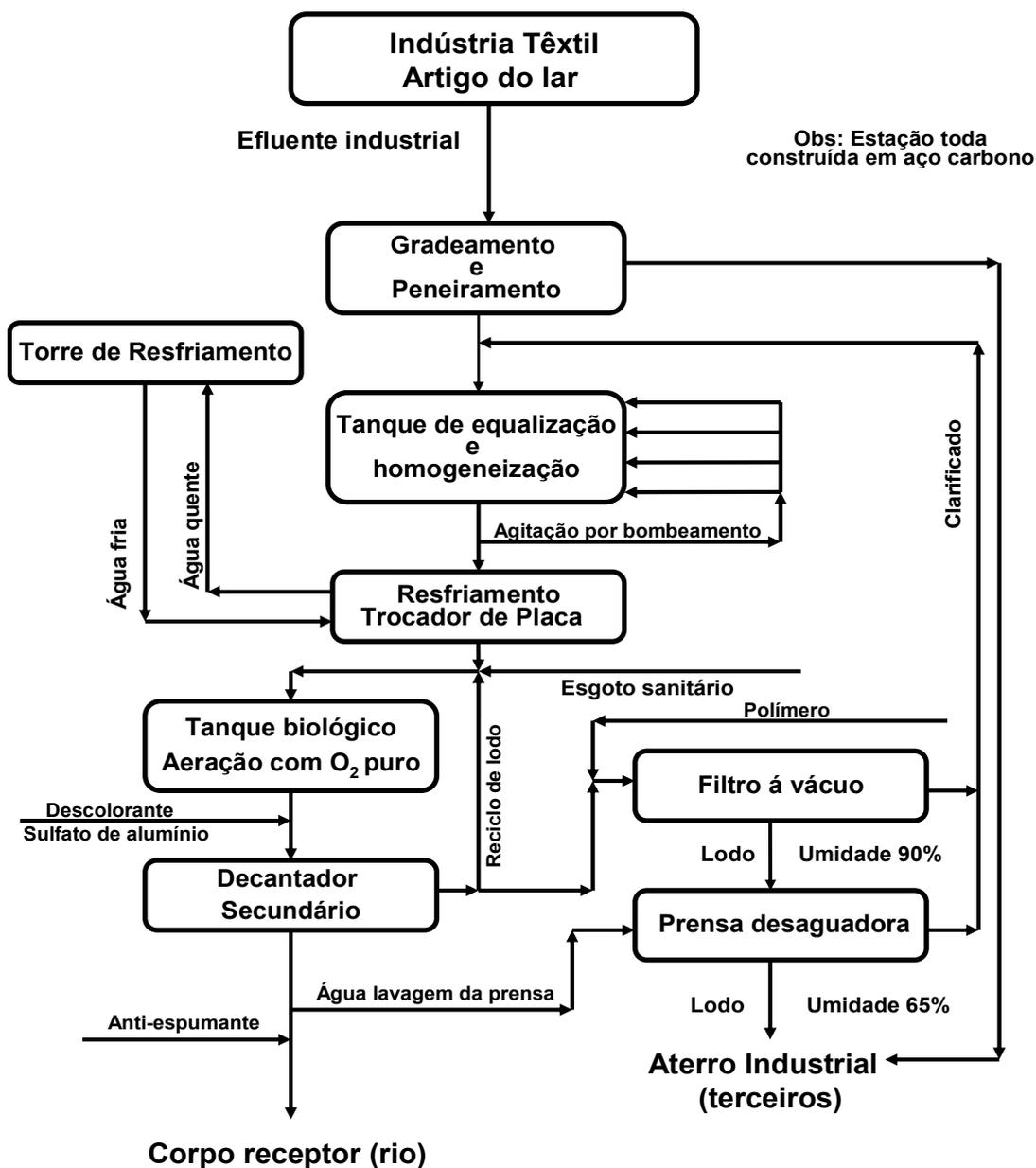


Figura 5.72 – Fluxograma esquemático do STET – IBB-09
 Fonte: Primária

O STET em operação, apesar do baixo tempo de residência (cerca de 8 horas), atinge com eficiência todos os parâmetros de lançamento estabelecidos pelo órgão ambiental municipal. Por exemplo: para a DBO_5 bruta entre 400 e 500mg/L se tem, depois de tratada, o valor de 10 a 15mg/L (eficiência de 98%). Questionado sobre a eficiência do sistema na remoção de DBO_5 , considerando-se que a aeração é de apenas de 8 horas, o entrevistado atribuiu a *performance* ao uso de O_2 líquido na aeração. A DQO oscila entre 900 e 1000mg/L para o efluente bruto, enquanto para o efluente tratado está em 90 a 110mg/L (eficiência de 91%).

Em termos de estabilidade biológica, o entrevistado lembrou a alta *performance* do sistema, mas mencionou que o processo é sensível a variações do processo industrial, muito provavelmente porque o tempo de homogeneização seja pequeno. Em função desta sensibilidade, qualquer novo produto químico a ser incorporado no processo industrial precisa de aprovação prévia do analista ambiental.

Em relação à remoção de cor do efluente, o ponto central desta ação está no decantador secundário, pois o sistema em operação não tem tratamento terciário independente para a remoção. Em geral são usados sulfato de alumínio, descolorante e polímero como agentes coagulantes e floculantes antes do decantador secundário. Através da figura 5.73 é possível uma comparação visual de cor entre o efluente bruto e o enviado para o corpo receptor.



Figura 5.73 – Comparação visual de coloração entre efluente bruto e o tratado.
Fonte: Primária

Percebe-se através da figura 5.73 que o efluente destinado ao corpo receptor ainda apresenta certa coloração. Em geral é um tom amarelado, que se situa na faixa entre 100 a 120mgCOPt/L, valores que satisfazem às exigências ambientais municipais em termos de limite de cor para o despejo final. Está situação ocorre porque não é possível a remoção total dos corantes por meio do decantador secundário, o que não significa que a remoção não seja boa, pois o índice de cor do efluente bruto, em geral, é superior a 2.000mgCOPt/L, logo a eficiência é superior a 95%. Para esta situação, o entrevistado se manifestou favorável a uma pequena coloração em contrapartida a uma possível menor toxicidade do efluente final.

O mercado externo é foco comercial da empresa, tanto que metade da produção é destinada a este mercado. Os países da CE são os seus principais clientes, e, dada a política ambiental desenvolvida neste bloco comercial, esses países exigem de seus fornecedores responsabilidade ambiental. O credenciamento para venda neste mercado passa pela certificação Öko-tex-100, que é um selo de qualidade ambiental para os produtos fabricados. Assim a empresa certificou os produtos direcionados para o mercado europeu, que é o mais exigente. O fato de destaque nesta situação é que, mesmo sendo uma empresa ambientalmente responsável, não possui SGA nem ISO 14.001, o que não a impede de atuar nos mercados mais exigentes em termos de respeito ao ambiente. Não obstante, o entrevistado mencionou que, em função da ausência destas ferramentas, a indústria recebe muitas visitas de inspeção ambiental por parte dos clientes internacionais.

A indústria despeja seus efluentes tratados no rio que corta a cidade, o que faz com que a comunidade, principalmente a vizinhança, esteja sempre atenta ao comportamento ambiental da indústria. É uma comunidade extremamente consciente de seus direitos ambientais e se necessário não hesita em denunciar a indústria aos órgãos ambientais diante de qualquer irregularidade visível. A única multa sofrida pela empresa se deu em 1996, por um acidente (ruptura de tubulação), que ocasionou o despejo de efluente colorido no corpo receptor. Quanto ao rigor dos órgãos ambientais, o entrevistado considera que todos são exigentes, mas o que mais visita a empresa é o órgão municipal. Ele também é da opinião de que estes órgãos não atuam com o mesmo rigor com todas as indústrias, ou seja, é feita “vista grossa” em relação ao comportamento das pequenas indústrias. Quanto aos fiscais, considera que agem com muito rigor.

O entrevistado mencionou algumas parcerias com universidades para pesquisa de remoção de cor, mas concluiu que os resultados não atingiram os objetivos esperados. Quanto às metas, a empresa estuda a implantação de um secador de lodo e a recuperação de 20% do efluente tratado, como forma de minimizar os custos operacionais. São propostas que minimizam os impactos ambientais e ainda reduzem custos, o que reforça o compromisso ambiental da empresa para com a sociedade, que é lutar por um ambiente ecologicamente sustentável.

5.1.14 IBB-10

A unidade que é descrita neste item não é uma indústria têxtil, mas sim, um aterro industrial destinado a atender principalmente às necessidades de disposição do lodo têxtil (resíduos de classe 2) da região de Blumenau. A criação do aterro industrial foi uma necessidade gerada, em primeiro lugar, pelas condições inadequadas em que o lodo têxtil era depositado no lixão; e em segundo, pelo excesso de lodo têxtil, cerca de 2.000 toneladas/mês, o qual produziu um rápido esgotamento do lixão.

Em função dos problemas existentes no lixão, a Associação Comercial e Industrial de Blumenau – Aciab - promoveu diversos fóruns de discussão sobre o destino final dos lodos têxteis. Nesse período a Cia. Hering buscava a certificação ISO 14.001, e a destinação final do lodo era decisiva para tal objetivo. Em consequência de toda esta discussão, a empresa que, entre 1992 e 1998, gerenciou e recuperou o lixão, foi que se interessou pelo empreendimento (aterro industrial classe 2). O processo para implantação do aterro se iniciou em 1996, com o contrato de demanda de lodo entre a empresa construtora e os clientes (geradores de lodo têxtil), denominados de clientes pioneiros. Na seqüência do empreendimento houve a escolha do local para aterro, a elaboração e aprovação do EIA-Rima, financiamento e implantação do projeto. Para a realização de todas as etapas mencionadas foram necessários aproximadamente 3 anos, assim o aterro entrou em operação somente em 1999.

Em 1996, depois de fechado o acordo entre a empresa construtora e gestora do aterro e os clientes pioneiros (geradores de lodo têxtil), veio a etapa mais importante do empreendimento, que foi a definição do local para o aterro. É importante ressaltar que perante a lei os geradores de resíduos permanecem responsáveis pelos seus resíduos, independentemente da disposição sob a responsabilidade de terceiros. Inicialmente foram selecionados 18 terrenos com potenciais para receber o aterro. Por meio de um pré-estudo foram descartados 10 terrenos. Para os demais terrenos o estudo envolveu análise do solo, das águas e do meio antrópico, e assim as possibilidades se reduziram a apenas 3 locais. Juntamente com um anteprojeto do aterro, os locais pré-escolhidos foram apresentados ao órgão ambiental estadual (licenciador) para a sua apreciação e escolha do melhor local para o aterro.

O órgão licenciador, baseado na urgência da implantação do aterro - haja vista o esgotamento do lixão de Blumenau -, no anteprojeto do aterro e no poder de escolha entre os três melhores locais pré-selecionados, dispensou a elaboração do EIA-RIMA para o empreendimento.

O local escolhido, primeiramente, atendeu aos requisitos da legislação ambiental do Estado de Santa Catarina. Além disso, já existia no local escolhido um impacto em termos de vegetação (desmatamento). Outro fator preponderante foi que o terreno escolhido é um divisor de bacias, ou seja, as águas nele contidas são apenas de sua própria área, o que minimiza a geração de percolado (lixiviado) a ser tratado.

Os principais dados do aterro industrial em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.74.

Descrição	Dados
Atividade	Tratar resíduos industriais de classes 1 e 2
Matéria-prima	Resíduos industriais – principalmente lodos têxteis
EIA-Rima	Sim
Tempo de atividade	4 anos
Capacidade total	2.500.000m ³ ou 2.500.000toneladas
Vida útil	15 anos
Tratamento mensal	2.200 toneladas
Número de colaboradores	20 permanentes e 10 temporários
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	180.000m ² licenciadas de um total 310.000m ²
Concepção do tratamento	Solidificação e encapsulamento dos resíduos sólidos
Investimento no STET	U\$ 4.000.000 de dólares
Preço cobrado	R\$ 160,00ton. (pioneiras) e R\$ 210,00ton. (demais)
Tratamento do lixiviado	Sim – lodos ativados
Disposição do lodo	Aterro industrial (próprio) – Estimativa R\$ 160,00 a tonelada
Automação	Em fase de implantação
Laboratório químico	Completo
Auto-monitoramento	Sim – Alguns parâmetros mensais e outros trimestrais

Figura 5.74: Síntese de dados da empresa IBB-10

Fonte: Primária

Inicialmente, foram licenciados para o aterro 180.000m² de área. A empresa, prevendo a continuidade da atividade, já tem mais 130.000m² de área com viabilidade para ser incorporada ao aterro. Esta ação prolongaria a vida útil do aterro de 15 para 30 anos.

Durante as obras de implantação do aterro a comunidade vizinha se manifestou, por diversas vezes, por ser contrária a sua instalação na região. A principal alegação era a falta do EIA-Rima para o empreendimento, mas o entrevistado lembra que era um ano eleitoral e o empreendimento se tornou mais um elemento nesta disputa, pois pessoas sem nenhum envolvimento com as causas ambientais passaram a defensoras intransigentes do ambiente.

Não obstante, depois de muita discussão, foi celebrado entre a empresa e os órgãos ambientais municipal, estadual e federal, além do Ministério Público, um termo de ajustamento de conduta, em que a empresa propôs medidas compensatórias para o empreendimento e ainda se comprometeu a elaborar o EIA-Rima. Como medida compensatória foi adquirido pela empresa em Vila Itoupava um prédio histórico e restaurado para se tornar um centro cultural (investimento de R\$ 150.000). Também foi constituído um fundo financeiro de 0,5% da receita bruta do aterro para a manutenção desse centro cultural.

Quanto ao EIA-Rima, a própria empresa montou uma equipe de conhecimentos multidisciplinares para a sua elaboração. O entrevistado mencionou que estes entraves ao empreendimento provocaram um atraso de 2 anos na instalação do aterro. Durante esse período o lodo têxtil continuou sendo depositado de forma inadequada no lixão de Blumenau. Também criticou a legislação ambiental brasileira, principalmente o Conama 20, de 1986, que carece de atualização, pois não prevê as novas tecnologias ambientais que surgiram após a sua promulgação, as quais permitiriam resolver muitas situações não previstas na lei. Outra dificuldade mencionada foi a questão do financiamento, pois os bancos de fomento consideraram o empreendimento uma atividade como qualquer outra, não havendo qualquer concessão por se tratar de uma obra de alcance ambiental; tanto que o percentual de financiamento é baixo (50%), e as garantias tiveram que ser muito superiores ao valor financiado, além dos investimentos (terreno e obras civis) não poderem ser usados como lastro do financiamento.

Na seqüência a figura 5.75 mostra as diversas etapas seguidas para a implantação do aterro.

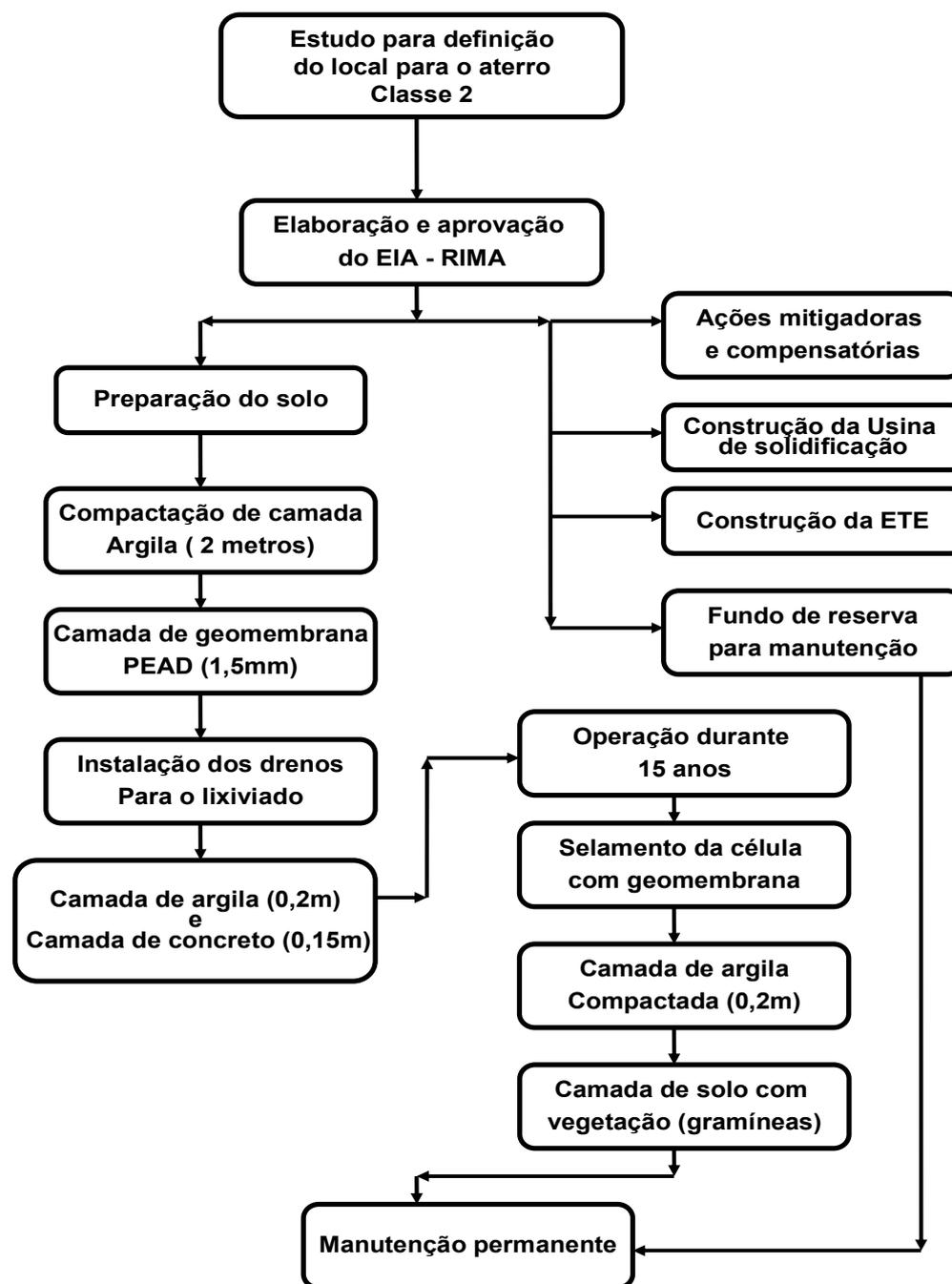


Figura 5.75 – Fluxo esquemático de implantação do aterro industrial - classe 2.
Fonte: Primária

A descrição das etapas apresentadas no fluxo da figura 5.75 se segue: primeiro foi removido todo o solo inservível, na seqüência se constituiu uma camada de argila de 2m de espessura, compactada de 20 em 20cm. A camada de argila recebeu uma geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) com 1,5mm de espessura e 45.000m² de área.

Para proteção da geomembrana instalaram-se mais duas camadas, a primeira de argila (20cm) e a segunda de concreto (15cm), conjuntamente com os drenos horizontais e verticais, que têm, respectivamente, as funções de drenar o lixiviado e eliminar eventuais gases do interior da célula. Depois do esgotamento volumétrico da célula, que é estimado em 15 anos, a mesma célula será selada com a geomembrana de PEAD. Na seqüência o PEAD recebe uma camada de argila e depois de solo vegetal (gramíneas). A partir desta situação final o aterro entra em processo de manutenção permanente.



Em 1999, no início das operações



Em 2003, continua a preparação da célula

Figura 5.76 – Preparação da célula de resíduo de classe 2

Fonte: Primária

Conjuntamente com a célula de depósito, também foi montado o sistema de tratamento de efluentes (lixiviado) e a usina de solidificação, conforme mostra a figura 5.77.



Usina de solidificação de lodo têxtil



Tanque de tratamento biológico

Figura 5.77 – Sistemas auxiliares usados no aterro industrial – IBB-10.

Fonte: Primária

Este aterro foi o primeiro do Brasil a solidificar os resíduos de classe 2, tanto que inicialmente se teve grande dificuldade em encontrar a composição ideal para a mistura. O processo de cura do resíduo (lodo têxtil) em geral se faz em 24 horas, mas a tendência é que a dureza do resíduo aumente com o tempo. A empresa patenteou o processo de mistura, que é composto de lodo têxtil, argila, cal e cimento.

A solidificação é uma das principais ações de remediação, e é implementada no aterro ainda na fase de acondicionamento dos resíduos, pois com a “pseudo-inertização” a maioria das reações deixam de existir, assim como a formação de lixiviado, além de aumentar significativamente a estrutura, ou seja, a estabilidade da célula, permitindo que se possa atingir uma cota superior a 50 metros de altura. O aterro tem toda uma dinâmica de operação, a qual está esquematizada na figura 5.78:

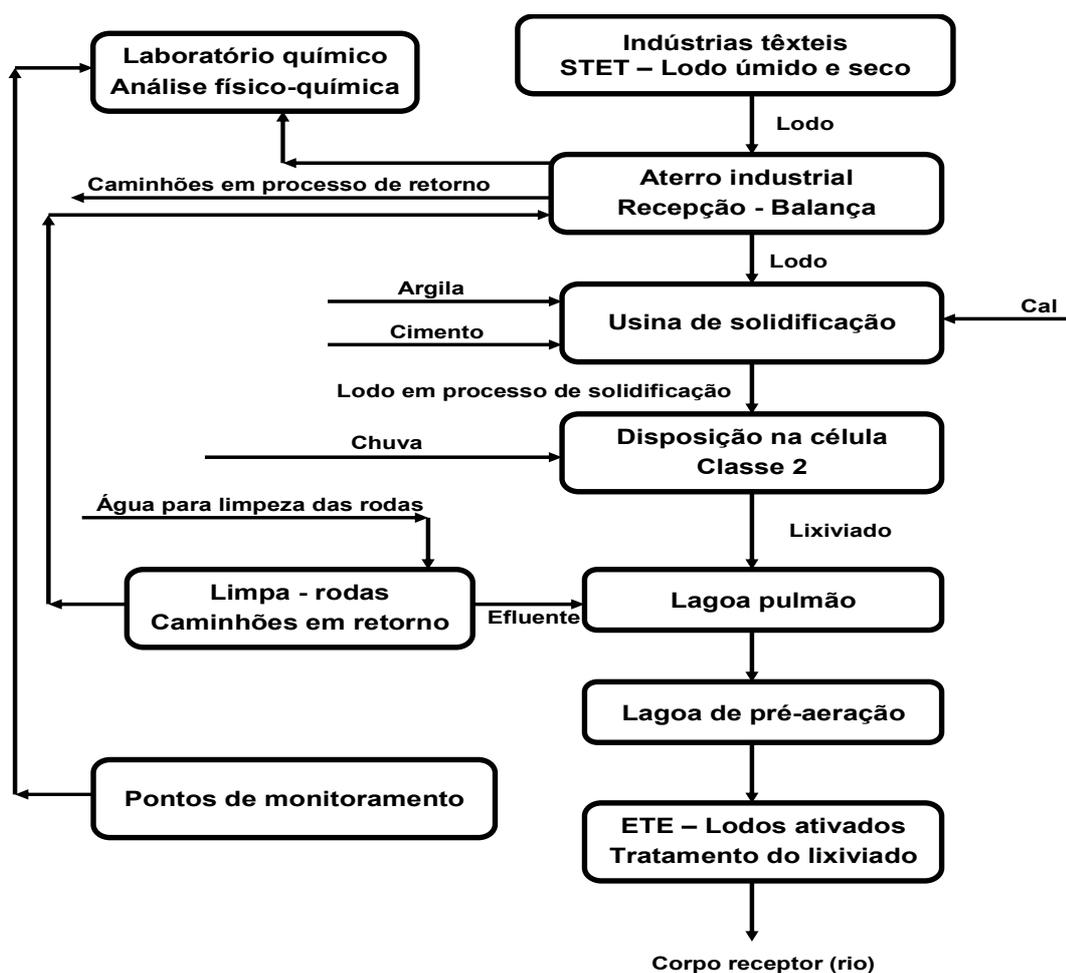


Figura 5.78 – Fluxograma de operação do aterro.
Fonte: Primária

O objetivo principal do aterro é isolar todos os elementos impactantes do restante do ambiente, mas quando em fase de operação isto não é possível totalmente, pois o lixiviado proveniente das precipitações pluviométricas está presente no processo e precisa ser eliminado. O lixiviado é encaminhado para o STE que opera em processo de lodos ativados, com carga de DBO_5 bruta entre 1.200 e 1.400mg/L. Sua eficiência é estimada acima de 96%, somente deixando a desejar em termos de remoção de cor, pois apresenta uma leve coloração amarelada, como pode ser constatado na figura 5.79.

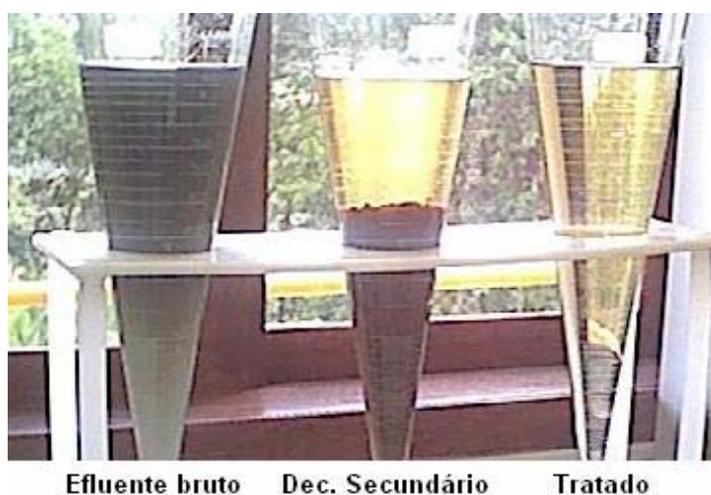


Figura 5.79 – Comparação visual entre o efluente bruto (lixiviado) e o tratado.
Fonte: Primária

Em 2000 foi implantada uma célula para receber resíduos de classe 1. Esta célula pode receber resíduos de atividades perigosas (produtos químicos, óleos, metais pesados e etc.). Esta unidade não será detalhada, por não fazer parte do escopo deste trabalho.

Outro ponto de destaque é o sistema de monitoramento do perímetro da área do aterro, o qual é composto de 11 pontos (poços piezométricos), no quais foram feitas análises físico-químicas e bacteriológicas antes de qualquer ação da empresa no terreno. Os resultados das análises foram registrados em cartório de títulos e documentos como uma prova das condições ambientais iniciais do local do aterro. O automonitoramento é realizado mensalmente, sendo que as análises são realizadas por laboratórios credenciados pelo órgão fiscalizador.

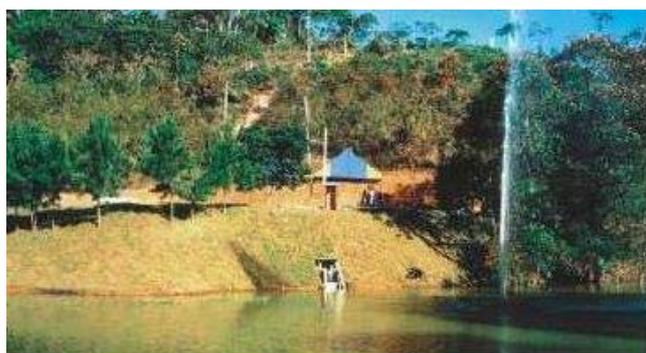
A figura 5.80 mostra uma vista aérea do aterro com as indicações de cada estrutura.



Figura 5.80 – Vista aérea do aterro industrial – IBB-10

Fonte: Primária

Como pode ser visto através da figura 5.80, existe no canto esquerdo inferior um lago, que se formou pelo represamento de duas pequenas nascentes, e assim se tornou um ponto de monitoramento por bioteste, pois no lago são mantidos diversos tipos de peixe. Qualquer problema na proteção do aterro será imediatamente detectado por meio de alterações na qualidade da água do lago.



Lago de monitoramento - bioteste



Coleta de água para análise

Figura 5.81 – Lago a jusante do aterro – pontos de monitoramento do aterro

Fonte: Primária

O interessante é que este lago não estava previsto no projeto, foi uma solução proposta por um vereador da cidade de Massaranduba, pois as água das nascentes que formaram o lago eram da bacia do rio que abastecia a cidade; com a formação do lago (represamento), a água passou para a bacia pertencente ao aterro, evitando que qualquer problema (infiltração ou vazamento) pudesse atingir Massaranduba.

Quando lhe foi perguntado se a empresa possuía SGA e ISO 14.001, o entrevistado informou que a empresa estava fase de implantação do SGA, com o objetivo de na seqüência se obter a certificação ISO 14.001. A certificação é reivindicada por alguns clientes que também são certificados ISO 14.001, e até mesmo por outros não certificados, mas que atuam no mercado externo e precisam provar responsabilidade ambiental aos seus clientes internacionais. Segundo o entrevistado, a ISO 14.001 deve contribuir para comprovar, mais uma vez, a conscientização e a responsabilidade ambiental que empresa busca demonstrar.

A ISO 14.001 faz parte das metas de curto prazo, mas também a automação e o controle da usina de solidificação e do sistema de tratamento de efluentes são metas importantes a atingir, pois estas ações devem trazer mais segurança para o sistema como um todo. A empresa já desenvolve ações junto aos clientes para que resíduos passíveis de reciclagem não sejam misturados com o resíduo de classe 2.

Ao entrevistado foi perguntado se aterro industrial é um bom negócio, e respondeu que é um negócio que exige compromisso moral e dedicação, pois o aterro é como uma indústria com processo contínuo e opera durante 24hs/dia, interagindo com o ambiente. Afirmou ainda que é um negócio que precisa ser muito bem gerenciado para se obter algum lucro. Mencionou que existem dois sérios problemas que podem gerar graves conseqüências econômicas. O primeiro desses problemas é a tendência de algumas empresas têxteis a secar o lodo. A secagem reduz drasticamente o peso do lodo e conseqüentemente a receita bruta. Quanto da pesquisa, apenas três empresas têxteis já tinha adotado esta ação, mas é possível que outras venham a fazer o mesmo. Também manifestou a preocupação quanto ao processo de secagem, principalmente em relação ao monitoramento das emissões gasosas. O segundo problema está nas empresas designadas de “clientes pioneiros”, que, em função do contrato celebrado em 1997, têm o preço da disposição do lodo fixado através de uma estimativa de custo e depois corrigido anualmente pelos índices oficiais de inflação. Quando da entrevista, o preço de disposição para as pioneiras era de R\$ 160 reais, enquanto para as demais era R\$ 210 reais. Segundo o entrevistado, as empresas que pagam mais estão subsidiando as pioneiras e que no futuro esta relação deve mudar e os preços serão iguais.

Em relação à comunidade, quatro anos depois dos problemas enfrentados na implantação, a relação é a melhor possível. A comunidade descobriu na empresa uma parceira, e assim buscam conjuntamente as soluções para seus problemas. A maioria dos colaboradores são moradores das comunidades vizinhas. A empresa está aberta à visitação de todos e o entrevistado relatou a satisfação que teve alguns meses atrás, quando da produção de um vídeo institucional. Então diversos vizinhos deram depoimentos espontâneos, dizendo o seguinte: “.....no começo tínhamos medo do lixão, mas agora sabemos que não é nada do que diziam....”. A comunidade ao longo dos últimos quatro anos descobriu que o aterro é uma atividade industrial como qualquer outra, ou melhor, ela não gera poluição, mas, pelo contrário, tem o compromisso de minimizar os impactos poluentes gerados pelas indústrias de transformação, como por exemplo as têxteis, que geram lodo químico e biológico.

A respeito dos órgãos ambientais, na opinião do entrevistado, é o órgão municipal o que mais exige em termos de automonitoramento; mas também o órgão estadual cumpre rigorosamente o seu papel de licenciador. A empresa busca constantemente respeitar a legislação ambiental, tanto que nunca foi multada por nenhum um dos órgãos ambientais.

Uma ação importante que a empresa executa e merece destaque está no campo das pesquisas, pois ela financia três dissertações de mestrado, na UFSC, envolvendo as questões de disposição dos resíduos sólidos em aterros industriais. Também em parceria com uma empresa de pesquisa desenvolveu uma metodologia para determinar rapidamente a toxicidade no lodo têxtil. São ações como estas que demonstram a visão empreendedora e futurista da empresa na conquista de fatores competitivos.

A política ambiental da empresa, segundo o entrevistado, “.....é tentar fazer o melhor possível dentro das questões ambientais com o máximo de segurança”, e assim, contribuir efetivamente para a minimização dos impactos poluentes gerados pelo desenvolvimento industrial da região de Blumenau e de todo o Estado de Santa Catarina.

5.1.15 IPM-01

É uma indústria de beneficiamento de malhas, criada há menos de 5 anos para dar continuidade ao processo de verticalização de um grupo dedicado ao segmento têxtil. A indústria dispõe das melhores tecnologias de processamento têxtil do mercado. Tem capacidade de processar 6.000kg/dia de malhas de algodão, mas também processa outros tipos de fibra.

É uma empresa que não mede esforços para ser ecologicamente correta. Por um problema logístico precisou instalar o STET em uma área de apenas 350m², e para isto teve de usar uma tecnologia não empregada convencionalmente em tratamentos de efluentes têxteis. Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.82.

Descrição	Dados
Atividade	Tinturaria e acabamento de malhas
Matéria-prima	Tecidos de algodão, poliéster, poliamida e mistura
Tipo de corante usado	Reativo (80%), disperso (10%), direto e sulfuroso (10%)
Tempo de atividade	05 anos
Produção da empresa	200ton/mês ou 6.000kg/dia
Água industrial e custo	Captação do lençol freático (100%)
Número de colaboradores	53 total – área ambiental 3
SGA e ISO 14001	Não – são apenas metas
Área de tratamento dos efluentes	350m ²
Vazão de tratamento da ETE	Cap. 30m ³ /hora ≈ 720m ³ /dia – Utilização 90%
Consumo específico de água	90L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento, filtro biológico e físico-químico (opcional)
Investimento no STET	420.000 euros ou 600.000 dólares
Custo operacional do sistema	€\$ 0,45 por m ³ ou 8.100 euros/mensais
Pré-tratamento	Segregação, gradeamento, peneiramento e homogeneização
Neutralização	Ácido sulfúrico no tanque de homogeneização
Tratamento físico-químico/terciário	Coagulação, flotação e prensa desaguadora.
Tratamento biológico–tipo aeração	Filtro aeróbio – Ar difuso
Remoção de cor	Flotação por Ar dissolvido e prensa desaguadora
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico e químico – aproximadamente 1ton/dia
Secagem do lodo	Não – Umidade entre 65 e 75%
Disposição do lodo	aterro industrial na Espanha – €\$ 65,00 – 100,00 (euros)
Automação	Sim – Sistema de monitoramento e implementação
Laboratório químico	Completo
Combustíveis nas caldeiras	Óleo combustível

Figura 5.82 - Síntese de dados da empresa IPM-01

Fonte: Primária

Na questão ambiental esta indústria tem uma história interessante. Projetada para um parque industrial, seus diretores foram informados de que no parque industrial haveria um sistema de tratamento de efluentes industriais para atender às indústrias, então não houve grandes preocupações a este respeito. Somente depois de concluída a obra civil do prédio industrial foi que se percebeu que o sistema de tratamento existente no parque industrial não tinha capacidade para tratar os efluentes da indústria. Em função desse imprevisto o STET teve que ser construído rapidamente e alocado em uma área de apenas 350m², que se tinha disponível após as edificações industriais.

Diante desse condicionante “espaço físico”, o projetista optou por um sistema de tratamento em que é possível tanto uma ação físico-química quanto biológica, de forma separada ou conjunta. A opção do projetista pelo tratamento físico-químico recaiu sobre a flotação (ar dissolvido) para a separação do lodo, enquanto para a desidratação a escolha foi à prensa desaguadora. Para o tratamento biológico a opção foi por um filtro aeróbio (tipo percolador) com elevada taxa de aplicação. Os três elementos básicos do sistema - a flotadora, a prensa desaguadora e o filtro percolador - são unidades extremamente compactas, e assim adaptam-se perfeitamente às necessidades da situação quanto ao espaço físico disponível para o STET.

O entrevistado relatou que antes de aceitar a proposta do projetista para STET foi à Inglaterra visitar algumas indústrias têxteis que tratavam seus efluentes por meio de um processo físico-químico e utilizavam filtro aeróbio percolador como tratamento biológico. Os STETs visitados operavam regularmente e os efluentes tratados atendiam aos limites determinados pela legislação ambiental inglesa, que é considerada uma das mais rigorosas da Europa. Deve-se ressaltar que o projetista em questão também é sócio da empresa. É formado em engenharia têxtil e Ph.D. pela universidade de Leeds (Inglaterra) em química têxtil e foco em ambiente, por isso assumiu para si o desafio do projeto do STET. A execução do projeto transcorreu em regime de contrato “chave na mão”. A figura 5.83 mostra o fluxograma esquemático do STET projetado e em operação desde 1999.

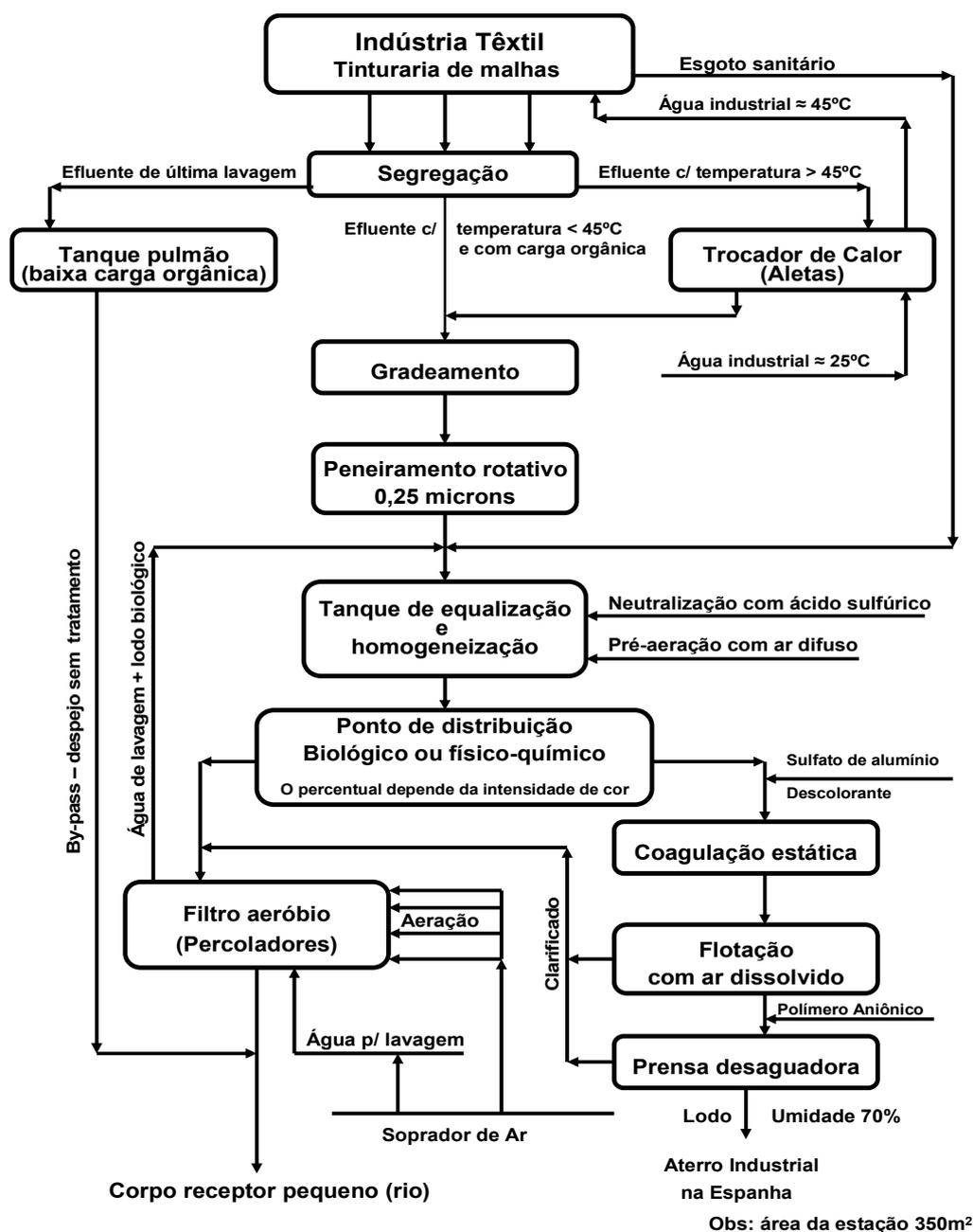


Figura 5.83 – Fluxograma esquemático do STET da IPM-01
Fonte: Primária

O STET mostrado na figura 5.83 apresenta três diferenciadores em relação aos sistemas convencionais. O primeiro diferenciador é um “by-pass” para a segregação das águas de última lavagem do processo de tingimento. Considerado um efluente de baixa carga orgânica e pouca coloração, é despejado diretamente no corpo receptor, sem qualquer tratamento. É uma proposta corajosa, pois na visão dos fiscalizadores é um ponto de provável desvio dos efluentes, o que permitiria a descarga dos efluentes contaminados sem o devido tratamento.

O segundo ponto se refere à possibilidade operacional de se planejar o percentual (0 a 100%) de efluente bruto que será tratado no físico-químico e depois no biológico. A definição do percentual de tratamento físico-químico é feita em função da intensidade de cor no efluente bruto relacionado à qualidade do efluente tratado. Dependendo da intensidade de cor (pequena intensidade), é possível tratar o efluente apenas biologicamente. O planejamento é realizado por meio um programa computacional “*software*”, o que é possível por ser todo o STET automatizado.

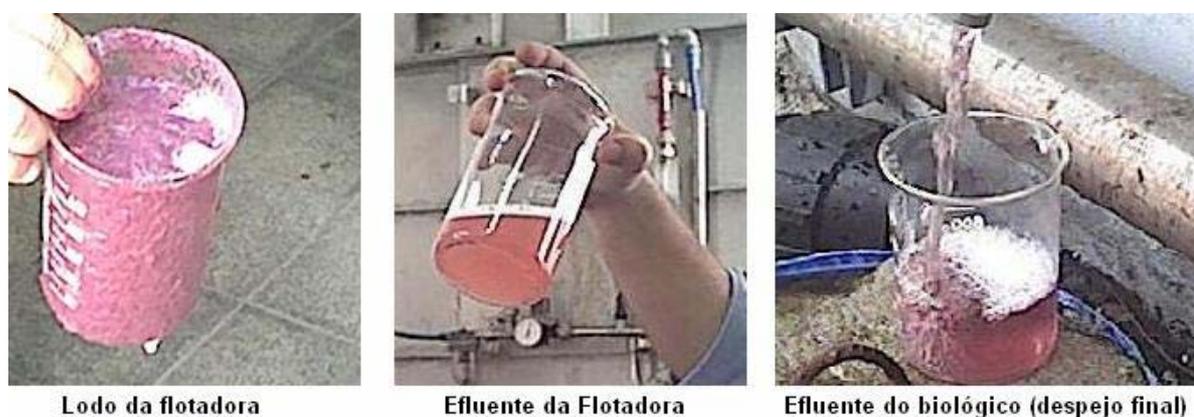


Figura 5.84 – Comparação visual da cor entre efluentes na IPM-01.
Fonte: Primária

Através da análise da figura 5.84 pode-se chegar a duas conclusões. A primeira é que o tratamento no filtro percolador (aeróbio) não remove a cor, ou pelo menos não dos corantes vermelhos, pois a intensidade de coloração do efluente na saída da flotadora é a mesma que na saída do filtro percolador. A segunda é que ainda persiste certa coloração no despejo final. Não obstante, segundo o entrevistado, esta coloração está dentro do limite permitido pela legislação ambiental portuguesa, pois esta determina, para a situação dessa indústria, que a ausência de cor deve obrigatoriamente ocorrer somente depois da diluição do efluente final em água límpida na razão de 1/20.

O terceiro elemento diferenciador é o processo de filtros aeróbios percoladores como tratamento biológico. Segundo o entrevistado, a decisão foi baseada na necessidade de adaptar o STET ao espaço físico disponível, além de algumas informações científicas e visitas a outros sistemas na Inglaterra que operavam perfeitamente nas faixas para as quais foram projetados.



Figura 5.85 – Filtro aeróbio percolador do STET da IPM-01.
Fonte: Primária

O STET em operação apresenta eficiência suficiente para cumprir os valores-limites dos parâmetros de despejo definidos pela legislação. Em parte, o trabalho do sistema de tratamento acabou sendo facilitado pela tecnologia usada na indústria. Essa tecnologia se constitui de processos e equipamentos modernos que permitiram vantagens como: o consumo específico de água foi otimizado (90L/kg de tecido); os processos oxidativos à base de cloro foram substituídos por peróxido de oxigênio; os corantes com elevado nível de metais pesados e toxicidade foram também substituídos por similares com baixa toxicidade, além de um controle específico dos produtos químicos em termos de toxicidade. O resultado de todas essas ações é uma baixa carga orgânica, ou seja, efluente bruto com DBO_5 entre 180 e 220mg/L e DQO em torno de 700mg/L, valores fáceis de serem tratados biologicamente. A dificuldade maior desse sistema está na remoção da cor, pois em alguns períodos do ano os efluentes são fortemente coloridos.

Considerando-se a capacidade instalada do STET de $720\text{m}^3/\text{dia}$ ($30\text{m}^3/\text{hora}$) e a área ocupada de 350m^2 , tem-se a relação volume diário por área que é de $2,06\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$. Em termos de investimentos foram gastos em torno de 420.000 euros, ou seja, cerca de 580 euros por m^3/dia . Tanto a relação volume diário por área ocupada quanto o valor investido nesse sistema são muito semelhantes aos da IBB-09, que também optou por um STET compacto (construção verticalizada – aço carbono), por falta de espaço físico.

Questionado sobre a estabilidade do biológico, o entrevistado considerou que o sistema é sensível a variações do processo produtivo, apesar de o tanque de homogeneização ter retenção de 24 horas, enquanto para ele o ideal seria 36 ou 48 horas de retenção. Com exceção desta preocupação, o sistema se comporta muito bem. Por exemplo, a eficiência é superior a 95%, pois para uma DBO₅ bruta está entre 180 e 220mg/L, e depois de tratada, próximo de 10mg/L. Para a DQO bruta os valores estão entre 600 e 700mg/L e depois de tratada, são inferiores a 80mg/L.

Portugal não tem um aterro industrial para lodos têxteis, assim o lodo gerado é enviado para um aterro industrial na Espanha. A indústria desconhece o tratamento final que é dado ao lodo nesse aterro espanhol. O custo para essa disposição é de cerca de 70 euros por tonelada, mas houve período em que se chegou a pagar até 100 euros por tonelada. Naquele momento da pesquisa a preocupação da empresa era encontrar um destino mais nobre para o lodo, tanto que já havia procurado o Citeve (centro de pesquisa) para viabilizar uma pesquisa com esse objetivo.

A empresa tem seus produtos certificados apenas pela Öko-tex-100; o SGA e a ISO 14.001 são implementações para o futuro. Para o entrevistado, tanto o SGA quanto a ISO 14.001 são ferramentas essenciais para melhorar o desempenho do STET, mas como o mercado português ainda não exige tal responsabilidade ambiental, seu custo-benefício se tornaria alto. Mencionou que seus custos operacionais estão entre 0,40 e 0,50 euros por m³ tratado, o que representaria, na prestação dos serviços, 3,5% de todos os custos, valor tido como elevado para uma empresa de médio porte; assim se buscam alternativas para diminuir custos.

Apesar de a empresa estar localizada em um parque industrial, não está muito longe da comunidade. Nesses 5 anos de existência houve apenas uma reclamação - referente à coloração do rio. O corpo receptor é muito pequeno e qualquer variação no efluente pode causar alteração nele. A empresa solicitou ao fiscalizador um laudo de seus efluentes. O resultado demonstrou que a empresa atende perfeitamente a todos os parâmetros de despejos estabelecidos. O problema acabou nos tribunais e a empresa foi considerada cumpridora das obrigações ambientais. O problema repercutiu junto ao órgão executivo do município, que acabou por canalizar os efluentes da indústria para um ponto mais a jusante.

Ainda a respeito da comunidade, o entrevistado relata que ela é indiferente às ações e investimentos que a empresa faz na área ambiental, e que apenas as escolas têm um certo interesse nessas questões, tanto que a empresa é visitada constantemente por escolares do ensino básico e por universitários.

Em termos de fiscalização, considera que os fiscais do DRA são rigorosos, principalmente em relação ao cumprimento dos parâmetros de despejo final. Muitas vezes ameaçam com multas, sem esboçar qualquer ação pedagógica na busca da solução do problema. Além do automonitoramento trimestral que a empresa é obrigada a fazer, os fiscais estão constantemente visitando a indústria e procedendo à coleta nos despejos finais e no corpo receptor. A empresa foi multada apenas uma vez, e mesmo assim por falha da fiscalização na interpretação da lei de automonitoramento dos gases de combustão das caldeiras. A empresa está contestando na justiça a legalidade da multa.

Quanto a um *upgrade*, o entrevistado informou não haver nada programado, mesmo porque o STET tem menos de 5 anos e foi construído com base em tecnologias que atendem perfeitamente aos parâmetros estabelecidos pela lei. Como metas de melhoria do sistema, tem-se a previsão de aumentar o tempo de retenção dos efluentes no tanque de homogeneização com o objetivo de melhorar a estabilidade do tratamento biológico. O SGA e ISO 14.001 são ferramentas de controle e monitoramento ambiental que fazem parte dos planos da empresa, e para tanto deverão ser implementados no futuro.

Como a região dispõe do SIDVA, foi perguntado ao entrevistado qual a sua opinião a respeito desse sistema. Respondeu então que se na época da implantação da indústria tivesse tido a opção de se integrar ao sistema não tem dúvida de que o teria feito, mesmo porque os seus custos operacionais não são muito diferentes dos cobrados pelo SIDVA. Afirma que o sistema tercerizado de tratamento de efluentes dá tranquilidade em relação à responsabilidade ambiental, pois atualmente ele tem os mesmos custos e ainda a preocupação de nada dar errado (acidentes) no STET. Mas, apesar da situação que se configurou, a filosofia da empresa é cumprir a legislação ambiental em sua plenitude.

5.1.16 IPM-02

Tinturaria de malhas fundada em 1980. Iniciou como uma pequena indústria, mas ao longo dos anos se tornou uma tinturaria de porte médio, com capacidade para processar 12.000kg/dia de malhas. O mercado nacional é o foco da empresa.

Na área ambiental, em 2000, implantou um STET para 60m³/hora, com tratamento biológico (lodos ativados), aeração por oxigênio puro e remoção de cor por meio de ozonização.

Os principais dados para se formar o perfil ambiental da empresa estão sintetizados na figura 5.86.

Descrição	Dados
Atividade	Tinturaria e acabamento de malhas
Matéria-prima	Tecidos de algodão, poliéster e mistura
Tipo de corante usado	Reativo (90%) e disperso (10%)
Tempo de atividade	25 anos
Produção da empresa	360ton./mês ou 12.000Kg/dia
Água industrial e custo	Lençol freático (30%) e rio (70%) – baixo
Número de colaboradores	93 no total – área ambiental 0 (zero)
SGA e ISO 14001	Não – no momento considera dispensável
Área de tratamento dos efluentes	3.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	Cap. 60m ³ /hora - ≈ 1.440m ³ /dia – Utilização 100%
Consumo específico de água	90L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento, lodos ativados e ozonização (terciário)
Investimento no STET	600.000 (euros) ou 800.000 dólares
Custo operacional do sistema	0,15 euros por m ³ ou 5.400 euros mensais
Pré-tratamento	Segregação, gradeamento, peneiramento e homogeneização
Neutralização	CO ₂ puro em tanque de neutralização
Tratamento físico-químico/terciário	Ozonização (remoção cor) e prensa desaguadora (biológico)
Tratamento biológico–tipo aeração	Lodos ativados – O ₂ puro - entrada rotacional
Remoção de cor	Ozonização
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico – recirculação contínua – sem lodo
Secagem do lodo	Não
Disposição do lodo	aterro industrial na Espanha – 65 a 100 euros
Automação	Sim – sistema de monitoramento e implementação
Laboratório químico	Não
Combustíveis nas caldeiras	Gás Natural – sistema de co-geração

Figura 5.86 - Síntese de dados da empresa IPM-02

Fonte: Primária

O histórico ambiental desta empresa é interessante, pois, fundada em 1980, passou quase 20 anos executando apenas tratamentos preliminares, como homogeneização e correção de pH através de ácido sulfúrico e acético. Nesse período também se planejava um sistema de tratamento integrado para tratar esgotos sanitários e efluentes industriais de toda a região. Por coincidência este sistema acabou sendo instalado ao lado da indústria, ou seja, o sistema de tratamento integrado é vizinho da empresa. Com a implantação do sistema integrado a indústria foi obrigada a fazer ligação à rede coletora, mas a empresa acabou se decidindo por um sistema independente, por não acreditar em projetos públicos e ter a certeza de que poderia tratar seus efluentes com qualidade e a um custo bem inferior ao sistema integrado.

A empresa optou por contratar um projetista ambiental com experiência em STETs, o qual apresentou uma proposta de tratamento biológico (O_2 puro) para remoção de carga orgânica e ozonização para eliminação de cor e residuais de carga. Aprovado o projeto pela DRA, a empresa se encarregou das obras civis e o projetista forneceu os equipamentos e a instalação. Foram investidos no STET 600.000 euros, os quais foram financiados pelo FEDER (Comissão europeia) com 60% a título de fundo perdido (incentivos ambientais), desde que o projeto permitisse a recuperação de energia térmica e tivesse alguma tecnologia avançada de tratamento. Assim a empresa acabou desembolsando apenas 240.000 euros para ter um STET considerado “*Top de linha*” e ainda com amortização em 4 anos. Cerca de 20% do montante de recursos financeiros destinados ao pagamento dos projetos e equipamentos ficaram condicionados a resultados satisfatórios do STET em relação aos parâmetros de despejos.

O entrevistado considera que a empresa fez um excelente negócio ao optar por um STET independente. Quando da pesquisa os custos operacionais eram de 0,15 euro/ m^3 contra 0,25 euro/ m^3 cobrado pelo sistema integrado - e ainda com perspectiva para em curto prazo atingir 0,45 euro/ m^3 . Frisou que com apenas a diferença de custos entre os dois sistemas é possível quitar as prestações do financiamento referente aos 40% da parte da empresa.

A figura 5.87 mostra o fluxograma esquemático do STET implantado e em operação desde 2000.

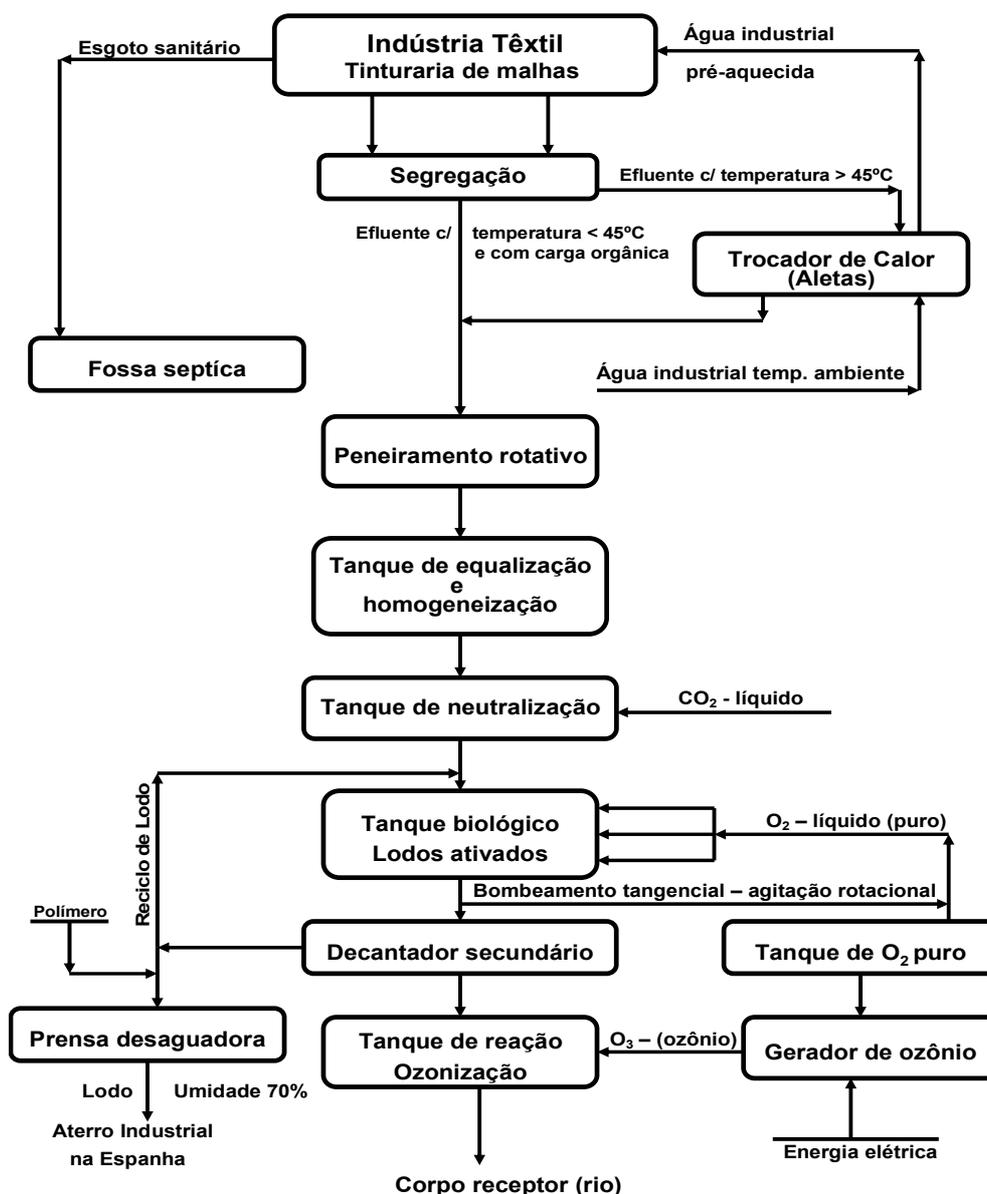


Figura 5.87 – Fluxograma esquemático do STET da IPM-02.
Fonte: Primária

O tratamento biológico apresenta algumas características que merecem ser mencionadas. Uma delas é que o tanque de aeração, de forma circular e contendo chicanas laterais, recebe o efluente tangencialmente, provocando um movimento giratório com todo o volume do tanque; desta forma se torna possível manter em suspensão os sólidos voláteis. Outra característica a destacar no sistema é que em quase dois anos de operação ainda não se procedeu a qualquer retirada de lodo biológico. Ou seja, o lodo do decantador secundário é reciclado em 100% e de forma contínua para o tanque de aeração, tanto que a prensa desaguadora nunca foi usada, conforme mostra a figura 5.88.



Figura 5.88 – Tanque biológico e prensa desaguadora do STET da IPM-02.
Fonte: Primária

Análises de DBO_5 e DQO dos efluentes bruto e tratado foram apresentadas durante a pesquisa. Apesar de os resultados atenderem aos parâmetros de despejo final, a eficiência em termos de DBO_5 deixa a desejar, por estar apenas na faixa de 50 a 60%. Tais valores são considerados baixos para um processo de lodos ativados (aeração prolongada) com injeção de oxigênio puro e, ao final, um processo de ozonização. O fator que contribui para que o sistema atenda à legislação é a baixa carga orgânica no efluente bruto, pois a DBO_5 de 144mg/L e a DQO de 600mg/L representam valores abaixo da média encontrada em processos têxteis similares.

Outro ponto de destaque no STET é a remoção da coloração do efluente através da ozonização. A figura 5.89 mostra uma comparação visual entre o efluente bruto e o tratado por ozonização.



Figura 5.89 – Efeito da ozonização na remoção de cor na IPM-02.
Fonte: Primária

É de conhecimento dos especialistas ambientais a excelente capacidade do processo de ozonização na descoloração dos efluentes coloridos, assim como a eficiência do processo é função direta do teor de ozônio adicionado ao efluente. Outro fato conhecido é que os custos são em geral superiores aos dos processos físico-químicos convencionais (coagulação, sedimentação ou flotação). O custo operacional de 0,15 euro/m³ tratado, valor fornecido pelo entrevistado, a princípio surpreendeu, pois é um custo muito baixo para STETs que utilizam gás carbônico puro como neutralizante (sistema sem mercerização), oxigênio puro (líquido) para aeração e ainda removem cor através da ozonização. Não obstante, analisando-se a figura 5.72 pode-se compreender em parte este custo, ou seja, a legislação ambiental portuguesa permite em certas situações o despejo com coloração, desde que na diluição de 1/20 apresente ausência de coloração. Somente o critério de diluição permite uma redução de 95% na intensidade de cor inicial; desta forma, o parâmetro de cor para esta situação se torna fácil de ser atingido, bastando apenas 5 a 10% da quantidade de ozônio necessária para remoção total da cor.

Ainda com respeito à questão do baixo custo operacional neste sistema, outro fator que poderia também estar contribuindo para isto é a baixa eficiência do tratamento biológico, muito provavelmente pelo baixo teor de oxigênio dissolvido no tanque de aeração e também pela opção por não se retirar lodo do processo biológico. Estes dois procedimentos não são recomendados para um STET, mas que com certeza reduzem em muito os custos operacionais. Outro fato intrigante é a ausência de operadores no sistema, pois esta função é indevidamente exercida pelo diretor e pelo gerente de qualidade da empresa, que diariamente verificam o sistema “*in loco*”. As análises dos parâmetros de lançamento são realizadas mensalmente através de serviço tercerizado (laboratório externo).

A empresa tem seus produtos certificados pelo selo Öko-tex-100, mas não dispõe de ferramentas como o SGA e a ISO 14.001. O entrevistado considera que o sistema seria facilmente certificado pela ISO 14.001, mas o custo-benefício de tal medida não traria vantagens para a empresa, haja vista que seus clientes ainda não estão exigindo este tipo de certificado nas negociações comerciais. Para compreensão da situação, ressalte-se que empresa presta serviços apenas para clientes nacionais.

A empresa possui um sistema de co-geração de energia elétrica e térmica (vapor), que para isso utiliza gás natural. A indústria consome entre 40 e 50% da energia elétrica gerada, o restante é vendido para a distribuidora pública de energia. Parte do vapor de escape (saturado) do sistema de energia elétrica é utilizada na indústria como energia térmica (aquecimento de água). Este vapor é utilizado pela indústria com custo zero, ficando os encargos para a empresa de geração de energia. Quanto ao uso do gás natural, este representa uma tranquilidade para a empresa em termos de impactos ambientais atmosféricos, mas segundo o entrevistado, o gás estava com preço de 10 a 20% superior ao de outros combustíveis com o mesmo poder calorífico. Na opinião dele, o poder público não poderia permitir isto, pois tal situação penaliza uma ação de menor impacto ambiental, a qual contribui para a qualidade de vida de todos os cidadãos.

Em relação à comunidade vizinha, a indústria está em um local de pouca densidade demográfica, de forma que nunca teve problemas com os seus vizinhos. Também segundo a opinião do entrevistado, esta população não está muito engajada com os problemas ambientais, até porque talvez o seu maior problema no momento seja a falta de empregos que assola o país.

Quanto à fiscalização ambiental, o entrevistado considera que ela é rigorosa, principalmente por parte da DRA. Chega a mencionar que os fiscais gostam de multar as empresas e agem assim principalmente com aquelas que mais se empenham no controle ambiental. Para tanto, cita um exemplo em que a empresa foi multada em cerca de 2.500 euros por falta das licenças de captação de água e uso de fossas sépticas. Para ele essas questões são insignificantes perto do STET que a empresa implantou, no qual o investimento com recursos próprios foi de aproximadamente 300.000 euros; e o caso das licenças era apenas uma questão de prazo para sua regularização. Considerou que os fiscais foram incoerentes.

Finalizando a entrevista, o interlocutor classificou a água como um dos bens mais preciosos que se utilizam dentro da indústria, assim não poupará esforços para minimizar os impactos que porventura esta possa produzir, já que também precisa de água de boa qualidade.

5.1.17 IPM-03

Indústria de prestação de serviços na área de tingimento de malhas e tecidos felpudos, foi fundada em 1987. A empresa pode ser considerada de porte médio, pois tem capacidade de processamento de 7.000kg/dia de tecido de diversas variedades de fibras, além de diferentes clientes posicionados tanto no mercado nacional quanto no internacional.

O histórico ambiental desta empresa é interessante, porque ao longo de seus 18 anos de existência o seu STET sempre foi alvo da atenção da comunidade. No início o sistema era pequeno e simples, então surgiram diversas reclamações de impacto ambiental; depois, a partir de 2000, passou a usar a tecnologia de ultrafiltração e osmose reversa em série para tratar e reciclar parte do seu efluente, e assim passou a ser uma referência para outras empresas.

Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.90.

Descrição	Dados
Atividade	Tinturaria e acabamento de malhas e tecidos felpudos
Matéria-prima	Tecidos de algodão, poliéster e mistura
Tipo de corante usado	Reativo (80%) e outros (20%)
Tempo de atividade	17 anos
Produção da empresa	180ton/mês ou 7.000Kg/dia
Água industrial e custo	Lençol freático (100%) – Custo baixo
Número de colaboradores	63 no total e 2 na área ambiental
SGA e ISO 14001	Não – no momento considera dispensável
Área de tratamento dos efluentes	7.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	Trat. 25m ³ /hora - ≈ 600m ³ /dia – Despejo 10m ³ /hora
Consumo específico de água	90L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-trat., filtração (ultra e osmose reversa) e lodos ativados.
Investimento no STET	600.000 euros ou 800.000 dólares
Custo operacional do sistema	0,20 euros por m ³ ou 3.600 euros/mensais
Pré-tratamento	Gradeamento, peneiramento e homogeneização
Neutralização	Ácido clorídrico – HCl
Tratamento primário	Flotação, prensa desaguadora e filtração avançada
Tratamento biológico–Tipo aeração	Lodos ativados – aerador – Sist. batelada (descontínuo)
Remoção de cor	Flotação
Tipo de lodo e quantidade	Lodo químico e biológico
Disposição do lodo	Sacos PET – armaz. pátio da indústria – aguarda disp. final.

Figura 5.90 - Síntese de dados da empresa IPM-03

Fonte: Primária

Para esta indústria os problemas começaram a partir do corpo receptor, distante cerca de 2 a 3km; foram necessários investimentos para canalização deste trecho. Como o corpo receptor era um ribeirão (pequena vazão), a DRA não permitiu que os parâmetros de despejo fossem estabelecidos pela portaria especial destinada às indústrias têxteis. Tal restrição fez com que os parâmetros a serem cumpridos pelo STET fossem os estabelecidos pela lei geral do ambiente, que são mais restritivos e conseqüentemente mais difíceis de serem atingidos, principalmente em termos de remoção de carga orgânica.

Pela descrição do entrevistado, o primeiro sistema, implantado em 1990, era um simples pré-tratamento por meio de gradeamento e processo biológico (valo de oxidação - carrossel) com capacidade de tratar 10m³/hora. O sistema tinha dificuldade em cumprir o parâmetro referente à remoção de carga orgânica e cor.

No período de 1992 a 1995 alguns vizinhos chegaram a levantar suspeita de que o efluente da indústria causava doenças na população ribeirinha ao corpo receptor. Segundo o entrevistado, as denúncias tinham motivação política, pois a DRA não aceitava as denúncias; mas o caso acabou nos tribunais de justiça, sendo o empresário (entrevistado) impedido de deixar o país enquanto o processo não fosse encerrado. Ao final a empresa foi absolvida das acusações de que seus efluentes causavam doenças à população.

Em 1997 o empresário, participando de uma feira de equipamentos têxteis na Itália, manteve contato com uma empresa holandesa de tratamento de efluentes que ofertava sistemas com a possibilidade de reciclagem de 98% do efluente tratado. O sistema era baseado na coagulação, floculação, flotação, ultrafiltração, osmose reversa e tratamento biológico (lodos ativados). Durante dois anos a empresa holandesa realizou experimento em escala-piloto dentro da indústria para demonstrar a eficiência do sistema proposto. Com os resultados obtidos na escala-piloto o empresário vislumbrou a eliminação de todos os seus problemas de despejos e ainda economizaria água. O projeto foi financiado pela CE com 60% a título de fundo perdido, e assim o sistema acabou sendo implantado em 2000. O fluxograma esquemático do STET é mostrado na figura 5.91, a seguir:

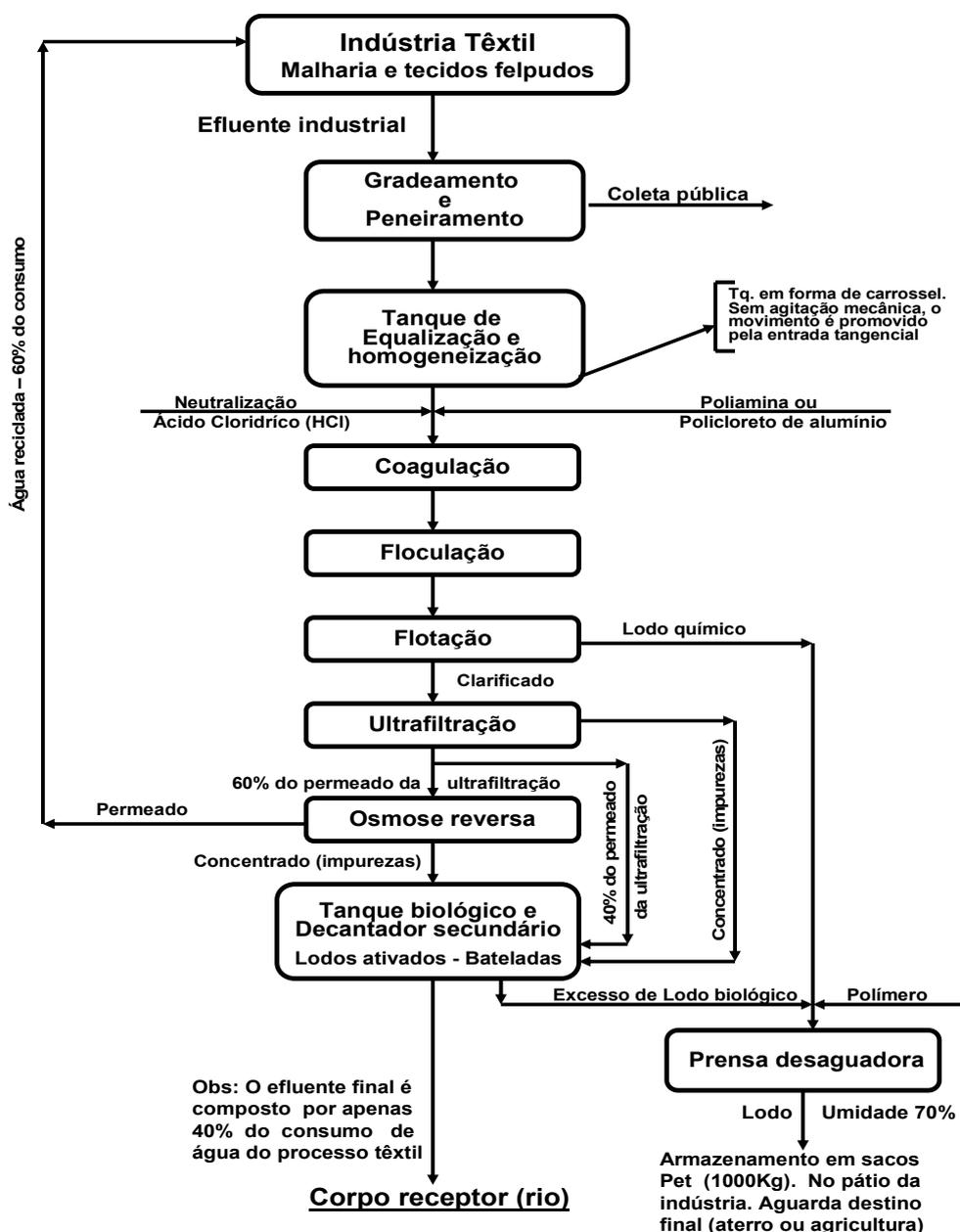


Figura 5.91 – Fluxograma do STET da IPM-03
Fonte: Primária

A princípio o fluxograma do STET mostrado na figura 5.91 apresenta uma incoerência, pelo fato de tratar 100% do efluente por meio da ultrafiltração e posteriormente descartar 40% do permeado e todo o concentrado para o tratamento biológico. Nesta situação sobrecarrega a ultrafiltração para depois misturar novamente o permeado e o concentrado. Ou seja, se a osmose reversa trata apenas parte dos efluentes para a reciclagem, somente este mesmo percentual deveria ser tratado pela ultrafiltração, pois o excedente é tratado e, na seqüência, perdido.

Depois de instalado o sistema percebeu-se que os 98% de reciclagem não seriam possíveis, pois o tratamento biológico não tinha capacidade para tratar os resíduos concentrados obtidos da ultrafiltração e da osmose reversa. Analisando-se as questões, os problemas começam pela adaptação do sistema antigo de tratamento aos novos processos que precisaram ser incorporados para a reciclagem de parte dos efluentes. O primeiro problema foi a transformação do valo de oxidação em tanque de homogeneização e equalização, conforme pode ser visto através da figura 5.74. A homogeneização ficou sem agitação mecânica, o que descaracteriza o próprio processo e faz com que muitos sólidos se sedimentem no fundo do tanque. Pode-se também constatar pela figura 5.92 a evaporação intensa, demonstrando que o sistema não recupera a energia térmica contida no efluente bruto, e em consequência dessa situação tem-se temperatura no tanque biológico superior a 35°C, o que em tese pode prejudicar a taxa de aeração (baixo ponto de saturação) e o desenvolvimento da vida microbiana.



Adaptação do valo para tanque de homogeneização



Tanque de aeração e decantador - Sist. batelada

Figura 5.92 – Tanque de homogeneização e lodos ativados por batelada

Fonte: Primária

A opção pela implantação do processo de lodos ativados por batelada para o tratamento biológico pode ser questionada quanto à eficiência e flexibilidade do processo em termos de operação. Pela observação visual “*in loco*” do tratamento biológico do STET, percebe-se, salvo melhor juízo, que o tanque de aeração/decantador (batelada) é subdimensionado em relação ao próprio tanque de homogeneização.

Entre os processos fornecidos pela empresa holandesa está a floculação, responsável pela eliminação da coloração e dos sólidos do efluente bruto. A figura 5.75 mostra, primeiramente, o processo de coagulação e floculação realizado por meio de injeção de ar comprimido, que auxilia na agitação e floculação e também no processo de flotação.

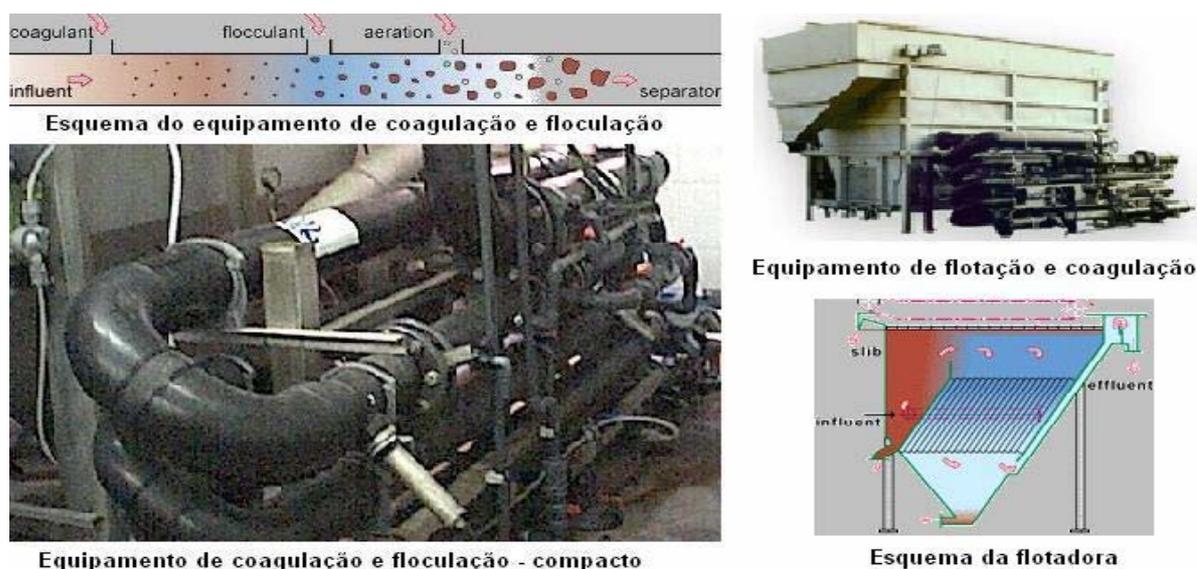


Figura 5.93 – Equipamentos e esquemas da coagulação, floculação e flotação.
Fonte: Primária

Outro problema sério no STET diz respeito ao destino final do lodo têxtil (químico e biológico) obtido na flotadora e no tratamento biológico e depois desidratado por meio de uma prensa desaguadora. Em média são obtidos aproximadamente 250kg/dia de lodo com umidade acima de 70%. A empresa busca tornar o lodo aplicável na agricultura, e para tanto já fez consultas à DRA, mas ainda não obteve um parecer favorável. Enquanto isso o lodo é armazenado em sacos “pet”, guardados no pátio da indústria, conforme pode ser visto na figura 5.94.



Figura 5.94 – Armazenamento de lodo químico e biológico no pátio da indústria.
Fonte: Primária

Em relação ao processo de filtração por membrana, tem-se a ultrafiltração e a osmose reversa em série; o que não se tem é uma pré-filtração antes da ultrafiltração como forma de proteger as membranas de sólidos passíveis de remoção em filtração mecânica. Tal proteção evitaria excessivos processos de retrolavagem, que são prejudiciais à vida útil das membranas.

Outro detalhe que já foi mencionado, mas que é importante citar novamente, é o fato de 100% do efluente passarem pela ultrafiltração, mas apenas 60% do efluente passarem pelas membranas de osmose reversa. Tal procedimento foi adotado porque o processo biológico não suportava tratar todo o efluente concentrado. O que não foi explicado é por que se passam 100% do efluente na ultrafiltração, pois é um desperdício de energia, além de forçar as membranas. O entrevistado não soube precisar a razão de tal procedimento, alegou ser uma decisão da empresa holandesa que vendera o sistema de membranas.



Bateria de membranas de ultrafiltração



Bateria de membranas de osmose reversa

Figura 5.95 – Baterias de membranas de ultrafiltração e osmose reversa.

Fonte: Primária

O processo de filtração por membranas possibilita ao sistema recuperar cerca de 60% do efluente tratado, na forma de água industrial; ou seja, dos 25m³/hora necessários ao processo industrial, 15m³/hora são obtidos pelo processo de reciclagem por membranas (filtração). A água recuperada é misturada com a água industrial para depois ser distribuída no processo têxtil. Nunca houve reclamação por parte dos operadores têxteis quanto à qualidade da água industrial reconstituída.

Assim, com as adaptações mencionadas o STET atendeu perfeitamente à legislação portuguesa. A última análise do efluente final tinha registrado uma DBO₅ de 38mg/L, enquanto a DQO era de 96mg/L, valores estes dentro dos limites de despejo do Decreto-Lei 238/98.

Quando se perguntou ao entrevistado (empresário) se estava satisfeito com o processo de filtração por membranas, ele disse que sim, mas que sentia que sistema poderia trabalhar melhor se as membranas estivessem depois do biológico.

Um fato interessante a ressaltar é o custo operacional apresentado: cerca de 0,15 euro por m³, valor bem inferior à média geral dos custos de STETs. Questionado quanto ao custo operacional, mencionou que nesse valor somente estão computados os gastos com produtos químicos para a flotação e desidratação, não fazendo parte o consumo de energia elétrica, mão-de-obra e amortização dos investimentos. Questionado sobre uma eventual necessidade da substituição de todas as membranas em função do esgotamento da vida útil deste material e também lembrado de que tal procedimento representa um elevado investimento, o entrevistado respondeu que o momento da substituição ainda não havia chegado, mas ressaltou que se o investimento for muito alto a empresa pode rever a posição de manter em operação este tipo de processo de tratamento de efluentes.

Em termos de intervenções da comunidade junto à empresa, mencionou que após a solução da ação judicial e a implantação dos equipamentos de filtração por membranas não houve mais reclamações. Quanto à atuação do órgão fiscalizador, foi taxativo em afirmar que são muito exigentes, principalmente com as empresas privadas que procuram cumprir a legislação. Em relação aos fiscais, sente que são pessoas mais propensas a ações punitivas que pedagógicas. Para finalizar o assunto, relata que em alguns momentos chega a pensar que unidades como o SIDVA dificilmente são fiscalizadas com rigor.

Questionado quanto às metas ambientais, o interlocutor afirmou que a empresa já fez um grande investimento no STET visando à preservação do ambiente e que para o futuro pretende apenas cumprir a legislação.

5.1.18 IPM-04

É uma empresa multinacional que atua em Portugal desde meados da década de 1910, no segmento de linhas de costura e bordado. Com capacidade de 1200 toneladas/mês de linhas acabadas, quando da pesquisa apresentava uma ociosidade de 40% em relação à produção. No segmento de linha de costura e bordado é uma indústria verticalizada (fiação e acabamento). As matérias-primas principais são o algodão e o poliéster, mas pode processar outros tipos de fibra.

Em Portugal é uma indústria pioneira nas questões ambientais, de forma que passou por todos os estágios de evolução, desde a ausência de sistema de tratamento até o estágio de se adequar para a certificação ISO 14.001, em que se encontrava quando da pesquisa. No âmbito da proteção ambiental sempre buscou as melhores tecnologias de tratamento e em determinado momento foi pioneira no desenvolvimento de recuperação de um subproduto, a soda cáustica.

Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.96.

Descrição	Dados
Atividade	Tinturaria e acabamento de fios (costura e bordado)
Matéria-prima	Tecidos de algodão, poliéster e mistura
Tipo de corante usado	Reativos (80%), outros (20%)
Tempo de atividade	100 anos
Produção da empresa	60ton/mês ou 7.000Kg/dia
Água industrial e custo	Poços (60%) – Cia. Água 40% - €\$ 2,00/m ³
Número de colaboradores	382 total – Área ambiental 6 – nenhum integralmente
SGA e ISO 14001	Não – mas são metas da empresa
Área de tratamento dos efluentes	4.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	20m ³ /hora - ≈ 480m ³ /dia
Consumo específico de água	167L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-trat., homog. e neutraliz., lodos ativados e desaguadora
Investimento no STET	€\$ 400.000 euros ou U\$ 550.000 dólares
Custo operacional do sistema	€\$ 0,40 por m ³ ou €\$ 5.800 mensais
Pré-tratamento e neutralização	Peneiramento e homogeneização – CO ₂ (puro)
Tratamento biológico–Tipo aeração	Lodos ativados – aeração O ₂ – líquido
Remoção de cor	Descolorante na entrada do biológico
Tipo de lodo e quantidade	Lodo químico e biológico – 100kg/dia
Disposição do lodo	Sacos PET – armaz. pátio da indústria – aguarda disp. final.

Figura 5.96 - Síntese de dados da empresa IPM-04

Fonte: Primária

Segundo o entrevistado, a primeira ação ambiental da empresa ocorreu na década de 1940. Nessa época a empresa se preocupava apenas com neutralização do efluente (ácido sulfúrico). O segundo passo ocorreu em meados da década de 1970, por meio da participação em um projeto pioneiro naquela época, em que se buscava recuperar parte da soda cáustica da água de lavagem da mercerização. Assim tornou-se, em 1985, a primeira indústria têxtil portuguesa a recuperar parte da soda. A figura 5.97 mostra a recuperadora de soda que opera há quase 20 anos.



Figura 5.97 – Recuperação de soda
Fonte: Primária

É uma recuperadora com dois estágios de evaporação construída em aço carbono, a qual, apesar do tempo de uso, ainda atende perfeitamente às necessidades da indústria. Segundo o entrevistado, foi um excelente investimento, pois milhares de toneladas de soda cáustica foram recuperadas, ou melhor, deixaram de impactar o ambiente. Também considera que o sucesso desse projeto acabou por incentivar muitas outras indústrias têxteis portuguesas a adotar a recuperação de soda cáustica.

A partir de 1995 o órgão ambiental passou a exigir das indústrias o tratamento de seus efluentes. Através de parceria com um instituto de pesquisa e uma empresa de projetos de STET, a empresa procedeu à caracterização dos efluentes e montou duas unidades-piloto de tratamento. A primeira era um tratamento físico-químico (decantação convencional), enquanto a segunda era constituída de tratamento biológico com descoloração química no decantador secundário. Em 1997 a Portaria 423/97 atribuiu novos limites para os parâmetros de despejos têxteis, bem menos restritivos. Baseada nessa premissa a empresa optou pelo tratamento biológico com descoloração, haja vista que a portaria estabeleceu ausência de cor na diluição de 1/40, e assim a prioridade passou a ser a remoção de carga orgânica.

Baseado nos experimentos realizados foi implantado o STET que está representado pelo fluxograma esquemático da figura 5.98.

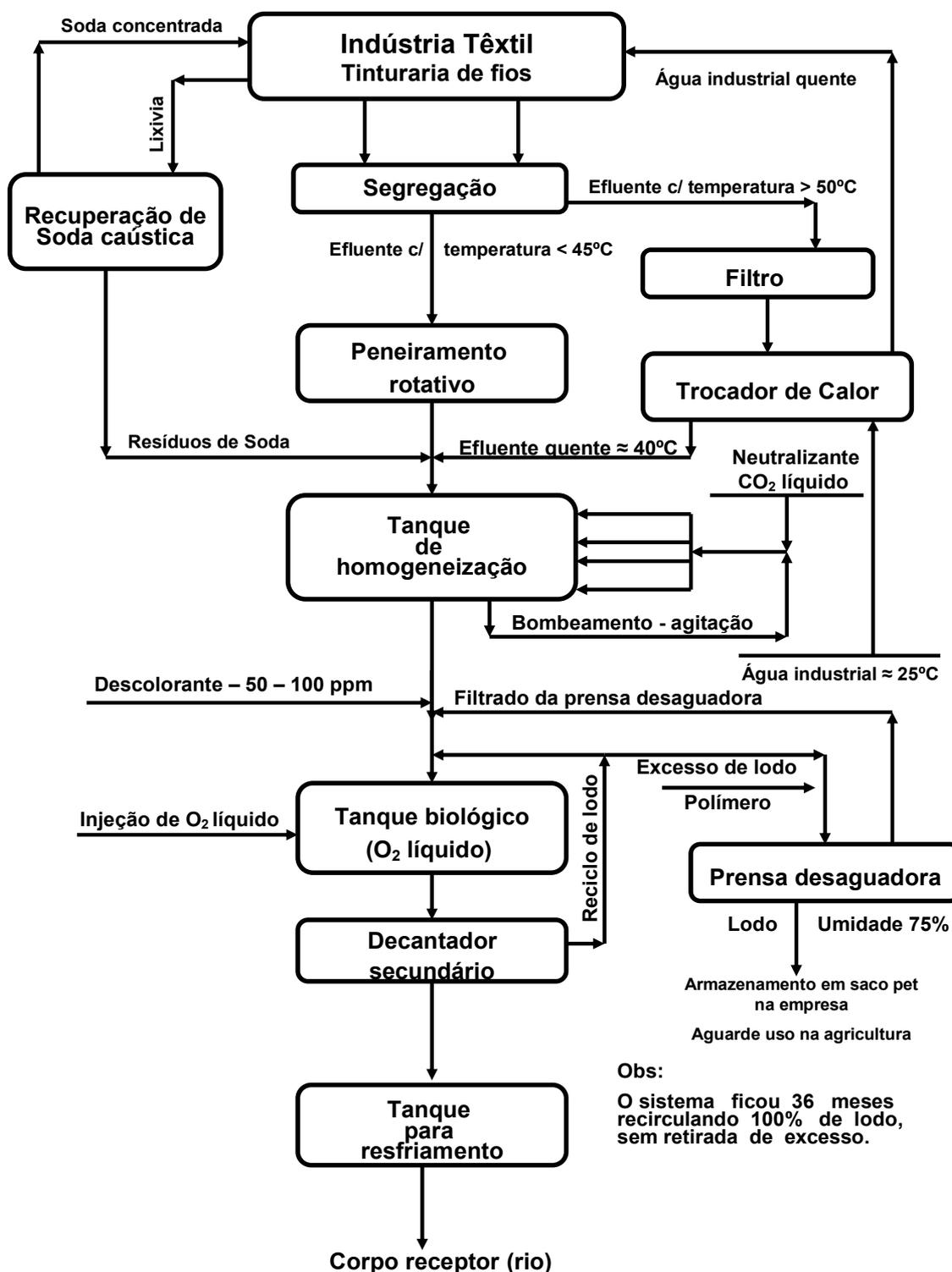


Figura 5.98 – Fluxograma esquemático do STET da IPM - 04
Fonte: Primária

No fluxograma da figura 5.98 consta que a neutralização é feita por gás carbônico puro, mas originalmente o era por ácido sulfúrico. Somente a partir de 2002 é que passou a ser por CO₂. As justificativas para a substituição do processo foram as seguintes: as diferenças de consumo e custo eram mínimas entre o CO₂ e H₂SO₄; o ácido provocava corrosão em diversos equipamentos do STET; além disso havia a questão da segurança, em que o CO₂ é muitas vezes superior ao ácido. A dúvida do entrevistador neste quesito seria em relação aos custos, mas o interlocutor foi enfático e confirmou que a diferença é realmente pequena, e é por isto que o processo torna-se economicamente viável em função dos benefícios de segurança.

Outro questionamento foi relativo aos custos com o uso de oxigênio puro (líquido) no tratamento biológico. O entrevistado relatou que a diferença de custo entre o oxigênio puro e a energia elétrica (aeradores) não é significativa, e a diferença que existe é compensada pela melhor eficiência que se tem no biológico quando do uso de O₂ líquido. Realmente, em termos de eficiência o O₂ (puro) é muito superior; mas o estranho é a afirmação de que os custos não são muito diferentes, porque quando se compara o custo operacional deste sistema, que é de €\$ 0,40 euro por metro cúbico, com outros STETs independentes em operação em Portugal, este é um dos maiores da região.

Segundo o entrevistado, o STET sempre se apresentou com uma boa estabilidade e eficiência, tanto que os limites dos parâmetros de despejo sempre foram cumpridos rigorosamente. Quando da pesquisa a DQO bruta se encontrava na faixa de 700 a 800mg/L, enquanto a DBO₅ estava entre 300 e 350mg/L; e depois do tratamento seus valores se situavam entre 150 e 200mg/l e 50 e 90mg/L respectivamente. Tais valores proporcionam uma eficiência média pouco acima de 80% em relação aos dois parâmetros. Não obstante um julgamento prematuro, pode-se considerar que para um tratamento por lodos ativados com aeração por O₂ líquido a eficiência obtida deixa a desejar, pois para estas condições poder-se-iam esperar índices de eficiência superiores a 95%. Quanto à remoção de cor, o limite de ausência de cor para a diluição de 1/40, conforme a Portaria 423/97, não é difícil de ser atingido, mesmo porque também é utilizado um descolorante antes do decantador secundário, que muito ajuda na remoção da cor do efluente final.

Em relação ao projeto do STET - segundo o interlocutor, aprovado pelo órgão ambiental - é estranho que no projeto - que dispõe de tratamento biológico (lodos ativados) e de um agente descolorante para remoção da cor, com a conseqüente formação e desidratação do lodo - não se tenha nenhuma definição clara a respeito da disposição final do lodo químico e biológico. Este assunto se torna foco porque, passados quase 36 meses com recirculação contínua de lodo (100%), o sistema começou a apresentar problemas com a formação de “*bulking*” e conseqüente perda de matéria orgânica através do decantador secundário, e então foi necessária a retirada do lodo em excesso, donde surgiu o problema da disposição final desse lodo.



Figura 5.99 – Imagens envolvidas com o lodo químico e biológico da IPM - 04
Fonte: Primária

A empresa já solicitou ao órgão ambiental autorização para fazer uso do lodo em solo agrícola, mas não havia tido nenhuma resposta referente à solicitação. Caso a resposta seja negativa a opção da empresa será o envio do lodo para um aterro industrial, o que gerará mais um custo para o sistema.

O problema mais sério desta indústria não são os despejos, mas sim a água industrial, pois ela precisa comprar 40% da água do processo têxtil da empresa pública pelo valor de 2,00 euros por metro cúbico (80.000 euros/ano), valor este superior ao custo operacional do STET, que trata 100% do efluente (70.000 euros/ano). Pressionada por estes custos a empresa busca alternativas para a redução do consumo de água industrial. Uma delas é o reúso da água das duas últimas lavagens dos fios em operações não-produtivas, como em vasos sanitários, limpezas em geral e rede de incêndio. O projeto encontrava-se em desenvolvimento, tanto que parte da nova rede de distribuição já estava pronta.

As decisões macroambientais são tomadas entre o diretor técnico e o diretor geral, mas quando os investimentos são elevados a direção geral na matriz também toma parte no processo decisório. Questionado quanto à filosofia da empresa em relação às questões ambientais, o interlocutor respondeu que, por se tratar de uma empresa quase bicentenária, com filiais em mais de 60 países, com uma história construída com muita responsabilidade, em muitos momentos a indústria em Portugal é muito mais cobrada pela sua matriz do que pelos órgãos ambientais portugueses. Anualmente precisa informar minuciosamente todas as ações de caráter ambiental e os resultados obtidos. Destarte, considera que a filosofia da empresa é de extrema preocupação e responsabilidade ambiental, tanto em terras portuguesas quanto no resto do mundo.

A respeito dos agentes fiscalizadores, a opinião do entrevistado é que falta a eles um pouco de ação pedagógica; são muito burocráticos e acabam perdendo o foco de seus objetivos, que é o ambiente. Relata que a indústria nunca foi multada, mas quase o foi em 1999, por falta de determinada licença, quando colocava o STET em operação. Este exemplo mostra certa incoerência dos órgãos ambientais portugueses, pois deixaram as indústrias poluírem seguidamente por muitos anos, cedendo licenças de despejo sem tratamento, e quando uma empresa começa a tratar os efluentes, querem multar por falta de licença para o próprio tratamento. Afirmou: “Ah, são coisas da burocracia!”

Por ser em Portugal uma indústria centenária, está localizado em perímetro urbano, conseqüentemente possui muitos vizinhos; mas mesmo assim a empresa sempre manteve uma ótima relação com toda a comunidade. O único problema que teve foi relativo aos ruídos industriais, mas ao longo do tempo foram todos sanados, mesmo porque nos últimos anos se tem trabalhado muito pouco durante a noite, período em que as reclamações eram maiores.

Quanto às metas ambientais, a empresa deseja melhorar significativamente o consumo específico de água por quilo de tecido, e assim reduzir o consumo de água industrial, além de buscar a certificação ISO 14.001 para se igualar às muitas outras indústrias do grupo que já atingiram esta excelência ambiental.

5.1.19 IPM-05

O sistema de tratamento pesquisado em questão se compõe de unidades integradas que recebem efluentes industriais e sanitários para tratar em conjunto. As unidades estão localizadas na bacia central do rio Ave. Quando da pesquisa o sistema global era composto de 3 unidades de tratamento e 130km de interceptores, o que permite tratar 75.000m³/dia de efluente, de forma a atender aos esgotos de 120.000 habitantes e uma carga industrial correspondente a 500.000 pessoas (equivalente populacional). A princípio esta estrutura teria a premissa de atender às necessidades da região até o ano de 2005, mas pela falta de execução de parte dos interceptores o objetivo não pôde ser testado na sua plenitude. Os investimentos no sistema de despoluição foram da ordem de 100.000.000 de euros, financiados pela CE, sob a responsabilidade da associação dos municípios da região do Ave.

Os dados da pesquisa foram obtidos através de entrevistas com o responsável pela empresa, a qual opera o sistema por meio de concessão pública para o período de 1998 a 2023 (25 anos), e também com a responsável técnica da empresa proprietária do sistema. As informações obtidas nas duas entrevistas estão mescladas de forma a abranger e esclarecer todos os pontos de interesse do trabalho. Foram incluídos na coleta de dados dois dos três sistemas de tratamento em operação. A primeira unidade, com capacidade para tratar 15.000m³ de efluentes/dia, atende a 35.000 habitantes e uma carga orgânica industrial que corresponde a 100.000 pessoas (equivalente populacional). A segunda unidade, com capacidade para tratar 30.000m³ de efluentes/dia, atende a 40.000 habitantes e a uma carga industrial de 200.000 pessoas (equivalente populacional).

A origem embrionária do sistema global teve início da década de 1990, mas somente entrou em operação no final de 1997. O projeto e a construção foram concebidos em regime de licitação, e depois da entrega da obra (sistema) a empresa projetista e construtora não deixou qualquer vínculo de responsabilidade pela eficiência do sistema. O sistema é gerenciado, em regime de concessão, por uma empresa coligada com um grande grupo empresarial português ligado ao setor de saneamento básico que opera basicamente em Portugal.

O modelo de gestão do sistema era primeiramente constituído pelos proprietários do sistema, que no período de 1995 a 2003 eram representados pela associação dos municípios da região. Posteriormente um grande grupo do segmento de saneamento básico passou a fazer parte da sociedade, tendo como principal objetivo dar suporte técnico e financeiro à terceira fase do projeto, que é a ampliação das unidades de tratamento existentes e a construção de outras novas unidades de menor porte para atender à cabeceira da bacia, e ainda a complementação do sistema com mais 60 a 80km de interceptores. Estão previstos para esta terceira fase outros 100.000.000 de euros. As empresas proprietárias também exercem uma fiscalização sobre a qualidade dos serviços praticados pela concessionária (operadora do sistema). A segunda parte do modelo é formada pela empresa concessionária da gestão operacional do sistema, cujo objetivo é garantir aos proprietários do sistema que os serviços sejam executados conforme a exigência da legislação e as expectativas dos clientes (população e indústrias).

As três unidades de tratamento foram projetadas e construídas por uma grande empresa francesa, com vasta experiência neste tipo de empreendimento. O projeto, concebido no início da década de 1990, basicamente contemplou todos os processos convencionais e de comprovada eficiência disponíveis naquela época para o tratamento de efluentes industriais e sanitários. Ressalte-se apenas que foi dado enfoque à solução dos problemas dos efluentes têxteis que se sabia terem maior volume a ser tratado. O tratamento preliminar buscou atender mais aos efluentes sanitários, uma vez que o projeto partiu da premissa que as indústrias somente poderiam descartar seus efluentes depois de um pré-tratamento, em que o foco principal eram três parâmetros. O primeiro deles era que o efluente deveria estar neutralizado e com pH entre 5,5 e 9,5; o segundo, que as cargas de DQO e DBO₅ não deveriam exceder a 1.500 e 500mg/L, respectivamente; e o terceiro parâmetro era a condutividade, que deveria ser inferior a 2.000mg/L. Na seqüência do sistema vem o tratamento biológico por meio do processo de lodos ativados em regime de aeração prolongada e injeção de O₂ por aeradores superficiais de baixa rotação. A última etapa do sistema é o tratamento terciário para a remoção de cor do efluente, o qual utiliza a coagulação, floculação por ar difuso e desidratação por prensa desaguadora.

As três unidades em operação apresentam a mesma concepção de tratamento, divergindo apenas na desidratação do lodo, mas em alterações que ocorreram posteriormente à implantação dos sistemas.

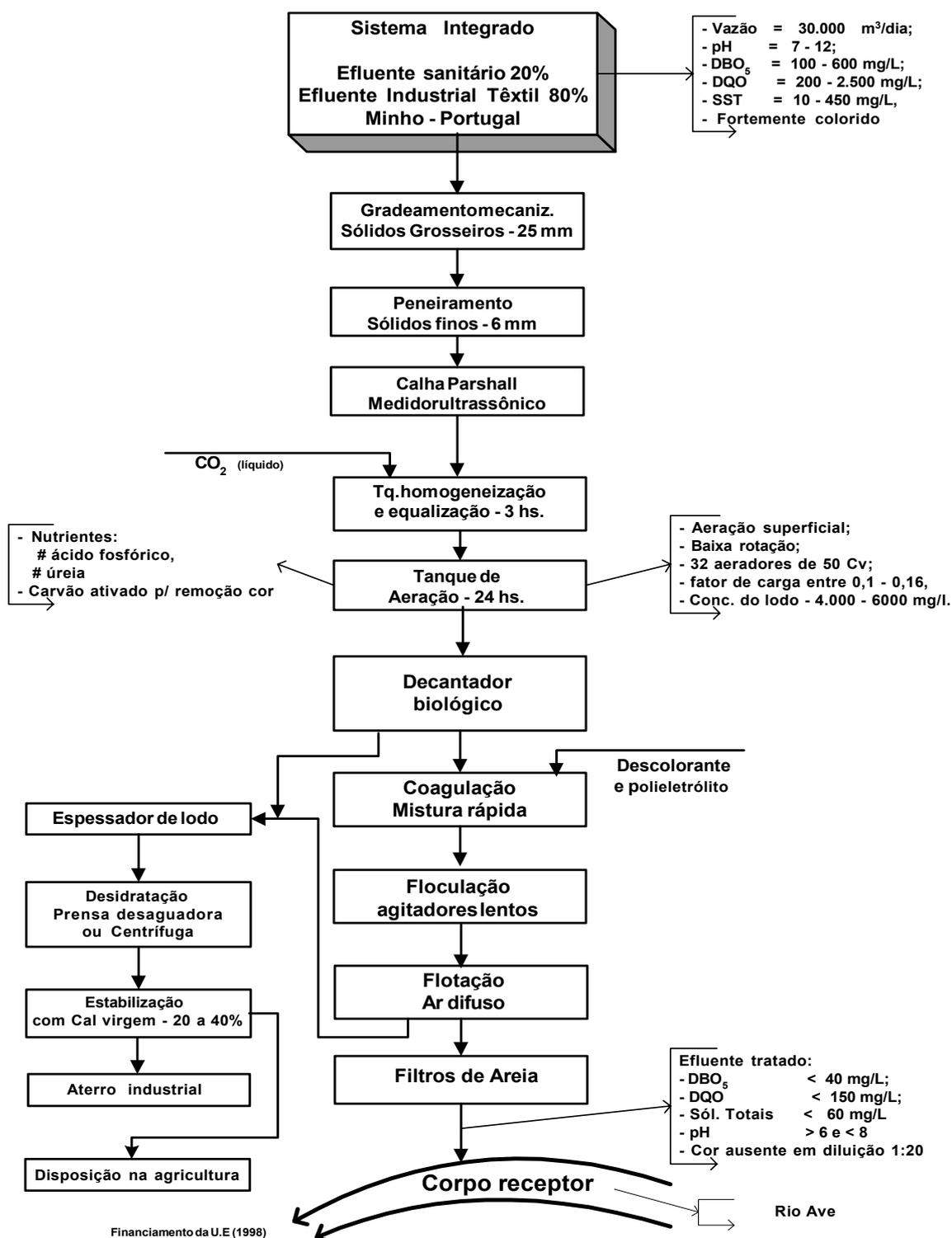


Figura 5.100 – Fluxograma esquemático do sistema integrado da IPM - 05
Fonte: Primária

Para melhor compreensão do sistema como um todo se tem a figura 5.101, que apresenta de forma sintetizada alguns dados.

Descrição	Dados
Atividade	Tratamento de efluentes têxteis e sanitários
Matéria-prima das indústrias	Diversas – Algodão e outras misturas
Tipo de corante usado	Diversos – predominância do reativo
Tempo de atividade	8 anos
Produção da empresa	Aproximadamente 15.000ton/mês (estimativa)
Mercado consumidor	Mercado interno e externo
Água industrial e custo	Diversos
Número de colaboradores	Média de 20 por unidade
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	Em média 20.000m ² por cada unidade
Vazão de tratamento da ETE	Duas unidades pesquisadas – 25.000 e 30.000m ³ /dia
Consumo específico de água	Variado – acima de 100L/kg
Concepção do tratamento atual	Preliminar – biológico – físico-químico e prensa desaguadora
Investimento no STET	€\$ 20.000.000 euro em cada unidade – estimativa
Custo operacional do sistema	Preço de cobrança €\$ 0,37 por m ³ – custo não fornecido
Pré-tratamento	Gradeamento, peneiramento e homogeneização
Neutralização	Acido sulfúrico – H ₂ SO ₄ – substituído por CO ₂ – puro
Tratamento físico-químico/terciário	Coagulação, floculação ar difuso, espessador e centrífuga.
Tratamento biológico–Tipo aeração	Lodos ativados aeração prolongada – Aerador superficial
Remoção de cor	Biológico, coagulação e floculação, espessador e centrífuga
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico e químico – aprox. 20ton/dia por unidade
Secagem do lodo	Não – umidade entre 70 e 85% - condicionado com cal
Disposição do lodo	Aterro ou uso agrícola – autorizado pelo órgão ambiental
Automação	Apenas medições <i>on line</i> de pH, O ₂ dissolvido e vazão
Laboratório químico	Sim – todas as análises ambientais – em certificação.

Figura 5.101 - Síntese de dados da empresa IPM-05

Fonte: Primária

Em relação ao projeto mostrado na figura 5.100 se deve destacar que a neutralização originalmente era com ácido sulfúrico; mas segundo um relato, durante a fase de pré-operação das unidades o pH do efluente bruto chegou por muitas vezes a 13. Esta condição de pH fez com que em um único dia fossem consumidas 50 toneladas de ácido sulfúrico. Isto se deu porque a maioria das indústrias ligadas ao sistema não dispunham de pré-tratamento com neutralização. Desse período em diante passou-se a usar gás carbônico puro como neutralizante. As condições de neutralização também melhoraram, devido à adequação das empresas aos limites de descarga estabelecidos para o sistema. Ao longo dos anos o consumo se estabilizou em torno de 70 a 80 toneladas por mês de CO₂.

Outros processos acabaram sendo gradativamente eliminados em função da inviabilidade operacional e financeira. O primeiro deles foi o desarenador, que se mostrou desnecessário ao sistema; o segundo foi a remoção de cor por meio de carvão ativado em pó, processo de elevado custo e difícil de ser operacionalizado com os equipamentos disponíveis nas unidades. Em uma das unidades a prensa desaguadora foi substituída por uma centrífuga, porque, devido ao elevado volume de lodo - de cerca de 20 toneladas/dia, o processo de centrifugação acaba sendo mais bem operacionalizado, em termos de mão-de-obra e custos, com produtos químicos do que com a desidratação por prensa desaguadora.



Figura 5.102 – Imagens do processo de desidratação da IPM - 05
Fonte: Primária

Pelas informações obtidas percebeu-se que o elemento lodo é uma preocupação constante, tanto da concessionária quanto da empresa proprietária do sistema. O termo constante se justifica porque, além de ser uma preocupação, é também a primeira surgida no sistema, pois a linha de extração do lodo somente foi operada depois de um ano de operação do sistema. Quando da operação no primeiro ano, sob responsabilidade da empresa construtora, não se retirou um só quilo de lodo do sistema. Por esses e outros problemas é que o processo de transição do sistema da construtora e para a concessionária de certa forma foi tumultuosa. Segundo o responsável pela concessionária, a primeira ação que precisou ser implementada foi a operacionalização da linha de lodo, porque o processo biológico apresentava excessiva perda de matéria orgânica (*bulking*) nos decantadores secundários. Para estabilizar biologicamente o sistema nos primeiros trinta dias de operação do sistema pela concessionária foi retirado um volume-recorde de lodo.

Emergencialmente cada um dos três sistemas foi dotado de um pequeno aterro industrial, constituído de geomembrana impermeabilizadora e camadas de pedra e areia. Após a saturação foram plantadas vegetações sobre a camada de lodo.



Figura 5.103 – Situação dos aterros da IPM - 05
Fonte: Primária

Segundo o contrato de concessão, a empresa concessionária teria a responsabilidade de desenvolver um projeto de valorização do lodo, como forma de estabelecer um destino final para esses resíduos. O aproveitamento agrícola foi a opção escolhida como forma de valorizar o lodo. Depois de inúmeros ensaios agronômicos se concluiu pelo aproveitamento do lodo como complemento orgânico em plantações de milho, vinhas e alface. Segundo o entrevistado, seguindo esta linha de valorização do lodo, é intenção da concessionária recuperar os três aterros já saturados e os deixar como um processo estratégico, para serem usados em momentos críticos do processo de valorização do lodo.

Quando da pesquisa o sistema atendia a 253 indústrias têxteis do vale do rio Ave, representando em volume em torno de 80% de todo o efluente têxtil tratado da região. O grande número de indústrias têxteis ligadas ao sistema proporciona uma excelente caracterização do efluente bruto, pois em termos de volume tratado é um dos maiores da Europa. Segundo informações dos entrevistados, o valor de DQO médio no sistema fica entre 800 e 1000mg/L, enquanto a DBO₅ média situa-se entre 250 e 350mg/L. Em relação à cor, pode-se dizer que o efluente é fortemente colorido, com variações de tonalidade em função do período do ano e das respectivas modas (inverno e verão). Após o tratamento a DQO fica em torno de 70mg/L, enquanto a DBO₅ em torno de 20mg/L e cor ausente na diluição de 1/20.

A figura 5.104 mostra uma comparação de cor entre os efluentes em diferentes pontos do sistema (homogeneização, decantador secundário e no físico-químico).



Figura 5.104 – Visualização da cor do efluente da IPM - 05
Fonte: Primária

O sistema trata primeiro o efluente biologicamente para depois realizar o tratamento físico-químico. O que se percebe através da figura 5.104 é que boa parte da remoção de cor ocorre no tratamento biológico (lodos ativados), enquanto no físico-químico (coagulação e floculação) a redução da cor não é muito significativa, ou seja, não atinge as expectativas de ausência total de cor, pois ao final do tratamento ainda se tem um efluente com leve coloração rosa. É difícil concluir se a baixa eficiência na flotação está associada ao processo em si ou à economia de produtos químicos. É evidente que se não houvesse sido eliminado o carvão ativado a remoção de cor seria melhor. É importante salientar que, apesar da constatação visual, a cor do efluente final satisfaz os limites da legislação (ausência de cor na diluição de 1/20).

Questionados sobre quais seriam os custos do sistema, os entrevistados disseram se tratar de uma informação confidencial, que determina a estratégia comercial da empresa. Apenas ressaltaram os preços cobrados de seus clientes, que são de 0,37 euro/m³ para os efluentes industriais e 0,23 euro/m³ para os efluentes sanitários. Então foi questionado por que, apesar de o contrato de concessão prever reajustes anuais, os preços são os mesmos desde 1998. A resposta foi que se trata de uma política de preço, pois caso os reajustes tivessem sido praticados ou a cobrança fosse por carga orgânica, como também está previsto no contrato, poder-se-iam estar praticando valores entre 0,5 e 1,5 euros/m³, o que, com certeza, em função do momento econômico que Portugal atravessa, acarretaria uma perda significativa de clientes que optariam por sistemas de tratamento próprio.

A respeito da comunidade, os entrevistados foram enfáticos em afirmar que são conscientes dos seus direitos ambientais, mas que têm uma visão distorcida da situação ambiental da região. Em muitas situações debitam a poluição remanescente ao sistema de despoluição, considerando que não se estejam tratando eficientemente os efluentes. Na realidade, porém, o problema é devido a uma parte das indústrias ainda não ligada ao sistema e aos efluentes sanitários de cidades como Vizela, que ainda não possui rede de esgoto sanitário.

Quanto às reclamações explícitas em relação ao sistema, os entrevistados afirmaram que praticamente nunca as houve. A população se incomoda principalmente quando existem odores acentuados, o que não ocorre nos sistemas em operação, uma vez que estão bem-localizados (afastados da comunidade) e o lodo estabilizado com cal é aproveitado para uso agrícola.



Figura 5.105 – Vista aérea de um sistema

Fonte: Site da IPM – 05

A entrevistada mencionou um trabalho de conscientização ambiental realizado com a comunidade escolar, em que os alunos são orientados sobre como devem proceder em casa a respeito do esgoto gerado, principalmente sobre o que se permite fazer parte do esgoto, de maneira a evitar a presença de materiais sólidos, como pequenos pedaços de plástico, cotonetes, tampas de refrigerantes, cabelo, metais, madeira e outros materiais do gênero. A educação ambiental com as crianças já demonstrou bons resultados em relação a estes problemas. Em termos de fiscalização, o entrevistado da parte da concessionária relatou que a empresa sempre buscou cumprir a legislação, de forma que nunca houve qualquer tipo problema nessa área.

A meta das empresas, tanto a proprietária quanto a concessionária, é que a terceira etapa do projeto seja implementada o mais rapidamente possível, para que a poluição ainda remanescente no vale do rio Ave possa ser totalmente eliminada.

5.1.20 IPM-06

O sistema de tratamento apresentado neste item é uma unidade integrada que trata efluentes sanitários e industriais conjuntamente e está situada na região do Minho, mas não faz parte do SIDVA. A estação é propriedade de um município e é administrada, desde 1999, por uma empresa privada, por direito de concessão obtido em concurso público.

O projeto tem uma particularidade em relação ao tratamento biológico, pois descarta os processos convencionais de lodos ativados, muito utilizados nestas situações, e faz opção por filtros aeróbios percoladores. O sistema tem capacidade para tratar 24.000m³/dia, que, segundo as entrevistadas, estão distribuídos na proporção de 80% para efluente industrial e 20% para esgoto sanitário. A princípio o projeto destinava-se a atender em volumes iguais os efluentes sanitários e industriais, mas o que acabou por definir esta divisão foi sistema de coleta dos efluentes, em que os interceptores industriais proporcionam o maior volume de efluentes.

A origem do empreendimento é datada do início da década de 1980, fazendo parte de toda a iniciativa de despoluição do Vale do rio Ave. O diferencial neste caso é que o sistema foi proposto apenas por um município, diferentemente do SIDVA, que era um projeto proposto por um conjunto de municípios.

Sendo uma obra pública e de valor de investimento elevado (cerca de 15.000.000 euros), precisou de financiamento, o que atrasou em muito a implantação e operação do sistema. Começou a operar em 1999, tendo decorrido quase 20 anos entre o projeto e a operação do sistema. Assim alguns dos problemas existentes no sistema podem ser creditados a este espaço de tempo excessivo, pois, apenas para se ter uma noção dos entraves, os parâmetros de lançamento atribuídos quando da elaboração do projeto foram alterados durante esse período. Apenas como exemplificação, a DBO₅ de lançamento foi reduzida de 60 para 25mg/L, valor considerado extremamente restritivo; porém o mais impressionante é o fato de que, alterados os parâmetros do projeto, este não recebeu nenhuma correção ou melhoria para atender às novas condições de lançamento.

Este sistema foi incluído na pesquisa porque 70% dos efluentes tratados têm origem nas indústrias têxteis (17 tinturarias), ou seja, são aproximadamente 15.000m³/dia de efluentes têxteis, além de que é importante a discussão deste modelo de gestão.

Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.106.

Descrição	Dados
Atividade	Tratamento de efluentes têxteis e sanitários
Matéria-prima das indústrias	Diversas – mas principalmente algodão (malharias)
Tipo de corante usado	Diversos
Tempo de atividade	5 anos
Produção da empresa	Aproximadamente 4.000ton/mês
Mercado consumidor	Mercado interno e externo
Número de colaboradores	12
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	50.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	Cap. 1.000m ³ /hora ≈ 24.000m ³ /dia
Consumo específico de água	Variado – acima de 100L/kg
Concepção do tratamento atual	Preliminar – primário – filtro aeróbio e prensa desaguadora
Investimento no STET	€\$ 15.000.000 euros ou U\$ 20.000.000 dólares
Custo operacional do sistema	Preço de cobrança €\$ 0,25 por m ³ – custo não fornecido
Pré-tratamento	Gradeamento, peneiramento e homogeneização (industrias)
Neutralização	Ácido sulfúrico – H ₂ SO ₄
Tratamento físico-químico/terciário	Decantador lamelar, espessador e centrífuga.
Tratamento biológico–Tipo aeração	Filtro aeróbio – aeração natural
Remoção de cor	Biológico, decantação, espessador e prensa desaguadora
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico e químico – aproximadamente 50ton/dia
Secagem do lodo	Não – umidade entre 80 e 85% - condicionado com cal
Disposição do lodo	Uso agrícola – autorizado pelo órgão ambiental
Automação	Apenas medições <i>on line</i> de pH, O ₂ dissolvido e vazão
Laboratório químico	Sim – as principais análises ambientais

Figura 5.106 - Síntese de dados da empresa IPM-06

Fonte: Primária

No processo de gestão o município é que executa a cobrança dos serviços, que para as indústrias era de 0,25 euro/m³. A empresa concessionária não recebe o valor integralmente, mas sim, um valor que considera o custo fixo acrescido de um outro custo variável (produtos químicos). O valor recebido pela concessionária não foi informado, pois pelo que se percebeu existe um litígio entre o município e a concessionária em relação aos valores a serem repassados. Um fato interessante é que o sistema trata as águas pluviais e o município paga pelo tratamento.

Ainda com relação ao preço do tratamento dos efluentes industriais, esse foi um dos primeiros assuntos a trazer controvérsias na região, pois o valor de 0,25 euro/m³ cobrado por este sistema, contra 0,37 euro/m³ cobrado pelo SIDVA, representa 48% de diferença para as empresas nos custos com responsabilidades ambientais. Tal discrepância de custos induz muitas pessoas a considerar que haja um subsídio para as empresas desta região no tratamento de seus efluentes. Pelo que se percebeu, através das informações coletas, não existe nenhum subsídio explícito, ou seja, o município não cobre nenhum prejuízo do sistema, o qual, pelo contrário, até apresenta um certo superávit. O que parece ter ocorrido na verdade foram falhas no projeto do sistema em termos de estimativa de consumo de produto químico e eficiência do processo biológico (filtros percoladores). Tais falhas levaram a concessionária do sistema a estimar um custo menor do que o real, o que fez o preço de tratamento deste sistema ser menor que o cobrado pelo SIDVA.

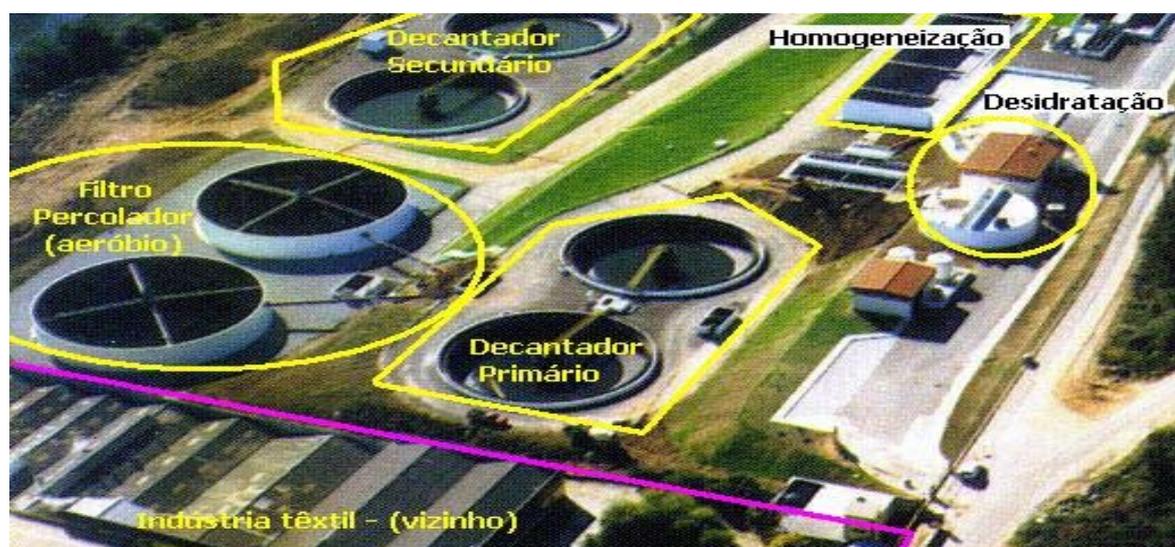


Figura 5.107 – Vista aérea do sistema integrado da IPM - 06

Fonte: Primária

A figura 5.107 mostra, através de uma vista aérea, a distribuição dos processos no sistema de tratamento. A opção por filtros aeróbios percoladores para o tratamento biológico permitiu a construção de um sistema com a capacidade instalada de 24.000m³/dia e muito compacto, e ao que parece a questão de espaço físico não foi relevante no projeto. Apenas como fato curioso, a indústria têxtil em destaque na parte inferior da figura, apesar da vizinhança, não é cliente do sistema, pois optou por investir em um sistema de tratamento independente.

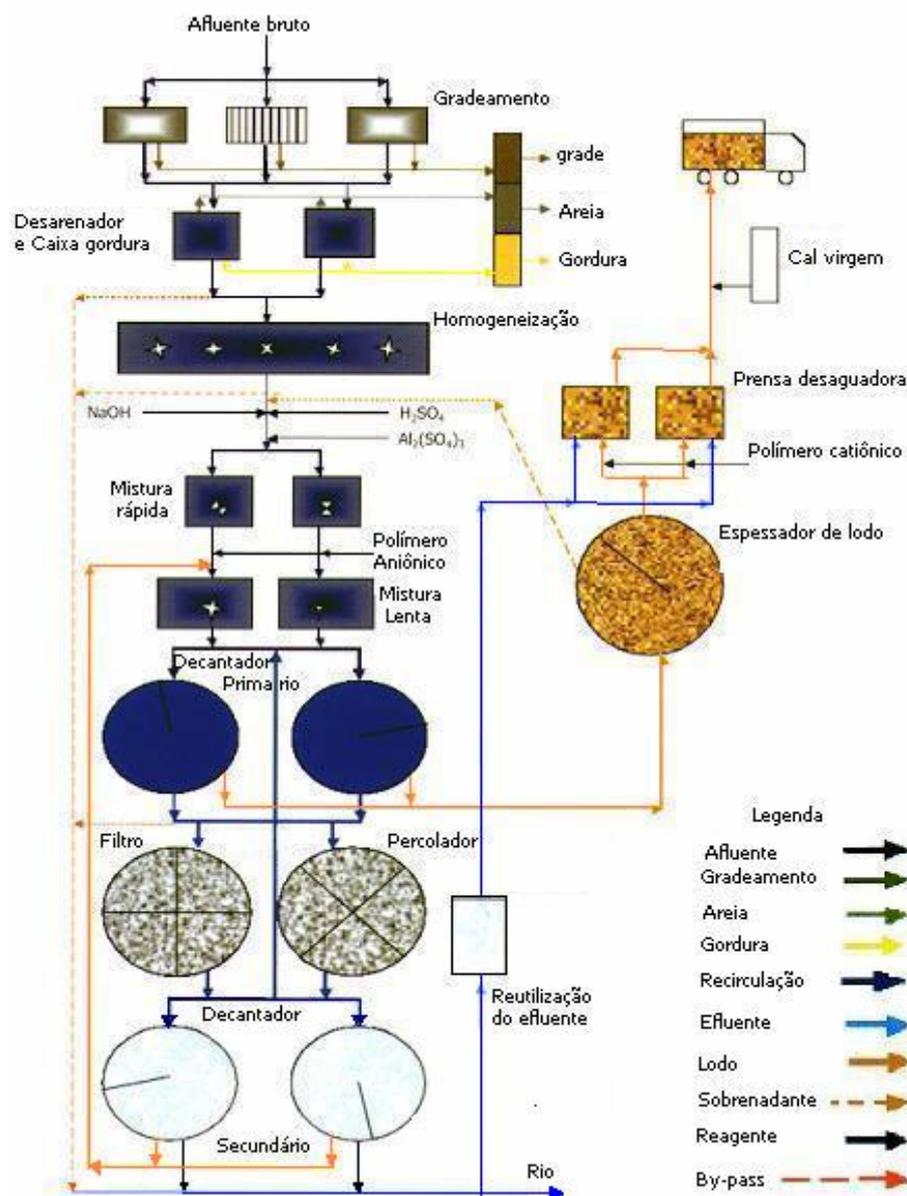


Figura 5.108 – Fluxograma esquemático do sistema integrado da IPM – 06
 Fonte: Adaptação do catálogo da IPM - 06

Pelo fluxograma esquemático do sistema percebe-se que o projeto é uma concepção da década de 1980, pois pelas configurações do pré-tratamento, os tratamentos físico-químico e biológico eram os tradicionalmente utilizados naquela época. Inovação, ousadia ou imprudência foi a substituição do processo de lodos ativados pelos filtros aeróbios percoladores. Em princípio a única justificativa para tal decisão seria a economia nos investimentos (instalações compactas) e no custo operacional (energia elétrica), mas isso em detrimento da eficiência do sistema.

Segundo o contrato de adesão ao sistema, as indústrias não podem despejar efluente bruto na rede com pH superior a 9.5 e a DBO₅ e a DQO máximas não devem exceder a 500 e 1500mg/L, respectivamente. Após o tratamento no sistema a DBO₅ não pode ser superior a 25mg/L e a DQO superior a 125mg/L. Com estes valores as eficiências em termos de DQO e DBO₅ devem ser superiores a 93 e 95%.



Figura 5.109 – Vista do filtro aeróbio percolador – aeração natural - IPM – 06
Fonte: Primária

Segundo a responsável pela empresa concessionária, seria possível implementar pequenas modificações nos filtros percoladores, como aeração forçada e recirculação direta de lodo do decantador secundário. Tais alterações em muito poderiam melhorar a *performance* dos filtros; mas, conforme refere, ações como estas não são permitidas no contrato de concessão. O município prepara uma nova licitação pública com período de vigência de 30 anos, assim algumas mudanças estruturais serão permitidas e se espera que sejam resolvidos os problemas operacionais e de eficiência do sistema.

Conforme mencionado, a alteração nos parâmetros de despejo, principalmente na DBO₅, que se reduziu de 60 para 25mg/L, antes do início da construção do sistema carecia de uma análise mais criteriosa quanto à capacidade do sistema de atender aos novos parâmetros. Tanto é verdade que, segundo as entrevistadas, o sistema tem dificuldade em atingir os parâmetros de despejo. Tal situação faz com que se busque o máximo de eficiência no físico-químico, o que acaba aumentando o consumo de produtos químicos, principalmente ácido sulfúrico (200mg/L) e sulfato de alumínio (600mg/L). Segundo os relatos, a falha estaria no projeto que previa consumo de produtos químicos muito inferior ao consumo real. Neste problema pode estar a origem da formação do custo do tratamento.

O que se percebeu durante a pesquisa é que o processo físico-químico (coagulação-floculação-decantação) trabalha na região de varredura (gráfico Amirtharaj), pois os flocos formados eram de excelente qualidade, o pH inferior a 6,0 e havia uma elevada quantidade de sulfato de alumínio. A justificativa é que a eficiência do biológico não passava de 60%; assim, para se atingirem os parâmetros de despejo, o físico-químico precisava trabalhar com a eficiência mínima de 80%, e somente na região de varredura é que se pode alcançar a eficiência desejada.

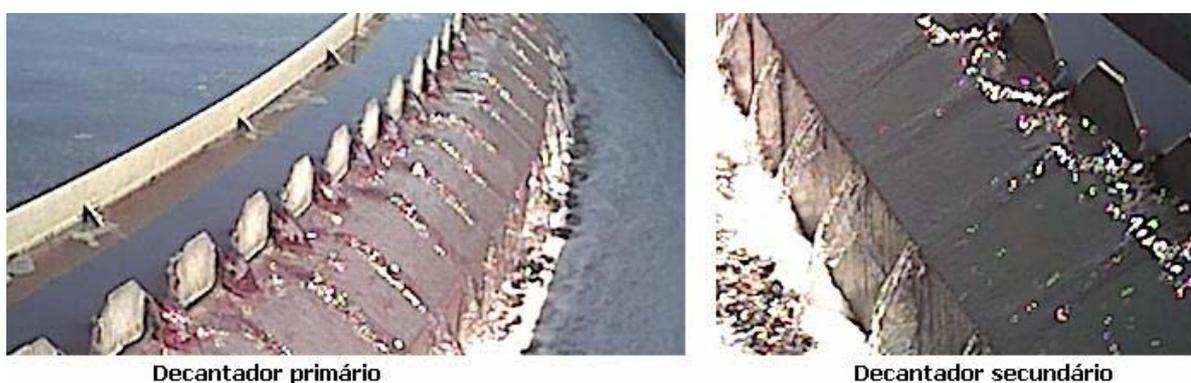


Figura 5.110 – Efluente na saída dos decantadores primário e secundário
Fonte: Primária

Percebe-se pela figura 5.110 que a necessidade do sistema em melhorar o processo físico-químico para remoção de carga orgânica e inorgânica acabou por melhorar a qualidade da remoção de cor. Mesmo tendo-se que atender apenas à ausência de cor na diluição 1/10, visualmente se percebeu que a remoção é bem superior a este parâmetro estabelecido.

Nas condições em que se trabalha no físico-químico é inevitável a formação de um grande volume de lodo, algo em torno de 50 ton./dia, material que é estabilizado com cal virgem e depois enviado para uso agrícola (adubação). A valorização do lodo é realizada por uma empresa tercerizada. A questão da disposição agrícola do lodo é interessante, pois pelo que se pode perceber, os sistemas de tratamento integrado, como este e o das unidades do SIDVA, são autorizados pelo órgão ambiental e o Ministério da Saúde para a referida disposição, enquanto para as indústrias têxteis isto ainda não está sendo permitido e a disposição deve ser feita em aterros industriais. Esta situação é estranha, pois mais de 70% do efluente tratado tem origem têxtil, logo a característica do lodo gerado é basicamente têxtil.

A existência de comunidade próxima à unidade faz que haja algumas reclamações com relação ao odor, que, segundo uma das entrevistadas, deve-se ao excesso de lodo; este às vezes permanece na unidade por um período superior a 24 horas e assim acaba por produzir algum odor mais intenso. Sempre que surgiu este tipo de problema a solução foi retirar o lodo o mais rapidamente possível. Em relação à ação do órgão ambiental, sua atuação foi referida como rigorosa e responsável, sem qualquer reclamação a respeito dos fiscais. Informaram ainda que nestes 5 anos de operação, apesar das dificuldades em se atingirem alguns parâmetros de lançamento, a empresa concessionária nunca sofreu nenhum tipo de multa.

A entrevistada responsável pela empresa concessionária ressaltou que a empresa tem dificuldades com os seus custos na administração do sistema, e com o vencimento da concessão a perspectiva de a empresa continuar a administrar o sistema de tratamento é muito remota. Somente com mudanças significativas na formação dos custos é que tal tendência pode se reverter. Por outro lado, segundo seu entendimento, a pressão, principalmente por parte dos empresários, deverá ser muito forte na tentativa de se evitar qualquer alteração no valor cobrado pelo tratamento. O sistema de tratamento não contribui para se atingirem custos baixos como os que estão sendo praticados. A princípio a entrevistada desejou não manifestar opinião a respeito do desfecho final de tal situação, apenas afirmou serem complexas as próximas decisões a respeito do sistema.

A outra entrevistada, representante do município, considera que a nova licitação, em que se prevê concessão por um período de 30 anos, permitirá que a empresa vencedora da licitação possa fazer um planejamento de longo prazo e corrigir as deficiências estruturais e operacionais existentes no sistema e assim reduzir os custos de forma a equilibrar financeiramente o sistema.

Pelo exposto, em princípio não existem metas para o sistema, pois o modelo de gestão passa por uma fase de redefinição, em que se busca resolver problemas de concepção de tratamento e também estruturais, além de adequar o valor cobrado dos clientes (população e indústrias) aos custos dos gestores. Quando da pesquisa pôde-se considerar que era um modelo de tratamento de efluentes em xeque.

5.1.21 IPM-07

A empresa foi fundada em 1964, a partir de uma estamparia. Em 1975 se transformou em uma indústria de prestação de serviços de tingimento e acabamento de tecidos do lar (cama, mesa, banho e rendados). A capacidade produtiva é 520 toneladas/mês e atende exclusivamente o mercado português.

O STET existente já teve alguns problemas de ordem estrutural e quando da pesquisa tinha alguns processos desativados. É possível que se transforme o sistema em um pré-tratamento para o SIDVA, pois a empresa considera a ligação à rede integrada uma alternativa viável para a solução dos problemas existente no STET. Ela aguarda a passagem do interceptor pelas imediações da indústria.

Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.111.

Descrição	Dados
Atividade	Tinturaria e acabamento de artigos do lar
Matéria-prima	Tecidos de algodão felpudos e mistura de fibras
Tipo de corante usado	Reativo (90%), disperso e direto (10%)
Tempo de atividade	37 anos
Produção da empresa	600ton/mês ou 20.000Kg/dia
Água industrial e custo	Lençol freático (100%) – baixo
Número de colaboradores	104 total – Área ambiental 4
SGA e ISO 14001	Sim – SGA – Não para ISO 14.001 – É uma meta
Área de tratamento dos efluentes	2.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	Cap. 65m ³ /hora - ≈ 1.560m ³ /dia – Utilização 100%
Consumo específico de água	72L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento, lodos ativados e leito de secagem
Investimento no STET	€\$ 200.000 euros ou U\$ 270.000 dólares
Custo operacional do sistema	Não é calculado
Pré-tratamento	Segregação, peneiramento e homogeneização
Neutralização	CO ₂ puro em tanque de homogeneização
Tratamento biológico–Tipo aeração	Lodos ativados – Aeradores superficiais
Remoção de cor	Não remove a cor do efluente
Tipo de lodo e quantidade	Lodo biológico – recirculação contínua – sem lodo
Secagem do lodo	Não
Disposição do lodo	aterro industrial na Espanha, mas não tem lodo
Automação	Apenas dados <i>on line</i>
Combustíveis nas caldeiras	Gás Natural – Sistema de co-geração

Figura 5.111 - Síntese de dados da empresa IPM-07

Fonte: Primária

O STET implantado em 1982 teve poucas modificações e muitos problemas, que serão relatados na seqüência. Na figura 5.112 é apresentado seu fluxograma esquemático desde 1995.

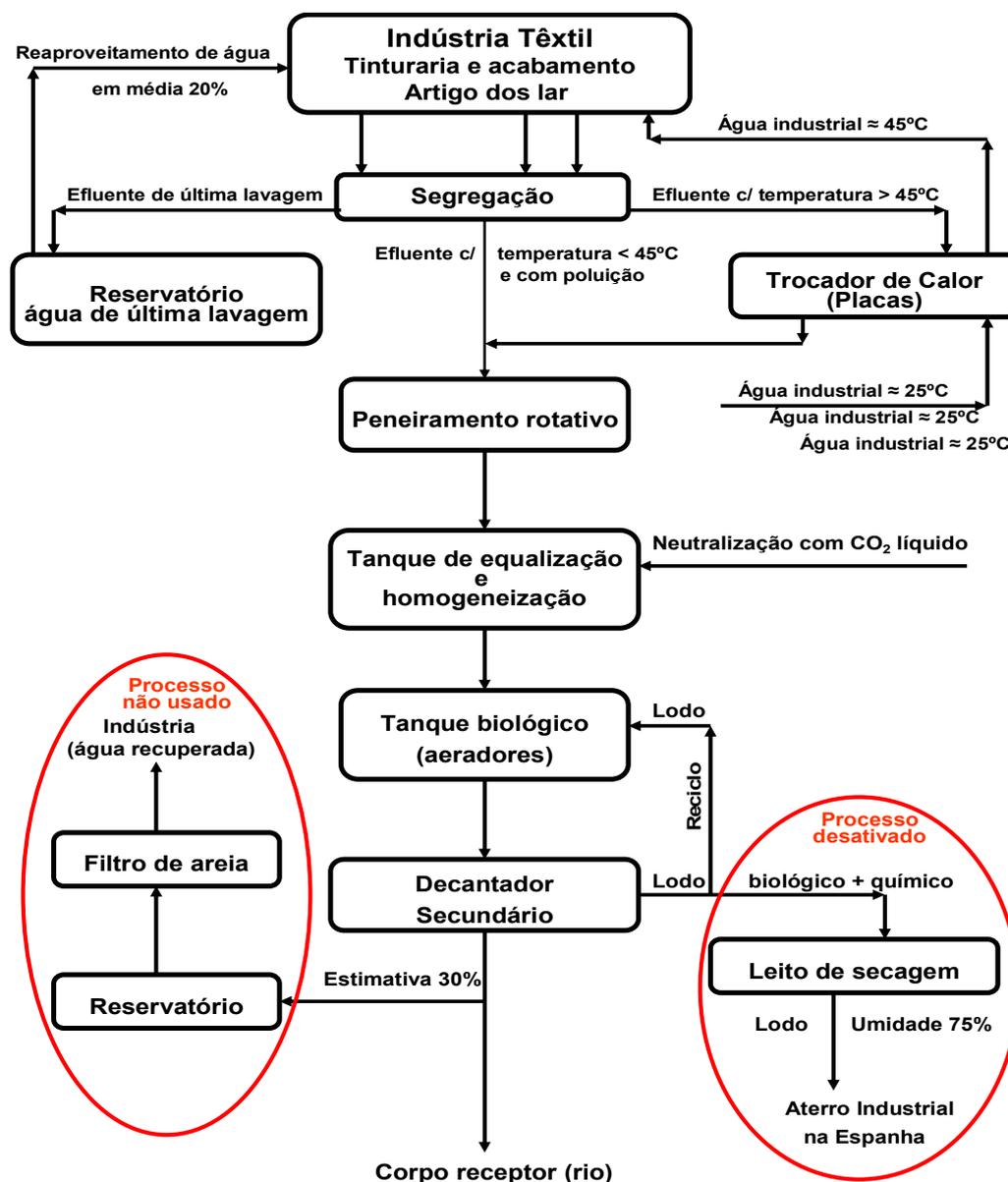


Figura 5.112 – Fluxograma esquemático do STET – IPM-07

Fonte: Primária

É um sistema que desde sua concepção apresentou diversos problemas. O primeiro foi na estrutura dos tanques: durante os testes as paredes não resistiram e se deformaram. Na seqüência o processo destinado à remoção de cor se mostrou ineficiente e acabou nunca sendo usado. Pela figura 5.113 é possível visualizar os leitos de secagem do lodo e perceber que não são usados há muito tempo.



Figura 5.113 – Leito de secagem desativado – IPM-07

Fonte: Primária

O processo de desidratação por leito de secagem se mostrou ineficiente e incapaz de desidratar todo o lodo gerado. Com esse problema, atender ao parâmetro de remoção de carga orgânica e cor se tornou muito difícil, mesmo sendo os parâmetros estabelecidos pela Portaria 423/97 (DBO_5 100mg/L e cor ausente na diluição de 1/40). Mesmo assim o sistema não satisfaz os parâmetros, tanto que a indústria já foi notificada pelo órgão fiscalizador para resolver esses problemas.

Em virtude de não se retirar o lodo em excesso, o tratamento biológico (lodos ativados) fica seriamente comprometido quanto à eficiência, pois a recirculação de 100% do lodo acaba por produzir um colapso (saturação) no sistema.



Tanque biológico (aerador desligado) - detalhe da camada de lodo sobre a superfície do tanque

Figura 5.114 – Tanque biológico – IPM-07.

Fonte: Primária

Pode-se observar pela figura 5.92 que o excesso de lodo que não está sendo retirado acaba flotando, transformando o tanque, que deveria ser aeróbio, em anaeróbio. Para contribuir para esta situação, segundo o entrevistado, o aerador é ligado durante 1 (uma) hora e depois fica desligado durante duas horas. Sem comentários!...

O resultado de todo este conjunto de ações anteriormente mencionado pode ser verificado em uma série (4 amostras) de análises apresentada pelo entrevistado: a média de DBO₅ para efluente bruto é em torno de 255mg/L, enquanto a saída era de 178mg/L. Para a DQO bruta, a média era em torno de 800mg/L e a saída estava em 520mg/L. Na DBO₅ a eficiência é de apenas 30%, enquanto para a DQO a eficiência fica em torno de 35%. As análises apresentadas referem-se ao período de 2000 a 2002, e em nenhuma delas os resultados atendiam aos parâmetros-limites de despejos estabelecidos pela Portaria 423/97. É muito provável que a empresa tenha sido multada algumas vezes em função dos resultados existentes nessas análises.

O que se percebeu durante a pesquisa é que o foco da empresa está na otimização dos processos industriais e na máxima recuperação de água e calor térmico; tanto que recupera o calor dos efluentes quentes (>40°C), através de trocadores de placas, e reúsa em torno de 20% do efluente através da segregação das últimas lavagens do tingimento e acabamento. Confirmando este foco, a empresa participa do projeto Craft junto com o Citeve (centro de pesquisas), cujo objetivo é pesquisar e implantar um sistema que recupere até 90% do efluente tratado. O entrevistado não sabia detalhar com precisão as tecnologias pesquisadas no projeto, mas tudo indica que se baseia em processos avançados de filtração (ultrafiltração e osmose reversa) ou ozonização.

Quanto aos 10% dos efluentes (concentrado dos processos de filtração) não recuperados, a empresa espera poder enviá-los para o SIDVA. Para essa situação o STET existente passaria a ser apenas um pré-tratamento para atender às exigências do SIDVA. A empresa considera que a ligação ao SIDVA resolveria todas as suas dificuldades ambientais em termos de resíduos líquidos. O problema é que o interceptor (coletor) do SIDVA ainda não foi instalado na região, sendo uma promessa para 2006 ou 2007.

Pelo que se percebeu, a empresa tem em parte consciência dos problemas ambientais que são gerados no processo industrial e está preocupada em encontrar uma solução definitiva para a situação. Somente se tem a lamentar a dimensão do tempo necessário para a solução, que em princípio não parece ser curto.

5.1.22 IPM-08

Em função da demanda de confeccionistas de artigos de “*babygrows*”, que é um determinado tipo de malha felpuda destinada à moda infantil, é que esta indústria foi implantada em 1990. A empresa está situada no Extremo Sul do Minho, uma região com poucas indústrias têxteis. A unidade tem capacidade para tingir e acabar 250 toneladas/mês de malha “*babygrows*”.

Em 1997, depois de pressionada pelos órgãos ambientais, a indústria implantou o STET para atender às exigências da legislação quanto ao lançamento de despejos industriais. O diferencial do STET é ter apenas tratamento biológico físico-químico.

Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.115.

Descrição	Dados
Atividade	Tinturaria e acabamento de artigos infantis
Matéria-prima	Malhas felpudas
Tipo de corante usado	Reativo (70%), direto (10%), e outros (20%)
Tempo de atividade	15 anos
Produção da empresa	250ton/mês ou 9.000Kg/dia
Água industrial e custo	Lençol freático (100%) – baixo
Número de colaboradores	60 total – Área ambiental 2 colaboradores
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	3.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	Cap. 40m ³ /hora - ≈ 960m ³ /dia – Utilização 100%
Consumo específico de água	110L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento e físico-químico e centrífuga
Investimento no STET	€\$ 250.000 euros ou U\$ 340.000 dólares
Custo operacional do sistema	€\$ 0,11 euro/m ³ - somente com produtos químicos
Pré-tratamento	Peneiramento e homogeneização
Neutralização	Ácido sulfúrico
Tratamento biológico–tipo aeração	Não possui
Remoção de cor	Remove para atender a legislação – diluição 1/20
Tipo de lodo e quantidade	Lodo químico – 01ton./dia
Secagem do lodo	Não
Disposição do lodo	aterro industrial na Espanha – custo €\$ 100 por tonelada
Automação	Apenas dados <i>on line</i>
Laboratório p/ análises ambientais	Não – trabalho terceirizado

Figura 5.115 - Síntese de dados da empresa IPM-08

Fonte: Primária

O STET, implantado em 1997, pode ser caracterizado como um tratamento físico-químico básico precedido de um tratamento preliminar (peneiramento e homogeneização). Durante estes 8 anos o sistema teve algumas alterações. A primeira foi em relação a desidratação do lodo químico em que o sistema original era composto de um filtro-prensa e foi substituído por uma centrífuga. Conforme pode ser visto na figura 5.116.



Figura 5.116 – Desidratação do lodo químico – IPM-08

Fonte: Primária

A segunda modificação foi a transformação do tanque de homogeneização em tanque de pré-oxigenação. A injeção de oxigênio é feita através de ar difuso (sopradores de ar). Segundo a entrevistada, com a pré-oxigenação a remoção de carga orgânica aumentou em cerca de 10 a 20%.



Figura 5.117 – Tanque de homogeneização com pré-oxigenação

Fonte: Primária

As modificações citadas foram implementadas com o objetivo de melhorar a operacionalidade e a eficiência global do sistema, pois com apenas o tratamento físico-químico não era possível atingir os parâmetros de lançamento estabelecidos pelo Decreto-Lei 74/90, principalmente em termos da remoção DBO₅ e DQO. Com as alterações no sistema o fluxograma esquemático passou a ter a configuração que é apresentada na figura 5.118.

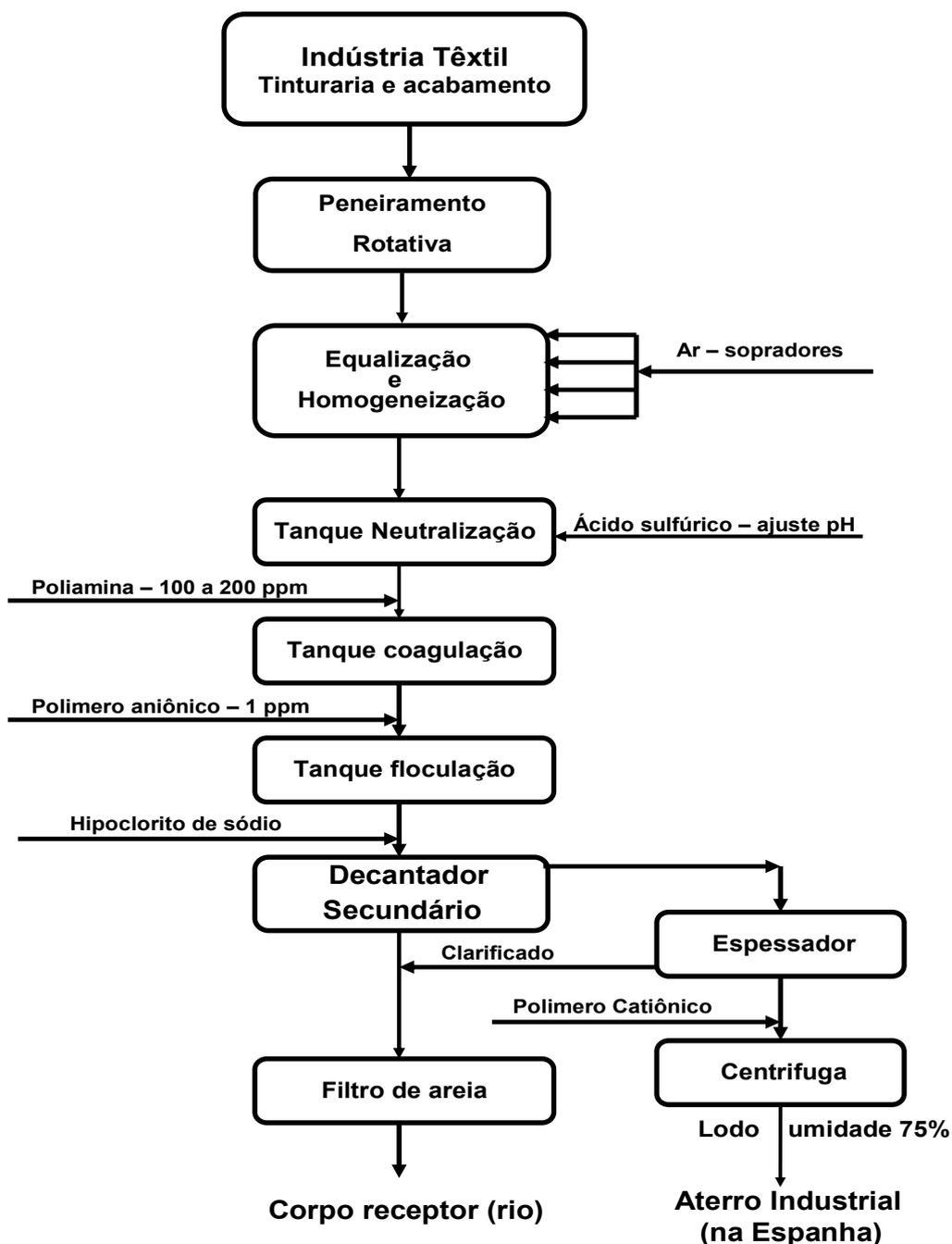


Figura 5.118 – Fluxograma do STET (Processo físico-químico) – IPM-08
Fonte: Primária

Com as alterações realizadas no STET a eficiência melhorou bem, mas ainda contínua baixa, ou seja, entre 50 e 60%. Os parâmetros de lançamento são atingidos mais em função da baixa carga poluente na entrada do sistema que pelos méritos do sistema. O valor da DBO₅ bruta situa-se na faixa entre 90 e 110mg/L, enquanto a DQO está entre 250 e 300mg/L. Assim, com a eficiência citada, podem-se atingir os parâmetros de despejo, que são: DBO₅ inferior a 40mg/L e DQO abaixo de 150mg/L. Questionada quanto à baixa carga do efluente bruto em relação a outras tinturarias, a entrevistada justificou considerando dois pontos. O primeiro é que a indústria tingem exclusivamente malhas para artigos infantis, que usa em geral corante de tons claros (baixa concentração). O Segundo é o controle que se faz em relação aos produtos químicos, dadas as exigências para a manutenção do rótulo Öko-tex-100, em que os produtos e processos devem produzir o mínimo de impacto ambiental.

Em relação à cor, a eficiência já é bem melhor, atingindo valores superiores a 90%, mesmo tendo que apenas atender à ausência de cor na diluição 1/20. Através da figura 5.119 é possível uma comparação visual entre o efluente bruto e o tratado.



Figura 5.119 – Comparação visual de cor entre os efluentes bruto e tratado
Fonte: Primária

Segundo a entrevistada, a meta para melhoria do STET é a implantação do tratamento biológico para a remoção da carga orgânica. Em relação à comunidade, a indústria tem como circunvizinhos os seus próprios colaboradores, o que faz com que, quando há algum problema, eles primeiro venham reclamar para a empresa. Nunca houve qualquer atrito mais sério entre a empresa e a comunidade, assim como também não houve nenhum problema com os órgãos ambientais, tanto em nível municipal quanto em nível de governo central.

5.1.23 IPM-09

Trata-se de uma indústria prestadora de serviços de tingimento e acabamento, localizada na Região de Barcelos. Criada em 1989 por um grupo de confeccionistas para dar suporte às suas atividades, iniciou partir de uma pequena tinturaria, mas cresceu ao longo dos anos e atingiu a produção de 300 toneladas/mês de malhas de algodão e misturas (poliéster e poliamidas).

Desde 1993 a empresa possui um STET, que atende à legislação ambiental. O sistema apresenta um diferencial em função do espaço físico disponível, pois a indústria está localizada muito perto do corpo receptor.

Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.120.

Descrição	Dados
Atividade	Tinturaria e acabamento (prestador de serviço)
Matéria-prima	Malhas de algodão e mistura com poliéster e poliamidas
Tipo de corante usado	Reativos (80%) e outros (20%)
Tempo de atividade	14 anos
Produção da empresa	300ton/mês ou 10.000Kg/dia
Água industrial e custo	Rio (100%) – Não tem tratamento para a água industrial
Número de colaboradores	85 total – Área ambiental 2
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	2.000m ²
Vazão de tratamento da ETE	Cap. 70m ³ /hora - ≈ 1.680m ³ /dia – Utilização 100%
Consumo específico de água	120L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento, físico-químico, lodos ativados e centrífuga
Investimento no STET	<i>Upgrade</i> €\$ 100.000 euros – STET - €\$250.000 euros
Custo operacional do sistema	€\$ 0,10 euros/m ³ - €\$ 5.040 euros/mensais
Pré-tratamento	Peneiramento e homogeneização
Neutralização	Ácido sulfúrico – usa 15 toneladas/mês
Tratamento biológico–tipo aeração	Lodos ativados – ar difuso – aeração prolongada
Remoção de cor	Físico-químico – Legislação – ausência de cor diluição 1/40
Tipo de lodo e quantidade	Lodo químico e biológico – Faz 18 meses que não retira lodo.
Secagem do lodo	Não – Desidratação por centrífuga
Disposição do lodo	aterro industrial na Espanha – custo €\$ 100 por tonelada
Automação	Implantado sistema de controle e automação
Laboratório p/ análises ambientais	Não – trabalho terceirizado
Tipo de caldeiras	Fogo-tubular e usa gás natural

Figura 5.120 - Síntese de dados da empresa IPM-09

Fonte: Primária

Como esta indústria foi construída a partir de uma pequena tinturaria, montada em tempos em que não se tinha preocupação com os efluentes, a unidade industrial foi implantada muito próximo à margem do rio. Em 1993 já foi difícil encontrar espaço para a implantação dos tratamentos preliminar e físico-químico, mas o problema mais sério surgiu em 2000, quando se implantou o tratamento biológico. A figura 5.121 mostra os tanques do STET instalados na margem do corpo receptor.



Figura 5.121 – Tanque biológico próximo à margem do rio – IPM-09
Fonte: Primária

A situação mostrada na figura 5.121 fez com que o STET tivesse um investimento em edificações muito maior que o normal, pois as estruturas das obras civis precisam ser reforçadas para suportar o peso dos efluentes.

O sistema projetado em 1993 tornou-se inadequado às necessidades da indústria, porque acabava produzindo lodo químico em excesso (50toneladas/mês) e o aumento das cargas hidráulica e orgânica decorrente do aumento da produção estava inviabilizado atender aos parâmetros de despejo. Assim em 2000 o sistema foi ampliado de 30 para 70m³/hora e se alterou a concepção do sistema de físico-químico para biológico. O processo adotado foi o de lodos ativados com aeração prolongada e injeção de ar por meio de sopradores. Um fato peculiar neste *upgrade* é que o projeto do STET foi desenvolvido pelo diretor administrativo, que possuía experiências anteriores na área de tratamento de efluentes de indústrias têxteis. O investimento no sistema foi de €\$ 100.000 euros e o fluxograma esquemático da nova concepção pode ser visto através da figura 5.122.

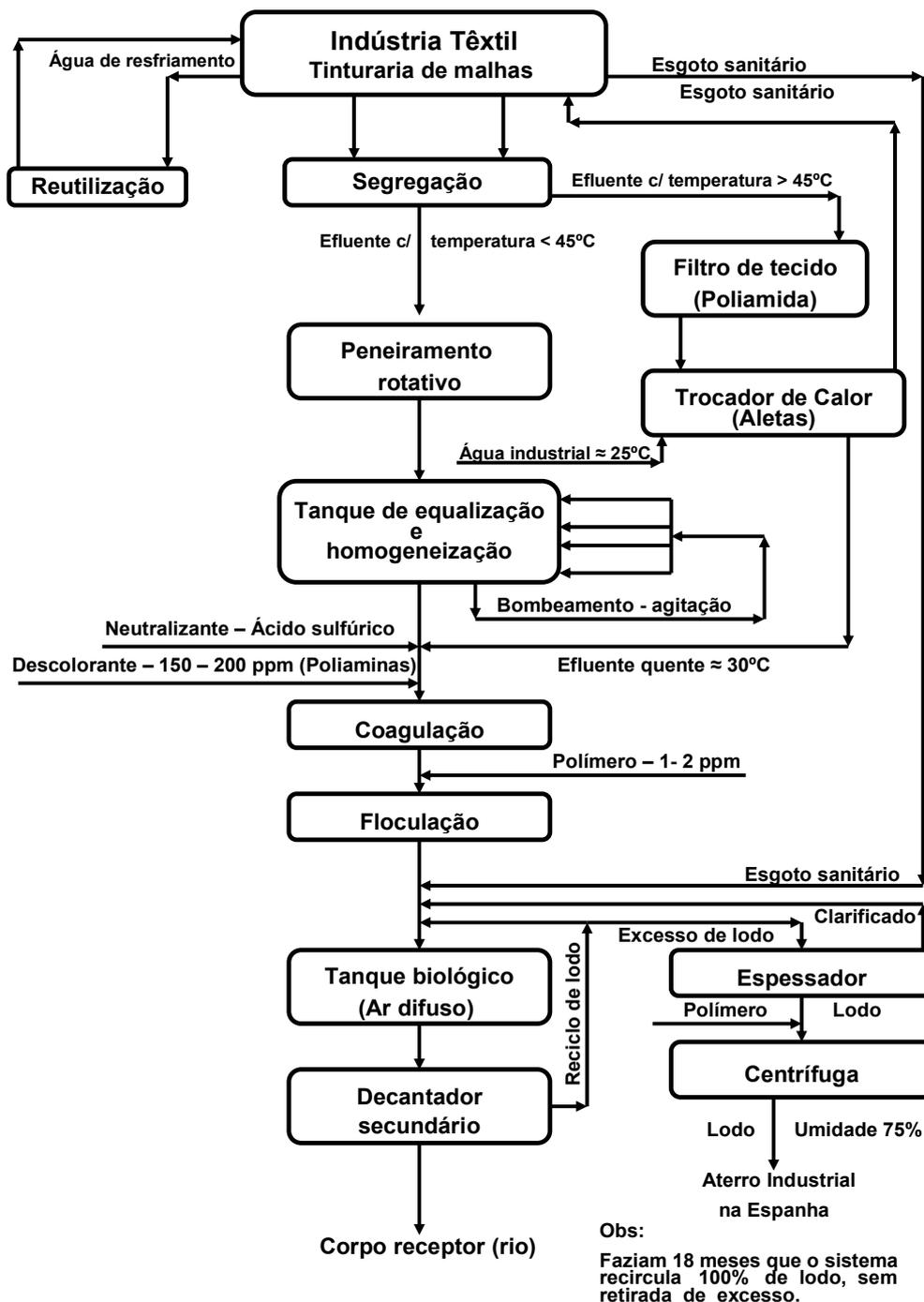


Figura 5.122 – Fluxograma esquemático da IPM-09
Fonte: Primária

Questionado sobre a recirculação contínua no lodo no tratamento biológico, o entrevistado respondeu que é uma ação que ainda não foi necessário executar, pois até aquele momento não estava havendo perda de sólidos no decantador secundário. Além disso a eficiência global do sistema continuava a atender à legislação (DQO bruta de 800mg/L e tratada entre 100 e 120mg/L - eficiência 87%).

O fato mais estranho nesta situação de não se eliminar o lodo é que o sistema remove cor e o faz através de descolorante (150 – 200 ppm), o que em geral produz uma quantidade significativa de lodo químico, que precisa necessariamente ser eliminado do sistema. Poder-se-ia até compreender esta situação na ausência de lodo químico, o que em termos legais não prejudicaria o lançamento dos despejos, uma vez que a indústria precisa apenas atender à Portaria 423/97, que exige ausência de cor após diluição de 1/40. A hipótese de não-geração de lodo (principalmente químico) pela baixa remoção de cor pode ser reforçada ou até mesmo explicada pelos baixos custos operacionais do sistema, os quais estão na faixa de 0,10 euro por metro cúbico.

Outro fato curioso a se destacar no sistema é um filtro tipo coador usado antes do trocador de placa (recuperação de calor), desenvolvido na própria indústria. O material do filtro é um tecido de poliamida comum (matéria-prima da tinturaria). Segundo o entrevistado, o material do filtro tem um baixo custo e apresenta uma boa eficiência na proteção do trocador. A figura 5.123 mostra a posição do filtro no sistema e o material que é utilizado para a confecção do coador (filtro).



Figura 5.123 – Filtro de proteção do trocador de placa da IPM-09
Fonte: Primária

Questionado sobre a existência de SGA ou ISO 14.001, informou que a empresa possui o rótulo Öko-tex-100 e que está em processo de implantação da SGA visando no futuro à certificação ambiental ISO 14.001.

Em termos de reciclagem a empresa executa um trabalho de coleta seletiva de todos os materiais recicláveis existentes na indústria. A figura 5.124 mostra alguns materiais já separados e o *contêiner* para armazenamento e transporte de lixo.



Figura 5.124 – Separação do lixo – coleta seletiva na IPM-09
Fonte: Primária

Perguntado sobre a existência de comunidade vizinha à indústria e já ter havido alguma reclamação referente ao problema ambiental, o entrevistado respondeu que são poucas as famílias que residem próximo à indústria, mas que já houve uma reclamação com relação ao ruído gerado pelo soprador de ar (tanque biológico). A empresa compreendeu que a reclamação era procedente e o problema foi resolvido através do isolamento do equipamento e da instalação de um abafador de ruído.

A respeito dos órgãos ambientais, o entrevistado considera que em Portugal estes órgãos acabam sendo mais exigentes com as empresas que procuram cumprir a legislação e acabam fazendo “vistas grossas” para as que poluem. Mencionou que as empresas que buscam a certificação ISO 14.001 acabam sendo as mais sacrificadas pelas fiscalizações, o que se torna fator desestimulante no processo de aperfeiçoamento das práticas ambientalmente corretas; as ressaltou que, apesar da incoerência da situação, isto tudo faz parte do jogo comercial existente no segmento industrial têxtil.

Em termos de metas a curto prazo, a principal e já em processo de implantação é o controle e automação de todo o STET. Os dados serão obtidos de forma “*on line*” e as operações poderão ser programadas e executadas através de um *software* específico. A médio e longo prazos a meta é a busca contínua pela otimização do custo operacional e a melhoria do desempenho do STET.

5.1.24 IPM-10

Esta é uma indústria de tingimento e acabamento pertencente ao um dos maiores grupos têxteis de Portugal. A origem do grupo é da década de 1930, mas no segmento de tingimento e acabamento a primeira experiência só foi acontecer em 1959, com uma fábrica de tingimento de fios, depois em 1964 com os tecidos planos e somente em 1988 com as malhas. Com capacidade para processar 900 toneladas/mês, atua tanto no mercado interno quanto no externo.

A empresa está na região de abrangência do SIDVA e desde 1998 encontra-se ligada ao interceptor deste sistema. Sem a preocupação de ter um STET completo, a empresa busca a minimização e a recuperação de subprodutos como forma de reduzir seus custos industriais e encargos com responsabilidade ambiental.

Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.125.

Descrição	Dados
Atividade	Tinturaria e acabamento (grupo verticalizado)
Matéria-prima	Tecido e malhas de algodão e algumas mistura de fibras
Tipo de corante usado	Reativo (80%) e outro (20%)
Tempo de atividade	Grupo com 66 anos – tingimento e acabamento com 39 anos
Produção da empresa	900ton/mês ou 30.000Kg/dia
Água industrial e custo	Rio (100%) – tratamento convencional - €\$ 0,05/m ³
Número de colaboradores	Grupo com 2.306 e unidade pesquisada 302 – ambiente 03
SGA e ISO 14001	SGA implantado e ISO 14.001 em implantação
Área de tratamento dos efluentes	800m ²
Vazão de tratamento do STET	Cap. 120m ³ /hora - ≈ 2.880m ³ /dia – Utilização 100%
Consumo específico de água	95L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento e neutralização
Investimento no STET	€\$ 900.000 euros - Tecnologias de minimização de impacto
Tecnologias de minimizações	Recup. de soda – Neutralização c/ gases combustão e reuso
Custo operacional do sistema	€\$ 0,37/m ³ + adic. Pré-trat. €\$ 32.040 euros/mês
Pré-tratamento	Peneiramento – homogeneização – Neutralização
Neutralização	Gases de combustão das caldeiras
Despejo final	SIDVA
Recuperação de soda	Sim – sistema Kasag
Laboratório p/ análises ambientais	Não – trabalho terceirizado
Energia elétrica e térmica	Caldeiras com nafta

Figura 5.125 - Síntese de dados da empresa IPM-10

Fonte: Primária

Por muitos anos a empresa executou apenas o pré-tratamento, pois sempre esteve à espera da implantação do SIDVA. Questionados quanto à posição do órgão ambiental durante este período em que os despejos foram feitos sem tratamento, os entrevistados responderam que a empresa recebia pequenas multas, valores entre 3.000 e 5.000 euros por ano. O pré-tratamento é realizado desde meados da década de 1980, mas dessa época até o momento da pesquisa foram diversos os investimentos no pré-tratamento e no processo têxtil, visando à redução do volume de efluente e à recuperação de subprodutos como forma de minimizar os impactos produzidos pela indústria.

O primeiro investimento significativo ocorreu em 1987, através da recuperação de soda cáustica, e assim se tornou uma das primeiras indústrias têxteis portuguesas a executarem esse tipo de ação ambiental. Naquela época a novidade foi conhecida em uma feira de equipamentos têxteis e o investimento foi equivalente a cerca de 300.000 euros. Ao longo desses 17 anos o equipamento precisou de uma boa reforma, pois foi necessária a troca de dois estágios de evaporação. Mas, segundo os entrevistados, é um equipamento que recupera em torno de 50 a 60% da soda consumida diariamente, o que equivale a cerca de 1.500 a 2000kg/dia, e opera com regularidade há muitos anos. A direção da empresa considera que foi um investimento altamente rentável.



Figura 5.126 – Equipamento de recuperação de soda cáustica na IPM-10
Fonte: Primária

O segundo investimento ocorreu em 1998. Trata-se de um equipamento de neutralização de efluente bruto que utiliza gases de combustão proveniente das caldeiras de vapor, usadas na co-geração de energia elétrica e vapor saturado para o setor de tingimento. Iniciativa também pioneira entre as indústrias têxteis portuguesas, teve um investimento equivalente a 350.000 euros. O princípio da neutralização é a utilização dos gases de combustão das caldeiras como agente neutralizante (CO_2 gasoso) que reage com o efluente e gera ácido carbônico. O equipamento é de origem francesa e basicamente filtra os gases de combustão e os comprime para depois serem injetados no efluente do tanque de homogeneização. O processo de injeção se dá através da recirculação do efluente pelo equipamento de neutralização. Quando se perguntou aos entrevistados se a quantidade de gás era suficiente para neutralização total dos efluentes, responderam que sim, pois a empresa possui desde de 1995 um sistema de co-geração de energia elétrica, e assim o volume de queima de combustível (nafta) é muito superior ao necessário apenas para a carga térmica da indústria. Como a região dispõe de gasoduto (gás natural), foi questionado o porquê de esse tipo de combustível não ser usado, se é muito menos poluente do que a nafta. A resposta foi que em Portugal o custo do gás natural é incompatível com uma taxa de retorno financeira aceitável para a co-geração. Não obstante, mencionaram que alguns dos equipamentos industriais, como a rama, utilizam o gás natural. Através da figura 5.127 se tem a imagem do equipamento de recuperação de soda cáustica (lixiviado).



Figura 5.127 – Equip. de neutralização por gases de combustão – IPM-10
Fonte: Primária

Desde 1998 a empresa está ligada ao interceptor de efluente do SIDVA. Para a descarga no sistema o efluente bruto deve atender a alguns parâmetros, como SST máximo de 1.000mg/L, DBO₅ e DQO máxima de 500 e 1.500mg/L, respectivamente, além do pH ≤ 9,5. Para atender à exigência a empresa dispõe de um pré-tratamento (remoção de sólidos grosseiros, homogeneização e correção do pH). A figura 5.128 mostra o fluxograma esquemático do sistema de pré-tratamento.

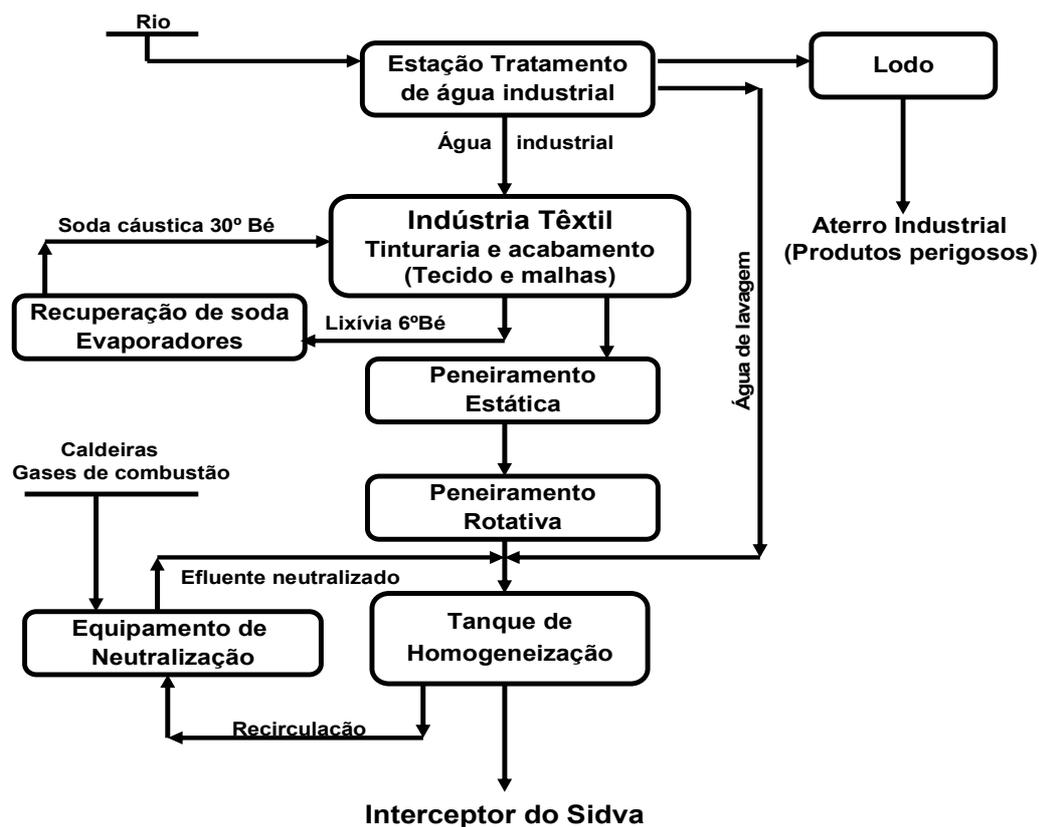


Figura 5.128 – Fluxograma esquemático da IPM-10
Fonte: Primária

Os entrevistados relatam que por algumas vezes se tornou difícil o cumprimento das exigências do SIDVA, principalmente em relação à condutividade e a DBO₅; mas que os representantes do SIDVA tiveram sempre abertos a discussão e a negociação a respeito desses parâmetros. Na opinião dos entrevistados o valor máximo para a DBO₅ de 500mg/L, admitido pelo SIDVA é muito baixo, gerando até uma certa incoerência, pois para valores acima desta referência a empresa teria que ter um tratamento biológico e assim passaria a existir a seguinte dúvida, já que se precisa de um tratamento biológico para uma pequena redução não seria viável um tratamento completo?

É importante registrar um depoimento dado pelos entrevistados refere-se ao SIDVA. Contextualizado a situação, a indústria capta no rio Ave toda a água industrial e antes do SIDVA entrar em operação estava muito difícil o tratamento da água, devido ao excesso de poluição. Em 1997 a indústria chegou a parar o processo industrial por alguns dias porque a água do rio Ave se encontrava em péssimo estado. Mas segundo os entrevistados a partir de 1998, com o SIDVA em operação, a qualidade da água do rio melhorou e não precisou interromper mais a produção.

Pelo serviço de tratamento o SIDVA a empresa paga €\$ 0,37 euro/m³. Considerando o pré-tratamento, estima-se que o valor chegue mais de €\$ 0,40 euros/m³. Segundo os entrevistados, entre 1998 e 2001 a indústria gerava em torno de 150m³/hora de efluente, considerando 30 dias trabalho o custo pelo tratamento superava os €\$ 43.000 euros/mensais. Valor considerado excessivo pela direção da empresa.

Na tentativa de minimizar os custos com tratamento, em 2002, iniciou-se o processo de implantação do SGA, que a princípio não foi recebido com entusiasmo pela maioria dos colaboradores. Mas independente dos problemas iniciais o projeto tinha duas metas principais: a primeira era reduzir o volume de efluente gerado e a segunda era obter a certificação ISO 14.001. A primeira foi atingida já em 2002, com investimentos de €\$ 250.000 euros para a otimização do processo industrial por meio de controle e automação das máquinas de tingimento e acabamento, visando principalmente o reaproveitamento das cargas térmicas e de todas as águas usadas nos arrefecimentos. Assim a geração de efluente que era de 150 passou para 120m³/hora, uma redução de 25%, ou seja, aproximadamente €\$ 10.000 euros/mês. Valor que viabilizou perfeitamente o investimento. A segunda meta ainda não se efetivou, pois a implementação da certificação ISO 14.001 é complexa e carece de toda a uma metodologia operacional e conceitual.

A respeito da comunidade, os entrevistados mencionaram que a empresa nunca teve problema com os seus vizinhos, mesmo porque a comunidade tinha conhecimento o tratamento dependia do SIDVA. Questionada a atuação dos órgãos ambientais, os entrevistados afirmaram que depois de 1998 (ligação ao SIDVA) a fiscalizações dos efluentes líquidos passaram a ser esporádicas. A fiscalização passou a ser mais em relação aos efluentes gasosos (gases de combustão).

5.1.25 IPM-11

A origem dessa empresa foi em 1980. Era uma pequena confecção, que na seqüência dos anos se ampliou e instalou também uma unidade de malharia. Em 1998 acabou implantando a unidade de tingimento e acabamento de malhas. A capacidade de processamento da tinturaria é de 240 toneladas/mês, tendo como principal matéria-prima a fibra de algodão; mas também processa outras fibras, como poliéster e poliamida. Seu foco comercial é a exportação para a CE.

Na questão ambiental esta empresa apresenta uma situação “*sui generis*” em relação a todas as outras que fazem parte da pesquisa, pois ela tem apenas o pré-tratamento e na seqüência o efluente é despejado diretamente no corpo receptor. A razão de tal procedimento é uma pendência técnica e jurídica com o SIDVA.

Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.129.

Descrição	Dados
Atividade	Tinturaria e acabamento (grupo – confecção e malharia)
Matéria-prima	Tecido e malhas de algodão e algumas mistura de fibras
Tipo de corante usado	Reativo (90%), direto (5%) e outros (5%)
Tempo de atividade	Grupo 24 anos – tingimento e acabamento com 06 anos
Produção da empresa	240ton/mês ou 8.000Kg/dia
Água industrial e custo	Nascente, poço artesiano e captação de rio – custo baixo
Número de colaboradores	Grupo com 98 e ambiente 02
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	3.000m ²
Vazão de tratamento do STET	Cap. 30m ³ /hora - ≈ 720m ³ /dia – Utilização 100%
Consumo específico de água	95L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento e neutralização
Investimento no STET	€\$ 100.000 euros – somente o pré-tratamento
Tecnologias de minimizações	Recuperação de calor
Custo operacional do sistema	Muito baixo – somente custo de energia (peneiras)
Pré-tratamento	Peneiramento – homogeneização – Neutralização
Neutralização	Gás carbônico – CO ₂ líquido – sistema desativado
Despejo final	Corpo receptor
Laboratório p/ análises ambientais	Não – trabalho terceirizado
Energia elétrica e térmica	Co-geração – combustível – Gás natural

Figura 5.129 - Síntese de dados da empresa IPM-11

Fonte: Primária

Em 1998, quando da instalação da tinturaria, a direção da empresa procurou a o SIDVA para viabilizar do tratamento dos efluentes líquidos, haja vista que estava prevista a passagem do interceptor próximo à área industrial da empresa. Na época foi firmado um contrato entre a empresa e o SIDVA, em que a empresa que trata os efluentes se comprometia a disponibilizar o interceptor para ligação por parte da indústria até meados de 1999. A tinturaria se comprometeu a construir o pré-tratamento para atender aos parâmetros exigidos pelo SIDVA. A unidade de pré-tratamento foi construída conforme fluxograma esquemático da figura 5.130.

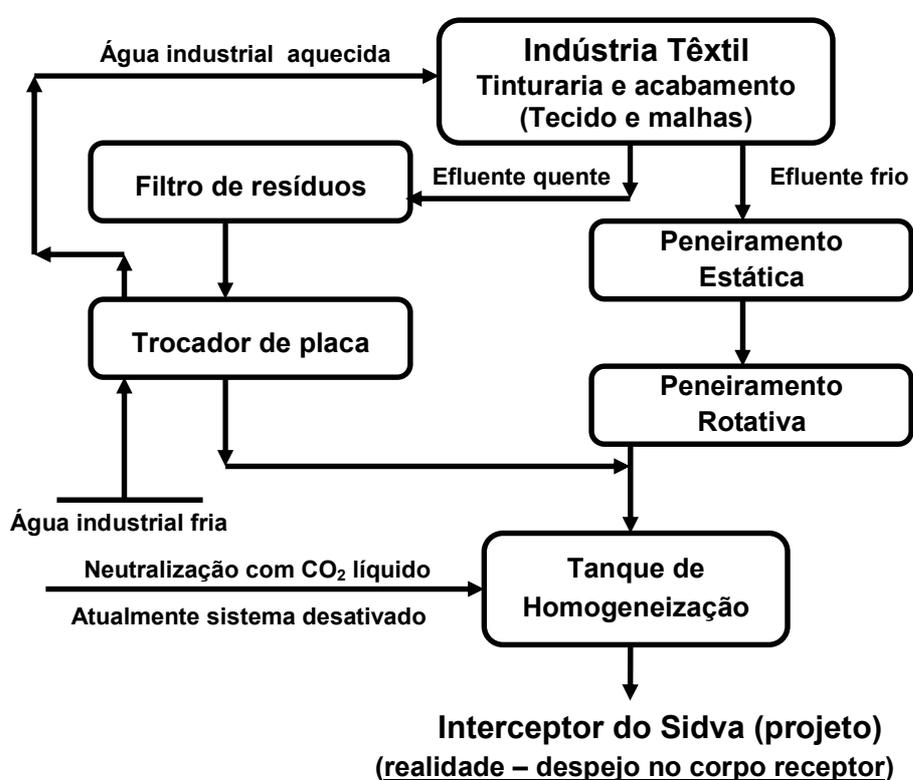


Figura 5.130 – Fluxograma do pré-tratamento do efluente IPM-11

Fonte: Primária

O pré-tratamento desenvolvido foi muito simples. O efluente é segregado em correntes fria e quente para o reaproveitamento do calor existente nas águas de tingimento. Na seqüência se filtra o efluente quente, enquanto o frio é gradeado e peneirado; depois dessas etapas eles se juntam no tanque de homogeneização (sem qualquer tipo de agitação). A neutralização, inicialmente prevista por meio de CO₂ puro, nunca foi usada, porque o pH do efluente bruto nunca foi superior a 9,0. Assim a empresa fornecedora do gás acabou por desativar o sistema.

A figura 5.131 mostra o tanque de homogeneização para enfatizar que se trata apenas de tanque de acumulação.



Figura 5.131 – Tanque de homogeneização – efluente colorido e sem agitação
Fonte: Primária

É perfeitamente visível que com apenas o pré-tratamento não se possam atingir os parâmetros de despejos exigidos pela legislação portuguesa. Talvez os parâmetros de coleta exigidos pelo SIDVA sejam cumpridos (não se teve acesso a resultados de análises), mas isto não significa nada em termos de redução de impacto ambiental.

Segundo o entrevistado, a empresa tem consciência de que está causando um impacto ambiental, mas justifica a situação como algo que não depende apenas dela. Existe toda uma situação criada em função da quebra de contrato por parte do SIDVA. O acordado era que até meados de 1999 o interceptor estaria disponível à empresa para ligação, mas no momento da pesquisa isto ainda não havia se concretizado e - o pior - nem havia previsão para tal. No entender da direção da empresa o SIDVA é o responsável pelo impacto ambiental. E complementa “.....a lei ambiental portuguesa é a responsável por situações como esta que vivemos.”

No dilema apresentado pela empresa, o SIDVA está sempre estabelecendo um novo prazo para o cumprimento do acordo, assim não se justificaria um investimento de 500.000 euros em um STET para depois fazer a ligação ao SIDVA. É uma situação que se pode dizer que é complicada, mas já durava mais de 5 anos. E o ambiente durante este tempo como ficou?

O fato intrigante nessa história é que a empresa está localizada a aproximadamente 500 metros a jusante de uma unidade de tratamento do SIDVA, e para esta situação seria necessário um bombeamento para a unidade. Também existe a possibilidade de se ligar ao interceptor de outra unidade do SIDVA, que se encontra a 1.800m a jusante da empresa, e para esta situação o efluente poderia até ser enviado por gravidade. Em princípio, considerando-se a vazão de 30m³/hora, que não é elevada, o efluente poderia ser encaminhado ao interceptor através de uma tubulação de 4 polegadas, o que não exigiria investimento significativo. No entendimento do entrevistado o custo é alto, porque a empresa considera a execução do interceptor com as características originais do projeto do SIDVA, e neste caso o custo é realmente significativo. Enquanto isto o despejo é realizado diretamente no corpo receptor, como pode ser visto pela figura 5.132.



Figura 5.132 – Ponto de despejo de efluente apenas pré-tratado – IPM 11
Fonte: Primária

Pela figura 5.132, percebe-se que visualmente o impacto não é muito grande, haja vista que o rio já se encontra muito poluído (cor avermelhada) antes mesmo de chegar às imediações da indústria.

O entrevistado mencionou que a empresa já realizou estudos de caracterização do efluente bruto com o objetivo de viabilizar um STET completo. Empresas têxteis da Alemanha, Itália e Espanha foram visitadas com o objetivo de conhecê-las e decidir pelo melhor sistema de tratamento. A maioria das empresas visitadas usa tratamento biológico (valo de oxidação) seguido de físico-químico (flotação); mas efetivamente não houve nenhuma decisão a respeito da implantação de um STET.

Questionado sobre a posição do órgão ambiental com respeito a todo esse problema, o entrevistado respondeu que ele tem conhecimento da situação, por várias vezes a empresa e o SIDVA foram pressionados por ele, mas continua-se a esperar uma solução. Em termos de atuação, apenas recentemente é que se recebeu uma notificação cobrando uma providência quanto aos despejos líquidos e dando um prazo final para a solução do problema. Outra questão dizia respeito à ação dos fiscais. O entrevistado manifestou o desejo de não fazer qualquer comentário a este respeito.

Em termos de emissões gasosas, a indústria executa um monitoramento rigoroso. Este programa está associado à co-geração de energia elétrica existente na indústria e tem como objetivo minimizar os impactos atmosféricos. Desde 1998 o óleo BPF foi substituído pelo gás natural, mesmo tendo este um custo superior.

A comunidade vizinha da indústria é muito reduzida, mesmo porque o maior vizinho é uma unidade do SIDVA. O entrevistado mencionou que antes da substituição do óleo BPF pelo gás natural houve uma reclamação a respeito da fuligem gerada pelo BPF, mas depois da alteração não se teve mais qualquer reclamação. Mencionou também que a indústria mantém um rígido controle sobre os ruídos, pois os considera um elemento que pode incomodar a comunidade.

Foi perguntado ao entrevistado o que seria mais vantajoso para empresa: ligar-se ao SIDVA ou ter um STET independente. Ele respondeu que o preço praticado pelo SIDVA é elevado, tanto que se expressou da seguinte forma “.....eles estão a ganhar muito dinheiro”; mas quanto a se ter um STET independente, este exige um bom investimento, o que também é difícil para a empresa. Considera que a melhor solução seria obter uma fonte de financiamento para STET nos moldes da que havia alguns anos atrás, em que o financiamento de 50 a 70% era a fundo perdido. Desta forma o investimento para a empresa seria pequeno e os custos operacionais do STET seriam inferiores aos cobrados pelo SIDVA.

A meta a curto prazo seria melhorar o pré-tratamento através de uma oxigenação no tanque de homogeneização; e aguardar a ligação com o SIDVA.

5.1.26 IPM-12

Trata-se de uma indústria fundada na década de 1970 para tingir os tecidos de uma camisaria. A partir de 1977 passou a atuar no segmento de prestação de serviços de tingimento e acabamento de tecidos planos e malhas. A indústria tem capacidade de processar 360 toneladas/mês de diversos tipos de fibra como algodão, poliéster, poliamida, tanto em tecido quanto em malha.

Em termos ambientais é uma empresa que está ligada ao SIDVA, mas está sempre desenvolvendo pesquisas com o objetivo de reduzir o consumo de água por meio de recirculação de parte dos efluentes. A entrevistada (diretora) nesta pesquisa participou intensamente das discussões nas comissões de criação do SIDVA, desta forma esta entrevista também contribuiu em parte para o entendimento do processo de consolidação do SIDVA na visão dos empresários portugueses. Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.133.

Descrição	Dados
Atividade	Tinturaria e acabamento (prestação de serviço)
Matéria-prima	Tecido e malhas de algodão e algumas mistura de fibras
Tipo de corante usado	Reativos (80%) e outros (20%)
Tempo de atividade	33 anos
Produção da empresa	360ton/mês ou 12.000Kg/dia
Água industrial e custo	Rio (95%) e (5%) de poço artesiano (acabamento específico)
Número de colaboradores	Global 160 e o ambiente 02
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	3.000m ²
Vazão de tratamento do STET	Cap. 75m ³ /hora - ≈ 1.800m ³ /dia – Utilização 100%
Consumo específico de água	150L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento e neutralização
Investimento no STET	€\$ 500.000 euros – Pré-tratamento e recuperação água
Tecnologias de minimizações	Recuperação de calor
Custo operacional do sistema	€\$ 0,37/m ³ (SIDVA) + €\$ 0,13/m ³ (indústria)– total €\$ 0,50/m ³
Custos mensais de operação	€\$ 20.000/mês euros (SIDVA) - €\$ 7.000/mês (indústria)
Pré-tratamento	Peneiramento – homogeneização – Neutralização
Neutralização	Sistema projetado para ácido sulfúrico – usa muito pouco
Despejo final	Ligado ao SIDVA
Recuperação de água	Sim – sistema automatizado de recuperação

Figura 5.133 - Síntese de dados da empresa IPM-12

Fonte: Primária

Como a entrevistada havia participado das discussões referentes à implantação do SIDVA, primeiro se perguntou quais eram os tratamentos que as empresas têxteis realizavam antes de se ligar ao SIDVA, e a resposta foi “nenhum”. Indagada sobre a posição dos órgãos ambientais, informou que estes se limitavam a emitir licenças de despejo de efluente nos rios, sem qualquer tipo de tratamento. Relatou que a proposta do SIDVA foi iniciativa governamental, dado que 99% das indústrias têxteis e 100% do esgoto sanitário não eram tratados. Assim o SIDVA passou a ser uma alternativa rápida para atingir todas as empresas e a população ao mesmo tempo, e além disso a CE financiava obra com um bom percentual a fundo perdido.

A empresária lamenta apenas dois fatos. O primeiro é que as indústrias têxteis, o maior segmento industrial envolvido, nunca foi bem informado a respeito dos custos que teria com o sistema. Somente com a licitação operacional do sistema é que veio a saber os verdadeiros custos, que, na sua opinião, são “...um pouco elevados”. O segundo fato, e esse mais grave, é que os recursos financeiros foram aplicados de forma equivocada, tanto que a construção de parte do sistema acabou não sendo concluída (parte de interceptores). Afirmou a entrevistada a que “...o recurso daria para fazer tudo e ainda mais”. Como isto não ocorreu, parte dos empresários tem um custo elevado com a ligação ao SIDVA e outra parte está isenta da ligação à rede pela falta dos interceptores, o que produz um desequilíbrio comercial significativo. Ressalta que esse problema ocorre também em nível da CE, que exige de seus membros responsabilidade ambiental, mas não o faz de parceiros econômicos como a Ásia e Leste Europeu, onde a responsabilidade ambiental não é cobrada.

Questionada sobre o porquê de considerar os custos ambientais elevados, respondeu que a sua indústria gasta cerca de 0,50 euro/m³ com o tratamento, que envolve a recuperação de água e o SIDVA, e que isto representa de 3 a 4% do custo industrial. Afirmou que este valor é significativo, principalmente quando há alguns empresários que não pagam nada. Então pediu-se a opinião da entrevistada a respeito da qualidade do tratamento efetuado pelo SIDVA, ao que ela respondeu que não é um bom tratamento, porque “...é só ver como está o rio”. Foi então contraposto a sua argumentação o fato de muitas empresas ainda não estarem ligadas ao SIDVA, e ela replicou dizendo ser esta a principal falha do sistema: permitir que alguns despejem os seus efluentes sem qualquer tipo de tratamento.

Através da figura 5.134 é mostrado o fluxograma esquemático do pré-tratamento usado desde 1998.

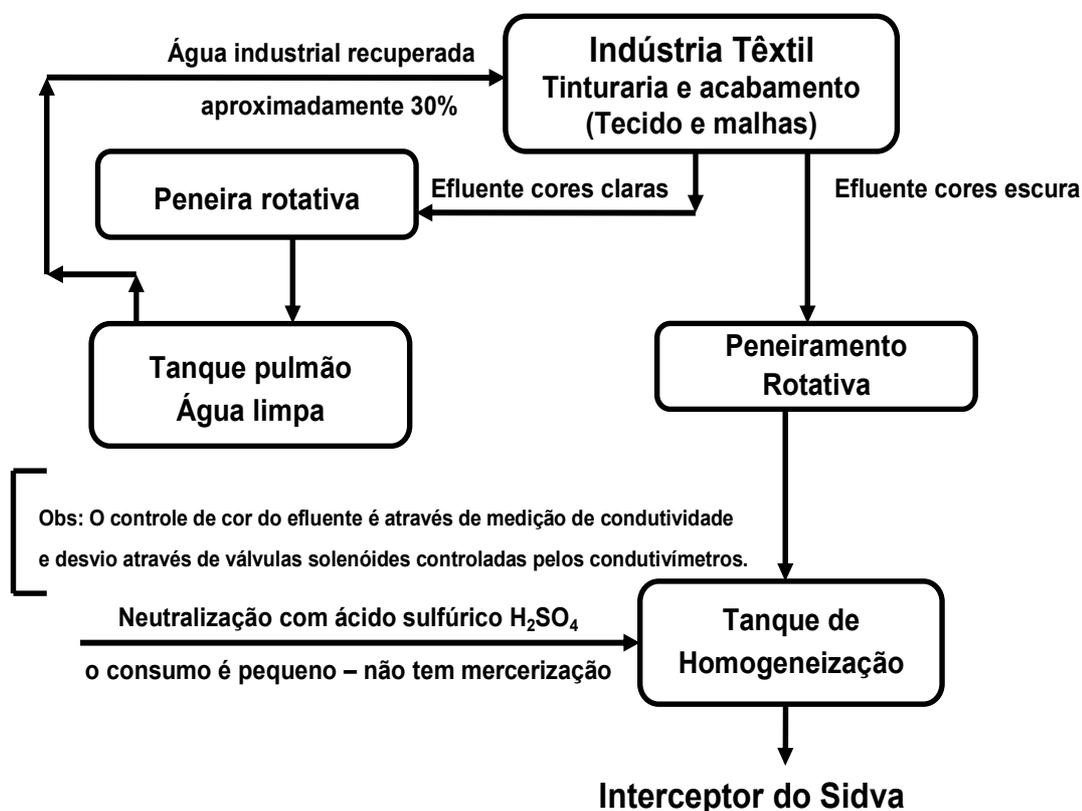


Figura 5.134 – Fluxograma esquemático do pré-tratamento – IPM 12
Fonte: Primária

O estranho no pré-tratamento e reúso de água industrial são os dados de consumo de água - em torno de 150L/kg de tecido - já considerando-se a recuperação de 30% do efluente. Nessa situação, sem a recuperação o consumo deveria estar acima de 180L/kg de tecido, valor bem superior à média das indústrias têxteis similares, que é de 100L/kg de tecido. Mas independentemente dessa contradição de números, o que se percebeu é que o sistema de controle da qualidade da água de processo, em função da condutividade, se mostra, pelo mesmo visualmente, muito eficiente. O projeto foi desenvolvido em parceria com um instituto de pesquisa (Idite-Minho) com co-participação financeira da CE (60% a fundo perdido). O projeto primeiramente caracterizou todos os efluentes e depois buscou a melhor correlação entre a cor, a salinidade e a condutividade. O resultado obtido é que quanto menor a condutividade melhor é a qualidade da água em termos de ausência de corante.

A figura 5.135 mostra uma comparação visual entre o efluente bruto para tratamento e o reaproveitado das últimas lavagens e separado por medição de condutividade.

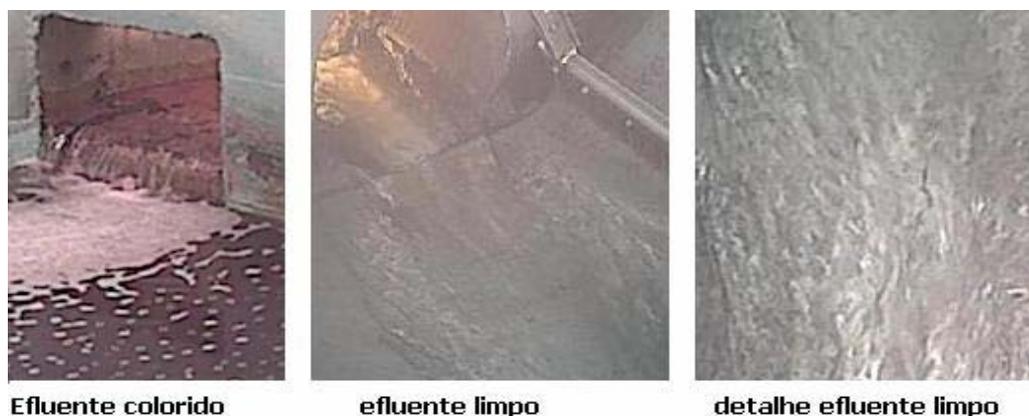


Figura 5.135 – Comparação visual entre efluente bruto e recuperado.

Fonte: Primária.

Considerando-se os custos com o SIDVA e o processo para reúso do efluente, estima-se em 0,50 euro/m³, ou seja, aproximadamente 27.000 euros/mês, valor que para uma empresa de médio porte aplicar em responsabilidade ambiental é extremamente significativo. Em função dessa situação a empresária mencionou que pretende se certificar com a ISO 14.001 nos próximos anos. Ao se lhe perguntar se era exigência do mercado, disse que não, pois menos de 1% dos clientes manifesta interesse pela preservação ambiental. Disse que ações como a certificação levam a empresa a uma maturidade, principalmente em termos de eficiência de processo.

Apesar de estar localizada em área bastante povoada, segundo a entrevistada, a indústria nunca teve problemas ambientais com a comunidade, principalmente porque ela sempre entendeu que a solução dos problemas passava por uma ação governamental. Questionada quanto ao estado de poluição em que estão os rios da região, foi enfática em afirmar, "...isso é falta de fiscalização". Bem que ao mesmo tempo criticou a ação dos fiscais, afirmando serem pessoas despreparadas para agir em uma área tão complexa. Quanto às multas, disse ter sido autuada uma única vez, por atraso na entrega de um relatório de monitoramento atmosférico. Ao lhe ser perguntado se os governantes teriam interesse em preservar o ambiente, respondeu que é uma questão difícil, pois caso o governo fosse rigoroso, muitas empresas portuguesas seriam fechadas. Finalizou que para a sua empresa preservação ambiental é uma obrigação relacionada a sua responsabilidade social.

5.1.27 IPM-13

A indústria foi fundada no início da década de 1920. Começou com um pequeno tear manual e ao longo dos mais de 80 anos de existência têxtil acabou focando sua atividade nos artigos de cama, mesa, banho e bordado. É uma empresa verticalizada desde a fiação até a confecção, passando pelo tingimento e acabamento, e utiliza principalmente as fibras de algodão, mas também poliéster e linho. É uma empresa de grande porte, com capacidade para processar até 1.500 toneladas/mês de tecidos acabados.

Ambientalmente tem seus efluentes líquidos tratados pelo SIDVA, mas investe em tecnologias para a minimização e mitigação das fontes poluidoras da indústria. Empresa quase centenária, participou de toda a discussão a respeito da preservação ambiental na região e da implantação do SIDVA.

Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.136.

Descrição	Dados
Atividade	Indústria verticalizada – Cama, mesa, banho e bordado
Matéria-prima	Fibras de algodão (95%) e outras como linho e poliéster.
Tipo de corante usado	Reativo (80%) e outros (20%)
Tempo de atividade	83 anos
Produção da empresa	1.500ton/mês ou 50.000Kg/dia
Água industrial e custo	Rio (100%) – dois pontos de captação
Número de colaboradores	Total 980 e no ambiente 06
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	4.000m ² – (estação de pré-tratamento)
Vazão de tratamento do STET	Cap. 90m ³ /hora - ≈ 2.200m ³ /dia – Utilização 100%
Consumo específico de água	50L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento e neutralização
Investimento no pré-tratamento	€\$ 100.000 euros – Pré-tratamento
Tecnologias de minimizações	Recuperação de Soda cáustica e água - €\$ 600.000 (euros)
Custo operacional do sistema	€\$ 0,37/m ³ (SIDVA) + €\$ 0,15/m ³ (indústria) – Total €\$ 0,52/m ³
Custos mensais de operação	€\$ 24.500 euros/mês (SIDVA) - €\$ 9.900 euros/mês (indústria)
Pré-tratamento	Peneiramento – homogeneização – Neutralização
Neutralização	CO ₂ puro – usa pouco devido recuperação de soda
Despejo final	Ligado ao SIDVA
Recuperação de água	Sim – sistema de recuperação – aproximadamente 20%

Figura 5.136 - Síntese de dados da empresa IPM-13

Fonte: Primária

Um problema verificado, mas não admitido no relato do entrevistado, é o fato de a indústria estar localizada no perímetro urbano. Conforme mostra a figura 5.137, existe uma vasta população residindo nas proximidades da indústria, situação típica de empresas criadas no início do século.



Figura 5.137 – Vista aérea da IPM - 13
Fonte: Primária

Na opinião do entrevistado, seus vizinhos são extremamente conscientes de seus direitos ambientais, tanto que quando de qualquer alteração, como cheiros ou ruídos, eles procuram imediatamente a empresa ou o órgão ambiental para fazer as devidas reclamações.

Com uma comunidade tão exigente, a opção de ligação ao SIDVA acaba por minimizar em muito as reclamações que poderiam advir no caso de um STET completo. O pré-tratamento com um tanque de homogeneização de 3.600m³ precisa ter uma boa agitação e oxigenação para não entrar em processo de anaerobiose, e conseqüentemente, produzir odores desagradáveis. A figura 5.138 mostra o fluxograma esquemático do pré-tratamento em operação desde 1997.

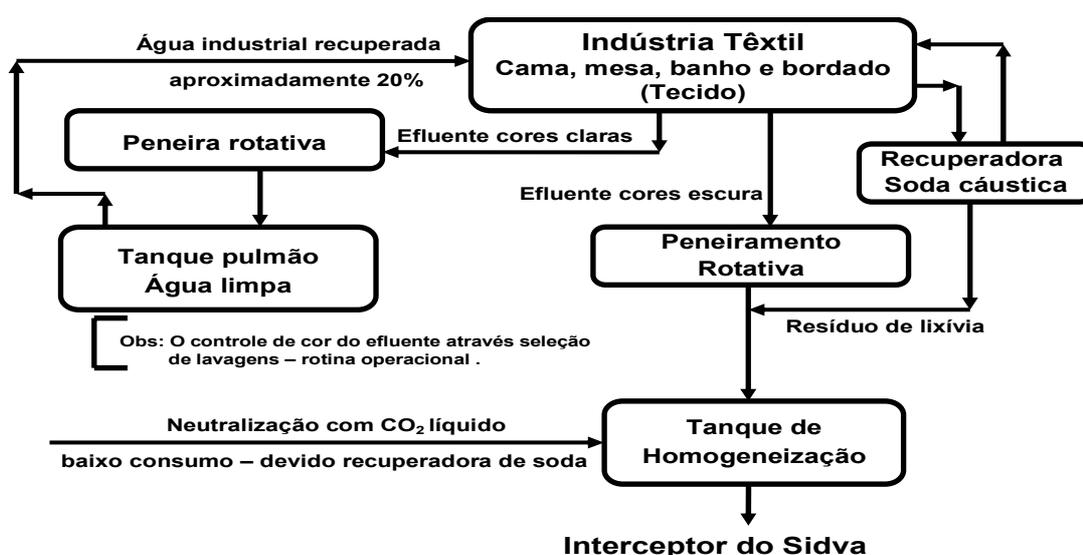


Figura 5.138 – Fluxograma esquemático do pré-tratamento da IPM -13
Fonte: Primária

Depois de a empresa ter se ligado ao SIDVA, em 1998, todas as ações ambientais a partir daí tiveram o objetivo de minimizar os valores pagos ao SIDVA pelo tratamento do efluente. Segundo dados fornecidos pelo entrevistado, quando da pesquisa a empresa gastava aproximadamente 35.000 euros mensais com o SIDVA. No início os valores chegavam até 50.000 euros mensais, o que, mesmo para uma empresa de porte como esta, se constitui em valor significativo, pois em termos anuais os custos oscilam entre 500.000 e 600.000 euros, que são pagos à vista e sem qualquer custo-benefício.

Ainda no âmbito da questão dos custos ambientais, foi perguntado ao entrevistado qual a sua opinião a respeito de empresas ou projetistas que afirmam que os custos com tratamento de efluentes não são superiores a 0,10 a 0,20 euro/m³. A isso ele respondeu que tais valores são um engodo, pois somente existem duas possibilidades para se atingirem estes custos. A primeira é não tratar parte dos efluentes ou negligenciar na qualidade do tratamento, principalmente nas questões de insumo, como energia elétrica, produtos químicos, neutralização (CO₂ ou H₂SO₄) e oxigenação, fatores que afetam diretamente a eficiência do sistema. A segunda hipótese é uma falha conceitual no levantamento de custos, em que a maioria das empresas incorre em não considerando nos custos valores como energia elétrica, mão-de-obra e amortização do investimento. Para justificar suas afirmações usa 0,12 e 0,15 euro/m³, e diz “....como eles podem ter custos com sistemas de tratamento completo inferiores ao nosso pré-tratamento?” e mais “....baseado nisso, não sei se eles são ingênuos e não sabem calcular os custos ou não falam a verdade com objetivos de enganar alguém!!”

Depois de ligada ao SIDVA, o primeiro investimento da empresa teve o objetivo de reduzir os custos com a correção do pH. O regulamento do SIDVA exige um pH entre 5,5 e 9,0. Como no processo industrial se utiliza a mercerização, em geral o pH no efluente bruto é superior a 12. Assim em 1999 a empresa investiu 500.000 euros em uma unidade de recuperação de soda cáustica de 3 estágios de evaporação. Questionado quanto à eficiência da recuperadora, o entrevistado respondeu que fica em torno de 75%. Mencionou que em caso de problema na recuperadora se chega a gastar cerca de 0,25 euro/m³ somente com a neutralização com CO₂.



Figura 5.139 – Recuperação de soda cáustica e neutralização com CO₂ puro.
Fonte: Primária

Um fato interessante a ressaltar é que depois da instalação da recuperação de soda cáustica a empresa passou a neutralizar os efluente bruto com CO₂ puro, pois antes isto era feito com H₂SO₄. Segundo o entrevistado, com a recuperação da soda o efluente deixou de ser tamponado, e com está situação a diferença de custo entre o CO₂ e H₂SO₄ passou a ser mínima, daí a opção pela segurança do CO₂. Quando se lhe indagou se em nenhum momento se estudara o reaproveitamento dos gases de combustão para a neutralização dos efluentes, disse que a possibilidade foi estudada, mas não se apresentou viável em função da distância entre as caldeiras e o pré-tratamento. É difícil entender a resposta dada, pois esta opção é quase imbatível em termos econômicos, principalmente quando se tem como base a neutralização com CO₂ puro. Quanto ao aspecto técnico (distância) a questão é discutível, pois depende muito do tipo de material a ser usado na tubulação.

O segundo investimento destinou-se à minimização do volume de efluente a ser tratado, e para isso instalou-se um processo para recuperar parte da água de última lavagem do tingimento, que em geral é pouco poluída, ou seja, não apresenta coloração significativa e pode ser utilizada em operação de menor importância. O entrevistado estima que o reúso representa uma economia de aproximadamente 20% do consumo total de água. Quanto da pesquisa a empresa estava iniciando uma parceria com o Idite-MInho (instituto de pesquisa) para melhorar o processo de reúso de águas. O projeto prevê a seleção das águas por meio de um sistema de separação que usa uma correlação entre a condutividade e a cor no efluente. Com esse projeto a empresa espera recuperação em torno de 40% da água consumida.

Outro fato importante citado pelo entrevistado é que a empresa, desde 2000, busca investir mais em processos de acabamento mecânicos do que em químicos. Esse posicionamento visa reduzir o consumo específico de produto químico por kg de tecido e conseqüentemente diminuir o impacto ambiental do efluente gerado.

Tendo-se-lhe perguntado se a empresa tem dificuldade em atender às exigências de despejo do SIDVA, respondeu que não, mas que cumpre o regulamento graças ao pré-tratamento, principalmente no requisito de pH. Mencionou que o efluente bruto apresenta DQO média entre 1.800 e 2000mg/L, enquanto a DBO₅ oscila entre 500 e 600mg/L. Às vezes estes parâmetros ultrapassam os limites determinados pelo SIDVA, mas nada que cause problemas entre a indústria e o SIDVA.

Questionado sobre a existência de uma SGA, informou que na prática o sistema existe, mas informalmente. Afirmou que o importante são as ações, e não a documentação. adiantou que a certificação ISO 14.001 não faz parte dos planos da empresa, pois em termos de exigência dos clientes o rótulo Öko-tex-100 acaba tendo uma maior importância que a certificação, porque o rótulo vai junto com a roupa, enquanto a certificação é da indústria e não se agrega ao produto.

Em termos da atuação dos órgãos ambientais, afirmou serem bem rigorosos e que os fiscais em geral apresentam uma postura correta e coerente com o cargo que ocupam. Mencionou que a empresa foi multada uma vez por problema de ruído, tanto que a partir deste fato mantém um rigoroso monitoramento acústico.

A respeito do SIDVA, teceu comentários interessantes, como: apesar dos custos elevados que a indústria tem com o sistema, considera que eles estão fazendo a parte deles corretamente. Expressou-se da seguinte forma, "...por eles tratarem corretamente é que acabam tendo preços considerados elevados, pois somente quem trata efluentes de verdade é que sabe quanto isto custa". A qualidade da água captada do rio melhorou em muito com o SIDVA. A falha no modelo foi não ter sido finalizada toda a obra referente aos interceptores, o que deixou muitas empresas sem ligação e, em conseqüência disso, estas poluem continuamente alguns trechos. Em relação às metas ambientais da empresa, mencionou que continuará buscando soluções para minimizar tanto o volume de efluente quanto as cargas orgânicas.

5.1.28 IPM-14

É uma Indústria integrante de um grande grupo têxtil português, que iniciou suas atividades com uma tecelagem em 1958. Após 48 anos se tornou uma das maiores empresas têxteis de artigos do lar em Portugal. A atividade industrial do grupo é verticalizada e o foco comercial é o mercado externo (90%).

Foi uma das primeiras indústrias têxteis da Região do Minho, na década de 1980, a implantar um STET independente, mas em 1998 optou pela ligação ao SIDVA. Depois dessa decisão passou a investir em tecnologias de recuperação de subprodutos (goma) e minimização de poluentes, com o objetivo de reduzir os custos com a responsabilidade ambiental (SIDVA).

Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.140.

Descrição	Dados
Atividade	Indústria verticalizada – Cama, mesa, banho e felpudos
Matéria-prima	Fibras de algodão (95%) e outras fibras
Tipo de corante usado	Reativo (95%) e outros (5%)
Tempo de atividade	48 anos
Produção da empresa	900ton/mês ou 30.000Kg/dia
Água industrial e custo	Rio e poços – Água industrial com hipoclorito
Número de colaboradores	Total 805 e no ambiente 07
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	10.000m ² – (estação de pré-tratamento)
Vazão de tratamento do STET	Cap. 80m ³ /hora - ≈ 1.900m ³ /dia – Utilização 100%
Consumo específico de água	58L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento e neutralização
Recuperação de energia	Sim – trocador de calor
Investimento no pré-tratamento	€\$ 100.000 euros – Pré-tratamento
Tecnologias de minimizações	Recuperação de goma e água - €\$ 500.000 euros
Custo operacional do sistema	€\$ 0,37/m ³ (SIDVA) + €\$ 0,05/m ³ (indústria)– Total €\$ 0,42/m ³
Custos mensais de operação	21.100/mês euros (SIDVA) - €\$ 2.900/mês (indústria)
Pré-tratamento	Peneiramento – homogeneização – Neutralização
Neutralização	CO ₂ puro – usa pouco devido recuperação de soda
Despejo final	Ligado ao SIDVA
Recuperação de água	Sim – sistema de recuperação – aproximadamente 10%
Geração térmica	Co-geração – uso de Nafta, mas se prepara p/ gás natural

Figura 5.140 - Síntese de dados da empresa IPM-14

Fonte: Primária

A figura 5.141 mostra o fluxograma esquemático do STET que operou entre 1986 e 1992. Na seqüência se desativou o físico-químico e o sistema passou a atuar com uma unidade de pré-tratamento, como poderá ser visto nas figuras 5.142 e 5.143.

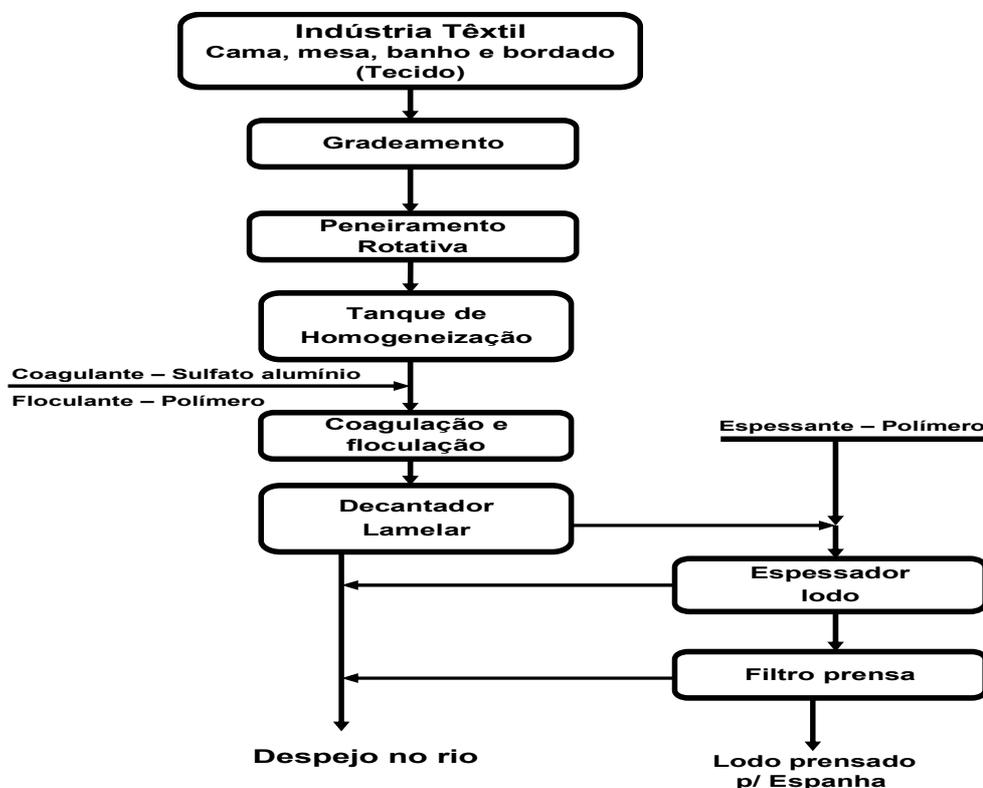


Figura 5.141 – Fluxograma do STET implantado em 1986 na IPM - 14

Fonte: Primária

Percebe-se pela figura 5.141 que o sistema era apenas um tratamento físico-químico baseado na sedimentação dos floculos por meio de coagulação, floculação e decantação. Como sempre, o principal problema do sistema era o excesso de lodo químico. Pelo tamanho do filtro-prensa mostrado na figura 5.142 pode-se ter a dimensão do problema que existia na indústria.



Figura 5.142 – Filtro prensa desativado na IPM - 14

Fonte: Primária

Além do excesso de lodo químico, o sistema em geral não atendia às necessidades de remoção da carga orgânica. Segundo a entrevistada, o sistema operou entre 1986 e 1992, e é considerado pela direção da empresa como má experiência ambiental, pois os custos eram excessivos e os resultados não satisfatórios. A desativação do sistema se consolidou em 1992, com o advento da implantação do SIDVA. Com os atrasos na implantação do novo modelo de tratamento a indústria ficou sem tratar os efluentes de 1993 até 1997. Neste período a empresa tinha uma licença para despejo de efluente bruto diretamente no corpo receptor. Em 1998, para se adequar às exigências do SIDVA, foi construído um pré-tratamento, que acabou sendo uma adaptação do STET existente, agregando as tecnologias de recuperação de goma e calor.

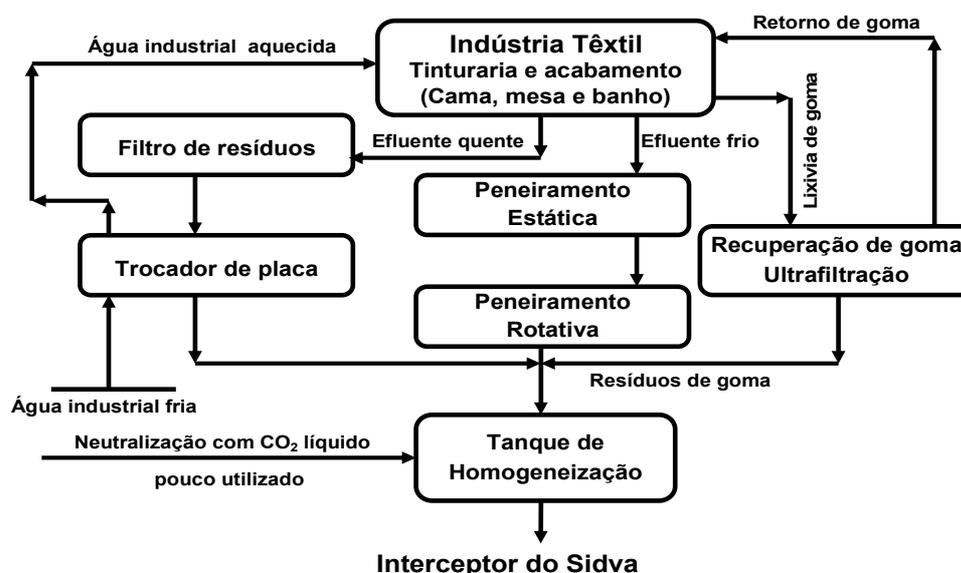


Figura 5.143 – Fluxograma do pré-tratamento na IPM - 14
Fonte: Primária

Em geral as ações implantadas pelas empresas portuguesas após a ligação ao SIDVA tinham como objetivo a minimização de volume do efluente (cobrança por volume). No caso desta empresa a recuperação de goma em pouco reduziu o volume, assim se questionou a entrevistada quanto a esta ação. A resposta foi que, desde 1992, o SIDVA apresentava um contrato que considerava a cobrança através da carga orgânica, por isso, em 1996, a empresa passou a fazer parte de um projeto de pesquisa visando à implementação da recuperação de goma. Depois se descobriu que sem a recuperação de goma a indústria não cumpriria os parâmetros do SIDVA em relação à carga orgânica.

A recuperação de goma é feita por meio de membranas de ultrafiltração, equipamento que foi desenvolvido mediante uma parceria entre as universidades portuguesas e um instituto de pesquisa francês. Os estudos de caracterização e operação em escala-piloto com dados da indústria fizeram parte de uma dissertação de mestrado na Universidade do Minho. O projeto se transformou em sistema de escala industrial em 1998. Após 4 anos de operação foi necessário substituir aproximadamente 5% das membranas, que são constituídas de óxido de zircônio. Considerando-se que muitas instalações depois de 3 anos de operação trocam todas as membranas, esse sistema está se comportando muito bem, pois está operado há mais de 6 anos sem grandes problemas em nível operacional.

Questionada sobre qual seria a razão para uma vida útil tão elevada das membranas, a entrevistada atribuiu a longevidade aos cuidados com a manutenção e às lavagens. Cita que os operadores têm um cuidado meticuloso, evitando qualquer anormalidade e principalmente não permitindo que as membranas fiquem secas (devem estar sempre úmidas). A entrevistada não soube precisar o montante do investimento, mas informou que o projeto fazia parte de uma ação da CE para incentivo ao uso das melhores tecnologias com vista a minimizar o impacto ambiental e recuperar subprodutos industriais, sendo muito provável que boa parte dos investimentos tenha sido feita a fundo perdido. No conceito da empresa, este é um investimento com boa rentabilidade e com “*pay-back*” que já foi atingido há muito tempo, mesmo considerando-se uma eficiência entre 60 a 70%, pois em média são usados de 20 a 30% de goma nova em cada reciclo. Os tipos de goma utilizados não foram detalhados, mas é certeza que são da classe das sintéticas.

Ao ser-lhe perguntado se recomendaria o processo de recuperação de goma por ultrafiltração para outras indústrias têxteis, a entrevistada respondeu que não se pode generalizar uma posição a este respeito, mas que qualquer indústria antes de tomar uma decisão desta natureza deve fazer um estudo detalhado dos processos de engomagem e desengomagem, além da viabilidade técnico-financeira do processo em si. Segundo ela, parte do retorno financeiro está atrelada a um aumento da *performance* da tecelagem, a qual não é fácil determinar numericamente em termos financeiros, mas sim, através da melhoria da qualidade do produto final.

Como a empresa é vocacionada para o mercado externo (90%), questionou-se a entrevistada quanto à posição dos clientes em relação às questões ambientais. Ela informou que a indústria constantemente recebe visitas de auditoria ambiental por parte de seus clientes, mas por estar ligada ao SIDVA, os resultados são sempre satisfatórios. Na opinião da entrevistada, uma certificação ISO 14.001 não altera muito esta situação (auditorias). Também desconhece a ocorrência de algum caso em que se tenha deixado de realizar algum negócio em função de problemas ambientais, mesmo no período de 1992 a 1997, em que não se tinha qualquer tipo de tratamento de efluentes.

Com o órgão ambiental nunca se teve nenhum problema; apenas uma vez, por falha de comunicação, a empresa foi vítima de uma notificação pela falta de licença de instalação de determinado equipamento têxtil; mas depois dos devidos esclarecimentos ficou confirmado que a falha era do próprio órgão ambiental. Considera que a fiscalização não é muito atuante, de forma que muitas empresas não cumprem a legislação e operam normalmente, situação desanimadora para os que pagam para ter seus efluentes tratados. Em termos de vizinhos, esses são muito poucos e nunca fizeram qualquer tipo de reclamação a respeito das questões ambientais.

A respeito do SIDVA, considera que a entidade deve fazer um bom trabalho em nível de tratamento dos efluentes, mas que o preço cobrado é elevado. Essa situação acaba forçando as empresas a buscar alternativas para minimizar estes custos, como: o reúso de efluentes e recuperação de subprodutos (soda cáustica e goma sintética).

Como metas ambientais, a empresa estará procurando sempre cumprir corretamente a legislação ambiental e otimizar todos os processos industriais. Os objetivos dessas ações são minimizar o volume de efluente e se possível implementar o reúso de parte dos efluentes como água industrial. Finalizando, afirmou que empresa busca criar um ambiente que não seja exclusivamente produtivo, mas que também tenha a responsabilidade ambiental como meta de desenvolvimento social.

5.1.29 IPM-15

Indústria têxtil localizada na cidade de Vizela, Região do Minho, foi fundada em meados da década de 1930. Atua no segmento de têxteis de artigos do lar, atendendo principalmente o mercado externo (Comunidade Européia e E.U.A). É uma indústria verticalizada com capacidade de produzir até 600 toneladas/mês.

A partir de 1995 a empresa passou a ser pressionada pelo órgão ambiental para proceder ao tratamento dos efluentes industriais. Nesse mesmo período o SIDVA surgiu como uma solução integrada para os efluentes das indústrias da região. Assim a empresa aguardou por anos a ligação ao SIDVA. Com a falta dos interceptores o tratamento pelo SIDVA não se consolidou, e assim a empresa teve sua imagem comprometida em termos ambientais. Em 2003 tomou a decisão de implantar um STET na própria indústria, de forma a atender pelo menos parte de suas necessidades de tratamento de efluentes. Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.144.

Descrição	Dados
Atividade	Indústria verticalizada – Têxteis do lar
Matéria-prima	Fibras de algodão (95%) e outras fibras
Tipo de corante usado	Reativo (95%) e outros (5%)
Tempo de atividade	30 anos
Produção da empresa	800ton/mês ou 30.000Kg/dia
Água industrial e custo	Rio – Tratamento compacto em filtro de areia e carvão
Número de colaboradores	Total 576 e no ambiente 02
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	3.000m ²
Vazão de tratamento do STET	Cap. 50m ³ /hora - ≈ 1.200m ³ /dia – 50% da necessidade
Consumo específico de água	83L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento e neutralização
Investimento no STET	€\$ 750.000 (euros) – apenas 50% dos efluentes
Custo operacional do sistema	Estimado entre €\$ 0,15 e 0,20 euro por m ³
Pré-tratamento ou primário	Retenção de resíduos – homogeneização – Neutralização
Concepção do STET	Primário, biológico (O ₂ puro), desaguadora e ozonização
Neutralização	CO ₂ puro – não possui mercerização
Despejo final	Distribuição entre o rio e o SIDVA
Recuperação de água	Sim – sprojeto de reaproveitamento de 80% do tratado
Geração térmica	Co-geração

Figura 5.144 - Síntese de dados da empresa IPM-15

Fonte: Primária

A indústria gera em torno de 2.200m³/dia de efluentes, que são apenas pré-tratados (gradeamento, peneiramento, homogeneização e neutralização) e em seguida despejados no rio. O pré-tratamento foi construído em 1998 e fez parte do investimento exigido para a ligação ao SIDVA. Infelizmente, passados 6 anos a prometida ligação não se concretizou; e mais: a empresa acabou tendo acesso ao projeto dos interceptores e constatou uma falta de interpretação do SIDVA. No projeto não está previsto atender a região em que está localizada a indústria, pois faltariam para tanto 900 metros de interceptores. É estranho que o projeto dos interceptores não tenha contemplado uma região em que com uma única indústria têxtil se tem a contribuição de quase 2.500 m³/dia de efluente e que em termos de receita para o sistema poderia atingir valores da ordem de 30.000 euros por mês.



Pré-tratamento (peneira e tq. homogeneização)

Condições do rio receptor

Figura 5.145 – Pré-tratamento e corpo receptor da IPM - 15

Fonte: Primária

Através da figura 5.145 pode-se perceber a condição de poluição do corpo receptor dessa indústria. Essa situação é consequência dos despejos industriais e sanitários feitos no rio sem qualquer tipo de tratamento prévio.

Ainda quanto à questão da ligação ao SIDVA, a empresa acabou tomando uma decisão remediadora: em primeiro lugar não descartou totalmente a possibilidade de fazer parte do sistema, mesmo porque o SIDVA está novamente prometendo investimentos com a ampliação dos interceptores. A outra parte da decisão é a construção de um STET independente para tratar 1.000m³/dia de efluentes (50% do volume gerado). No STET está prevista a recuperação de 70 a 80% do volume tratado para uso industrial, e assim quando da ligação ao SIDVA o volume de tratamento será menor e consequentemente também os custos.

O projeto de construção aprovado prevê aproveitamento do pré-tratamento já existente e a complementação com um tratamento biológico em aeração prolongada e injeção de oxigênio puro (líquido), além de um tratamento de ozonização para a remoção de cor e matéria orgânica de forma a possibilitar o reúso do efluente tratado como água industrial.

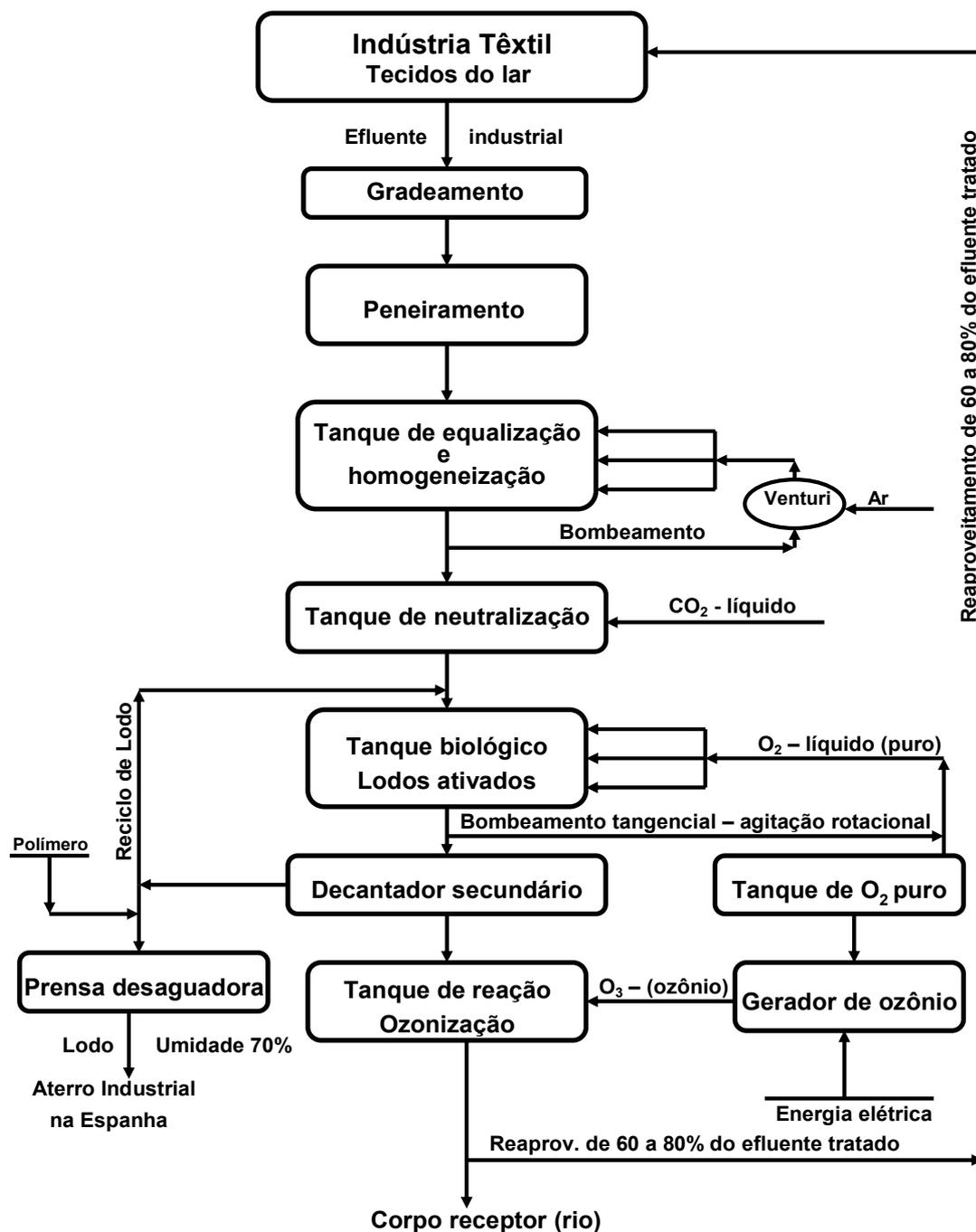


Figura 5.146 – Fluxograma esquemático do STET da IPM - 15
Fonte: Primária

O STET da figura 5.146, segundo o entrevistado, deve exigir um investimento de 750.000 euros, lembrando-se que tratará apenas 50% do volume de efluentes gerado. Não existe condição especial de financiamento para o referido investimento. Questionado sobre o custo operacional, o entrevistado informou que o projeto prevê que esses custos não devem ser superiores a 0,20 euro por metro cúbico. Sem o objetivo de contestação, esse custo operacional estimado parece muito baixo, visto que o sistema dispõe de um processo de neutralização por CO₂ puro, aeração com oxigênio puro (líquido) e a ozonização, que tem um elevado consumo de energia elétrica e oxigênio puro. Também com certeza nesse custo não está incluída a amortização do investimento.



Figura 5.147 – Construção do tanque biológico e decantador – IPM-15

Fonte: Primária

Através da figura 5.147 observa-se que boa parte dos investimentos será em obras civis, pois o STET está sendo implantado em terreno rochoso e com afloramento de águas superficiais, o que requer cuidados especiais na construção dos tanques.

A indústria está no perímetro urbano e, segundo o entrevistado, a comunidade algumas vezes reclamou dos gases de combustão, mas o problema foi resolvido. Quanto ao despejo dos efluentes, a comunidade conhece muito bem a questão e sabe que o problema não é só da empresa e que a solução também passa por ações governamentais. Questionado a respeito da atuação do órgão ambiental, o entrevistado relatou que a empresa há muito tempo é pressionada por ele, tanto que já recebeu várias notificações para a solução dos problemas. Acredita que com o STET em implantação os problemas serão resolvidos em parte.

5.1.30 IPC-01

As unidades IPCs estão na região de Covilhã - interior de Portugal. A unidade pesquisada é uma indústria têxtil de limpeza e preparação de lã. Além da lavadora, o grupo também tem uma fiação de lã. A lavadora foi implantada em 2001, a partir de um projeto industrial desenvolvido por uma empresa da Nova Zelândia, cujo STET faz parte do projeto industrial em forma de um pacote global. A capacidade da unidade é de lavar 50 toneladas/dia de lã, ou 15.000 toneladas/ano. A matéria-prima é de origem animal, ovelhas criadas principalmente em Portugal e na Espanha.

O STET trata apenas os efluentes com maior carga poluidora. Depois de tratados são juntados aos efluentes de baixa carga e direcionados para o sistema municipal de tratamento de efluentes. O diferencial do STET é que ele trata efluentes da limpeza da lã, que são extremamente poluentes. O tratamento desse tipo de efluente têxtil apresenta algumas peculiaridades, como a remoção de lanolina e o tratamento de efluentes com DQO superior a 52.000mg/L. Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.148.

Descrição	Dados
Atividade	Limpeza e preparação de lã
Matéria-prima	Lã de ovelha
Tempo de atividade	03 anos
Produção da empresa	1.200 toneladas/mês ou 48.000Kg/dia
Água industrial e custo	Poço artesiano e ribeira
Número de colaboradores	26 no total e no setor de ambiente são 04
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	500m ²
Vazão de tratamento do STET	Cap. 5m ³ /hora - ≈ 120m ³ /dia – Utilização 100%
Consumo específico de água	4L/kg de lã
Concepção do tratamento atual	Extração de lanolina, físico-químico e biológico
Investimento no STET	Não informado
Tecnologias de minimizações	Remoção de lanolina e reaproveitamento da lanolina
Custo operacional do sistema	Não informado
Pré-tratamento	Homogeneização – peneiramento e neutralização
Neutralização	Ácido sulfúrico
Despejo final	Coletor municipal (Estação de tratamento pública)
Recuperação de água	Projeto para reaproveitamento de 10 a 30% do volume

Figura 5.148 - Síntese de dados da empresa IPC-01

Fonte: Primária

O projeto do STET pode ser mais bem visualizado através da figura 5.149.

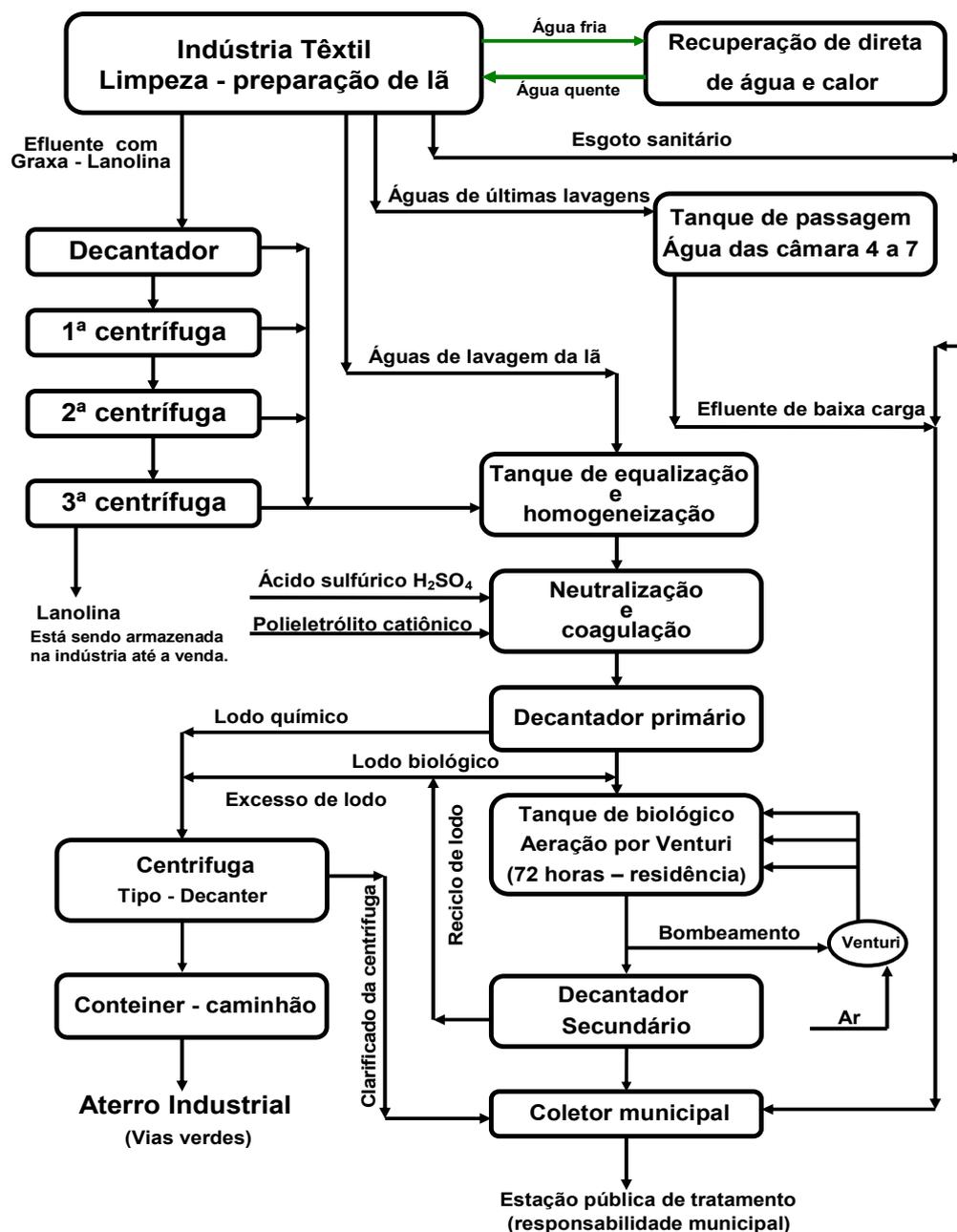


Figura 5.149 – Fluxograma esquemático do STET da IPC - 01.

Fonte: Primária

O sistema da figura 5.149 está centrado em três pontos; o primeiro é a remoção da lanolina, que em alguns tipos de lã pode chegar até 15% em peso. O segundo ponto é um eficiente tratamento físico-químico para remoção dos sólidos e restos de graxa não removida no processo da lanolina. O terceiro é um tratamento biológico por lodos ativados em aeração prolongada.

Para se ter uma idéia do trabalho têxtil realizado em uma lavadora de lã, a figura 5.150 mostra primeiro suja e depois lavada ou limpa.



Figura 5.150 – Fotos da lã suja e limpa – processo industrial da IPC - 01
Fonte: Site da IPC – 01.

A coloração amarelada presente na lã suja (figura 5.150) é uma característica do excesso de lanolina. Segundo o entrevistado, o sucesso do tratamento dos efluentes está centrado na eficiente remoção da lanolina, que é realizada por meio de centrifugação a quente (três centrífugas em série). Toda a lanolina retirada desde o início das operações da lavadora está armazenada em tambores, aguardando ser vendida. A lanolina, depois de purificada, tem uma vasta aplicação em medicamentos, especialmente em produtos dermatológicos, como excipientes em pomadas.

Segundo o entrevistado, apenas 50% do volume do efluente passam efetivamente pelo STET (tratamentos físico-químico e biológico). A empresa disponibilizou algumas análises, durante a pesquisa, nas quais se constatou que as cargas orgânicas e inorgânicas são realmente elevadas. A DQO bruta oscila entre 50.000 e 55.000mg/L, enquanto a DBO₅ bruta está entre 11.000 e 13.000mg/L. Depois do tratamento a DQO fica entre 3.000 e 4.000mg/L, enquanto a DBO₅ está entre 700 e 1050mg/L, valores que representam uma eficiência global entre 90 e 95%. Os restantes 50% de efluentes são águas de última lavagem, de baixa carga orgânica, o que permite, quando da mistura dos dois efluentes, se tenha um valor médio de 1.000 a 1.500mg/L para a DQO e entre 350 e 500mg/L para a DBO₅, valores que são aceitos para o despejo no coletor municipal (sistema público de tratamento de esgoto sanitário e industrial).

A figura 5.151 mostra uma comparação visual entre o efluente bruto e o tratado.



Figura 5.151 – Visualização dos efluentes bruto e tratado (final) da IPC - 01
Fonte: Primária.

Pode-se perceber pela figura 5.151 que existe uma boa remoção de cor entre o efluente bruto e o tratado, apesar de não ser este o objetivo principal do tratamento. Depois de tratados, os efluentes são direcionados para o coletor municipal para o tratamento no sistema público; assim o volume de efluentes da indústria é muito pequeno em relação ao volume tratado por todo o sistema público, de tal forma que a remoção de cor no efluente industrial não altera a cor do efluente bruto a ser tratado na unidade pública.

Assim como nos demais STETs apresentados ao longo deste trabalho, o lodo gerado é um dos problemas mais sérios a serem equacionados. Segundo as informações, são gerados aproximadamente 5m^3 de lodo por dia. Considerando-se que apenas 120m^3 de efluente são tratados diariamente, o volume de lodo é extremamente alto. Diferentemente de outras indústrias têxteis portuguesas, cujo lodo acaba sendo enviado para aterros industriais na Espanha, esta empresa consegue entregar o seu lodo para uma empresa gestora de resíduos sólidos em Portugal. A diferença de custo também é significativa, cerca de 15 euros por tonelada, contra valores entre 70 e 100 euros por tonelada cobrados pelas empresas espanholas. Mesmo com um baixo custo por tonelada, este custo se torna expressivo em função da quantidade de lodo gerada diariamente. Buscando uma solução para o custo do lodo, a empresa, em parceria com a universidade local, procura caracterizá-lo para futuramente solicitar ao órgão licenciador autorização para uso do material na agricultura.

Um ponto de destaque nesse STET é o biológico, cujo processo em lodos ativados por aeração prolongada (72 horas de residência) e injeção de oxigênio por tubo de *venturi* trabalha com uma elevada carga orgânica, ou seja, valores acima de 8.000mg/L de DBO₅. Além da carga orgânica elevada, o pH ainda é ácido, pois para a coagulação (processo anterior) o pH é controlado abaixo 4. Apesar dessas condições críticas, o entrevistado considera o processo estável e confiável.



Figura 5.152 – Processo de lodos ativados – aeração por venturi - IPC - 01
Fonte: Primária.

Apesar de a empresa não dispor de SGA nem de certificação ISO 14.001, o entrevistado ressalta a preocupação que ela tem com o ambiente. Chega a afirmar que naquele momento o STET recebe mais atenção que o processo industrial.

Esse tipo de indústria apresenta um odor característico, que pode ser classificado como não muito agradável; então se perguntou qual era a reação da comunidade vizinha. O entrevistado respondeu que a indústria se encontra relativamente distante de qualquer povoação e nesses três anos de operação nunca houve qualquer tipo de reclamação. Antes de 2001, a indústria era localizada no perímetro urbano, e nessa época houve algumas reclamações a respeito do odor.

Em relação ao órgão fiscalizador, informou que a indústria é constantemente visitada pelos fiscais, mas nunca foi autuada ou notificada a respeito de qualquer irregularidade ambiental - mesmo porque os efluentes depois de tratados são direcionados para o coletor municipal (sistema público de tratamento).

Segundo o entrevistado, a empresa está extremamente envolvida com os problemas ambientais, tanto que não poupa recursos para atender às exigências ambientais e ainda investir em ações para reusar parte do efluente tratado.

5.1.31 IPC-02

Está é uma indústria têxtil da região de Covilhã, envolvida com o segmento da lã há quase 70 anos, e surgiu de uma tecelagem de fios de lã. A tinturaria foi implantada em meados da década de 1960, enquanto os processos de acabamento o foram somente 20 anos depois. É uma indústria verticalização desde a fiação até a confecção. A unidade pesquisada produz 500 toneladas/mês de tecidos de lã e misturas com poliéster, volume do qual 90% são destinados ao mercado externo.

Os problemas ambientais começaram a ser resolvidos a partir de 2000, com a decisão da empresa de implantar um STET centrado no tratamento biológico – variante valo de oxidação (carrossel) desenvolvido por uma empresa italiana.

Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.153.

Descrição	Dados
Atividade	Produção de tecidos de lã e poliéster
Matéria-prima	Fios de lã e mistura com poliéster
Tipo de corante usado	Pré-metalizado (50%), ácido (20%), disperso (10%) e outros
Tempo de atividade	69 anos
Produção da empresa	500 toneladas/mês ou 20.000Kg/dia
Água industrial e custo	Poço artesiano (100%)
Número de colaboradores	Na unidade 554 e ambiente 05
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	10.000m ²
Vazão de tratamento do STET	Cap. 42m ³ /hora - ≈ 1.000m ³ /dia – Utilização 100%
Consumo específico de água	125L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento, primário e biológico e desidratação de lodo.
Investimento no STET	€\$ 700.000 euros
Tecnologias de minimizações	Recuperação de água de resfriamento
Custo operacional do sistema	€\$ 0,12/m ³ - €\$ 3.600 euros mensais
Pré-tratamento	Peneiramento – homogeneização – Neutralização
Tratamento biológico	Valo de oxidação – Carrossel – Ar difuso - sopradores
Tratamento terciário	Filtro de areia – efluente final com ausência de cor
Lodos	Lodo biológico – 250kg/dia – prensa desaguadora e aterro
Sistema de controle	Sistema com gerenciamento de informações <i>on-line</i>
Neutralização	Usa soda cáustica ou ácido sulfúrico – depende situação
Despejo final	Corpo receptor hídrico
Geração de vapor	Caldeiras a gás natural

Figura 5.153 - Síntese de dados da empresa IPC-02

Fonte: Primária

Em 2000 o diretor da empresa visitou diversos STETs na Itália, Alemanha e Espanha para depois se decidir pelo melhor sistema. A figura 5.154 mostra o fluxograma esquemático do STET que começou a operar em outubro de 2001.

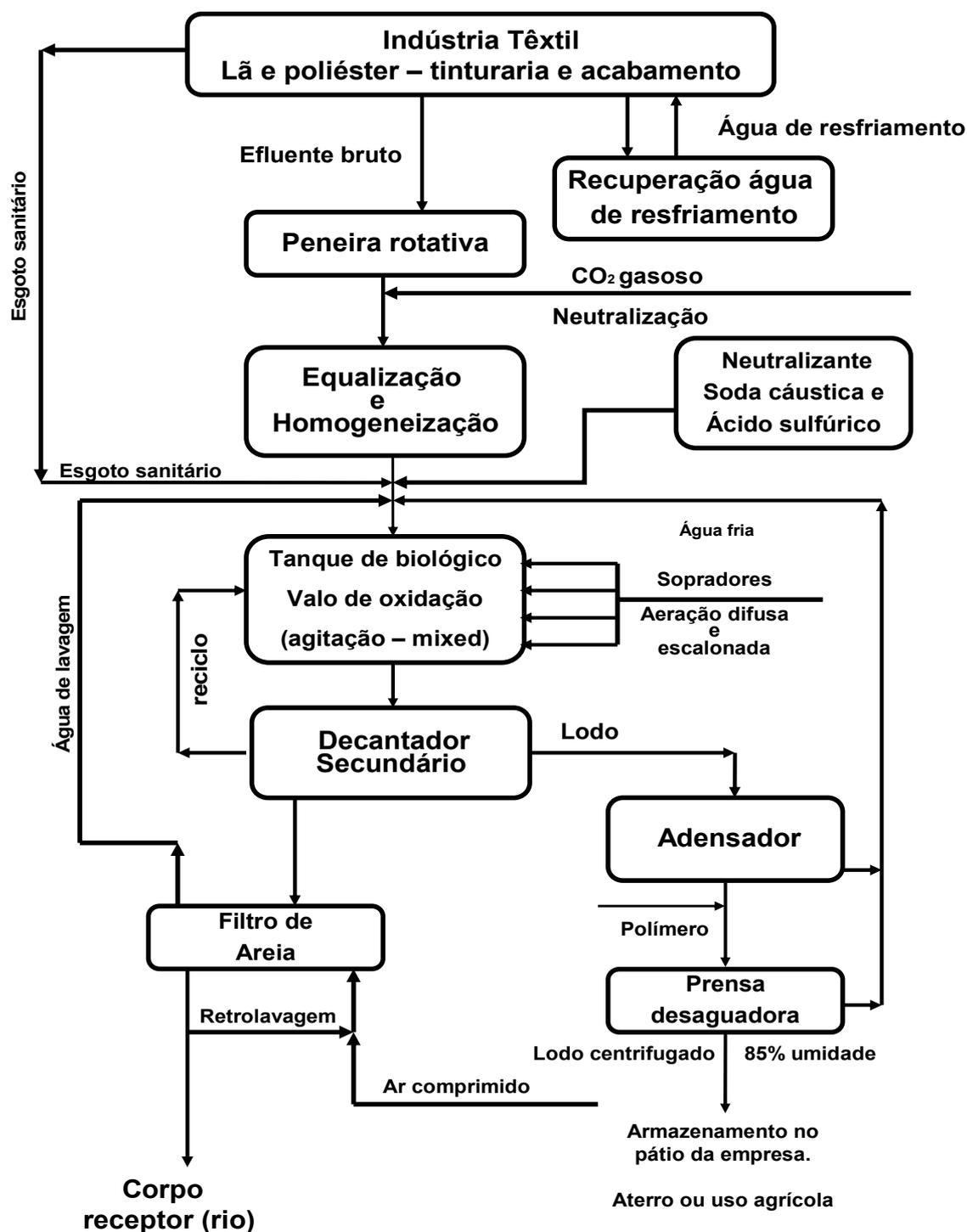


Figura 5.154 – Fluxograma esquemático do STET da IPC - 02

Fonte: Primária.

Segundo a entrevistada, a empresa recebeu diversas propostas, a maioria das quais envolvia tratamento físico-químico como ponto central do tratamento; mas a proposta que melhor atendeu às ansiedades da empresa em termos de investimento e custo operacional foi o STET com base no tratamento biológico com o processo do valo de oxidação e aeração por ar difuso (sopradores).



Figura 5.155 – Tratamento biológico – Valo de oxidação do STET da IPC - 02
Fonte: Primária.

O surpreendente é que, apenas utilizando-se o tratamento biológico, praticamente toda a cor do efluente é removida, como pode ser mais bem observado na figura 5.156.



Figura 5.156 – Comparação visual da coloração do efluente da IPC - 02.
Fonte: Primária.

Quando lhe foi perguntada se não era apenas uma coincidência o fato de no momento da pesquisa a coloração do efluente bruto não ser intensa e por isso o efluente final se apresentar com ausência de cor, a entrevistada respondeu que não, que esta situação é constante desde que o STET se estabilizou. Presume-se que a descoloração do efluente é devida à degradação biológica dos corantes (eliminação da coloração), que está relacionada com a estrutura química desses elementos.

Segundo a entrevistada, o STET é muito estável, além de trabalhar com uma excelente eficiência, pois para a DQO e DBO₅ brutas de 500 e 300mg/L, respectivamente, depois do tratamento os valores das mesmas DQOs e DBO₅ situam-se em torno de 50 e 15mg/L. Estes valores representam uma eficiência global acima de 90%, o que permite atender a todas as exigências ambientais. A entrevistada mencionou que o sistema tem certa dificuldade em cumprir a legislação em termos do teor de nitrogênio, o que é estranho, pois o processo de valo de oxidação possui uma região de desnitrificação e teoricamente esse problema não deveria ocorrer. Em função desse problema e de alguns outros operacionais, principalmente o do destino final para o lodo, foi que a empresa buscou uma parceria com a universidade local para desenvolver uma pesquisa para melhorar a operacionalização do STET.



Espessador de lodo



Prensa desaguadora

Figura 5.157 – Lodo gerado no STET da IPC - 02

Fonte: Primária.

Pelo que se percebeu no instante em que se realizava a pesquisa, o maior problema ambiental da empresa é encontrar uma alternativa para o destino final do lodo. Em função de o valo de oxidação trabalhar com idade do lodo elevada (acima de 25 dias), não se gera muito lodo: segundo o entrevistado, são aproximadamente 250kg/dia do material. A empresa teria preferência pela valorização do lodo através do uso agrícola, mas em uma primeira caracterização se detectaram valores de cromo e zinco acima do limite permitido para a utilização agrícola. O cromo com certeza tem origem nos corantes pré-metalizados, e neste caso a solução passa pelo processo industrial, enquanto para o zinco não se tem uma origem predeterminada.

Questionada quanto à existência de alguma falha no projeto contratado, respondeu afirmativamente, e relatou que o sistema de aeração do valo de oxidação é por ar difuso por meio de domos que se situam no fundo do tanque. No caso de problema em um desses distribuidores, precisa-se drenar todo o valo para se fazer o reparo; ou seja, o processo biológico é extinto e na seqüência será preciso iniciar toda a fase de aclimatização dos microrganismos novamente (aproximadamente 3 meses).

Questionada sobre a existência de SGA e ISO 14001, a entrevistada informou que não os tinha; então foi-lhe perguntado se os clientes internacionais (90%) não questionavam os aspectos ambientais. A isso ela respondeu que sim, mas eles acabam por aceitar as informações de que a empresa dispõe de um STET capaz de atender perfeitamente à legislação ambiental. Na opinião da entrevistada, o SGA e a ISO 14.001 são elementos burocráticos e não devem melhorar os parâmetros de lançamento, porque, independentemente dos instrumentos acima mencionados, a empresa já se empenha ao máximo para atingir a condição ótima para o sistema.

Em 2003 a empresa realizou uma ação importante, que foi a substituição do combustível óleo BPF pelo gás natural nas caldeiras. A mudança atendeu a uma necessidade da indústria em termos de minimização dos impactos ambientais atmosféricos. A substituição já estava prevista desde algum tempo, pois a indústria já havia comprado equipamentos (ramas) com a concepção para o uso de combustível natural.

A empresa está localizada em um perímetro industrial, com pouca população residente em sua circunvizinhança, de forma que, segundo a entrevistada, nunca houve reclamação a respeito dos efluentes. Em termos de fiscalização, o órgão responsável é considerado pela entrevistada como atuante, tanto que em função dessa atuação a empresa precisou se adequar às exigências ambientais.

A principal meta ambiental da indústria é encontrar uma solução viável em termos econômicos e ambientais para o lodo gerado no sistema. Também faz parte dos objetivos de curto prazo a implantação de sistemas que possibilitem a recuperação de parte dos efluentes tratados para minimizar dos impactos ambientais.

5.1.32 IEB-01

Empresa da região de Barcelona (Espanha), foi fundada no início da década de 1960. Tem o foco têxtil na prestação de serviços nas áreas de tingimento, acabamento e estamparia para fibras sintética (poliéster e poliamidas). Com capacidade instalada para processar 400 toneladas/mês, a partir de 2001 passou a utilizar apenas 50% dessa capacidade. A redução na produção é reflexo da crise que as indústrias têxteis europeias estão enfrentando desde 2001.

Em 1976 foi instalado o primeiro STET, que era um tratamento físico-químico centrado nos processos de sedimentação. A partir de 1995 o órgão ambiental intensificou a pressão sobre a empresa com o objetivo de melhorar o sistema existente. Então em 1997 a indústria passou a contar com STET centrado no tratamento biológico e com rendimentos que lhe possibilitaram cumprir as exigências ambientais da província de Barcelona.

Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.158.

Descrição	Dados
Atividade	Tinturaria e acabamento (prestação de serviço)
Matéria-prima	Tecidos de poliéster e poliamidas e algumas mistura de fibras
Tipo de corante usado	Reativo, disperso, ácido e outros
Tempo de atividade	35 anos
Produção da empresa	200ton/mês ou 7.000Kg/dia – representa 70% da capacidade
Água industrial e custo	Poço artesiano (100%)
Número de colaboradores	170 colaboradores, sendo 04 no setor de ambiente
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	5.000m ²
Vazão de tratamento do STET	Cap. 130m ³ /hora - ≈ 3.200m ³ /dia
Consumo específico de água	Entre 250 e 280L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento, biológico, filtro de areia centrífuga e secador
Investimento no STET	€\$ 1.080.000 euros
Tecnologias de minimizações	Recuperação de 20% do efluente tratado – uso geral
Custo operacional do sistema	€\$ 0,18/m ³ (operac.), €\$ 0,30/m ³ (amortiz.) e €\$ 0,15/m ³ (taxa)
Custos mensais de operação	Custo total €\$ 44.200 euros mensais
Biológico	Bioflotação – aeração por bombeamento <i>venturi</i>
Lodo	Biológico – secagem (umid. 8%) – 1ton/dia – destino aterro
Geração de calor	Co-geração – combustível – gás natural

Figura 5.158 - Síntese de dados da empresa IEB-01

Fonte: Primária

O primeiro STET, implantando em 1976, era constituído de um tanque de homogeneização e um tratamento físico-químico baseado na sedimentação. Esse sistema gerava em torno de 900 toneladas de lodo por ano; assim, em 1980, para otimizar o processo de desidratação, a empresa optou pela centrifugação do lodo. Esse sistema operou por quase 20 anos. Em meados da década de 1990 o órgão ambiental estabeleceu parâmetros de despejo mais rígidos, o que fez a empresa optar por um novo STET baseado no processo de bioflotação. A figura 5.159 mostra o fluxograma esquemático do STET que começou a operar a partir de 1997.

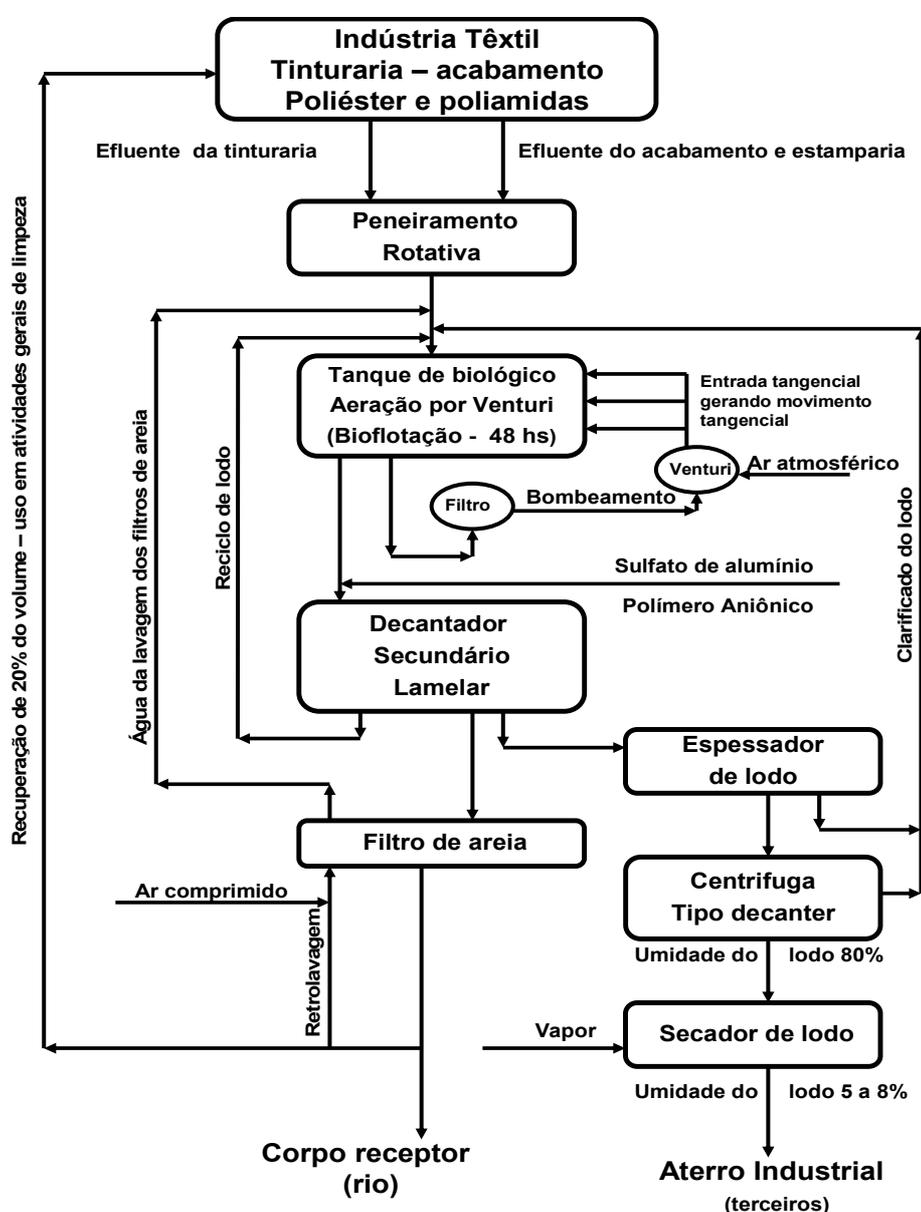


Figura 5.159 – Fluxograma esquemático do STET da IEB - 01
Fonte: Primária.

Quando precisou decidir pela implantação do novo STET a empresa buscou uma consultoria ambiental para ajudá-la na tomada de decisão. Segundo o entrevistado, a parceria acabou não atingindo os objetivos esperados, pois os resultados que estavam se configurando não atendiam aos interesses da empresa. A decisão acabou sendo da equipe técnica da própria empresa, que, depois de muita pesquisa e visitas a sistemas em operação na Itália, Espanha e Alemanha, acabou optando por um sistema basicamente biológico dentro do conceito de “bioflotação” (processo patenteado), desenvolvido pela empresa italiana de engenharia Odebez.

Segundo dados obtidos no *site* da Odebez (2004), o sistema de bioflotação apresenta excelentes resultados, principalmente em efluentes com elevada carga de produtos tensoativos e corantes. O sistema promete a eliminação completa da coloração e da toxicidade, além da redução efetiva da DQO. A baixa formação de volume de lodo e o baixo custo operacional são citados como vantagens sobre sistemas de tratamento similares.



Figura 5.160 – Sistema biológico - bioflotação da IEB - 01.
Fonte: Primária.

Por meio da figura 5.160 pode-se observar uma densa camada de espuma na superfície do tanque de aeriação, que é característico da bioflotação. O diferencial em relação a outros processos biológicos fica por conta dos sistemas de aeriação e agitação no tanque biológico, os quais respectivamente são realizados por meio de *venturi* (ar atmosférico) e bombeamento (recirculação), localizados no fundo do tanque. A saída do efluente se dá pelo fundo do tanque, de forma a preservar a camada de lodo ativo (espuma) presente na superfície do tanque. A figura 5.161 mostra os sistemas de filtros, bombeamento e injeção de ar (oxigenação).

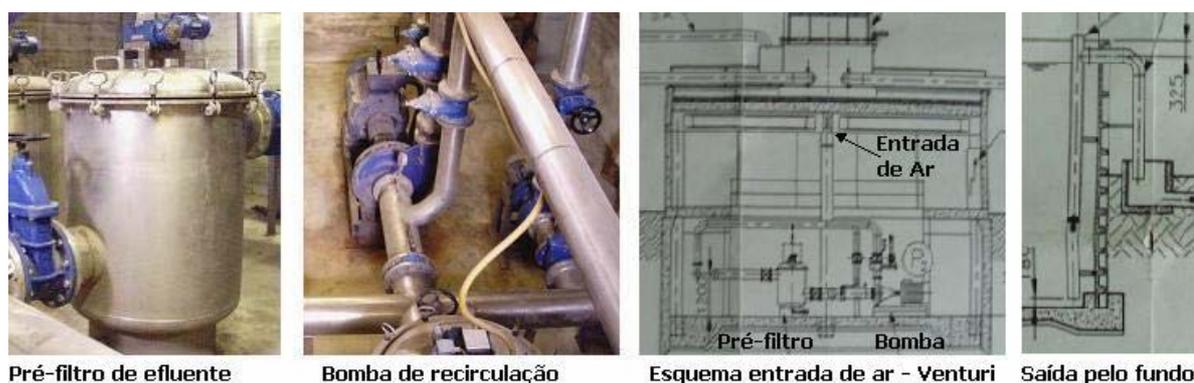


Figura 5.161 – Sistema de bombeamento e injeção de ar da IEB - 01

Fonte: Primária.

Segundo o entrevistado, o STET apresenta uma boa tratabilidade, estabilidade e eficiência, esta última entre 93 e 95%, haja vista que a DQO bruta se situa em torno de 1.000mg/L e depois de tratada fica entre 40 e 190mg/L, conforme pode ser constatado pelos valores da tabela 31 (conjunto de diversas análises).

Tabela 31 - Análise de efluente final do STET da IEB - 01

Parâmetros de lançamento	Valores obtidos						Parâmetro despejo
	A.C.A 02/05/03	L.A.T. 02/05/03	L.A.T. 05/04/03	L.A.T. 30/09/03	A.C.A 06/11/03	L.A.T. 06/11/03	
Unidades (mg/L)							
- SST – Sol. Susp. totais	12	36	10	11	72	88	60
- DQO – não decantada	55	86	38	86	121	190	120
- DQO – decantada	55	72	19	62	99	137	- o -
- DBO ₅	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	28
- Sais solúveis (µS/cm)	1759	1809	1903	1720	1550	1624	- o -
- Cloretos	446	369	408	358	373	362	2.000
- pH	6,8	6,9	6,6	7,3	6,7	6,6	5,5 – 9,5
- Mi toxicidade, Equitox/m ³	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 5
- N total	2,3	5,2	2,0	16	8,5	6,8	- o -
- N – NH ₄	- o -	- o -	< 0,4	- o -	2,5	0,5	6,2
- N orgânico	- o -	- o -	2,0	- o -	- o -	6,8	- o -
- P total	< 0,06	- o -	0,3	0,3	2,5	1,0	10
- AOX (mg/Cl)	0,18	0,20	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
- Al	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	1,0
- Cor(mgPt/Co/L) d.1/20 ²²	N.Visiv.	Visiv	Visiv.	Visiv.	N. Visiv.	Visiv.	N. Visiv.
- Detergente aniônico	0,95	- o -	0,93	- o -	- o -	- o -	- o -
- Óleos e graxas	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -	- o -

Obs: N. Visiv. (não visível), – Visiv. (visível) e - o - (não informado ou não analisado)

A.C.A – (Agência de Controle Ambiental) – L.P.T. (Laboratório Análise de Terceiros)

Fonte: IEB -01

²² d. 1/20 – Análise da cor – depois da diluição 1 para 20 o efluente deve ser incolor.

Questionado sobre quais seriam os parâmetros de despejos com maior dificuldade de ser atingidos, o entrevistado respondeu se tratar do AOX. Esses parâmetros mais rígidos se devem, em tese, à existência de uma captação de água para consumo público a jusante da indústria. Daí os valores estabelecidos pela Agência de Controle Ambiental (ACA) serem tão restritivos, de tal forma que qualquer presença de cloro no processo industrial, por mínima que seja, acaba por ser detectada através da análise de AOX.

Nesta indústria também existe a preocupação como o lodo têxtil, tanto que no passado, quando o tratamento era basicamente físico-químico, a quantidade de lodo anual chegava a cerca de 900 toneladas/ano. A decisão pela “biofloculação” como processo biológico em parte foi em função da promessa de baixo volume de lodo (0,05kg SS/kg DQO removida). Para reduzir ao mínimo o volume de lodo, este passa por sucessivos processos de desidratação, que são os seguintes: o primeiro é em um espessador, na seqüência uma centrífuga do tipo *decanter* e como última etapa um secador a vapor. Ao final desses processos se tem um lodo com 5 a 7% de umidade. Em média são gerados de 250 a 300kg de lodo seco por dia, material que, após o acúmulo de algumas toneladas, é direcionado para um aterro industrial, com o custo de 60 euros por tonelada.



Figura 5.162 – Sistema de desidração do lodo da IEB - 01.
Fonte: Primária.

Durante a visita *in loco*, o secador se encontrava em operação e o que se percebeu foi que o lodo seco apresentava uma excelente consistência, podendo-se dizer que era formado por pequenos grânulos, e, segundo o entrevistado, deveria ter entre 5 e 7% de umidade. Também não se percebeu qualquer tipo de odor característico.

Em relação ao STET, implantado em 1997, tendo-se perguntado ao entrevistado se houve alguma falha no projeto, ele responde que sim, precisamente três. A primeira se refere à caracterização da DQO, em termos qualitativos, pois no projeto este parâmetro está estimado em 700mg/L, enquanto a realidade demonstra que a DQO bruta em muitas ocasiões é superior a 1.000mg/L. Somente este erro gera uma deficiência de oxigênio superior 40%, valor que compromete seriamente os rendimentos em termos de DQO. A segunda falha está na caracterização volumétrica do efluente, porque o sistema, entre períodos de moda verão e inverno, apresenta uma variação de consumo entre 2.900 e 4.000m³/dia, enquanto o sistema está projetado para um valor médio de 3.200m³/dia. Esta diferença de volume faz com que em pelo menos três meses do ano o sistema esteja subdimensionado em quase 30%, valor que, somado ao problema da caracterização da DQO a menor, leva à ampliação do problema. A terceira falha se refere ao decantador secundário, cuja concepção é baseada na sedimentação (decantador lamelar). Esse tipo de decantador não é muito recomendado para processos com elevada carga de lodo biológico, é mais adequado para tratamento terciário, em que se requer a eliminação apenas de lodo químico (flocos finos). Em função desse equívoco, em geral o decantador biológico lamelar apresenta perda de sólidos, conforme pode ser visto através da figura 5.163.



Figura 5.163 – Decantador lamelar e os filtros de areia da IEB-01
Fonte: Primária.

Através da figura 5.163 é nítida a perda de sólidos (flocos biológicos) pelo decantador lamelar, conforme problema relatado pelo entrevistado. Esta situação gera apenas inconvenientes operacionais, principalmente no filtro de areia, onde os flocos acabam sendo retidos, o que em tese provoca um excesso de carga nos filtros de areia, gerando um número excessivo de retrolavagens.

Durante a pesquisa se percebeu que os custos ambientais são muito significativos para esta empresa, e isso de certa forma acaba por afetar o rendimento econômico. Quando da pesquisa a empresa se encontrava em sérias dificuldades financeiras. Em relação ao custo operacional foi informado o valor total de 0,63 euro por m^3 , um dos mais elevados entre as empresas pesquisadas na Península Ibérica. Este valor é composto de três parcelas. A primeira se refere aos custos com insumos e mão-de-obra e equivale a 0,18 euro/ m^3 , valor que em princípio não é elevado. A segunda parcela se refere à taxa de amortização do investimento (1.080.000 euros) e equivale a 0,30 euro/ m^3 . Esta parcela pode-se considerar elevada, mas o empreendimento já estava em fase final de integralização. A terceira parcela se refere à taxa de impostos, equivalente a 0,15 euro por m^3 , a qual o entrevistado considerou excessiva pelo fato de outros países concorrentes comerciais não efetuarem a cobrança. Outro fator que eleva os custos mensais é o volume excessivo de efluentes. O consumo médio, de 250 a 280L/kg de tecido, está bem acima da média mundial. Associado esse índice ao já elevado custo por m^3 atingem-se valores de 45.000 euros mensais para a produção de 200 toneladas/mês.

Pela figura 5.164 pode se constatar que a população vizinha é muito diminuta, mas mesmo assim, segundo o entrevistado, é extremamente ativa e consciente dos seus direitos ambientais. Relata ele ainda que muitas das reclamações são de fundo sociológico, pois esses vizinhos em sua maioria já foram colaboradores da empresa no passado.



Figura 5.164 – Vista aérea da indústria e o corpo receptor da IEB-01
Fonte: Primária.

Pela figura 5.164 se percebe claramente que o corpo receptor pode ser classificado como um pequeno riacho, daí a compreensão de os parâmetros de despejo serem tão rígidos. Mesmo com toda a rigidez reinante, pode-se notar que existem resíduos de corante depositados no fundo do riacho.

Além da rigidez da legislação, na opinião do entrevistado, os fiscais da ACA também são extremamente rigorosos, mas considera que eles agem de forma igual com todas as empresas da região. Apesar desta rigidez toda, segundo o entrevistado, a empresa nunca foi multada. Também informou que as multas na Espanha são muito elevadas e em muitas situações as indústrias são simplesmente fechadas até terem a situação ambiental regularizada.

Ao lhe ser perguntado se a empresa tinha SGA ou ISO 14.001, o interlocutor informou que não, e acrescentou se tratar de instrumentos apenas de cunho comercial (*marketing*), não interferindo no cumprimento das exigências ambientais. Afirmou ainda que desconhecia qualquer perda comercial pela não-existência dos instrumentos ambientais em questão.

No campo das minimizações, deve-se destacar que, por exigência da ACA, a empresa foi obrigada a incluir no STET um processo de recuperação de pelo menos 20% do efluente tratado. O reúso do efluente tratado destina-se principalmente às operações de limpeza e últimas lavagens. O entrevistado também relatou que em 2001 a empresa desenvolveu algumas ações no processo industrial para minimizações de volume de efluente. O resultado foi excelente, pois houve uma redução de cerca de 20 a 25% em volume. O problema é que a carga orgânica acabou por se elevar quase na mesma proporção, de forma que a empresa abandonou o plano de reduzir o volume de efluente. Não obstante, na área de efluentes gasosos se conseguiu bons resultados, e reduções significativas nos impactos, pelo uso do gás natural no processo de co-geração de energia elétrica.

Apesar de todas as dificuldades financeiras, considerando-se os elevados custos ambientais que precisam suportar, o entrevistado observou que a empresa é orgulhosa do trabalho que desenvolve para evitar impactos e preservar o ambiente.

5.1.33 IEB-02

Esta é uma indústria têxtil prestadora de serviços na área de tinturaria e acabamentos para tecidos de diferentes tipos de fibra. Empresa com mais de 29 anos de existência, aprimorou-se tecnologicamente no tingimento de tecidos especiais, ou seja, em misturas entre fibras naturais e sintéticas. A capacidade de produção instalada é de 250 toneladas/mês e atende a clientes nacionais e internacionais.

É uma empresa que demonstra preocupação com o ambiente, pois em seus quase 30 anos de existência sempre procurou manter um STET em que a legislação fosse cumprida a contento. A partir de 2002 e 2003 a empresa implantou o SGA e se certificou com a ISO 14.001, respectivamente, o que confirma a visão progressista e ambientalista da empresa.

Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.165.

Descrição	Dados
Atividade	Tinturaria e acabamento (prestação de serviço)
Matéria-prima	Tecido de diferentes tipos de fibras
Tipo de corante usado	Disperso, direto e outros
Tempo de atividade	29 anos
Produção da empresa	250 toneladas/mês ou 9.000Kg/dia
Água industrial	Poços artesianos (95%) e companhia pública (5%)
Número de colaboradores	Global 68 e no setor de ambiente 02
SGA e ISO 14001	Sim, implantado em 2002 e 2003, respectivamente
Área de tratamento dos efluentes	2.000m ²
Vazão de tratamento do STET	Cap. 45m ³ /hora - ≈ 1.100m ³ /dia – Utilização 100%
Consumo específico de água	120L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Primário, biológico e físico-químico, desidratação e secagem.
Investimento no STET	€\$ 200.000 euros – estimativa, montada em 1985 e <i>upgrade</i>
Investimento - Controle de gases	€\$ 150.000 euros – Filtro eletrostático
Tecnologias de minimizações	Recuperação de calor
Custo operacional do sistema	€\$ 0,72/m ³ (operacional)+ €\$ 0,15/m ³ (taxa)– Total €\$ 0,87/m ³
Custos mensais de operação	€\$ 21.000 euros/mês
Tratamento primário	Peneiramento, sem homogeneização e neutralização
Tratamento secundário	Adaptação da homogeneização para “valo de oxidação”
Tratamento terciário	Físico-químico, espessador, centrifuga e secador
Volume de lodo	Umidade 30 a 40% - secador a gás – 1 tonelada por dia

Figura 5.165 - Síntese de dados da empresa IEB – 02

Fonte: Primária

Entre 1978 e 1985, o sistema de tratamento era constituído apenas de um tanque de homogeneização. Na seqüência desse período, em 1986, implantou-se um STET completo, que ainda operava durante a pesquisa, ou seja, são quase 18 anos de operação. Na figura 5.166 é mostrado o fluxograma esquemático do sistema que operava quando da pesquisa.

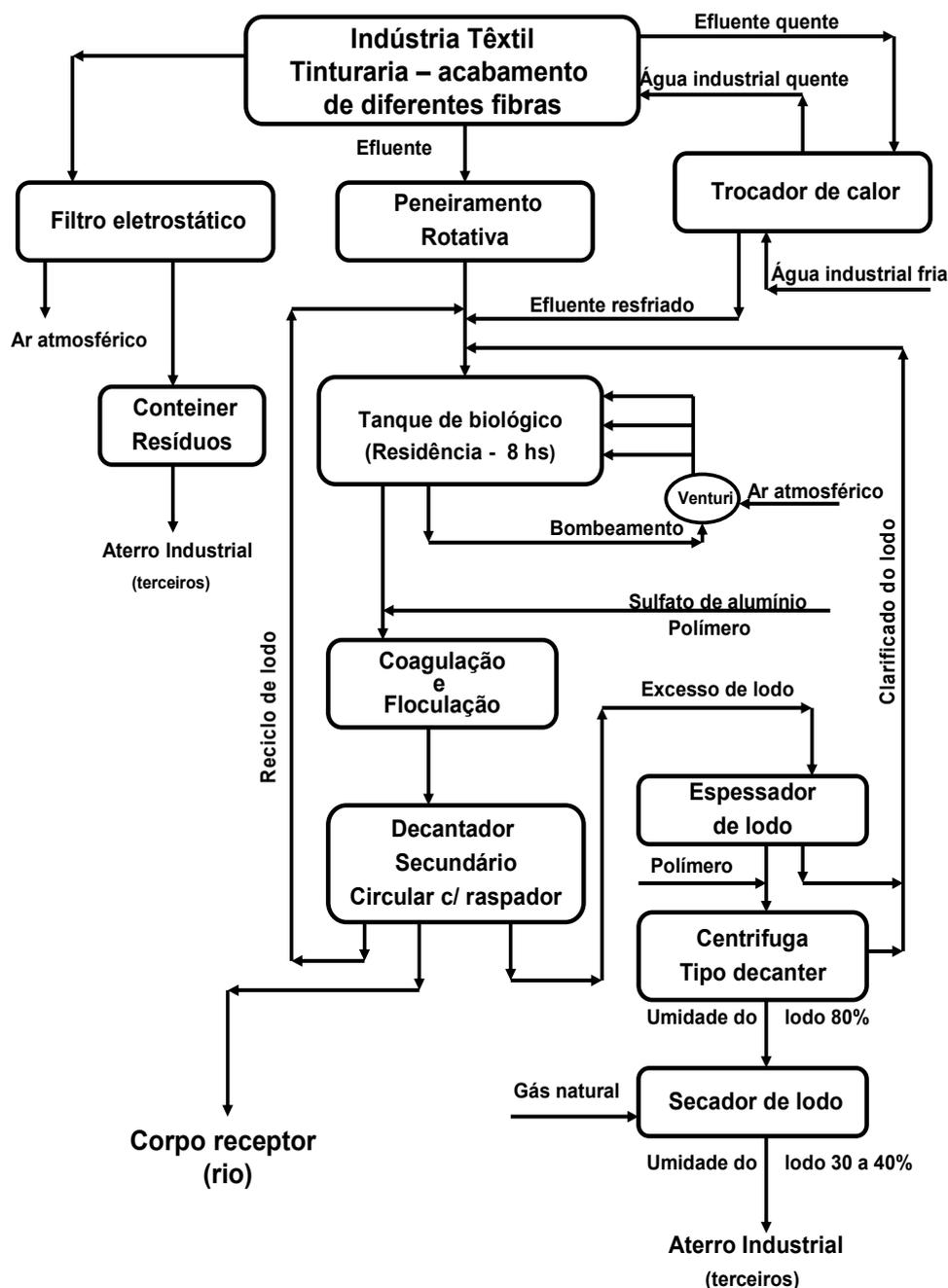


Figura 5.166 – Fluxograma esquemático do STET da IEB-02
Fonte: Primária.

O fluxograma do STET mostrado na figura 5.166 é resultado de diversas melhorias que ocorreram no sistema ao longo dos quase 18 anos em que está em operação. Inicialmente o sistema apresentava uma concepção simples, ou seja, pré-tratamento (peneiramento), tanque de homogeneização, físico-químico (sedimentação) e um espessador de lodo. As modificações foram se sucedendo ao longo do tempo. A primeira delas foi a instalação de uma centrífuga do tipo “*Decanter*”, com o objetivo de reduzir o volume de lodo e melhorar a operacionalização do processo de desidratação. Nesse período a desidratação gerava em torno de 2.000 toneladas/ano de lodo (umidade 75%). A destinação (aterro industrial) do lodo representava cerca de 100.000 euros/ano. Também nesse período os produtos químicos usados na coagulação e floculação eram o sulfato ferroso e a cal hidratada, cujo custo não era elevado, mas tinha como inconveniente o excesso de lodo. Para reduzir o volume do lodo passou-se usar sulfato de alumínio, que tem um preço mais elevado, mas em compensação reduziu o volume de lodo para 600 toneladas/ano (redução de 70%). Ainda com o objetivo de uma maior redução do volume de lodo, foi instalado um secador para o lodo cujo combustível é gás natural, fazendo com que o lodo tenha uma umidade final entre 30 e 40%, e assim o volume se reduziu para cerca de 250 toneladas/ano (redução final 90%). O entrevistado justificou que a umidade do lodo não é menor em função de uma otimização entre o custo de destinação do lodo e o preço do gás natural. Não soube justificar por que não houve aproveitamento dos gases de combustão como fluido térmico no secador.



Figura 5.167 – Etapas da desidratação do lodo químico e biológico da IEB-02
Fonte: Primária.

Outra alteração significativa no STET foi a transformação do tanque de homogeneização em tanque biológico. Para tanto o tanque passou a receber lodo recirculado proveniente do decantador, além da agitação e a aeração ser por bombeamento e passagem do efluente em equipamento de “Venturi” para introdução do O₂. Esta alteração melhorou a remoção de carga orgânica no STET.

Em termos de eficiência global, o entrevistado considerou o sistema satisfatório, haja vista que para uma DQO bruta entre 1.200 e 1.500mg/L se têm, após o tratamento, valores entre 180 e 250mg/L (limite 300mg/L), ou seja, uma eficiência pouco acima de 80%. Quanto ao parâmetro cor, esta deve estar ausente depois da diluição 1/20. Pelo que se constatou visualmente durante a pesquisa, as exigências em relação ao parâmetro cor são atingidos sem grandes dificuldades.



Figura 5.168 – Efluente bruto tanque biológico e efluente final da IEB-02
Fonte: Primária.

O STET projetado em 1986 era do tipo mais convencional possível para a época, então o destaque fica para as modificações ocorridas depois da implantação, como a adaptação do tanque, a homogeneização em tanque biológico, a desidratação do lodo por centrifugação e a secagem do lodo. Todas as alterações resultaram de decisões e contratações decididas por técnicos da própria indústria.

A ação diferenciada em termos de controle ambiental está na área dos resíduos gasosos, pois após algumas reclamações dos vizinhos a respeito do odor causado pelos gases da indústria, a solução do problema passou pela instalação de um filtro eletrostático para a purificação dos gases (ar) expelidos do processo industrial. O princípio básico do filtro é a captura das partículas indesejáveis por meio de um campo magnético formado pela tensão 10.000 volts entre as placas. Foram investidos cerca de 150.000 euros no equipamento. São gerados em torno de 100L/mês de resíduos, cujo aspecto é de substância oleosa (graxa) e que estão sendo armazenados em tambores e aguardam a decisão quanto ao destino final, que provavelmente será um aterro industrial para produtos perigosos.



Figura 5.169 – Filtro eletrostático da IEB-02

Fonte: Primária

O fato que surpreendeu neste STET foi o custo operacional de 0,87 euro/m³, um dos maiores entre as indústrias pesquisadas. Mesmo descontado o valor de 0,15 euro/m³ referente às taxas (impostos), ainda se tem 0,72 euro/m³. O estranho deste valor é que se trata de um sistema implantado em 1985, que ao longo do tempo foi recebendo os investimentos que também foram sendo amortizados. Investimentos recentes foram somente o secador de lodo e o filtro eletrostáticos, que conjuntamente custaram cerca de 250.000 euros, cuja amortização não pode ser superior a 0,20 euro/m³. Assim se chega a um custo operacional de 0,52 euro/m³, valor este que, comparado com os de outras indústrias têxteis pesquisadas, é considerado elevado. É, possível que parte deste custo possam ser creditados a secagem do lodo (gás natural) e a energia elétrica consumida no filtro eletrostático, pois os demais processos devem ter custos compatíveis com os de outras indústrias.

Em 2002 a empresa implantou o SGA, visando obter na seqüência a certificação ISO 14.001, que se concretizou no ano seguinte. O entrevistado ressaltou não se tratar de uma exigência dos clientes (internacionais), mas sim uma de visão futurista dos administradores da empresa em considerar a ISO 14.001 um fator competitivo.

Em relação à comunidade vizinha, afirmou ser ela consciente e participativa, pois sempre que incomodada reage com reclamações. Quanto à fiscalização ambiental, considera que ela age correta e estritamente dentro da lei ambiental.

Segundo o entrevistado, as próximas ações serão focadas no processo industrial, pois considera que existe muito a ser feito nessa área. Também relatou ser uma pessoa feliz por trabalhar em uma empresa que respeita o ambiente.

5.1.34 IEB-03

É uma empresa têxtil espanhola, fundada em 1960. Atua no segmento de confecção de roupas masculinas e femininas. Em 1991 foi incorporada por um grupo empresarial com destaque mundial, que atua em 58 países e possui mais 150.000 colaboradores em diversas atividades industriais, entre elas o segmento têxtil. A atividade da unidade industrial pesquisada está centrada no tingimento, acabamento e confecção de roupas de uso feminino e masculino. Tem capacidade para produzir 800 toneladas/mês de tecidos acabados. Os produtos destinam-se principalmente ao mercado interno (Espanha) e à Comunidade Européia.

A partir de 1991, com a incorporação da indústria pela empresa multinacional, as questões ambientais passaram a ser prioridade em todas as ações desenvolvidas, tanto que nessa época foi implantado um STET com as melhores tecnologias de tratamento disponíveis. O órgão ambiental da região de Barcelona sempre usou esta indústria como referência em controle ambiental para as demais indústrias têxteis, tanto que atribui a ela parâmetros de despejos com valores de limites mais rígidos que os das demais. A última alteração desses parâmetros ocorreu em janeiro de 2000. Apenas para se ter uma dimensão dessa alteração, a DQO-limite de despejo foi reduzida de 160 para 100mg/l. Para estas condições de lançamento e com uma DQO bruta acima de 2.200mg/l, a eficiência em termos DQO precisa ser superior a 95% para satisfazer a legislação. Também foi exigida a redução de 20% no consumo de água industrial.

As novas exigências se inter-relacionam, pois a redução do volume de efluente sem o devido reaproveitamento acaba por elevar a DQO bruta na mesma proporção da redução de volume, DQO que por sua vez também foi reduzida em aproximadamente 40%. Perante tal situação, dificilmente se conseguiria atender às novas exigências com o STET implantado em 1991. Em função dessa circunstância a empresa optou por incorporar no STET uma tecnologia avançada que permitisse a reciclagem de efluente como água industrial e ao mesmo tempo propiciasse também a redução da DQO e da DBO₅ aos níveis exigidos pela legislação ambiental de 2000.

Os principais dados em termos ambientais estão sintetizados na figura 5.170.

Descrição	Dados
Atividade	Tinturaria e acabamento
Matéria-prima	Tecido de diferentes fibras e misturas
Tipo de corante usado	Reativo, direto e outros
Tempo de atividade	45 anos
Produção da empresa	500 toneladas/mês ou 20.000Kg/dia
Água industrial e custo	Poço artesiano – Custo €\$ 0,15 euro/m ³ – com impostos
Número de colaboradores	Global 180 e setor de ambiente 03
SGA e ISO 14001	Não
Área de tratamento dos efluentes	3.000m ²
Vazão de tratamento do STET	Cap. 60m ³ /hora - ≈ 1.500m ³ /dia – Utilização 100%
Consumo específico de água	62L/kg de tecido
Concepção do tratamento atual	Pré-tratamento, biológico, centrifuga e membranas (filtração)
Investimento no STET	€\$ 1.500.000 euros
Tecnologias de minimizações	Membranas (ultrafiltração e osmose reversa)
Investimento em membranas	€\$ 750.000 euros
Custo operacional nas membranas	€\$ 0,13 euro/m ³
Custo operacional do sistema	€\$ 1,30 euros por m ³
Custos mensais de operação	€\$ 41.600 euros por mês
Pré-tratamento	Peneiramento – homogeneização – Neutralização
Neutralização	Ácido sulfúrico – mas inicialmente projetado p/ gás carbônico
Tratamento biológico	Valo de oxidação – Carrossel – aeração prolongada
Tipo de aeração	Bombeamento por venturi
Lodo – volume – destino	Lodo químico e biológico – 1ton/dia – Uso agrícola
Recuperação de água	Sim, 20% – Tecnologia de ultrafiltração e osmose reversa
Combustível das caldeiras	Gás natural
Controle de poluição gasosa	Sim – Filtro eletrostático – Gases industriais
Despejo final	Corpo receptor

Figura 5.170 - Síntese de dados da empresa IEB-03

Fonte: Primária

Em 1991, quando da implantação do STET, a empresa recebeu 7 propostas de projeto de diferentes empresas. Eram 4 propostas centradas no tratamento físico-químico e 3 propostas no tratamento biológico. Nessa época, já era predominante a tendência por tratamento biológico, evitando-se o tratamento físico-químico, que gerava excessiva quantidade de lodo, principalmente químico, e conseqüentemente o problema da disposição do lodo. Assim a opção foi pelo tratamento biológico aeróbio, processo de valo de oxidação (carrossel), porque opera com elevada idade do lodo e resulta em menor volume de lodo biológico, quando comparado com outros processos das mesmas características.

A figura 5.171 mostra o fluxograma esquemático do STET em operação desde 2000.

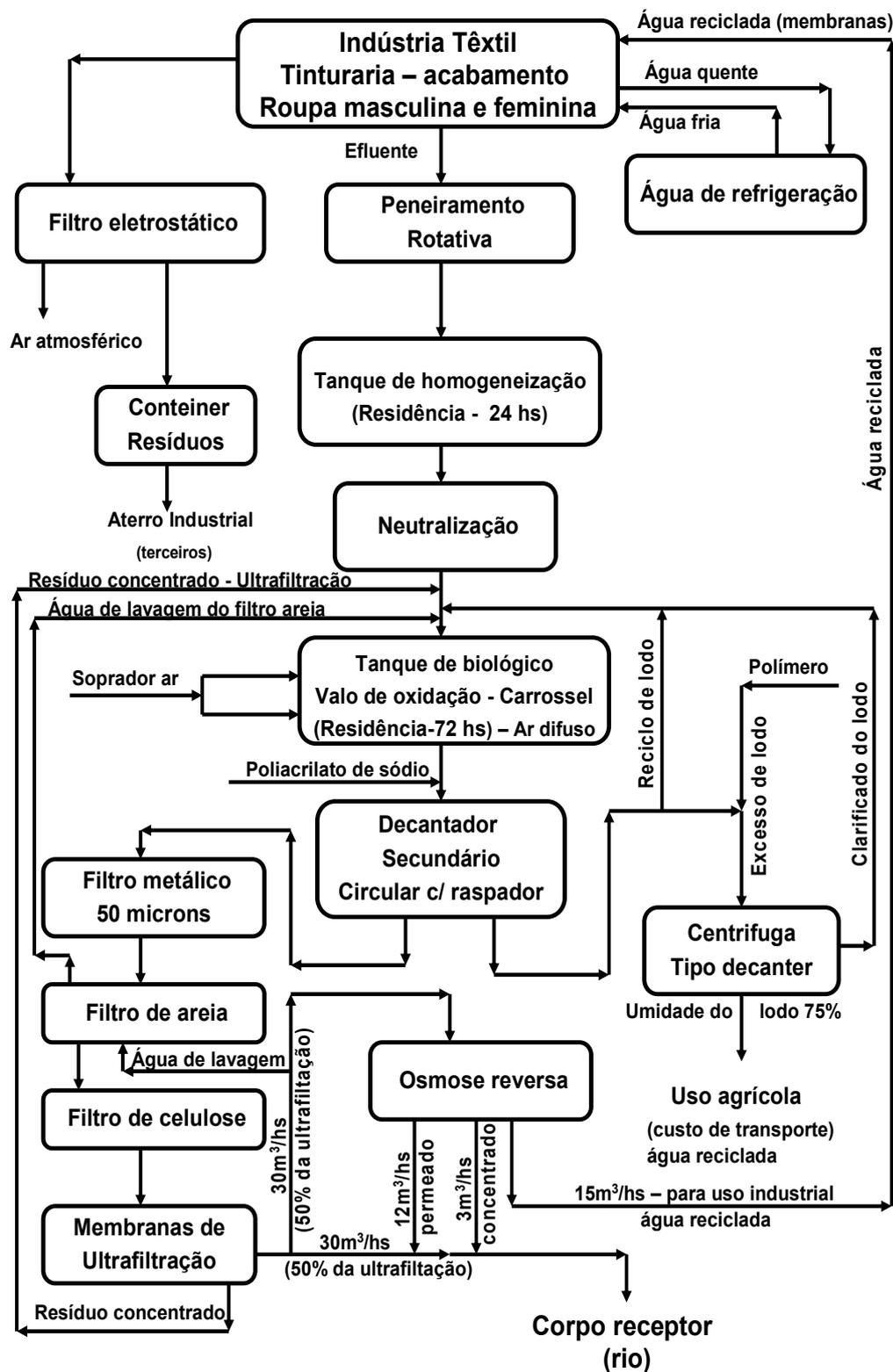


Figura 5.171 – Fluxograma esquemático do STET da IEB-03
Fonte: Primária

Em relação ao sistema implantado em 1991, apesar de para aquela época ter sido uma ação ousada tratar o efluente apenas através de processo biológico, o sistema como um todo era muito simples, como pode ser visto através da figura 5.171, cujas unidades mais expressivas eram o tanque de homogeneização, o valo de oxidação (carrossel) e o decantador secundário.



Figura 5.172 – Tratamento biológico do STET da IEB-03

Fonte: Primária

Segundo o entrevistado, desde o início das operações do STET o processo biológico se mostrou eficiente (entre 90 e 95% de redução de DQO) e com boa estabilidade. O sistema tem zonas de oxidação e desnitrificação bem-definidas, dificultando assim a formação de “*bulking*” (flotação de lodo). Em alguns momentos é necessário um coagulante para a solução desse problema.

Entre 1991 e 2000, o aumento da produção industrial fez com que o processo biológico fosse ampliado, além de outras modificações que se fizeram necessárias para a otimização do sistema. A primeira delas foi a substituição do gás carbônico pelo ácido sulfúrico com agente neutralizante, devido ao alto custo operacional do gás carbônico. Outra alteração foi a substituição do filtro-prensa por uma centrífuga do tipo “*decanter*”. Neste caso a justificativa foi a melhor *performance* operacional do processo de centrifugação, que exige muito menos mão-de-obra e produtos químicos (polímeros) para o processo de separação e desidratação do lodo biológico.

Em 2000, em função da alteração nos parâmetros de lançamento da indústria, conforme já mencionado, precisou-se implantar um tratamento terciário que permitisse ao STET atingir as novas exigências de despejo. Para tanto, inicialmente se estudaram e analisaram diversas possibilidades de tratamento. A primeira - muito usada em STET - foi o tratamento físico-químico (coagulação, floculação e decantação), mas não conseguiu atender à exigência legal em termos de DQO para o despejo, a qualidade do efluente reciclado também não atingiu as exigências do processo industrial, além de que a quantidade de lodo gerada era excessiva (custo alto). Outra possibilidade estudada foi a ozonização. Esta apresentou boa remoção de cor e tensoativos, mas deixou a desejar em termos de redução de DQO e de qualidade do reciclado, além de que também apresenta elevado custo operacional (oxigênio líquido e energia elétrica). Outro tratamento testado e também não implantado foi o filtro de carvão ativado. Teve excelentes resultados em termos de redução de DQO, cor e tensoativos, mas também apresentou custo operacional elevado, devido a ser muito trabalhoso o processo de recuperação do carvão.

A opção estudada que melhor se adequou às necessidades da indústria foi a tecnologia de membranas porosas, sendo um conjunto em série de membranas de ultrafiltração e depois de membranas de osmose reversa. Em função de a filtração por membranas ser um processo físico delicado, pois os poros (filtros) são muito pequenos e passíveis de obstrução ou rompimento, o sistema de membranas necessitou de uma barreira de proteção, constituída de um filtro metálico de 1 micro, filtro de areia e por último um filtro de celulose. Ou seja, o sistema de proteção é constituído de uma bateria de três filtros em série antes da ultrafiltração.

Também se buscaram membranas que fossem mais resistentes que as convencionais, principalmente com relação às membranas de ultrafiltração, que são as primeiras a sofrer o impacto dos efluentes. As membranas escolhidas são de cerâmica porosa, fabricadas pela empresa israelense "Nirosoft", cujo princípio de fabricação se baseia na transformação de membranas de nanofiltração em ultrafiltração, por meio da destruição física e química dos poros da membrana de nanofiltração. Desta forma a resistência dessas membranas, quando em operação ou em processo de lavagem, é muito superior à das membranas originalmente construídas na dimensão de ultrafiltração.

Não se pode dizer que a opção escolhida seja de uma tecnologia inovadora, mas sim, uma tecnologia avançada raramente aplicada em efluentes industriais, principalmente os têxteis. Através da figura 5.173 se pode ver a bateria de membranas de ultrafiltração em operação.



Figura 5.173 – Conjunto de membranas de ultrafiltração do STET da IEB-03.

Fonte: Primária

O processo de ultrafiltração é composto por um conjunto de 25 tubos, ligados em série de 5 em 5 e cada um com 4 membranas do tipo espiral, totalizando 100 membranas. Segundo dados do fabricante, estas membranas removem apenas sólidos em suspensão, partículas coloidais, bactérias e vírus. Todos esses resíduos são chamados de “concentrados” e representam entre 5 e 10% do volume filtrado, o qual é direcionado para o tanque biológico. Alguns tipos de produto como, parafinas, estearatos e solventes não devem passar pelas membranas, pois podem danificá-las. As membranas são limpidas automaticamente por retrolavagem. Os sais dissolvidos, os metais pesados e os resíduos orgânicos não são eliminados por este tipo de membrana. Quanto à cor do efluente reciclado, esta ainda apresenta uma pequena coloração amarelada, conforme pode ser visto na figura 5.173. Tais condições inviabilizam a utilização desse efluente como água industrial.

Em geral são tratados na ultrafiltração cerca de 60m³/hora. Na seqüência, 50% do efluente da ultrafiltração são direcionados para as membranas de osmose reversa, como será visto a seguir.



Figura 5.174 – Conjunto de membranas de osmose reversa do STET da IEB-03.
Fonte: Primária

O conjunto de membranas de osmose reversa é constituído de 6 tubos com 4 membranas cada um, possibilitando a remoção de metais pesados, resíduos orgânicos e sais dissolvidos. Estes últimos são o grande empecilho na reciclagem do efluente industrial têxtil, pois em determinados pontos do processo sua presença compromete a eficiência do processo industrial. A osmose reversa trata cerca de 30m³/hora de efluente, sendo que destes, apenas 15m³/hora (50%) são reaproveitados no processo industrial, o que representa pouco mais de 20% do volume de efluente tratado. O restante do efluente filtrado na osmose é incorporado ao efluente da ultrafiltração e destinado ao corpo receptor.

O tratamento terciário através de tecnologias de membranas se justificou pela viabilização da reciclagem de 20% do efluente tratado, pela redução da DQO abaixo dos valores de 60mg/l e principalmente pelo custo operacional - cerca de 0,13 euro/m³ -, sem considerar a taxa de amortização do investimento, que pode chegar próximo de 0,75 euro/m³. Segundo o entrevistado, o sistema poderá precisar de uma manutenção mais criteriosa após 4 ou 5 anos de operação, que seria a substituição de todas as membranas do sistema.

Perguntado ao entrevistado se o sistema de membranas atende às expectativas da empresa, ele respondeu que sim, pelo menos até aquele momento. Mencionou que no início das operações surgiram algumas dificuldades de adaptação do sistema ao efluente a ser filtrado, mas que com o tempo tudo foi sanado. O que se percebeu naquele momento foi uma expectativa de 5 a 6 anos como tempo de vida útil das membranas, que estão em operação desde 2001.

O custo operacional total que a empresa tem com o STET é cerca de 1,30 euros/m³, sendo 42% com produtos químicos, 47% com energia elétrica e 1% entre a destinação do lodo e pessoal. Considerando-se que o sistema exigiu investimentos da ordem de 1.500.000 euros, somente com a taxa de amortização pode se estimar algo em torno de 1,50 euro/m³. Entre todas as empresas pesquisadas esta é a que declarou o maior custo operacional com o STET. Através da figura 5.175 é possível uma comparação visual entre os diferentes estágios do tratamento do efluente.



Figura 5.175 – Comparação visual entre os efluentes no STET da IEB-03.

Fonte: Primária

Cumpra apenas ressaltar que a remoção de cor ocorre com a ajuda de um descolorante (poliacrilato de sódio) e a desidratação do lodo através de polímero e centrifugação. O sistema dispõe também de um pequeno aquário que funciona como um bioteste para o efluente final, pelo qual pode se detectar anomalia no sistema.

O lodo gerado no STET pareceu não ser problema para esta empresa, pois em função de o biológico trabalhar com idade do lodo elevada (superior a 25 dias), a geração de lodo não é excessiva. O lodo (químico e biológico) é destinado para solo agrícola, de forma que a empresa paga apenas a taxa de transporte, o que representa apenas 0,05% do custo operacional do tratamento.

Na área dos efluentes gasosos, em 2001 foi implantado um filtro eletrostático, com o objetivo de purificar os gases oriundos do beneficiamento. No filtro os gases são submetidos a uma tensão de 10.000 volts, o que faz com que as partículas contaminantes de até 0,000003mm sejam magnetizadas e fiquem retidas nas placas energizadas.



Figura 5.176 – Filtro eletrostático do STET da IEB-03.
Fonte: Primária

Pode-se perceber pela figura 5.176 que a empresa está armazenando todo o resíduo gerado no filtro. Isto se deve à dificuldade em encontrar aterros industriais que recebam tais resíduos, dada a condição de líquido e uma certa toxicidade.

Além de todos os esforços em equipar o STET com as melhores tecnologias, a empresa desenvolveu em 2000 um estudo no processo industrial com o objetivo de reduzir o consumo de água e a carga de DQO. Foram eliminados todos os produtos à base de cloro, com o objetivo de reduzir os valores de AOX. Muitos produtos químicos usados no processo industrial foram substituídos. Um exemplo citado pelo entrevistado refere-se ao ácido acético, que, com DQO de 900mg O₂/g de produto, foi substituído pelo ácido fórmico, cuja DQO é 66% menor. O resultado do estudo propiciou uma redução de aproximadamente 20% na carga poluidora do efluente.

Questionado a respeito do SGA e da ISO 14.001, o entrevistado informou que a empresa não considera importantes estas ferramentas, pois já pratica todas as ações de preservação ambiental em sua plenitude. Afirmou que dificilmente os parâmetros de lançamento praticados pela empresa poderiam ser melhorados com esses instrumentos, pois o STET já se encontra no limite das tecnologias disponíveis. Quanto aos clientes, quando são informados das tecnologias que são usadas no STET ficam surpreendidos e não exigem qualquer tipo de certificação.

Em termos de propostas de melhorias para o STET, o entrevistado destacou que a otimização do sistema com o objetivo de reduzir o custo operacional seria a principal meta, isto sem comprometer o desempenho do sistema como um todo.

5.2 Informações dos órgãos ambientais

Na pesquisa se procurou obter informações de como os órgãos ambientais agem em relação ao licenciamento e fiscalização das indústrias têxteis. Fizeram parte da pesquisa os órgãos ambientais dos Estados de São Paulo e Santa Catarina e de Portugal; no caso de Santa Catarina, também participaram da pesquisa o órgão ambiental municipal e a Polícia Ambiental da região de Blumenau.

5.2.1 Órgão ambiental – São Paulo (Americana)

A entrevistada não permitiu que a entrevista fosse gravada ou que se anotassem as respostas dos questionamentos, pois considerou se tratar de uma troca de informações de caráter informal. Assim, o que se tem é uma compilação da entrevista realizada após o seu término, na qual se focam as principais informações fornecidas pela entrevistada.

Esse órgão ambiental, em meados da década de 1970, tornou-se pioneiro na busca do controle e fiscalização do ambiente em nível de Brasil. As atribuições fundamentais do órgão são: estabelecer e executar planos de prevenção e controle da poluição, licenciamentos industriais e programas de avaliação da qualidade do ambiente, a elaboração de normas e instruções, além de propor políticas públicas para área ambiental do Estado de São Paulo.

Entre 1995 e 1996 o órgão chegou a ter quase 3.000 (três mil) funcionários entre técnicos administrativos, agentes ambientais e pesquisadores. Nos últimos 10 (dez) anos perdeu quase um terço de sua estrutura, e quando da aplicação da pesquisa estava com cerca de 1.900 (hum mil e novecentos) funcionários. O órgão dispõe de 35 agências regionais, distribuídas entre as maiores cidades do Estado, atuando no licenciamento e na fiscalização das atividades poluidora. As regionais estão ligadas de forma “*on-line*” com a sede do órgão na capital do Estado, propiciando agilidade e eficiência em todos os processos em tramite.

Em relação às indústrias têxteis, segundo a entrevistada, o órgão tem uma preocupação especial com a atividade têxtil, pois fiscaliza e controla os STETs desde 1979. A regional com maior envolvimento com as indústrias industriais têxteis é a de Americana, por ser a região o maior pólo têxtil de tecidos planos da América Latina. Também é um dos 18 (dezoito) segmentos industriais que dispõem de uma câmara ambiental para discussão dos problemas e soluções ambientais do setor. Criada em 1998, já aprovou diversos documentos que contribuíram para a melhoria da qualidade do ambiente, como o programa de prevenção à poluição, o manual de licenciamento, além do Inventário ambiental das Indústrias têxteis. São documentos importantes para o direcionamento da política ambiental do setor têxtil. Ainda continuam em atividade 4 grupos de discussão no âmbito da câmara têxtil: os de problemas de ruídos e vibrações, lavanderia, licenciamento e resíduos.

Não obstante, segundo a entrevistada, o destaque fica para o Programa de Produção Mais Limpa e Prevenção à Poluição (P+L/P2), desenvolvido também a partir de 1998, em que algumas indústrias têxteis se dispuseram a colaborar e abriram suas instalações industriais e os STETs para o programa. Ela citou que esse programa tem uma vertente que visou, ou melhor ainda visa, à melhoria da qualidade ambiental das indústrias têxteis, reduzindo a suas fontes de poluição e quantidade de resíduos, com ganhos econômicos e ambientais.” Ainda ressaltou que o programa teve a parceria da ABIT, que se tornou ao longo do tempo uma parceira indispensável na condução de uma política ambientalmente correta para o setor.

Quando se lhe perguntou se as indústrias têxteis apresentam grande incidência de reclamações, respondeu que em função de São Paulo ser um Estado muito industrializado, há uma diversidade de segmentos industriais muito grande, o que dificulta a distinção entre eles em termos de reclamação. Em geral a população reclama da coloração dos efluentes têxteis, mas este parâmetro não é especificado para os despejos têxteis. O que o órgão observa é se não há alterações nas características da cor do corpo receptor. Em algumas situações mais críticas se estabelece com as indústrias um termo de ajustamento de “conduta”, em que elas se comprometem a manter a cor abaixo de 500 ou 400mg COPt/L. Ressaltou ainda que a preocupação com efluentes têxteis não é a cor em si, mas sim, a toxicidade que pode advir do excesso de produtos químicos usados para a remoção dos corantes.

Indagada sobre a possibilidade de o órgão vir novamente a desenvolver pesquisas de tratabilidade de determinados efluentes, como fez no passado, respondeu que os tempos são outros e que o foco do órgão naquele momento era a otimização de pessoal e redução de custo, o que inviabiliza o desenvolvimento de pesquisas, mesmo porque muitos dos pesquisadores não fazem mais parte do quadro de pessoal da instituição, tanto que a divisão de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia de tratamento não existe mais no órgão.

Em termos de comitês de bacias, considerou que muitos deles já estão em processo adiantado de regulamentação, mas mesmo assim, considera que tanto a taxaçoão como as melhorias advindas deste processo ainda vão demorar algum tempo, pois a pressão por parte dos empresários é grande, no sentido da eliminação da taxaçoão ou de que esta seja de um valor muito pequeno.

A respeito da comunidade, a entrevistada afirmou que a população do Estado de São Paulo, ao longo dos quase 30 anos de atuação do órgão, aprendeu a confiar nele e por isso sempre que percebe irregularidades ambientais não se furta a registrar as devidas reclamaçoões.

Como considerações finais a entrevistada ressaltou que o órgão e o segmento têxtil vêm fazendo um bom trabalho (parceria) na busca de minimizar os impactos ambientais produzidos pelo segmento e que os programas de P+L/P2 devem continuar a dar bons frutos neste setor.

5.2.2 Orgão ambiental – Santa Catarina (Blumenau)

A estrutura de controle e fiscalizaçoão das questões ambientais no Estado de Santa Catarina, região de Blumenau, é composta de um órgão fiscalizador (Polícia Ambiental) e outro fiscalizador e licenciador (fundação), estes em nível de hierarquia estadual; e também um órgão fiscalizador (fundação) em termos municipais. Fizeram parte da amostra pesquisada os três órgãos ambientais.

5.2.2.1 Órgão ambiental – estadual – regional Blumenau

O órgão ambiental estadual dispõe de um escritório regional na cidade de Blumenau. São 7 (sete) profissionais para atender a uma região do Vale do Itajaí constituída de 50 (cinquenta) municípios e mais de 1.500 unidades industriais. Destes profissionais, apenas 4 (quatro) atuam efetivamente na fiscalização dos impactos ambientais. A principal função do órgão é o licenciamento de atividade para as indústrias com potencial poluidor, ficando a maior parte de fiscalização para a Polícia Ambiental e o órgão municipal responsável pelo ambiente.

Em nenhum momento esse órgão se envolveu em pesquisas de novas tecnologias para quaisquer tipos de atividades. O que fez e ainda pode fazer e desenvolver são ações que possibilitem a adequação de algum tipo de atividade que esteja operando de forma irregular, como fez com as indústrias têxteis no início da década de 1990.

Segundo a entrevistada, o órgão tem o apoio valoroso da Faema e da Polícia Ambiental no processo de fiscalização; no caso da Faema existe também convênio que delega a ela poderes para licenciar alguns tipos de indústrias com baixo potencial poluidor. Perguntado se o EIA-RIMA poderia ser solicitado para alguma indústria têxtil, a resposta foi que dificilmente este instrumento deve ser aplicado às unidades industriais têxteis, pois dos efluentes têxteis já se conhecem praticamente todos os efeitos e conseqüências, o que em parte dispensa este tipo de instrumento.

Questionada sobre a pressão que os fiscais enfrentam em termos de interferências políticas, a entrevistada respondeu que às vezes um ou outro político interpela sobre algum problema de licenciamento ou processo de interdição, mas nada de forma veemente ou intimidatória. Segundo ela, os problemas em geral se resolvem da melhor forma possível, porque os empresários acabam entendendo que a ação do fiscal tem o intuito de preservar o ambiente e cumprir a lei. Assim, as empresas acabam se adequando às necessidades ambientais e tudo fica resolvido. Ainda citou que, em 12 anos de trabalho na regional de Blumenau, apenas uma vez precisou interditar uma indústria têxtil - na cidade de Brusque; e a interdição se prolongou por alguns meses, até que a indústria conseguisse operar adequadamente o STET e cumprisse os parâmetros de despejo estabelecidos pela legislação.

A respeito da cor dos efluentes têxteis, mencionou que a legislação estadual não estabelece valor-limite para este parâmetro, mas que o órgão fiscaliza rigorosamente as indústrias, de forma que o corpo receptor não sofra alterações significativas em suas características originais, conforme estabelece a Resolução n.º 20 do Conama. Na cidade de Blumenau, a legislação municipal exige valor-limite entre 75 e 100mg/L COPt para os despejos têxteis, valor que, segundo a entrevistada, é cumprido pela maioria das indústrias têxteis da cidade. Ainda em relação à cor, ela afirmou que o órgão tem certa preocupação com o valor-limite do parâmetro cor, em função de ele ser muito restritivo, o que com certeza produz um aspecto incolor, mas também poderia estar aumentando a carga tóxica do efluente. Assim, o órgão vê com restrição a remoção de cor à base de excesso de produtos químicos.

Tendo-se perguntado à entrevistada se os maiores problemas nos STETs eram em termos de concepção de projeto ou de operação, ela não teve dúvida, respondeu que no seu entender a maior parte dos problemas é de ordem operacional e que em parte eles podem estar relacionados com a minimização dos custos nos STETs, os quais em muitos casos são extremamente significativos para as empresas.

Em termos de comitês de bacia, mencionou que são ao todo 37 (trinta e sete) no Estado de Santa Catarina, e que o do rio Itajai-açu é um dos que estão mais bem-estruturados; mas ainda não havia uma data prevista para a cobrança de taxa de “uso-pagador e poluidor-pagador”. Na opinião dela, a taxação deve contribuir para a minimização de impactos ambientais, pois as empresas buscaram desenvolver “tecnologias mais limpas” com o propósito de diminuir a quantidade de resíduos (líquidos e sólidos) nos processos industriais.

Mencionada a questão de que muitas das cidades do Vale do Itajaí, entre elas Blumenau, não executam devidamente o tratamento dos esgotos sanitários, a entrevistada respondeu tratar-se de uma questão complexa, que exige muitos investimentos por parte do poder público, sendo um dos problemas mais sérios que órgão ambiental enfrenta, pois as multas neste caso são inócuas e a interdição impossível. Espera e deseja que o Poder Público tome consciência de que o problema, antes de ser ambiental, é de saúde, e que deve ser resolvido.

5.2.2.2 Órgão ambiental – estadual – Polícia ambiental

Em Santa Catarina a Polícia Ambiental faz parte da corporação da Polícia Militar, desde 1991. Na região de Blumenau são 15 (quinze) agentes para atender a 25 (vinte e cinco) municípios. Inicialmente denominada de Polícia Florestal, tem como função básica a fiscalização dos impactos ambientais de todos os níveis e praticados por quaisquer pessoas, tanto físicas como jurídicas.

Segundo o entrevistado, os agentes são recrutados dentro das próprias fileiras da Polícia Militar, através de análise de currículo realizada pelo comandante do pelotão. Após o recrutamento, o policial “agente” frequenta 4 meses de curso sobre legislação ambiental e sinais de poluição, mas na opinião do entrevistado, melhor que o curso é o trabalho do dia-a-dia, em que o agente se envolve com as questões ambientais, a assimilação dos conhecimentos e a consciência ambiental.

Tendo o órgão o poder de polícia, dá apoio tanto à Fatma como à Faema. O único problema identificado na pesquisa é que esse órgão somente faz uso das legislações federal e estadual, e não considera as legislações municipais. No caso de Blumenau a legislação apresenta alguns parâmetros com valores mais restritos que os das legislações superiores. Assim, por exemplo, esse órgão não realiza autuação relativa à coloração dos efluentes, que em Blumenau é restrita entre 75 e 100mg COPt. Em relação às indústrias, a informação obtida é que a maioria das autuações se deve à falta de licença de operação ou problemas com o cumprimento dos valores-limites dos parâmetros de despejo, principalmente da carga orgânica.

Perguntado qual seria o órgão fiscalizador que mais recebe denúncias, o entrevistado afirmou ter certeza de que a Polícia Ambiental recebe cerca de 85% de todas as denúncias feitas na região. As denúncias são em geral de caráter individual e envolvem problemas pessoais entre as partes. Quando se perguntou se as indústrias são tratadas de forma equitativa, independentemente do porte, a resposta foi que de certa forma existe um diferencial, mas nunca se sobrepondo à lei. Sempre o objetivo é a redução dos impactos, e neste sentido se exige mais das grandes empresas, pois estas têm maior capacidade de responder às necessidades de investimentos e custos operacionais, além de apresentarem o maior impacto.

Perguntado ao entrevistado qual o perfil das indústrias têxteis da região em relação ao cumprimento da legislação ambiental, respondeu que este tipo de indústria já foi muito cobrado no passado, mas que naquele momento as denúncias ou reclamações eram esporádicas, e podia afirmar que as indústrias têxteis não eram a maior preocupação da Polícia Ambiental, e mesmo da comunidade. A respeito da comunidade, afirmou que o povo da região é bem consciente dos seus direitos e está sempre disposto a lutar por melhor qualidade de vida em relação ao ambiente.

Em relação a sofrer coação, o entrevistado respondeu que constantemente recebem a chamada “chantagem social”, pois diante de uma interdição eminente ou uma autuação elevada, os empresários acabam apelando para o sentimentalismo, jogando para o agente fiscalizador a responsabilidade do problema social que advém no caso de ser interditada uma unidade industrial ou a multa comprometer as finanças da empresa. Também afirmou que já ocorreram pressões por parte de políticos, mas que o órgão tem autonomia e os agentes têm independência para não se submeter a este tipo de pressão.

Outra questão abordada foi a situação do município de Blumenau, que trata apenas 5% do esgoto sanitário e cujos despejos “*in natura*” são direcionados para o rio Itajaí-açu. O entrevistado relatou se tratar de um problema muito sério e que por diversas vezes o município já foi autuado por estes despejos “*in natura*”; mas o problema extrapola às forças de resolução do órgão, pois se trata de situação em que não se podem interditar as residências e também não se pode fazer aparecer os recursos financeiros para o investimento em saneamento básico. É uma situação que só terá solução com a conscientização dos administradores públicos.

Pelo que se pôde perceber, o entrevistado é bem otimista em termos de futuro, pois acredita que a qualidade do ambiente deva melhorar significativamente. Justificou o otimismo por considerar que a consciência ambiental das pessoas está cada vez mais a florada, o que faz com que a poluição seja mais bem observada e conseqüentemente contestada e denunciada.

5.2.2.3 Órgão ambiental – municipal

O órgão ambiental da cidade de Blumenau foi criado em meados da década de 1970, tornando-se a cidade o segundo município brasileiro a ter um órgão de fiscalização e coordenação das questões ambientais. A função do órgão é preservar a cidade de todos os tipos de poluição que possam existir, além de traçar e desenvolver políticas públicas que venham a propiciar melhor qualidade de vida aos munícipes.

A estrutura do órgão é formada por 32 (trinta e dois) técnicos, sendo que 3 (três) deles são especialistas em efluentes têxteis e são custeados pelo município. A jurisdição do órgão se restringe apenas ao município de Blumenau e está baseada na legislação ambiental municipal. Os demais órgãos ambientais, estaduais e federais não reconhecem a legislação municipal, que, por exemplo, exige como parâmetro de despejo a cor entre 75 e 100mg COPT/L, dependendo do tipo de corpo receptor. Em termos de indústrias têxteis com potencial poluidor, a cidade de Blumenau possui 12 de grande porte e 85 de médio e pequeno porte.

Segundo a entrevistada, o período de 1975 a 1990 foi marcado pela exigência de licenciamentos industriais e fiscalização dos parâmetros de despejo. A partir de 1990 o órgão se ocupou também de desenvolver política pública de forma a equacionar a sustentabilidade em termos ambientais para o município. Dentre os programas com maior destaque figura o que busca determinar o Índice de Qualidade da Água (IQA), o qual com o tempo se transformou em mapeamento e reclassificação dos córregos e ribeirões do município.

No início da década de 1990, com o esgotamento da vida útil do lixão da cidade, as indústrias têxteis vivenciaram um sério problema: a falta de local apropriado para a disposição do lodo têxtil. O órgão, juntamente com a sociedade organizada e as indústrias têxteis, buscou uma solução conjunta para o problema. A solução foi a construção de um aterro industrial para resíduos de classe 2, o qual obedeceu a todas as etapas de credenciamento ambiental, desde o Eia-rama até o licenciamento do aterro. Assim, a região de Blumenau, a partir de 1998, passou a contar com um moderno aterro industrial, que possibilita a inertização do lodo têxtil.

Perguntado à entrevistada se o órgão já havia exigido Eia-rama de alguma indústria têxtil, respondeu que não, pois os impactos gerados pela indústria têxtil já são bem conhecidos. Complementou afirmando que se dependesse exclusivamente dela, das indústrias de grande porte, ou seja, com geração de mais de 200m³/hora de efluente, seria exigido o Eia-rama. Considera que no futuro, dentro de cerca de 10 a 15 anos, com certeza este instrumento ambiental deverá ser exigido como forma de melhor equacionar os impactos poluidores gerados por esta atividade. Também mencionou ser contra a adoção do critério de eficiência dos STETs para a definição dos valores de lançamento para a carga orgânica (80%) e que o ideal seria a adoção do valor de 60mg/L para a DBO₅, independentemente da atividade em questão.

Em relação ao parâmetro cor para os despejos, conforme mencionado, os valores exigidos em Blumenau variam de 75 a 100mg/L, dependendo do porte do corpo receptor. Questionada sobre a rigorosidade dos valores, a entrevistada afirmou que não, pois na ausência de turbidez tais valores podem ser alcançados com facilidade. Porém, ressaltou que o órgão busca a redução da cor, por considera-lá uma carga de DQO, mas ao mesmo tempo se tem certa tolerância em relação a esse aspecto, por se considerar a descoloração por meio de produtos químicos um agravante em termos de toxicidade. O órgão já exige o automonitoramento anual da toxicidade.

A respeito do comitê de bacia do rio Itajaí-açu, afirmou ter esperanças de que ele possa vir a contribuir para a melhoria da qualidade das águas da bacia. Os recursos que porventura forem arrecadados com a taxa do “uso pagador e poluidor pagador” poderão quiçá prover programas de recuperação ambiental para a bacia.

Questionada quanto ao grau de consciência ambiental da comunidade, afirmou que o considera excelente, pois a população não se furta à responsabilidade de zelar pelo ambiente; sempre que percebe qualquer alteração nas características dos rios e na qualidade do ar exerce o seu direito de denúncia. Ressaltou que em determinadas situações as pessoas se organizam em grupo, com o objetivo de que as reclamações surtam os efeitos com maior rapidez. Muitos dos problemas são detectados em função de denúncias, que o órgão procura atender de forma urgente para que se possa estabelecer um flagrante do não-cumprimento da legislação.

A entrevistada citou uma situação ocorrida alguns meses antes da pesquisa, em que uma indústria têxtil foi multada em aproximadamente 5.000 (cinco mil) reais e interditada industrialmente até a solução dos impactos ambientais. A indústria continuou a operar, na seqüência (horas depois) a multa foi dobrada e a interdição permaneceu. Em menos de 24 horas a indústria voltou a operar o STET e estabeleceu com o órgão um termo de conduta para no máximo em 30 (trinta) dias melhorar as condições de eficiência do sistema. A interlocutora comentou que em algumas circunstâncias não existem alternativas senão as autuações (multas) e até mesmo a interdição. Inquirida sobre a freqüência com que as indústrias têxteis são multadas, respondeu que entre as grandes indústrias, em geral, são uma ou duas multas por ano, no caso das médias e pequenas o número é bem maior, cerca de 20 a 30 unidades são multadas anualmente. Ressaltou ainda que o órgão procura agir com a maior imparcialidade, independentemente do porte da indústria fiscalizada.

Em termos de projetos de STETs, a entrevistada informou que os projetistas em sua maioria são da região e alguns do Estado de São Paulo. Em geral, os STETs não incorporam nenhuma inovação, 90% deles usam o biológico e físico-químico em conjunto e apenas uns 10% utilizam o físico-químico como terciário isolado. Os projetos em geral são muito parecidos uns com os outros, já tendo havido caso em que se constatou cópia fiel de projeto, pois em algumas partes do projeto o “projetista” se esqueceu de substituir o nome da indústria usado no projeto anterior.

Finalizou a entrevista afirmando que “... nos quase 25 anos de existência do órgão, ele em muito contribuiu para a melhoria do ambiente no município de Blumenau e que é preciso manter as conquistas ambientais e a confiança da população através de programas de responsabilidade e sustentabilidade ambiental”.

5.2.3 Orgão ambiental - Portugal

Em Portugal o organograma das responsabilidades ambientais sofreu muitas alterações nos últimos 20 anos. Foram diversas as siglas, apesar de as competências sempre serem as mesmas. O órgão que fez parte da pesquisa está localizado na cidade de Braga e é responsável pelo licenciamento industrial e fiscalização de toda a região intermediária do Vale do Rio Ave.

Em termos de licenciamento de operação industrial, o processo é coordenado pelo Ministério da Economia, que solicita ao órgão ambiental responsável parecer de viabilidade ambiental para o empreendimento nas referidas condições (locais). Para as indústrias têxteis os pareceres se baseiam na Lei-Geral (despejos industriais) e na Portaria 423/97 (específica para indústrias têxteis), de forma igualitária em termos da legislação, considerando a situação do corpo receptor (vazão e condição de impactado).

A estrutura do órgão ambiental em Braga é relativamente pequena, são 18 (dezoito) funcionários, sendo 3 (três) técnicos ambientais, 11 (onze) técnicos administrativos e 4 (quatro) vigilantes da natureza. As funções principais do órgão são as de coordenação do ordenamento do território, tutela em termos ambientais das autarquias locais (câmaras municipais), sensibilização da comunidade em relação ao ambiente, pareceres sobre licenciamento de atividade industrial e a fiscalização dos impactos ambientais.

Segundo o entrevistado, a maioria das cidades dispõe de Plano Diretor, desde do início da década 1990, e em muita delas os planos estão sendo reestruturados para atender às novas necessidades. O problema destes planos é que eles contemplam as chamadas “áreas industriais existentes”, de tal forma que as indústrias antigas (localizadas em perímetros urbanos) estão protegidas, independentemente da posição em que se encontrem localizadas. O inconveniente desta situação é que essas indústrias são constantemente denunciadas pela comunidade vizinha e assim elas acabam sendo fiscalizadas quase periodicamente pelo órgão ambiental.

Perguntado ao entrevistado se as indústrias que se encontram na abrangência do SIDVA, mas por falta dos interceptores despejam os efluentes sem o devido tratamento nos rios, têm autorização para isto, aquele respondeu que não. Informou que sempre que essas indústrias são fiscalizadas, em geral também são autuadas. As multas (coimas) mínimas são em torno de 2.500 euros, que para muitas indústrias não representam nem 5% do custo mensal que teriam com o tratamento dos efluentes se estivessem ligados ao SIDVA.

Questionado quanto à consciência ecológica da comunidade, o entrevistado respondeu que esta é genericamente fraca, pois somente se manifesta diante de problemas individuais e que parece submissa à condição de ambiente impactado. Perguntado a respeito da consciência ambiental dos empresários; respondeu que esta melhorou muito nos últimos anos; que muitos deles já pensam em gestão ambiental e nas conseqüências de tais condições em termos de competitividade para suas indústrias. Na opinião do entrevistado, os empresários começam a ter vergonha de ser taxados de poluidores, assim buscam alternativas para não serem rotulados desta forma.

A respeito do lodo têxtil (lama²³), o órgão ambiental avança duas possibilidades: uso agrícola com autorização do Ministério da Agricultura ou a exportação para aterros industriais em outros países da CE, pois Portugal não dispõe de aterros industriais para a disposição final do lodo têxtil.

Nas considerações finais, o entrevistado afirmou que a situação ambiental do Vale do Ave é ainda muito séria, pois continua impactada; mas que é muito melhor do que foi no passado e suas expectativas são de que cada vez melhore mais. A consciência ambiental dos empresários está mudando, assim como a da sociedade como um todo, e a soma dos esforços com certeza resultará em um ambiente menos poluído.

5.3 Informações dos centros de pesquisa (pesquisador)

Neste item serão abordadas as entrevistas realizadas com alguns pesquisadores que se dedicam aos temas ambientais relativos aos resíduos têxteis (líquidos, sólidos e gasosos).

No caso de Portugal, além dos pesquisadores também fizeram parte da amostra (entrevistas) dois centros de pesquisas que possuem foco específico no setor têxtil. e desta forma acabam também se envolvendo em algumas pesquisas na área ambiental têxtil.

²³ Lama têxtil é o termo usado em Portugal para definir o lodo têxtil.

No Brasil os pesquisadores em geral estão distribuídos nas universidades, e são docentes que usam parte do seu tempo no desenvolvimento de pesquisas. Na área ambiental direcionada à produção de artigos têxteis a demanda por pesquisas surge em função de interesses individuais dos pesquisadores, além da situação e necessidade da instituição em que se desenvolve a atividade. Não existe no Brasil nenhum centro ou instituto de pesquisa vocacionado exclusivamente para os problemas do segmento têxtil, como em Portugal (Citeve). Na Espanha, dada a dificuldade de logística na aplicação da presente pesquisa, foi entrevistado apenas um pesquisador universitário (docente), que também faz parte de um centro de pesquisas têxteis e que pessoalmente se dedica apenas à pesquisa com efluentes têxteis.

5.3.1 Pesquisadores ambientais têxteis no Brasil

Em função de no Brasil haver um número reduzido de cursos superiores na área têxtil a pesquisa específica no campo dos efluentes têxteis é muito restrita. Em geral são pesquisadores da área de engenharia ambiental, química ou civil (saneamento) que acabam desenvolvendo pesquisas neste campo, sem que haja uma ênfase exclusiva nos problemas têxteis.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram selecionados dois pesquisadores que trabalham especificamente com efluentes têxteis. Em geral os entrevistados focalizaram temas específicos de pesquisas científicas, de forma a deixar em segundo plano o desenvolvimento da concepção dos STETs.

5.3.1.1 Pesquisador PB-01 - Brasil

O pesquisador entrevistado relatou que desde a formação acadêmica se interessou pela área de tratamento de efluentes e, por trabalhar em uma instituição vocacionada para o segmento têxtil, acabou se envolvendo com pesquisas na área dos efluentes têxteis, mais precisamente com a questão da remoção da coloração dos efluentes.

O entrevistado relatou que a atividade do pesquisador brasileiro é muito conturbada, pois necessita desenvolver outras atividades (p. ex; docência e trabalhos de extensão) em paralelo com a pesquisa. Esta situação acaba prejudicando uma das atividades, e em geral, a pesquisa é que acaba em segundo plano.

Questionado quanto às fontes de financiamento das pesquisas que utiliza, respondeu que o Brasil, em termos de governo federal, investe muito pouco em pesquisa científica e que, no caso dele, graças à política de Ciência e Tecnológica do Estado é que acaba conseguindo recursos para as suas pesquisas. Alguns estados - como São Paulo - possuem fundações de apoio à pesquisa, que acabam priorizando as demandas por pesquisas da região.

Em termos de pesquisas em parceria com as indústrias, ressaltou que com poucas exceções as empresas brasileiras compreendem que o aperfeiçoamento tecnológico somente advém através de pesquisa (trabalho). Além disto, as poucas empresas que ainda desenvolvem pesquisa em parceria com instituições públicas consideram que estas últimas é que devem arcar com todas as tarefas e custos – e não elas - pois alegam que já pagam os impostos. Também consideram o tempo de 12 a 24 meses para o desenvolvimento das pesquisas como extremamente longo. Em função desta filosofia imediatista quanto ao retorno financeiro, em geral as parcerias entre empresas privadas e as instituições de ensino e pesquisa dificilmente são coroadas de sucesso. Neste foco, relatou que as suas experiências de parceria com as indústrias têxteis não apresentaram bons resultados. Complementou a colocação anterior com a seguinte afirmação: “Apesar da deficiência dos recursos públicos destinados às pesquisas, em geral, as que são financiadas acabam por apresentar melhores resultados em termos de compreensão dos limites alcançados do que as pesquisas financiadas pela iniciativa privada – que não admite outra hipótese a não ser o êxito e o retorno financeiro”.

Quando lhe foi perguntado se as indústrias são fiscalizadas com rigor, respondeu que não. Pelo que sabe, as indústrias sempre acabam dando um “jeitinho” para resolver seus entraves com os órgãos fiscalizadores. Segundo o pesquisador, a lei ambiental é muito boa, o que está faltando é apenas empenho dos governantes para que leis sejam cumpridas e os impactos ambientais reduzidos.

Tendo-se perguntado ao pesquisador se os efluentes coloridos causam algum constrangimento às indústrias têxteis, respondeu que no Estado de São Paulo a coloração dos efluentes não é um problema preocupante, pois a legislação é complacente com este parâmetro. Mencionou que já desenvolveu muitas pesquisas referentes à remoção de cor dos efluentes têxteis e que os resultados foram excelentes. Afirmou que a tecnologia para a solução do problema está ao alcance das indústrias e os custos não são elevados; desta forma está faltando apenas boa vontade para resolver o problema – boa vontade tanto por parte do poder público (todas as esferas) como das empresas.

Na opinião do pesquisador, as dificuldades no campo da pesquisa no Brasil são enormes e este tipo de atividade sobrevive apenas pelos sonhos e ideais de uns poucos estudiosos vocacionados para pesquisa sem pretensões financeiras.

5.3.1.2 Pesquisador PB-02 - Brasil

O foco do trabalho do pesquisador entrevistado são os processos biológicos empregados nos sistemas de tratamento de efluentes, com ênfase nos STETs. O pesquisador, além de atuar na área do ensino superior, também desenvolve assessoria ambiental na área de STETs, além de desenvolver pesquisas de otimização através do conhecimento dos mecanismos de degradação da matéria orgânica pelos microrganismos.

O pesquisador já trabalhou com pesquisas financiadas tanto por agentes públicos de fomento como por empresas privadas. Ressalta que as formas de trabalhar são bem distintas; pois os agentes públicos de financiamento de pesquisas têm o conhecimento de como são os ritmos de trabalho em um processo de pesquisa e da forma como surgem os resultados. Quanto às empresas, fazem uma pergunta muito simples; o resultado da pesquisa trouxe lucro ou não? As empresas brasileiras ainda não atingiram a maturidade tecnológica para entender que os resultados das pesquisas são como elos que devem ir se conectando e que o resultado final somente surge com o tempo exato do desenvolvimento. A filosofia das empresas em geral é investir pouco ou quase nada e obter o maior lucro possível.

Segundo o entrevistado, as pesquisas científicas não funcionam no ritmo desejado pelas empresas; elas têm o seu próprio ritmo, e os resultados somente são alcançados quando perseguidos com objetividade e persistência. Por isto é que a maturidade tecnológica das empresas e dos pesquisadores é essencial para o sucesso de qualquer pesquisa científica, sem ela todos os esforços são infrutíferos e o resultado decepcionante.

O entrevistado ainda afirmou que já se decepcionou muito, pois percebeu que os empresários têxteis brasileiros são muito resistentes a investir em tecnologia com ganhos ambientais, mesmo que elas possam trazer vantagens para o processo industrial, porém ressaltou que existem empresas conscientes de suas responsabilidades ambientais e que procuram encontrar soluções para os problemas de falta de informação sobre os STETs, mas ressaltou que ainda são muito poucas, no Brasil, as empresas com essa visão ambientalista.

Buscou-se a opinião do entrevistado a respeito da legislação ambiental e dos órgãos de fiscalização da região, ao que ele respondeu que tanto a legislação quanto a fiscalização precisam se aperfeiçoar no complexo campo da toxicidade, pois muitas vezes um efluente que parece “bonitinho” pode esconder um efeito muito maléfico sobre o recurso hídrico. Neste sentido o Estado de Santa Catarina, em 2003, avançou significativamente, pois estabeleceu norma para determinar o grau de toxicidade dos efluentes das diferentes atividades industriais do Estado e na seqüência começou a cobrar (monitorar) pelo menos uma análise de toxicidade das indústrias por ano.

Em termos de comunidade, afirmou que considera a população catarinense já bem mais consciente das responsabilidades ambientais do que era cerca de 10 ou 15 anos atrás, porém ainda precisa melhorar muito em termos de organização coletiva. Ressaltou ser esta uma consideração válida para a região de Blumenau, que ao longo do tempo estabeleceu marcos no controle e respeito ao ambiente, tanto por parte das indústrias em geral como da população, ficando a ressalva negativa para o poder público, que não cumpre seu dever com o saneamento básico.

Ao final da entrevista mencionou que continua esperando dos órgãos de fomento de pesquisa no Brasil maior investimento e projetos que possam vir a ser desenvolvidos no âmbito do segmento têxtil. Afirmou ainda: “..é somente com a interação entre pesquisadores de diferentes países e - por que não dizê-lo? - de diferentes estágios de desenvolvimento tecnológicos é se pode evoluir e atingir os objetivos de desenvolvimento industrial e respeito ao ambiente.

5.3.2 Pesquisadores ambientais têxteis em Portugal

Em Portugal fizeram parte do processo de pesquisa um pesquisador universitário, um centro de pesquisa têxtil e um instituto de desenvolvimento tecnológico, estes últimos da região do Minho, os quais têm como o principal foco de pesquisa o segmento têxtil.

5.3.2.1 Pesquisadores do centro de pesquisa - Portugal

A partir de 1989 Portugal passou a dispor de um centro de pesquisas tecnológicas voltado exclusivamente para o segmento têxtil. O foco principal do centro é o desenvolvimento de tecnologias industriais têxteis, mas o centro também contempla a área ambiental.

Fizeram parte da entrevista dois pesquisadores. O primeiro é um engenheiro químico (75 anos) com experiência na área ambiental têxtil desde 1985, o qual é consultor externo do centro desde esse período. A segunda entrevistada foi a engenheira têxtil responsável pela divisão de pesquisa na área ambiental do centro. A entrevista foi realizada de forma conjunta e as respostas foram sendo dadas conforme a área de competência de cada um dos entrevistados.

Na divisão ambiental o centro possui 13 (treze) técnicos, dos quais 5 (cinco) são pesquisadores, contingente que em determinados momentos pode ser maior, em função da demanda pelo desenvolvimento de pesquisas. A formação profissional dos pesquisadores varia entre engenharia biológica e química. Todos eles passam por um curso básico de processos industriais têxteis.

Inicialmente o centro foi custeado pelo Ministério da Indústria, mas ao longo do tempo passou a gerar seus próprios recursos, de forma que, quando da aplicação da pesquisa, segundo afirmação dos entrevistados, o centro se mantinha com recursos próprios (prestação de serviços). O foco de trabalho do centro é o desenvolvimento de projetos que apresentem em seu bojo algum tipo de inovação tecnológica que, no caso da área ambiental, resulte na minimização dos impactos ambientais gerados pelos efluentes têxteis. Esta foi a temática dos projetos nos últimos anos.

Segundo relato dos entrevistados, em geral as idéias dos projetos surgem no próprio âmbito do centro, e na seqüência se buscam os parceiros interessados no desenvolvimento das tecnologias e o financiamento para o projeto, cujo tempo de desenvolvimento pode variar entre 1 (um) e 3 (três) anos. Comumente fazem parte do projeto empresas de desenvolvimento de tecnologia e indústrias com necessidades prementes em relação à tecnologia em pesquisa. Os custos dos projetos giram em torno de 150 a 200 mil euros e, quando financiados pela CE, contemplam de 50 a 60% do valor a fundo perdido, sendo a única exigência a de que o projeto seja disponibilizado à sociedade em geral. Ressaltaram que empresas de projetos de STETs raramente participam desses projetos, e como justificativa para tal situação, os entrevistados afirmaram que os interesses do centro e os destas empresas são muito antagônicos.

No desenvolvimento dos projetos de pesquisa os pesquisadores não recebem nenhum tipo de incentivo financeiro além de seus vencimentos, mas segundo o consultor, para o futuro esta forma de remunerar os pesquisadores deverá mudar, pois os lucros das indústrias com a tecnologia desenvolvida são muito grandes e não é justo que um dos principais elementos neste sucesso não seja recompensado.

Indagados os entrevistados a respeito da concepção de SGA e certificações que as indústrias têxteis têm, responderam que quando se trabalha com empresas que dispõem destas ferramentas o projeto se desenvolve com maior fluidez e os resultados em geral são melhores. Relataram que nos últimos anos as indústrias têxteis têm tomado consciência de que a competitividade está relacionada com a imagem ambiental que elas apresentam aos clientes, principalmente os do exterior.

No tocante à legislação ambiental, consideraram que ela precisa melhorar em alguns aspectos, principalmente em relação à coloração dos efluentes têxteis, pois as vazões dos rios ao longo dos anos tiveram reduções significativas, o que em parte inviabiliza o parâmetro de diluição de 1/20 ou 1/40. Porém, o que os entrevistados mais destacaram foi a falta de fiscalização efetiva, pois em sua opinião os órgãos ambientais não fiscalizam a contento. Deveria haver maior rigor com os poluidores, porque existem muitas indústrias trabalhando na clandestinidade, o que tanto vale para o setor têxtil como para os demais segmentos industriais.

Questionados sobre quais seriam os principais problemas ambientais no setor têxtil português e quais as soluções, os entrevistados responderam que a situação, no passado, principalmente na década de 1980 e até meados de 1990, foi muito crítica, mas que naquele momento os problemas mais sérios seriam relacionados à falta de investimentos no SIDVA e à construção de um aterro industrial que permitisse a disposição do lodo têxtil químico e biológico no país. Também mencionaram ser urgente a melhoria das condições visuais das águas do rio Ave, que se encontram excessivamente coloridas. A solução deste caso deve começar por uma mudança na legislação ambiental que trata da cor dos efluentes em termos de diluição.

A expectativa dos pesquisadores é que em curto prazo as melhorias no ambiente na região do Minho não serão muito significativas, pois as tecnologias disponíveis apresentam elevado custo e, em função da atual crise econômica, os investimentos nesta área se tornam algo muito difícil. Não obstante, no futuro - algo em torno de 10 ou 15 anos - a legislação com certeza será mais rigorosa e conseqüentemente exigirá melhorias na eficiência dos STETs, independentemente da crise econômica.

5.3.2.2 Pesquisador do instituto de desenvolvimento - Portugal

O instituto de pesquisa foi criado mediante a associação da Universidade do Minho com a Associação das Indústrias da Região do Minho e o Instituto Nacional de Pesquisas Industriais, que disponibilizaram suas competências para o sucesso do Instituto de Pesquisa da Região Minho. Na área ambiental o quadro do instituto é formado por 5 pesquisadores, e quando necessário maior contingente, fazem-se contratos de caráter temporário, ou seja, por projetos específicos.

O Instituto busca atender a todos segmentos industriais da região do Minho, assim como a área de ambiente destas diferentes atividades. Segundo o entrevistado, gerente de desenvolvimento de projetos ambientais, o segmento têxtil, ao longo dos últimos 8 anos, acabou por propiciar o desenvolvimento de diversos projetos na área ambiental dentro do instituto, os quais resultaram em novas tecnologias de minimização de impactos ambientais.

Segundo o entrevistado, os projetos desenvolvidos na área ambiental destinados às indústrias têxteis visaram em geral à otimização dos processos industriais com o objetivo de reduzir o consumo de água, pela economia em si ou pelo reaproveitamento das águas já utilizadas. O projeto que melhor representa esse perfil de desenvolvimento ambiental nas indústrias têxteis é o que busca correlacionar a cor dos efluentes com a condutividade, e assim proporcionar a seleção entre efluente colorido e não colorido. Este projeto, quando otimizado, chega a proporcionar entre 20 e 30% de recuperação de efluente para uso como água industrial.

Questionado sobre a existência de interação entre o instituto e os projetistas de STETs, o entrevistado respondeu que essa interação não existe, porque os objetivos destas duas entidades são bem diferentes: os projetistas visam ao lucro, enquanto o instituto procura o desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento, independentemente dos resultados financeiros. Esses resultados não deixam de ser importantes, mas constituem algo que carece de uma análise específica de resultados a médio e longo prazo. O entrevistado citou que os projetistas muitas vezes acabam selando acordos com fornecedores de equipamentos e insumos, o que em alguns casos pode representar um certo conluio em detrimento do cliente (empresas). Citou casos em que a neutralização com CO₂ puro é realizada no tanque de homogeneização, quando o mais econômico seria fazê-lo em um tanque independente e depois da homogeneização. Outro caso citado é a construção de sedimentadores (decantadores) para água industrial com tempo de retenção de até 15 horas – verdadeiros prédios – em que com certeza se visou ao lucro abusivo na edificação da unidade de tratamento. O entrevistado mencionou se sentir triste com este tipo de profissional que não usa de lisura ética.

As formas de financiamento dos projetos são dos mesmos moldes das referenciadas na entrevista com os pesquisadores do centro de pesquisa. A pequena diferença é que em muitos casos o instituto compete com o centro de pesquisa pelos recursos para os projetos. Assim como o centro de pesquisa, o instituto não desenvolve STETs, apenas pode assessorar as empresas na escolha do melhor sistema proposto por uma determinada empresa de projeto. Quanto aos custos e tempo de duração dos projetos, respondeu o entrevistado que o tempo médio é 2 anos e que os empresários o consideram elevado. Quanto aos custos, estes são muito variáveis, pois cada projeto tem suas características próprias; mas mencionou que em geral os valores são acima dos 300 mil euros. Para projetos que envolvam as tecnologias de membranas, estes valores podem chegar até 500 mil euros, isto considerando-se vazões médias de $50\text{m}^3/\text{hora}$. Estes tipos de projeto apresentam o inconveniente do retorno financeiro, pois na atual conjuntura eles somente se viabilizam nos casos de escassez de água ou elevadas taxas de uso poluidor.

A respeito da legislação ambiental portuguesa, o entrevistado considera que ela ainda está muito confusa, pois as transposições das normas da CE ainda não se completaram; mas é possível que até 2008 as distorções estejam minimizadas. O caso citado como o mais sério é o parâmetro que controla a coloração dos efluentes pela ausência de cor na diluição de 1/20 ou até 1/40. Ressaltou que tal parâmetro não é eficiente, tanto que mencionou “É só olhar para a cor do rio Ave e constatar a situação em que o rio se encontra”. Afirmou que essa situação é consequência da falta de força dos governantes (políticos) para alterar a legislação e atuar na fiscalização.

Quando se perguntou qual era sua opinião a respeito do SIDVA, respondeu que do ponto de vista de fiscalização ambiental o sistema proporciona uma boa eficiência, pois é muito mais fácil fiscalizar duas ou três unidades de tratamento do que trezentas indústrias despejando efluentes ao mesmo tempo. Ressaltou que a falha do sistema ocorreu na quantificação dos recursos necessários para atender a toda a região, mas acredita que em um futuro breve este problema poderá estar resolvido a contento.

Quanto aos empresários têxteis, o entrevistado ressaltou que a consciência ambiental está melhorando, e quantificou em 30% os que já possuem certo discernimento quanto às questões ambientais. Afirmou que esta consciência é de certa forma imposta pelo mercado, principalmente o externo.

As considerações finais foram no sentido de que o instituto está sempre aberto às novas tecnologias de tratamento e disposto a investigar de forma responsável todas as alternativas capazes de possibilitar ganhos financeiros e ambientais

5.3.2.3 Pesquisador universitário - Portugal

A pesquisadora entrevistada atua na área de tratamento de efluentes em geral, mas em sua maioria os trabalhos por ela desenvolvidos são do segmento têxtil. Os trabalhos comumente são direcionados para os processos anaeróbios, que, no caso dos efluentes têxteis, constituem uma área com pouca atuação dos pesquisadores.

Questionada sobre o financiamento das pesquisas, relatou ser um processo que apresenta dificuldades, pois os recursos são poucos e as candidaturas são muitas. A esperança são os financiamentos da CE, mas neste caso também a concorrência é grande e carece de muitos parceiros para a viabilização. As parcerias são dificultadas pelos interesses distintos entre as universidades e os centros de pesquisas, pois a universidade, além das pesquisas, visa também à qualidade do ensino, enquanto os centros apresentam uma finalidade única. Em geral, as pesquisas acontecem mais pelo espírito perseverante do pesquisador do que pelas facilidades proporcionadas pelos órgãos de Ciência e Tecnologia.

A respeito da dificuldade de surgimento de pesquisas têxteis no âmbito da universidade, ressaltou que ela se deve ao fato de existirem poucos pesquisadores focados nesta área, além de os cursos serem de baixa demanda por parte da comunidade. Em resumo, estão faltando candidatos para o trabalho. É a dificuldade de financiamento das pesquisas que desmotiva os pesquisadores quanto ao desenvolvimento de novos projetos. Ressaltou também que os resultados das pesquisas na maioria das vezes ficam confinados nas universidades, dificultando o intercâmbio maior entre a universidade e as empresas de projetos de STETs.

Em termos dos efluentes têxteis, considera que um dos problemas ainda sem solução definitiva é o dos lodos químico e biológico, porque este tipo de lodo muitas vezes apresenta elevado teor de matéria orgânica e metais pesados (Cromo), o que inviabiliza tanto o uso agrícola como a disposição em aterro industrial.

Com relação à cor dos efluentes, lembrou que apesar de a legislação ainda ser complacente em usar a análise por diluição, acredita que até 2008 a legislação estará mais rigorosa, tanto em termos de parâmetros como de multas; mas considera que as indústrias têxteis da região não terão grandes problemas, pois em geral os efluentes dessas indústrias não apresentam uma intensidade de cor muito forte (escura), pelo contrário, as cores são bem claras. Isto ocorre devido ao fato de a maioria dos corantes utilizados pelas tinturarias da região ter um elevado percentual de exaustão.

Como a região possui alguns lavadores de lã, foi perguntado como a legislação portuguesa trata este tipo de indústria têxtil. A entrevistada respondeu que naquele momento eram poucos os lavadores de lã na região, não passavam de três, mas que realmente a carga orgânica destas unidades era muito elevada. Disse que conhecia bem o último lavador implantado na região e que ele está operando dentro de normas estabelecidas pela legislação. Este lavador executa um excelente pré-tratamento, reduzindo inicialmente a carga de cerca de 50.000mg/L de DQO para valores em torno de 2.500mg/L, direcionando, na seqüência, o material para o tratamento municipal. Considera que o problema está sendo bem contornado e os impactos não são mais como no passado, quando eram elevadíssimos.

Também foi perguntado se as indústrias têxteis da região estão tratando corretamente os efluentes. Respondeu que pelo menos a maioria está procedendo corretamente, pois a universidade tem desenvolvido vários projetos de otimização para os STETs. Acontece que as indústrias acabam implantando sistemas projetados por empresas italianas, e quando de sua operação têm dificuldade na condução do processo; assim buscam ajuda técnica para compreender os sistema e operar da melhor forma possível. Neste trabalho de otimização de operação chegou à conclusão de que os STETs em geral estão sendo operados por técnicos que

desconhecem os conceitos elementares de um sistema de tratamento de efluentes e assim estes sistemas são operados segundo uma receita de bolo, e não como um sistema dinâmico que precisa de análise e interpretação dos dados obtidos no sistema para se obter deles a melhor eficiência possível.

Quanto à conscientização ambiental da população, a pesquisadora ressaltou que a comunidade de forma geral tem a obrigação de estar mais consciente, pois a educação ambiental atinge a todos de alguma forma; ou seja, através das escolas ou dos órgãos de comunicação as pessoas estão sendo alertadas para as conseqüências da poluição na vida delas.

Segundo a pesquisadora, na região em que atua, as empresas têxteis começaram a se preocupar com o ambiente, os STETs estão sendo construídos e lentamente os impactos estão sendo minimizados. Na opinião dela, a legislação ambiental deveria estar com parâmetros de despejo mais rigorosos e a fiscalização portuguesa deveria ser mais severa, pois considera que ainda existe muita complacência com as indústrias em relação aos impactos ambientais que geram.

Concluiu que às vezes se sente desmotivada pelas limitações de recursos tanto financeiros quanto humanos, mas que tem esperança de que isto ainda vai mudar e tanto os governantes quanto os empresários compreenderão que somente com investimentos em pesquisa um determinado segmento industrial pode atingir a maturidade tecnológica. Aprenderão que prevenir impactos ambientais é muito mais importante do que tratá-los, pois é na raiz do problema que se evita o mal maior, que é a poluição final.

5.3.3 Pesquisas têxteis na Espanha

Na Espanha, por uma questão de logística, o tempo de pesquisa foi curto, e assim acabou-se realizando apenas uma entrevista. Ela foi feita com um renomado pesquisador que atua exclusivamente com efluentes têxteis. São 30 anos dedicados à pesquisa de soluções para os problemas da poluição gerada pelas indústrias têxteis na região da Catalunha.

5.3.3.1 Centro de Pesquisas Têxteis – Pesquisador - Espanha

O pesquisador entrevistado faz parte do quadro de docentes da universidade da Catalunya e do Centro de Pesquisas Têxteis, desde 1975. Segundo ele, quando iniciou suas atividades de pesquisa no centro as questões ambientais ainda eram embrionárias, tanto em nível de Espanha como de mundo.

Questionado sobre sua motivação para se tornar um pesquisador ambiental na área dos efluentes têxteis, respondeu que tudo surgiu ainda no final da década de 1970, quando desenvolvia pesquisa para obtenção do título de mestre, em que o tema do trabalho estava relacionado com preservação do ambiente. Na sequência a docência no curso de engenharia têxtil acabou selando a relação dos estudos ambientais com os efluentes têxteis, e desde esse período já lhe chamavam a atenção os impactos ambientais gerados pelos descartes (efluentes) do processo industrial têxtil.

No Centro de Pesquisas Têxteis existe uma área ambiental destinada a pesquisas dos resíduos têxteis, e durante anos a motivação nesta área foi o desenvolvimento de tecnologias de tratamento com o objetivo de atender à legislação ambiental espanhola, cujo rigor se acentuou ao longo destes últimos 30 anos. Segundo o pesquisador, a região da Catalunha dispõe de uma legislação ambiental que pode ser considerada uma das mais restritivas de toda a Espanha. Cita que a lei geral do ambiente impõe valores máximos de despejos de efluentes industriais da ordem de 160 e 25mg/L de DQO e DBO₅, respectivamente. No caso da DBO₅, dependendo do tipo de efluente, é muito difícil não ultrapassar este valor máximo de despejo .

Em termos de remoção de cor a lei geral prevê ausência de cor na diluição de 1:20 para os corpos receptores de médio e grande porte, mas para os pequenos riachos e ribeirões o parâmetro é de diluição de 1:4. Além destes parâmetros, os órgãos ambientais estão exigindo no mínimo uma recuperação de cerca de 20% do efluente para reutilização no processo industrial. Também ressaltou que a fiscalização é muito rigorosa, e caso as indústrias não cumpram a legislação a interdição da empresa é uma situação perfeitamente exequível e aprovada pela comunidade.

Outro fato importante citado pelo pesquisador é que a legislação ambiental da Catalunha já dispõe de cobrança do que aqui no Brasil se denomina de “uso pagador e poluidor pagador”. Segundo o pesquisador, as empresas já assimilaram este custo, e apesar de ele representar de 30 a 40% dos custos com tratamento de efluentes, elas estão cientes de que a cobrança é necessária para se começar a reduzir os impactos ambientais da região.

Questionado a respeito das fontes de recursos para o financiamento das pesquisas, o pesquisador respondeu que as boas pesquisas em geral são contempladas, existindo certa dificuldade nas candidaturas européias, pois a disputa se torna muito acirrada em virtude da quantidade e qualidade dos projetos, e ressaltou que com a ampliação do número de membros da CE a tendência é aumentar ainda mais a disputa. O tempo de um projeto pode variar de 12 a 18 meses e os custos entre 100 e 300 mil euros. Apesar destes valores, segundo o entrevistado, tanto os bolsistas como os pesquisadores não são bem remunerados e muitos trabalham mais pela satisfação profissional do que pelas vantagens financeiras.

Perguntado ao entrevistado qual o foco das pesquisas ambientais têxteis em desenvolvimento naquele momento no Centro, ele respondeu que a grande aposta é no desenvolvimento da tecnologia de biomembranas, cujo processo apresenta algumas vantagens sobre os lodos ativados, como, por exemplo, a degradação e separação da biomassa ocorrer na mesma unidade (sem decantador ou flotador), além de apresentar excelente qualidade de carga orgânica e aspecto físico. A boa qualidade dos efluentes permite serem reutilizados como água de processo.

Considerando-se os quase 30 anos de pesquisas na área dos efluentes têxteis, na região da Catalunha, perguntou-se ao pesquisador se haveria ainda alguma situação crítica envolvendo este tipo de efluente, ao que ele respondeu afirmativamente. As indústrias de lavagem de lã possuem efluentes com elevadas cargas de DBO_5 e DQO , ou seja, algo em torno de 25.000 e 60.000mg/L respectivamente. Com estes valores de carga é muito difícil atingir os parâmetros de descarga com processos convencionais; assim, segundo o pesquisador, é preciso fazer uso de tecnologias avançadas para se chegar aos valores de descarga exigidos pela legislação.

Outro ponto ressaltado como crítico no segmento têxtil foi a crise econômica por que passa o setor, pois em momentos como estes os controles e sistemas de tratamento ambientais são os primeiros a sofrer cortes para minimizar custos operacionais, além de que em geral os investimentos são adiados. A crise é tão grave que, segundo o pesquisador, já se fecharam cerca de 30% das empresas têxteis na região.

A respeito da comunidade, o pesquisador ressaltou que o povo catalão é bem consciente das responsabilidades com o ambiente, pois pelo que percebe as pessoas e entidades estão sempre reclamando e denunciando as irregularidades constatadas no ambiente. Esta consciência ambiental o pesquisador credita à educação ambiental que está sendo dada aos os jovens nas escolas, a qual lentamente começa a dar bons resultados.

Em suas considerações finais, o pesquisador afirmou acreditar que cada vez mais está se respeitando o ambiente e com certeza o futuro será melhor que o passado e o presente. Espera ainda ver os rios da Catalunha limpos.

5.4 Informações dos projetistas

Projetistas que trabalham exclusivamente com STETs são muito raros, tanto no Brasil como em Portugal, pois em geral as empresas de projetos de efluentes acabam projetando sistemas para diversas atividades industriais. Assim fizeram parte da pesquisa 2 (dois) projetistas brasileiros e 3 (três) portugueses, os quais têm em seus currículos diversos STETs.

5.4.1 Projetistas brasileiros

No Brasil são muitas as empresas de projetos de tratamento de efluentes; assim, como também as atividades industriais são diversificadas, as empresas acabam desenvolvendo projetos para todas as atividades industriais. Não obstante, na região de São Paulo existe uma empresa com muitos projetos de STET executados, de forma que pode ser credenciada como especialista em STETs. Quanto à região de Blumenau, os projetos são distribuídos entre as várias empresas existentes.

5.4.1.1 PBA - 01 (Brasil)

Em termos de mercado de projetos de efluentes o projetista considerou o setor têxtil muito bom. O setor fatura mais de 30 bilhões de dólares por ano, e, apesar da redução de número de indústrias e postos de trabalho em função do desenvolvimento tecnológico, deve nos próximos anos apresentar crescimento. Quanto às questões ambientais, considerou que nos últimos 20 anos se progrediu muito, saiu-se do nada para uma razoável estrutura de tratamento, mas que muito ainda há por fazer.

Considerando que, segundo o entrevistado, já se evoluiu muito em relação à minimização dos impactos ambientais gerados pela indústria têxtil, mas que ainda também há muito por se fazer, perguntou-se então quais seriam os pontos críticos em que se precisaria evoluir. Ele respondeu que com a evolução tecnológica os questionamentos cada vez se tornam mais complexos, mas que na atualidade os problemas se concentram principalmente na solução da disposição do lodo biológico e nos estudos da toxicidade do efluente e do lodo. Porém ressaltou que as soluções e as respostas para o grau de toxicidade devem surgir lentamente e que no futuro os impactos provocados pelos têxteis serão todos passíveis de tratamento.

Indagou-se o projetista sobre quais são os pontos críticos em termos de geração de impacto na análise dos STETs, tendo ele respondido que a maior preocupação é com a carga orgânica, que ao longo dos últimos tempos vem se elevando gradativamente. No passado, o problema era o volume de efluente. Menciona que na década de 1970 era comum o consumo de 200 e até mesmo 400 litros de água por quilo de tecido, mas a partir da década de 1980 começou-se a perceber uma redução. Nas tinturarias de malha o consumo se estabilizou em torno dos 100L/kg e nos tecidos planos em 50L/kg. Já existem indústrias com consumo de água menor do que o citado, mas o problema é que a redução do volume de água trouxe o aumento da carga orgânica. Valores médios de DBO_5 , como no caso de malharias passaram de 250 para 450mg/L, enquanto para os tecidos planos passaram de 800 para 2.000mg/L. Em parte o problema do aumento de carga foi minimizado por melhorias na qualidade nos produtos químicos (exaustão e degradabilidade).

Nesta questão da minimização de carga, além da melhoria da tecnologia dos produtos, há também um trabalho ambiental de substituição de produtos de maior potencial poluidor por outros de menor potencial. Este trabalho em geral está centrado na substituição dos produtos com potenciais carcinogênicos (aminas aromáticas) e metais pesados. A partir de meados da década de 1990 estas ações se intensificaram, chegando-se à elaboração de leis por parte da CE proibindo o comércio de produtos cujo risco de contaminação e toxicidade seja elevado.

O projetista ressaltou que o conceito de empresa ecologicamente correta começa a se difundir rapidamente; mencionou que já desenvolveu diversos programas em empresas com o objetivo de minimização de impactos através de melhorias contínuas no processo industrial. Estudos de reagentes, controles laboratoriais sobre todos os produtos que fazem parte do processo e análises das operações de cada produto são algumas das ações desenvolvidas nos programas de minimização.

Questionado sobre a questão da toxicidade dos efluentes têxteis, que já citou como preocupante, ressaltou que já pesquisou muito a respeito, além de também já ter desenvolvido estudos em algumas indústrias com o objetivo de chegar a uma conclusão quanto a este tema. Porém é muito complexo analisar os resultados de forma global, pois os processos têxteis são muito dinâmicos, ou seja, um determinado rol de produtos químicos pode ser utilizado em um artigo, produzido por um pequeno período de tempo; posteriormente estes nunca mais sejam utilizados no processo. No caso citado, como estudar a toxicidade em cada operação em função dos produtos usados? Na opinião do projetista, a melhor forma de evitar qualquer surpresa é trabalhar com fornecedores de produtos com responsabilidade ambiental.

Como a maioria dos projetos de STETs desenvolvidos por ele, assim como por outros projetistas têm concepção de tratamento biológico, foi indagado qual a razão de tanta convicção em relação a um determinado perfil de STET. O entrevistado respondeu que naquele momento a convicção é resultado de uma infinidade de projetos de STET bem sucedidos. Pesquisadores da CE, a partir de 1998, passaram a recomendar como a melhor forma de tratamento dos efluentes têxteis o processo biológico em regime de aeração prolongada.

Questionado quanto à possibilidade do uso de outro tipo de tratamento biológico além do processo de lodos ativados, respondeu que como tratamento principal seria muito difícil, pois a eficiência e a flexibilidade deste processo são quase imbatíveis em se tratando de efluentes têxteis, mas que existem diversas experiências com uso de biofiltros “*retrofit*” (fluxo descendente, enchimento de polipropileno e aeração natural) como solução para minimizar o excesso de carga orgânica na entrada do processo de lodos ativados. Em geral, os resultados são satisfatórios, ou seja, há redução em termos de DBO_5 entre 40 e 50%. E se tratando de processo que usa aeração natural (oxigenação) e sem o uso de produtos químicos, os custos operacionais podem ser considerados baixos.

Perguntado ao projetista qual sua opinião sobre o tratamento físico-químico, ele respondeu não ter muito entusiasmo pelo processo, pois em termos de redução de DBO_5 deixa a desejar. Porém, é uma opção com certa viabilidade econômica quando a legislação ambiental exige a remoção de cor. Nesta situação e posicionado depois do tratamento biológico como um processo de polimento, pode representar um bom ganho em relação ao parâmetro que estima a remoção de cor, mesmo com considerável formação de lodo químico, que deve depois ter como uma das poucas opções de acondicionamento final a disposição em aterro industrial de classe II.

Dando seqüência à questão da remoção da cor, solicitou-se ao projetista sua opinião a respeito desta necessidade, tendo ele respondido ser esta uma discussão que se arrasta há muito tempo, mas que na sua opinião a remoção da cor deve ser vista com ponderação, pois trata-se de uma poluição visual, e é preciso definir até que ponto ela interfere na vida das pessoas e afeta o meio hídrico. É de conhecimento geral que os corantes com toxicidade efetiva já não são mais fabricados; logo seriam necessárias pesquisas para determinar até que ponto é mais prejudicial ao ambiente a remoção de cor pela adição de mais produtos químicos e conseqüentes reações cujo resultado em termos de formação de subprodutos tóxicos que em geral se desconhece o seu resultado, do que permitir certa coloração nos efluentes, não ofensiva ao ambiente.

Considerando-se que em um STET os subprodutos mais complexos, em se tratando de encontrar destinação adequada, são lodos químicos e biológicos, questionou-se o projetista a respeito de sua preferência quanto a este item do projeto. Ele respondeu que se precisa distinguir entre o lodo químico e o biológico. O primeiro, individualmente, não apresenta muitas alternativas, a não ser os aterros industriais. Por sua vez o biológico, também individualmente, não é aceito nos aterros industriais, em função do levado teor de matéria orgânica. A mistura do químico e biológico tende a ser aceita nos aterros, mas como um profissional que busca e sempre buscará a melhor alternativa para uma solução de baixo impacto ambiental, é radicalmente contra a disposição do lodo nos aterros industriais, pois significa transformar um produto com potencial energético (fertilizantes e nutrientes) em um passivo ambiental para eternidade. Na opinião do projetista, a melhor alternativa para o lodo têxtil é a disposição em “*land application*” (uso agrícola), utilizando-se em culturas que não entrem na cadeia alimentar humana.

Indagado a respeito da conscientização ambiental da comunidade em geral, respondeu que o Brasil é muito grande, mas como tem projeto em quase todas as regiões, pode afirmar que as populações do Sul e Sudeste são as que estão mais cientes de seus direitos. Na área têxtil, por exemplo, em que a coloração dos efluentes chama muito a atenção em cidades como Blumenau, o povo se manifesta de forma expressiva. Relata um caso em que uma grande empresa buscava a certificação ISO 14.001 mas apresentava um problema de odor no STET; então a população vizinha à indústria conseguiu uma audiência pública e exigiu que o problema fosse corrigido antes de seguir o processo de certificação. Também em São Paulo e Minas Gerais a população está se envolvendo mais com o ambiente.

Com relação à fiscalização, comentou que em geral os técnicos dos órgãos ambientais estaduais, que detêm um maior domínio sobre as questões ambientais, são compreensivos quando percebem que a empresa está disposta a resolver o problema. Já às vezes os técnicos ligados a órgãos municipais são mais intransigentes, mas ao final em geral se consegue resolver os problema a contento; e também se deve entender que eles estão incumbidos de cumprir suas obrigações de preservar o ambiente de impactos poluidores.

Quanto aos empresários, existem de todos os tipos: os que não têm consciência alguma de que os resíduos gerados em suas empresas são poluidores e os que têm essa consciência mas não detêm os recursos necessários para executar um bom STET. Por outro lado, existem também os empresários conscientes e preocupados com a imagem que sua empresa tem diante da sociedade em relação às questões ambientais. Encontram-se indústrias que tratam corretamente seus efluentes e ainda procuram, através de SGA, mostrar e exemplificar programas de educação ambiental que envolvam seus colaboradores e a comunidade em geral, principalmente os jovens em idade escolar.

Concluiu a entrevista afirmando: que os últimos anos o Brasil vivenciou um processo de transformação das relações ambientais. Na década de 1970 não se sabia nem se tinha nada sobre o controle ambiental; hoje (década 2000) as empresas buscam o SGA e a ISO 14.001, e no futuro os programas de minimização serão o foco das empresas e com certeza se terá um ambiente menos poluído.

5.4.2 Projetistas portugueses

Através da pesquisa se detectou que são muitas as empresas de projeto com capacidade de projetar STETs na região do Minho, mas foram entrevistados apenas 3 (três) projetistas, cuja experiência em projetos de STETs é comprovada, além de atuarem quase exclusivamente na região do Norte de Portugal. Todos os entrevistados estão envolvidos com empresas de projetos com capacidade de oferecer o serviço chamado “ *turn-key* ” - sistema chave na mão - que consiste em projetar e construir o sistema (edificações e montagens). Os projetistas serão identificados pelos códigos PPM – XX (projetista, Portugal, Minho).

5.4.2.1 PPM - 01 (Portugal)

O projetista fundou a empresa de projetos em que trabalha quase 30 anos atrás. A empresa atua em várias áreas de projetos de utilidades, como energia, águas industriais e tratamento de efluentes. Ao longo deste tempo desenvolveu diversos projetos de STETs, principalmente na região do Minho.

O entrevistado ressaltou que as empresas do setor têxtil se tornaram bons clientes a partir de meados da década de 1980, quando começaram a surgir os primeiros STETs. Naquela época os sistemas eram baseados apenas no tratamento físico-químico (processos de coagulação, floculação e decantação). Os tratamentos baseados em processos biológicos somente vieram a surgir no início da década de 1990. Como presenciou toda essa evolução em termos de STETs, o projetista relatou que em seu currículo existem projetos com todas as concepções que cada período proporcionou ao longo dos últimos 20 anos.

Questionado a respeito das perspectivas em termos ambientais em relação ao segmento têxtil, o projetista respondeu que, apesar da crise econômica por que passa o setor têxtil em Portugal, os avanços conquistados na área ambiental não têm como retroceder. A evolução ocorreu de forma global e de tal forma que as perspectivas são as mais otimistas para o futuro, ou seja, no futuro todas as indústrias têxteis de alguma forma terão seus efluentes tratados.

Perguntado como divulga o seu trabalho como projetista, ele respondeu que não existe uma ação concreta, mas sim, as referências dos trabalhos já executados, que se tornam a fonte de indicação para os futuros projetos. Mencionou que a concorrência na área de STETs é grande, e como em geral as propostas de tratamento são em sistema “*turn-key*”, é muito difícil prever o que os concorrentes propõem em termos de sistemas de custos de edificação, equipamentos e montagem. Ressaltou que muitos projetos são realizados na base da confiança entre o empresário e o projetista, e que nestes casos dificilmente a proposta é questionada e que garantias não são exigidas. Fez menção de que nestas situações existem muitos profissionais que usam da boa-fé dos empresários e acabam por projetar processos que são dispensáveis do ponto de vista técnico para aumentar a fração do lucro. Existem casos de pagar até 3 (três) vezes mais por um STET do que o valor médio praticado no mercado em termos de metro cúbico tratado.

O projetista relatou que os projetos de STET não são analisados pelos órgãos ambientais, a fiscalização somente ocorre por parte da Câmara Municipal, em termos das edificações. Indagado se não seria interessante o órgão de fiscalização

ambientar aprovar o STET, respondeu que não, que a função do órgão deve ser apenas fiscalizar as indústrias. Se o STET é eficiente ou não deve ser responsabilidade exclusiva dos empresários e dos projetistas.

Considerando-se o desenvolvimento de um STET, foi-lhe perguntado se era comum o projetista interferir no processo industrial com o objetivo de minimizar a carga poluidora e assim reduzir o tamanho do sistema de tratamento, tendo ele respondido que da parte dele evita este tipo de interferência, pois apreendeu que os empresários orientados pelos técnicos têxteis repelem este tipo de ação. Assim procura resolver o problema sem interferir no processo industrial, independentemente do que isso possa custar.

A respeito de tecnologias de minimização como recuperação de goma, soda cáustica ou mesmo efluente para uso em processo industrial, o entrevistado considerou que são ações que interferem diretamente no processo industrial; por isso, apesar de já haver uma comprovada eficiência, não as recomenda, apenas estuda a possibilidade quando de interesse da empresa; mas procura sempre alertar o empresário de que são processos que requerem investimentos significativos e conseqüentemente a taxa de retorno não é pequena.

Em termos de parcerias para o desenvolvimento de tecnologia de tratamento, o entrevistado disse que essa não é a área em que os projetistas gostam de atuar, pois existe muito risco nos objetivos traçados quando do desenvolvimento das tecnologias, além de que os interesses dos projetistas e dos pesquisadores são bem distintos. Disse também “.....os pesquisadores procuram coisas novas e nós procuramos oferecer aos nossos clientes a certeza, a segurança, pois eles estão investindo recursos financeiros para resolver seus problemas com o ambiente”.

Questionado a respeito da cor e de uma possível toxicidade nos efluentes têxteis, respondeu que a cor é uma questão estética e que não atribui carga poluidora ao efluente; que a cor é muito fácil de ser removida do efluente, o que é difícil mesmo é arcar com os custos de tal procedimento. A respeito da toxicidade, afirmou que não acredita que ela possa existir nos efluentes têxteis, pois os produtos auxiliares e os corantes evoluíram muito em termos de controle e qualidade nos últimos anos.

Indagado ao entrevistado quais seriam naquele momento os principais problemas dos STETs da região, ele respondeu não ter dúvidas de que é a operação dos sistemas, pois são muito poucas as empresas que se preocupam em operar bem o sistema. Também foi enfático em dizer que os operadores dos STETs não são valorizados; pelo contrário, em geral se escolhe para operar o sistema o funcionário menos qualificado. Estas ações prejudicam em muito a eficiência dos STETs.

A respeito do SIDVA, considerou ser um bom sistema de despoluição, porém o custo de 0,37 euros/m³ é cerca 50% maior do que o praticado nas indústrias que executam o próprio tratamento. Citou que nos STETs por ele projetados, p. ex., para tinturarias em geral, a carga final de DBO₅ e DQO situa-se em 20 e 60mg/L respectivamente, e os custos são inferiores a 0,20 euros/m³. Indagado se nestes custos as empresas estavam incluindo as taxas de amortização e depreciação do sistema; disse não poderia responder por desconhece os métodos de apuração de custos usados pelas empresas.

O projetista definiu a concepção que mais utiliza nos STETs da seguinte forma: prima por um bom sistema de homogeneização, e na neutralização não abre mão do uso CO₂ puro, pois considera o H₂SO₄ muito perigoso e os custos em geral muito semelhantes. No biológico a opção é pelo processo de lodos ativados com aeração prolongada, evitando o uso do O₂ puro em função do custo. Quanto necessária uma remoção de cor mais acentuada a opção fica pelo físico-químico através do processo de flotação. Considera que esta concepção apresenta um bom custo/benefício tanto em termos financeiros quanto ambientais.

A respeito da comunidade considerou que está cada vez mais consciente de seus direitos; que no passado reclamava muito dos odores e dos ruídos das fábricas, mas com a opção pelo gás natural por parte da maioria das indústrias, este problema foi minimizado. Quanto aos ruídos, as empresas acabaram tomando providência para isolar o incômodo. Com relação aos efluentes têxteis, como o problema era geral, não havia reclamações isoladas contra uma ou outra indústria, mas sim, reclamações de ordem geral em relação à qualidade das águas dos rios.

Em relação aos fiscais ambientais, considerou serem técnicos competentes, porém com pouca experiência prática, que evitam qualquer tipo de recomendação em termos de melhoria para os sistemas. Afirmou que nunca teve conhecimento de qualquer denúncia de corrupção nesta área de fiscalização. Para ultimar a questão, afirmou que eles poderiam ser mais atuantes no processo fiscalizatório.

O projetista concluiu a entrevista fazendo uma pequena análise em termos de evolução dos STETs na região do Minho. Considerou que o percentual de indústrias têxteis que tratam os seus efluentes ou estão ligadas ao SIDVA deve ser superior a 90%. Afirmou que 10 anos antes a situação era crítica e se conseguia contar nos dedos as indústrias têxteis que tratavam os seus efluentes. Considerando-se estas duas situações, a região evoluiu muito e as perspectivas são as melhores. Diz-se um profissional privilegiado, pois seus projetos, em especial os de STETs, sempre atenderam às necessidades de despoluição exigidas pela legislação. Assim considera que tenha em parte contribuído para a despoluição dos rios da região.

5.4.2.2 PPM - 02 (Portugal)

O projetista entrevistado atua na região do Minho há mais de 20 anos. A empresa que possui se especializou em projetar e executar sistemas de tratamento de efluentes em geral, mas como a região é predominantemente têxtil, acabou ao longo do tempo projetando e construindo muitos STETs; nem soube precisar exatamente o número de sistemas em operação que foram executados sob sua responsabilidade.

O entrevistado relatou que a empresa inicialmente - meados da década de 1980 – se dedicava quase exclusivamente com águas industriais. Os tratamentos de efluentes somente começaram a ser evidentes por volta dos anos de 1990, dada a necessidade que tiveram as indústrias têxteis de minimizar os impactos ambientais. Na época a região do Minho era carente de profissionais com competência para oferecer soluções para as indústrias na área de ambiente. Assim vislumbrou um nicho de mercado para a sua empresa de projeto. Segundo ele, no início houve muitas dificuldades, tanto por parte dele - pois as tecnologias disponíveis eram muito incipientes - como também por parte dos empresários, que desconheciam totalmente as questões ambientais e os custos que envolviam tais ações.

O projetista considera que 15 anos depois de seu primeiro projeto de STET, as coisas mudaram muito, e para melhor, pelo menos em relação às condições técnicas de tratamento, tanto que afirmou “...atualmente se conhecem todas as alternativas para a solução dos problemas gerados pelos resíduos das indústrias têxteis, assim a solução passa somente pelas questões de quanto se pode investir e gastar operacionalmente nos STETs”.

Questionado sobre as dificuldades que uma empresa de projetos de sistema de tratamento de efluentes enfrenta em Portugal, respondeu que para uma empresa como a dele a maior dificuldade é concorrer com empresas que desenvolvem tecnologia e ainda vendem produto, tanto que há cerca de 4 anos precisou estabelecer uma parceria com um fornecedor de gases (CO_2 e O_2) para poder pressionar e negociar melhores preços para estes produtos e assim oferecer vantagens para seus clientes. Citou como exemplo que na época em que iniciou a negociação com o parceiro o custo do O_2 puro era cerca de 0,15 euro/kg e o CO_2 custava 0,17 euro/kg, e após as negociações seus clientes de STETs passaram a pagar 0,10 euro/kg tanto para o O_2 quanto para o CO_2 . Através desta redução nos custos dos gases, os STETs cuja concepção utiliza CO_2 na neutralização e O_2 puro tanto no biológico quanto para o ozônio (descoloração) passaram a ser competitivos em termos de custos, pois a eficiência entre 95 e 97% compensa uma pequena diferença de custo em comparação com os processos convencionais.

Perguntado ao projetista qual sua forma de trabalho em relação aos projetos, os equipamentos e as edificações dos STETs, ele respondeu que no caso em que o cliente faz a opção pelo sistema “*turn-key*” as edificações são terceirizadas, e o de que não se abre mão é o fornecimento e montagem dos equipamentos. Segundo o projetista, em hipótese alguma se vende o projeto; este deve estar sempre associado ao fornecimento dos equipamentos e montagem para se ter garantida a eficiência dos STETs. Ressalta que em função do elevado teor de cloreto de sódio (NaCl) presente no efluente, elemento muito corrosivo, os materiais devem em geral ser de aço inox, o que aumenta um pouco os investimentos, mas constitui garantia de durabilidade e eficiência.

Mencionada a questão dos investimentos em um STET, perguntou-se ao entrevistado qual o valor em geral cobrado por um sistema de tratamento. Disse ele não desejar fornecer valores, pois os custos variam muito em função dos processos e da capacidade de tratamento dos STETs. Diante da persistência em perguntar sobre um valor, disse que dificilmente um STET para tratar em torno 50m³/hora com homogeneização, neutralização (CO₂), lodos ativados com aeração prolongada (O₂ puro) e ozonização para remoção de parte da cor sai por menos de 250 mil euros.

A respeito do SIDVA, o projetista afirmou ser um projeto muito bem-intencionado e que a finalidade é muito louvável, porém o projeto apresenta algumas falhas imperdoáveis; pois é inconcebível um sistema que recebe mais de 50% de efluentes provenientes de indústrias têxteis e processa fibras de algodão - em que o corante reativo é predominante e conseqüentemente o teor de sal (NaCl) é elevadíssimo - fazer uso de materiais ferrosos na montagem dos equipamentos e assim o sistema ficar susceptível ao processo de corrosão. Em relação ao biológico, considerou a decisão acertada, mas no físico-químico a flotação e a adsorção por carvão ativado foram processos equivocados para aquele tipo de sistema. Além destes problemas na unidade de tratamento, a execução de apenas parte da rede de interceptores possibilita distorções, como algumas indústrias serem obrigadas a se ligar ao SIDVA e outras poderem despejar os efluentes diretamente nos rios, sem o devido tratamento. Por outro lado as empresas aderentes têm o limite de 1.500mg/l de DQO para efluente bruto, parâmetro que para algumas delas é difícil de atingir. Concluiu a análise com a seguinte afirmação: "...pela quantidade de dinheiro investido até agora no sistema os resultados em termos de despoluição poderiam ser bem melhores".

Tendo-se indagado ao projetista qual seria o STET que considerava o mais eficiente para as indústrias têxteis, ele respondeu que para as condições da legislação portuguesa, o STET precisa de uma remoção de sólidos, homogeneização, neutralização por CO₂ puro, biológico por meio de lodos ativados em aeração prolongada (O₂ puro), e no terciário, a descoloração por processo de ozonização. Para ele, este sistema apresenta um excelente custo benefício, pois em geral registra eficiências acima de 95%, e no caso o ozônio proporciona tranqüilamente a descoloração na diluição de 1/20. Para o sistema descrito o custo operacional está em torno de 0,18 euro/m³ (50% dos custos cobrados pelo SIDVA).

A respeito da legislação ambiental portuguesa, o projetista opinou dizendo que precisa melhorar muito, pois existem pontos totalmente antagônicos, onde há rigor em excesso. Como exemplo citou a lei geral, que estabelece valores de despejo para DQO de 150mg/L, enquanto tolera (complacência) no parâmetro cor a diluição de 1/20; ou o caso da Portaria Setorial 423/97, que permite diluição 1/40 para a cor, que praticamente nada mais é do que efluente bruto. O projetista é da opinião que muito em breve a CE deve posicionar-se com uma legislação ambiental mais rigorosa principalmente em relação à cor.

Perguntado qual era opinião do projetista em relação a processos de recuperação em geral, como goma, soda cáustica e efluente final, ele respondeu que considera essas tecnologias muito importantes e perfeitamente exequíveis nos STETs, porém sempre alerta os empresários para os elevados investimentos que essas tecnologias exigem, além do que o “*pay-back*” em geral é superior a 10 anos.

Em termos de neutralização, foi perguntado ao projetista qual a sua preferência, tendo ele respondido não ter mais dúvidas de que a melhor opção é a neutralização por meio de CO₂ puro, pois permite um controle afinado, e assim os valores de despejo serem muito próximos de pH 9,0. Também se leva em conta a segurança em relação ao H₂SO₄. Outro fator que ajuda na neutralização é o uso do O₂ puro no biológico, pois permite pH acima de 9,0 na entrada do biológico e na seqüência do processo o pH é corrigido para valores inferiores a 9,0. Por tudo isso é que o projetista considera que o custo/benefício em favor do CO₂ também seja positivo.

Suscitando-se a questão da toxicidade dos efluentes têxteis, o projetista lembrou que há alguns anos a indústria química de corantes trabalha com o objetivo de tornar seus produtos menos agressivos ao ambiente. Afirmou que sua empresa de projeto não tem capacidade para desenvolver pesquisas neste campo, pois se trata apenas de constatação de situação, que requer condições técnicas e equipamentos de que não dispõe. Comentou que um de seus parceiros, o fornecedor de gás - O₂, desenvolve pesquisa com este objetivo, mas os resultados ainda não são conclusivos.

Questionado sobre os lodos produzidos nos STETs, respondeu que depois de formados surge um impasse com relação ao seu destino final. Segundo o projetista, existem duas possibilidades de disposição: a primeira é uso agrícola para o lodo biológico, e a segunda é a disposição em aterro industrial, em que os custos são elevados. O projetista afirmou que há algum tempo optou por utilizar sistemas que não gerem lodo. Assim o uso de lodos ativados em aeração prolongada com O₂ puro minimiza em muito a produção de lodo biológico, assim como a opção pela ozonização para o descoloramento do efluente sem a geração de lodo químico se mostra uma solução que minimiza o problema do lodo, ao invés de aumentá-lo.

Ao ser-lhe perguntado se as indústrias operam corretamente os STETs, ele respondeu que não, que são raros os exemplos de STETs bem-operados. Citou o caso em que um empresário optou por não disponibilizar nenhum operador para o sistema; ele mesmo se encarrega de verificar diariamente se os equipamentos estão em funcionamento. Neste caso a operação é um desastre. Já ocorreram situações em que encontrou o tanque de aeração com taxa de oxigênio dissolvido em zero, a sonda de oxigênio suja e conseqüentemente não funcionando, o biológico recirculando o lodo continuamente para evitar sua retirada; e a unidade de ozônio por muitas vezes já foi encontrada desligada. Situações como estas resultam em níveis de eficiência muito baixos para o sistema, e que aos olhos dos leigos pode parecer falha do projetista.

A respeito da fiscalização do ambiente, o entrevistado afirmou que as maiores fontes de poluição em Portugal são empresas controladas pelo governo; assim considera que a fiscalização seja direcionada a não interferir nos grandes problemas e voltar suas atenções para os pequenos empresários, que em geral não têm como esboçar muita reação. Afirmou ser por coisa como estas que o povo está com uma consciência ambiental muito baixa, parece que as pessoas não acreditam mais em soluções que melhorem sua qualidade de vida. Outro problema é a crise econômica que vive o país, a qual leva o povo preferir pensar na sobrevivência em curto prazo a pensar em melhorias ambientais. Assim, muitos cidadãos consideram que é melhor as indústrias poluírem, desde que os empregos sejam preservados. Por parte dos empresários é a mesma coisa, a sobrevivência de suas empresas vem antes da consciência ecológica. Esta é uma situação muito triste para um país da CE.

Como considerações finais, o entrevistado fez uma previsão não muito otimista para o setor têxtil, que em Portugal vive uma crise de grandes proporções, a qual está levando muitas empresas a encerrar suas atividades. Espera dos governantes uma atitude capaz de reverter este quadro desanimador. Quanto às empresas de projeto como a sua, também faz previsão muito pessimista, afirmando que nos próximos 5 anos elas deverão deixar de existir. Na sua opinião, o mercado será dominado pelos “poderosos”, ou seja, pelas empresas de projeto de grande porte (multinacionais) que se associam a fornecedores de equipamentos e produtos para formarem um tipo de cartel nesta área.

5.4.2.3 PPM - 03 (Portugal)

O projetista entrevistado também é proprietário de uma empresa de projetos ambientais com aproximadamente 7 anos de existência. O projetista é formado em engenharia de produção industrial com ênfase em têxtil e Ph.D. em Ciência do Ambiente, com trabalho de tecnologia de membranas aplicada a efluentes têxteis. A respeito da sua tese, mencionou que o trabalho foi com o reúso de efluentes oriundos de tingimento (corantes reativos) visando ao reaproveitamento do corante. Ressaltou apenas que as dificuldades se concentraram não na separação do corante, mas sim, em sua reutilização, devido à diversidade de cores utilizada no processo industrial têxtil.

Retornando ao foco da entrevista, que são os STETs; indagou-se a respeito do campo de trabalho para os projetistas em termos de indústrias têxteis em Portugal. Respondeu o entrevistado que ainda existe um bom campo de atuação, apesar de a maioria das indústrias já estarem ligadas ao SIDVA. Relatou que sua proposta de trabalho vai além de um simples projeto de STET e procura estudar o problema (situação) e propor alternativas que apresentem um custo/benefício interessante para as empresas. A solução passa por uma adequação entre os problemas ambientais existentes e a disponibilidade de recursos de financeiros da empresa, além de apresentar condições para cumprir as exigências impostas pela legislação portuguesa.

Citou que existem projetistas que acabam sempre oferecendo a mesma solução para todas as indústrias, independentemente de sua localização, capacidade produtiva e até mesmo do processo produtivo. Em sua opinião, muitos problemas que advêm depois de construído o STET poderiam ser resolvidos ou minimizados, caso os projetos, quando da aprovação pelo órgão ambiental, fossem realmente analisados em termos técnicos, pois na realidade atual todos os projetos são aprovados, tendo condições técnicas ou não. Tais procedimentos não levam em consideração o respeito que o ambiente precisa ter e ainda colocam a responsabilidade do sucesso ou insucesso das ações ambientais totalmente sobre o empresário, que por sinal não conhece de controle ambiental.

Em termos de contratação de serviços o projetista citou como forma de trabalho a simples execução do projeto ou a contratação do STET em regime de “*turn-key*”. Nesta última forma de execução tanto as obras civis quanto a montagem dos equipamentos são sublocadas a terceiros. Questionado quanto a possíveis dificuldades na sublocação, informou que elas não existem. Outra questão ressaltada é que os empresários preferem a modalidade “*turn-key*”, mas questionam muito tanto os investimentos quanto os custos operacionais e em geral exigem uma garantia de perfeito funcionamento do STET, condicionada à retenção de 20% do valor da obra. Outro problema é que os STETs projetados e construídos por empresas nacionais precisam pagar 19% de IVA (imposto), que somente poderão ser reaproveitados quando a indústria estiver em atividade e gerando produtos acabados, enquanto se for contratada uma empresa de outro país da CE o imposto não é cobrado (isenção). Esta situação às vezes inviabiliza muitos negócios. O projetista também lembrou um caso em que como garantia assumiu a responsabilidade de operação do STET durante o primeiro ano. Ressaltou que os empresários portugueses em geral são muito ingênuos, pois eles exigem que o STET esteja funcionando, mas não se perguntam quanto à eficiência do sistema.

Indagado ao projetista quando os empresários o procuram, ele respondeu que o correto seria na “primeira hora”, quando de projetos novos, mas não é isso que ocorre em Portugal. Comumente eles procuram o projetista depois que as indústrias estão instaladas e muitas vezes depois de autuados pela fiscalização. Relatou ainda que nestas situações ficam muito difíceis soluções que envolvam alterações no

processo industrial, que às vezes acabam sendo a melhor solução em termos de minimização de impactos e redução de custos. Além deste problema, também afirmou que se encontra resistência por parte dos técnicos quando de alterações no processo produtivo, pois para eles, qualquer problema industrial após as alterações terá origem nas medidas de minimização dos impactos ambientais.

Ainda com o foco nas alterações no processo industrial, indagou-se sobre alguns processos de recuperação, como o da goma e o da soda cáustica. Em relação aos dois processos citados o projetista se mostrou pessimista. No caso da goma afirmou que poucas indústrias portuguesas apresentam condições técnicas para viabilizar tal recuperação, porquanto o processo exige que goma utilizada e posteriormente recuperada tenha suas propriedades químicas e físicas constantes ao longo de todo o processo, caso contrário a reutilização fica inviabilizada; e isso é muito difícil de controlar nas condições de controle e automação da indústria portuguesa. Quanto à recuperação de soda cáustica, sua posição é primeiro evitar o uso da mercerização, por se tratar de um processo muito agressivo às fibras; depois coloca em dúvida a viabilidade financeira da recuperação. A soda tem um custo baixo, por outro lado o processo de recuperação mais utilizado é o de evaporação, que utiliza energia térmica, a qual gera um custo operacional elevado. Além disto, o sistema exige também elevados investimentos, o que faz o “*pay-back*” também ser muito alto, mesmo considerando-se a redução com o uso de neutralizantes no STET.

Também foi questionado o uso crescente de gases como o CO₂ puro e o O₂ puro nos STETs. O entrevistado começou respondendo pelo CO₂ puro, afirmando existir uma falsa informação de que os custos do CO₂ são semelhantes aos do H₂SO₄. Segundo sua comparação, o CO₂ sempre apresentou maiores custos que os outros neutralizantes, pois além do produto em si, também há os custos com aluguel dos equipamentos e o transporte do gás (caminhões especiais), os quais dependem da distância entre a fábrica de gás e o STETs. Afirmou que já estudou a possibilidade do uso do CO₂ existente nos gases de combustão, mas o investimento seria muito elevado. Quanto ao uso do H₂SO₄, considera-o o neutralizante com o melhor custo/benefício. Quanto aos riscos de acidente com o ácido, o projetista afirmou que com os sistemas de automação estes riscos foram minimizados e a utilização de bons materiais nas tubulações e equipamentos minimiza em muito os efeitos de

corrosão no sistema. Para o uso do O₂ puro no processo biológico, considerou que este gás apresenta algumas vantagens em relação ao uso do ar, mas refuta o chavão utilizado pelos fornecedores de O₂ puro de que o seu uso reduz a geração de lodo biológico. Afirmou já haver testado o O₂ puro e não ter percebido esta redução tão mencionada, porém o que percebeu foi que o biológico se mostra com maior estabilidade em relação às variações abruptas no processo produtivo. Assim, considerou que a diferença de custo na aeração não justifica os 2 ou 3% de eficiência que se ganham no STET. Tendo-lhe sido perguntado se não reduz o odor nos STETs, disse que não, que o problema do odor é fruto de falha no dimensionamento do tanque de aeração (distribuição uniforme de O₂), o que propicia a formação de zonas de anaerobiose que acabam por gerar os odores.

Perguntado a ele se tem acesso às pesquisas desenvolvidas pelo Citeve e Idite-Minho; respondeu que não. Disse que se atualiza através de publicações internacionais e que as instituições citadas são preocupadas em desenvolver sistemas ou processos inovadores, quando na verdade já existem muitas tecnologias não-convencionais que com certeza podem ser muito bem aplicadas aos efluentes têxteis e não são devidamente pesquisadas. A outra questão é que os agentes de fomento (financiadores) deveriam exigir e logicamente financiar também as aplicações das pesquisas em escala real, pois o que se vê são muitas pesquisas de laboratório não serem implementadas na prática. Outra questão em que diz não ter percebido qualquer motivação dos centros de pesquisa portugueses é referente à toxicidade dos efluentes têxteis, que existe e precisa ser pesquisada.

Com a menção do projetista às tecnologias não-convencionais para tratamento de efluentes têxteis, foi-lhe perguntado se existia um STET em que o projetista tivesse usado uma destas tecnologias. Justificou que para a situação citada utilizou uma combinação de tratamento físico-químico por flotação associada a um processo biológico por filtros aeróbios. Tal concepção se fez necessária em função da falta de espaço disponível para STET e também porque seria necessária elevada eficiência para atender às exigências da legislação ambiental para aquele local. Ainda com referência a este caso, confessou ter optado por essa concepção também para provar que as tecnologias não-convencionais para efluentes têxteis podem ser aplicadas com excelentes resultados. O projetista acredita que este seja o único

STET em Portugal a utilizar com sucesso uma tecnologia não-convencional para efluentes têxteis. Ao lhe ser perguntado se não fora arriscado demais apostar em uma tecnologia ainda não comprovada no tratamento de efluentes têxteis, respondeu da seguinte forma: "...admito que para algumas soluções se precise de um certo grau de risco, mesmo porque muito dados utilizados para a definição da concepção são estimados. Porém este tipo de risco faz parte da vida do projetista."

A respeito do custo dos serviços, mencionou que em caso de regime "chave da mão" o projeto do STET não tem um custo específico, pois faz parte do custo total do STET. No caso apenas do projeto, o orçamento carece de uma análise subjetiva em termos de problema e solução proposta, assim como a capacidade de tratamento.

Pedi-se então a opinião do projetista a respeito da necessidade de Eia-Rima para novas indústrias têxteis de grande porte. Respondeu ele que os considera, sim, necessários. Justificou sua posição afirmando que os impactos ambientais produzidos pelas indústrias têxteis já são bem conhecidos, apenas o que não se sabe é quais são as conseqüências destes impactos no local específico em que vai se localizar o novo empreendimento. A respeito da definição dos parques industriais na região do Minho, considera que as câmaras municipais acabam por tomar decisões mais políticas do que técnicas, de tal forma que muitos locais definidos como parques industriais não apresentam a menor condição para tal.

Questionado sobre quais seriam as maiores dificuldades nos STETs em termos de cumprimento da legislação, respondeu que o limite de DBO_5 de 40mg/L e ausência de cor na diluição na 1/20. No caso da DBO_5 , é atingir a eficiência necessária - pois o valor no efluente bruto varia muito - que em geral deve ser superior a 90%. Quanto à cor, reside no fato de exigir um processo específico para a sua remoção.

Não obstante, foi lembrado ao projetista que os valores dos parâmetros como DBO_5 , DQO e sólidos, detectados nesta pesquisa, em Portugal, estão bem abaixo da literatura internacional. Respondeu que este problema tem duas vertentes. A primeira é a gestão das águas dentro das indústrias, pois, apesar de se saber que a água é um produto em escassez, não existe economia com o produto. As indústrias que se ligaram ao SIDVA passaram a enfrentar o problema com maior

responsabilidade por serem obrigadas a pagar pelo desperdício. A segunda vertente está nas análises químicas e biológicas do efluente, as quais com certeza não levam em conta a toxicidade existente. Relatou um caso que exemplifica bem esta situação. Um ex-aluno lhe apresentou algumas análises de DBO_5 e DQOs com a seguinte situação: as DQOs do efluente bruto e tratado tinham valores muito próximos, indicando que a eficiência do STET era muito baixa; porém o valor da DBO_5 final era quase zero. Este é um típico caso de toxicidade, pois a carga total não se alterou, enquanto a DBO_5 reduziu brutalmente, o que somente é possível ocorrer quando a “semente” adaptada à amostra tiver sido inibida por uma ação tóxica. Segundo esse relato, os baixos valores de parâmetros de despejos ambientais têxteis podem estar sendo analisados de forma incorreta, ou seja, pelo excesso de água no processo industrial ou a existência de uma certa toxicidade.

Em termos de projetos de STETs, o projetista comentou o dilema do caso do tanque de homogeneização, que muitas vezes parece muito grande e outras vezes insuficiente para absorver as variações de carga no sistema. Um critério para se saber se a homogeneização se encontra deficiente é observar se há muita alternância de cor no tanque, ou seja, se a cada dia houver uma cor diferente no tanque as coisas não estão muito bem em termos de homogeneização. Segundo o projetista, existe uma regra empírica para as tinturarias, que é dimensionar o tanque para 24 horas. Não obstante, ressalta que mesmo com essa dimensão podem ocorrer variações abruptas no processo industrial que altere a homogeneização.

Questionado sobre o uso das tecnologias de oxidação e em especial da ozonização, que em Portugal começa a ser bem difundida, o entrevistado respondeu que não é adepto destes tipos de tecnologia. Em relação à ozonização, acha que aparentemente se mostra como um bom processo de descoloração dos efluentes têxteis, apenas não se sabe com precisão o que está sendo formado em termos de substâncias tóxicas ou mutagênicas. Além disso, para uma descoloração efetiva os custos de energia elétrica e O_2 puro são elevados. Em Portugal algumas empresas estão vendendo a ilusão de que os custos são acessíveis, mas o que se tem é ausência de cor na diluição de 1/40, o que significa apenas uma redução de pouco mais de 2% em termos de oxidação de corantes. Nestes casos, sim, pode-se considerar que os custos são baixos, mas também a remoção é pequena.

O que se percebeu é que o projetista não é adepto das tecnologias de oxidação. Então se perguntou a ele qual seria a melhor alternativa para a remoção de cor. Respondeu que as tecnologias de separação de corante por membranas seriam a melhor opção, apesar das dificuldades de se encontrar um destino apropriado para os concentrados. O que realmente inviabiliza esta tecnologia são os custos, tanto em investimento como em operação e manutenção. Então sobram os processos físico-químicos, que possuem desvantagens em termos operacionais e em relação ao destino final para o lodo químico (aterros industriais). Nestes processos tanto os custos operacionais como a destinação do lodo são significativos, mas em contrapartida os investimentos são bem menores que as tecnologias de membranas.

Como o assunto eram processos físico-químicos, questionou-se o projetista quanto à sua preferência em termos de decantação ou flotação. Ele respondeu que para os efluentes têxteis sua preferência recai sobre o processo de flotação. Considera que o processo de decantação exige um maior excesso de produtos químicos para atingir a sedimentação, enquanto na flotação, quanto mais leve o floco, melhor. Utilizando-se como coagulante primário o sulfato de alumínio e um descolorante à base de poliamina se obtêm sólidos flotados com concentração superior a 3%, contra 1% na decantação. Para a desidratação, respondeu que em alguns casos já optou pela prensa desaguadora (filtro de banda), mas considera que para STETs com pouca geração de lodo o filtro-prensa semi-automático propicia um lodo com menor umidade, e assim podem-se minimizar os custos com a disposição final.

A respeito dos processos biológicos por lodos ativados, mencionou que, caso sejam utilizados, sua opção não é pelas variantes de aeração prolongada ou convencional, ou por uma taxa de aeração de média para baixa, mas assim, por uma elevada taxa de recirculação de lodo. Esta opção com certeza propicia uma melhor remoção de cor pela adsorção biológica, porém ressaltou que tudo isso depende do tipo de corante que se deseje eliminar. Quanto ao valo de oxidação (carrossel), afirmou que não acredita ser sua eficiência a mesma que para os efluentes sanitários e que em termos de remoção de cor também depende do tipo de corante, assim como as demais variantes do processo de lodos ativados.

A respeito do SIDVA o projetista teceu a seguinte análise: a idéia de tratar conjuntamente os efluentes sanitários e industriais surgiu na Inglaterra nas décadas de 1970 e 1980, tendo como objetivo facilitar o tratamento. Ao longo do tempo se percebeu que o efluente sanitário em pouco ajudava no tratamento global e que o efluente industrial tornava mais complicado o tratamento do efluente sanitário. Assim, o resultado foi que o efluente sanitário, que era muito simples de ser tratado, tornou-se complicado. O projetista considera que as unidades do SIDVA apresentam sérios problemas operacionais e que dificilmente atingirão bons índices de eficiência, tanto em termos de carga quanto de remoção de cor. Outro problema é a disposição do lodo biológico e químico para uso agrícola. O projetista foi enfático em afirmar não ter dúvidas de que este tipo de lodo carrega consigo uma carga de metais pesados que não é aceita pela CE. O uso do lodo das unidades do SIDVA na agricultura é uma decisão mais política do que técnica, e no futuro se conhecerão as conseqüências desta desastrada decisão. Apesar destes problemas, pondera que é muito melhor ter o SIDVA operando que sofrer a poluição que existia anteriormente. Questionado sobre qual teria sido a melhor solução, responde que teria sido a construção de unidades menores e diferenciadas entre fim sanitário e industrial.

A respeito da fiscalização ambiental em Portugal, diz que a considera ineficiente. Atua apenas em casos de denúncia, e como o povo está meio desesperançoso, as denúncias se tornam escassas. Ainda em relação à comunidade, citou pesquisa feita na Inglaterra que mostra as questões ambientais como a terceira maior preocupação dos britânicos, perdendo apenas para o emprego e a saúde. Segundo ele, em Portugal esta preocupação deve ser a quinta ou sexta, ou seja, a conscientização ambiental ainda não atingiu o seu ápice. Para melhorar esta percepção do povo o Estado tem que continuar ensinando aos jovens o respeito ao ambiente.

Finalizou a entrevista traçando uma perspectiva para o futuro das questões ambientais na região do Minho. Considera que muito em breve a legislação ambiental deva ser alterada de forma a se tornar mais restritiva em relação a parâmetros de despejos como DQO e cor. Paralelamente a este fato, a fiscalização precisa se tornar mais eficiente.

"Nenhum exército pode resistir à força de
uma idéia cujo tempo chegou."

Victor Hugo (1802 - 1885)

Esta seção apresenta as análises dos resultados da pesquisa de campo, focando os principais pontos de discussão em relação aos problemas suscitados durante a pesquisa. As análises estão centradas na comparação entre os diferentes tipos de tecnologia usados nos STETs das indústrias têxteis brasileiras e da Península Ibérica envolvendo os cenários pesquisados.

6 ANÁLISES DOS RESULTADOS

6.1 Localizações das indústrias têxteis

O local onde se deve instalar uma indústria têxtil de acabamento (tinturaria) é um fator extremamente importante para o sucesso do empreendimento, e – por que não dizê-lo? - um fator competitivo, tanto em termos comerciais como ambientais. Na área ambiental as diferenças competitivas podem se consolidar através da maior ou menor rigidez nos parâmetros de lançamento, pois é em função deste dado que se determinam tanto o grau de investimento quanto os custos operacionais.

A pesquisa identificou várias indústrias, principalmente as fundadas há mais de 50 anos, como as IBAs-01/02 e 03, IBBs-01/02/03/04 e 09, no Brasil e as IPMs-04/09/10/13 e 14 em Portugal, localizadas em perímetro urbano. Estas, constantemente, acabam por ter problemas sociais (reclamações) com a circunvizinhança, pois estão expostas às observações de um grupo de pessoas mais criteriosas em termos de educação ambiental. No caso das indústrias brasileiras, em geral, o maior número de reclamações diz respeito aos impactos atmosféricos, tanto em termos de odores quanto de sujeira (filugens). Mas as características físicas dos efluentes também são muito exigidas, principalmente em relação à cor. Em Portugal os impactos atmosféricos são os que mais reclamações têm provocado, pois quanto aos efluentes líquidos a sociedade debita os problemas para o governo.

No caso das indústrias espanholas que foram pesquisadas, todas se encontram bem-localizadas, em geral dentro de parques industriais bem-definidos, e nesses casos as reclamações são bem mais esporádicas e em nível muito inferior às das indústrias portuguesas e brasileiras.

Ainda com relação ao problema da localização em perímetro urbano, a solução definitiva para essas indústrias passa por uma tomada de decisão complexa, pois exige elevados recursos financeiros quando é necessária a transferência da unidade industrial para um local mais adequado. Há situações em que as condições financeiras das indústrias não permitem tais investimentos, como é o caso da IBB-04, instalada em pleno centro de Blumenau e quando da pesquisa em situação de concordatária. Tais condições inviabilizam qualquer plano de instalação da indústria em um local mais apropriado.

No passado, entre o início do século e a década de 1980, os empresários instalavam as indústrias em geral perto dos rios (corpo receptor) e somente depois procuravam os órgãos ambientais (implantados depois de 1980), ou em muitos casos nem o faziam, mas acabavam sendo apanhados por eles sem qualquer tipo de licença de instalação ou mesmo de operação. Exemplo desta proximidade do corpo receptor são as indústrias IBB-09 (pólo de Blumenau), em que a falta de espaço físico fez com que o STET fosse construído de aço carbono e para cima (tanques elevados) para aproveitar ao máximo possível a área disponível; a outra indústria é a IPM-09 (pólo do Minho), cuja proximidade em relação ao rio fez com que o STET fosse construído todo de concreto puro, pois os tanques quase ficam suspensos na margem do rio. Nestes dois casos, os custos dos STETs acabam sendo superiores aos normais, em função de toda uma estrutura especial para permitir a acomodação do STET ao espaço disponível.

Na pesquisa também foram encontradas indústrias muito bem-localizadas, como por exemplo: IBBs-05/08 e 10 (pólo de Blumenau), IBAs-02 e 04 (pólo de Americana), IPMs-02/05 e 06 (pólo do Minho), IPCs-01 e 02 (pólo de Covilhã) e as IEBs-01/02 e 03 (pólo de Barcelona), que em geral estão instaladas em parques industriais ou regiões bem afastadas do perímetro urbano das cidades.

O que se recomenda para as indústrias têxteis que desejam instalar unidades industriais é que antes de tomar qualquer decisão procurem uma assessoria ambiental ou o órgão ambiental para se orientar a respeito da melhor localização, considerando o zoneamento da região, a classe dos rios, taxações relativas aos recursos hídricos, os ventos predominantes e muitos outros detalhes, pois somente com uma análise “*in loco*” do local pretendido é que se pode chegar a uma conclusão a respeito da sua viabilidade. A escolha adequada do local é fundamental para a unidade industrial poupar recursos financeiros em termos de investimentos e custos operacionais, e ainda para evitar impactos ambientais desnecessários.

6.2 Ações que envolve o processo industrial

Neste item serão analisadas as ações que estejam envolvidas com o processo industrial têxtil, de modo que de alguma forma se possam recuperar subprodutos ou mesmo possam ser os processos adaptados para receber efluentes reciclados e produzir uma minimização de impacto no STET.

6.2.1 Recuperação de calor

Em geral no processo de tingimento as temperaturas oscilam entre 60 e 140°C. Como o consumo de água é elevado, conseqüentemente o consumo de vapor também é alto, ou seja, cerca de 20kg/kg de tecido. Em geral o calor acaba no efluente, ou melhor, no STET, o que provoca aumento de 10 a 30°C no efluente, e assim, dependendo da temperatura ambiente, o efluente pode chegar até 45°C. Nessa temperatura a saturação de oxigênio dissolvido é baixa e também pode afetar o metabolismo dos microrganismos no tratamento biológico.

A forma mais eficiente e racional de se resolver este problema é a recuperação de parte do calor contido no efluente. Muitos equipamentos de tingimento já trazem incorporados dispositivos de recuperação de calor, mas em geral precisa-se segregar o efluente pela temperatura, ou seja, ter uma linha de efluente quente que depois de filtrado passa por um trocador de calor, cuja escolha fica em função do pré-filtro, podendo ser do tipo aleta, tubular ou placa.

Com base nos dados obtidos na pesquisa, pode-se dizer que as indústrias brasileiras ainda não têm foco na otimização de energia calorífica, tanto que em apenas três indústrias (IBBs-01/03 e 09) foram encontrados sistemas de recuperação de calor dos efluentes. No caso da IBB-03, os próprios engenheiros da indústria foram os projetistas de um sistema constituído de uma série de trocadores de calor tubular, cujo *pay-back* foi inferior a três meses. Entre as indústrias pesquisadas, além de a maioria não apresentar qualquer sistema de recuperação de energia calorífica, ainda existem casos, como as IBA-02 e IBB-02, que acabam consumindo mais energia ainda, pois utilizam *spray* ou torre de resfriamento para reduzir a temperatura do efluente no STET. Falta às indústrias têxteis brasileiras a visão da otimização do consumo de energia calorífica por meio da recuperação de parte do calor contido nos efluentes.

Quanto às indústrias portuguesas, percebeu-se através da pesquisa que a maioria delas (IPMs-01/02/04/09/11 e 14 – IPCs-01 e 02) dispõe de recuperação de calor; também uma boa parte acabou optando pelo sistema de co-geração de energia elétrica, o que viabiliza o aproveitamento do vapor saturado (escape das turbinas) para as indústrias a custo relativamente baixo e em alguns casos a custo zero. O calor contido no efluente é recuperado em geral por meio de trocador de calor do tipo aleta, cuja vantagem é o baixo índice de entupimentos ou problemas operacionais no trocador de calor. É importante destacar que caso o STET tenha financiamento pela CE é obrigatória a existência de dispositivos de recuperação de energia térmica como condição prévia para aprovação do empréstimo com excelente percentual a fundo perdido. Em relação às indústrias espanholas, todas elas executam a recuperação do calor nos próprios equipamentos de tingimento, o chamado reaproveitamento da água de resfriamento.

A pesquisa demonstrou que as indústrias têxteis ibéricas apresentam-se mais envolvidas com a otimização de energia calorífica do que as brasileiras. Esta diferença de atitude se deve em parte as legislações Ibéricas que exigem a recuperação de calor e a programas como IPPC (Integrated Pollution and Control), que buscam incentivar e até pressionar à recuperação de energia como forma de diminuir os custos industriais e minimizar os impactos ambientais.

Em resumo, é possível recuperar sem dificuldade entre 20 e 30% da carga calorífica utilizada na indústria têxtil, que basicamente acabam nos efluentes. Esta ação reduz custos financeiros, exige baixo investimento e ainda contribui para o melhor desempenho dos STETs. As empresas têxteis brasileiras precisam urgentemente reavaliar suas matrizes energéticas, pois através delas se têm condições de minimizar os custos industriais por meio de pequenos investimentos na otimização do uso da energia térmica, além de contribuir para a melhoria das condições dos efluentes.

6.2.2 Co-geração de energia elétrica e o uso do gás natural

Na Península Ibérica a co-geração de energia elétrica a partir de energia calorífica é incorporada às indústrias têxteis de maneira a se poder reaproveitar parte do vapor de escape no setor de acabamento e ao mesmo tempo gerar energia elétrica para ser vendida às distribuidoras de energia. A co-geração não é uma atividade que faça parte da tradição brasileira, porque o país possui uma matriz energética baseada em recursos hídricos, com custos inferiores aos da energia elétrica gerada a partir de combustíveis fósseis.

Na Península Ibérica a matriz energética comporta a co-geração, tanto que as IPMs-02/07/09/10/13/14/15 e IPC-02 possuem unidades de co-geração e dessa forma minimizam parte dos custos industriais com o reaproveitamento do vapor escape ou descarte de gases quentes do processo de geração de energia elétrica.

Quanto ao uso do gás natural na co-geração, a pesquisa detectou que as unidades IPMs-02/07/09/11/14/15 e IPC-02 fazem uso deste tipo de combustível. Além destas, têm-se ainda a IPM-13 e as IEBs-01/02 e 03, que não possuem co-geração, mas também usam o gás natural na geração de energia calorífica (caldeira). A opção da maioria das empresas da Península Ibérica pelo gás natural não se deve à economia – pelo contrário – pois o gás representa um maior custo para as empresas. A opção se faz em função da legislação ambiental atmosférica, que é muito rígida, assim como a fiscalização, porquanto o gás minimiza a poluição atmosférica e facilita o cumprimento da legislação.

No Brasil a pesquisa apenas detectou três indústrias têxteis utilizando o gás natural: as IBBs-05/06 e 08. Todas elas passaram a utilizar o gás a partir de 2000, sendo que por questões de custo a IBB-08, em 2003, reduziu o consumo em 60%, por ter incorporado à sua matriz energética caldeiras à lenha com o objetivo de minimizar os custos. As dificuldades das indústrias brasileiras em passar a queimar gás natural são duas. A primeira é relacionada à logística da distribuição do gás, pois, dada a dimensão do país, são poucas as regiões que dispõem de gasodutos para o fornecimento de gás natural. A segunda dificuldade é que existem outros tipos de combustível com preço menor que o do gás, além de a logística de distribuição ser melhor. Ademais, a legislação e a fiscalização ambiental para efluentes gasosos ainda não são muito rígidas.

6.2.3 Recuperação de goma

A tecnologia de recuperação de goma é recomendada apenas para as indústrias têxteis verticalizadas que tenham os processos de tecelagem e tingimento em tecido plano. Isto porque esta tecnologia requer um controle rigoroso das propriedades físico-químicas da goma, tanto no momento da engomagem quanto na desengomagem, já que qualquer variação nas propriedades físicas da goma interfere na eficiência da tecelagem.

No contexto geral da pesquisa foram encontradas apenas duas indústrias com a recuperação de goma em operação, uma no Brasil (IBA-03) e uma em Portugal (IPM-14). No caso brasileiro (IBA-03) optou-se pela tecnologia de recuperação dentro de um contexto de ampliação da produção, que demandaria a duplicação do STET existente; com a implantação da recuperação da goma a carga orgânica se manteve praticamente constante e as alterações no STET foram mínimas. Segundo dados da pesquisa, de forma muito sutil houve também ganhos de produção e qualidade no processo industrial. Depois de 6 anos de implantado o processo a empresa considera que dentro daquele contexto a decisão foi corretíssima, apesar de que considerou ser muito difícil a determinação da viabilidade técnico-financeira em função do envolvimento de muitas variáveis no processo.

A pesquisa também identificou outras quatro indústrias (IBA-01, IBBs-02/05 e 08) que participaram da pesquisa denominada “Ecogomam”, cujo objetivo era a implantação de recuperadoras de goma. Todas elas afirmaram que os resultados foram bons, mas que, em função do momento (1996 e 1998), o projeto demandava elevado investimento (cerca de 1.000.000 de dólares), o que o inviabilizou. Apenas a IBB-08 manifestou a intenção de voltar a pesquisar a tecnologia, por fazer parte da política do SGA, que já existe na empresa.

Em Portugal também existe apenas uma indústria têxtil, a IPM-14, com recuperação de goma. A implementação da tecnologia ocorreu no período de 1995 a 1998. Seu início deu-se mediante uma pesquisa desenvolvida entre as universidades portuguesas e um centro de pesquisa francês com a colaboração financeira da CE (Feder). O objetivo inicial da indústria era adequar a carga orgânica do efluente às condições de recebimento do SIDVA, que previa a cobrança do tratamento em função da carga. Na seqüência do tempo o SIDVA acabou sempre cobrando em função do volume, mas o limite de DBO_5 inferior a 500mg/L sempre foi exigido. As informações obtidas dão conta de que sem a recuperadora de goma o limite de DBO_5 não seria atingido. A empresa considera que o processo é viável economicamente e cumpre com sua responsabilidade ambiental.

O que se percebeu é que a recuperação de goma é uma excelente ferramenta para minimizar impactos ambientais da indústria têxtil, porém em termos de processo industrial os técnicos têxteis demonstram certa restrição (resistência) à tecnologia, fruto de um certo receio do desconhecido, do inovador, ao considerar que o problema é mais ambiental do que de processo industrial. Com esses problemas, associados ao elevado investimento que se faz necessário para a recuperação de goma, esta é uma tecnologia pouco usada nos meios industriais têxteis.

A recomendação aos empresários têxteis cujas indústrias apresentem viabilidade de implantação da recuperação de goma é que analisem com atenção especial esta tecnologia. Apesar dos altos investimentos, a amortização acaba ocorrendo dentro de prazos aceitáveis (inferiores a 5 anos), e em relação às questões ambientais é indiscutível o benefício advindo da recuperação de goma, em função da redução de carga orgânica nos efluentes.

6.2.4 Recuperação de soda cáustica (NaOH)

A viabilidade da tecnologia de recuperação de soda cáustica está condicionada à existência da mercerização no processo industrial, o qual exige um elevado consumo de soda. O próprio processo de mercerização é muito discutido no âmbito das indústrias têxteis, tanto que muitas delas acabam não utilizando a mercerização para evitar o impacto ambiental no STET.

Entre as indústrias pesquisadas no Brasil, apenas uma, a IBA-03 faz a recuperação da soda cáustica efetivamente (reutiliza). Desde meados da década de 1980 a indústria dispunha de um evaporador de 2 estágios, e em 2000 acabou adquirindo uma recuperadora da Kasag com quatro estágios. No início os resultados não foram bons, porém com uma série de ajustes a eficiência atingiu entre 60 e 70%, o que permite um bom tempo para “*pay-back*”. A pesquisa, ainda, detectou outras duas indústrias (IBAs-01 e 02) que acabam recuperando a soda de forma direta, ou seja, melhoraram o processo de lavagem do tecido mercerizado, de forma que diminuiu a quantidade de água e conseqüentemente o lixiviado se tornou mais concentrado (em torno de 5 a 8°Bé). Então o lixiviado é separado e destinado às indústrias de papel e celulose da região. Assim o pH do efluente é minimizado, em vista do menor volume de soda a ser neutralizado.

Em Portugal foram identificadas na pesquisa três indústrias (IPMs-04/10 e 13) que recuperam soda cáustica. Elas utilizam equipamentos da *Kasag*, com 3 ou 4 estágios evaporativos. No caso das IPMs-10 e 13, esses equipamentos são apenas de pré-tratamento, pois são indústrias aderentes ao SIDVA e a recuperação da soda propicia a adequação do efluente ao parâmetro-limite de pH estabelecido pelo SIDVA, que é de 9,5. De sua parte, a IPM-04 começou a pesquisar a recuperação de soda em meados da década de 1970, e no início da década de 1980 se tornou uma das primeiras indústrias têxteis do mundo a realizar a recuperação de soda. Em resumo, são quase 25 anos fazendo uso desta prática, e com certeza muitas toneladas de soda deixaram de impactar o ambiente. As três indústrias consideram a tecnologia extremamente útil para o processo industrial têxtil e para o ambiente.

Para as indústrias têxteis com mercerização esta é uma tecnologia que merece uma análise especial por parte dos empresários, pois bem aplicada acaba gerando um “*pay-back*” dentro dos limites aceitáveis, além de serem inúmeras as vantagens, ambientais. No Brasil esta tecnologia acabou prejudicada pelo elevado valor do investimento (equipamento importado), cerca de 500.000 dólares para uma indústria com capacidade de produção de 10 a 20 toneladas de tecido por dia. Seria importante que no Brasil alguma empresa de desenvolvimento de tecnologia se interessasse em produzir este tipo de equipamentos e que propiciasse tais recuperações. Assim, com certeza os custos de investimento poderiam ser reduzidos e muito mais indústrias têxteis poderiam fazer uso desta tecnologia e o ambiente seria menos impactado.

6.2.5 Reúso de efluentes baseado na condutividade

A tecnologia de segregação de efluentes coloridos e límpidos por meio de uma relação entre a condutividade e a cor possibilita o reúso do efluente límpido em operações menos nobres (limpeza em geral e últimas lavagens) no processo industrial. A tecnologia propicia o reúso de 10 e 30% da água consumida no processo industrial.

A implantação da tecnologia carece de uma pesquisa “*in loco*” no processo de beneficiamento têxtil, pois a relação condutividade (teor de sais) *versus* intensidade colorimétrica tem uma dependência direta e proporcional do processo químico utilizado no tingimento e acabamento dos tecidos. Em geral, a relação encontrada é que quanto maior a coloração maior é também a condutividade do efluente, e vice-versa. Não são todas as indústrias de acabamento têxtil que apresentam condições para a implementação desta tecnologia.

No Brasil a pesquisa não identificou nenhuma indústria pesquisando ou executando tal tecnologia de reúso, mesmo porque não se detectou nenhuma indústria com processo de recuperação de parte dos efluentes. Muitas delas manifestaram interesse nesse sentido, mas apenas como uma alternativa, em caso de regulamentação, na região, da lei que institui o princípio “*polluter-pays*”, ou seja, usuário-pagador e poluidor-pagador.

Em Portugal essa tecnologia está sendo proposta às indústrias têxteis pelo instituto de pesquisa Idite-Minho, como forma de reduzir o volume de efluente gerado pelas indústrias. Entre as empresas pesquisadas naquele país, apenas uma, a IPM-12, havia implantado a tecnologia de reúso baseada na segregação dos efluentes pela condutividade. Segundo dados obtidos nessa indústria, os cálculos demonstram um reúso de cerca 30% do efluente gerado. Esta redução no volume de efluente é diretamente proporcional à redução nos custos operacionais com o tratamento dos efluentes (empresa aderente ao SIDVA), principalmente porque a cobrança do SIDVA tem como base o volume tratado. A empresa considera que realizou um excelente investimento e declarou não ter detectado nenhuma alteração na qualidade dos artigos produzidos em função do reúso dos efluentes. As IPMs-13 e 14, quando da pesquisa, estavam desenvolvendo a pesquisa no processo industrial para a determinação da viabilidade do reúso por este método. Estas duas indústrias também são aderentes ao SIDVA, ou seja, as empresas estão procurando alternativas para a redução do volume de efluente tratado.

Percebeu-se por meio da pesquisa que esta tecnologia exige o comprometimento do setor produtivo, tanto em alterações de processos químicos quanto em procedimentos operacionais. No caso da IPM-12, o efluente recuperado é misturado com água tratada que foi captada do rio, constituindo assim a água industrial que é usada em todo o processo industrial. Em função desta mistura é que os efeitos e as conseqüências do reúso do efluente são todos detectados no processo industrial, pois é praticamente impossível recuperar cerca de 30% do efluente sem fazer uso desta água no processo industrial.

Em resumo, sem o comprometimento de todo o corpo técnico da indústria é muito difícil obter-se sucesso no uso desta tecnologia. Não obstante, é uma tecnologia muito interessante, a qual, na opinião deste autor, tem grande potencial de aplicação, principalmente quando a mentalidade dos empresários brasileiros mudar em função da necessidade de redução de volume de efluente pela regulamentação da lei de uso-pagador e poluidor-pagador.

6.3 Tratamento preliminar – sólidos grosseiros

Entre as empresas pesquisadas, tanto no Brasil quanto na Península Ibérica, não se encontrou nenhuma novidade em termos de remoção de sólidos grosseiros. Em geral o tratamento é constituído de um gradeamento e um peneiramento. Em alguns casos o gradeamento é descartado em função de dispositivos de proteção no próprio processo industrial. Quanto ao peneiramento, este está em quase todos os STETs, variando apenas o tipo de autolimpeza, que é estática ou mecânica.

Entre as empresas pesquisadas apenas a IBB-05 estuda a viabilidade de implantar uma micropeneira mecânica, algo em torno de 0,05mm, com o objetivo de reduzir os materiais sólidos e o potencial poluidor no STET. A indústria tem a pretensão de secar o material e queimá-lo na caldeira como combustível.

O que se constatou pela pesquisa é que no tratamento preliminar os processos e equipamentos escolhidos nos diferentes STETs apresentam certa semelhança em termos de características operacionais, variando apenas em detalhes que envolvem em geral a subjetividade do projetista ou dos administradores e técnicos da própria empresa para aquisição dos equipamentos.

6.4 Tratamento primário

Neste item serão analisadas as unidades referentes ao tanque de homogeneização e equalização, à neutralização e ao processo físico-químico para eliminação de cor do efluente, além do fenômeno da inversão de fluxo entre os tratamentos físico-químico e biológico, corrido no início da década de 1990.

6.4.1 Tanque de homogeneização e equalização

A princípio parece uma unidade sem grande importância no contexto dos STETs, pois executa apenas a mistura dos efluentes; porém a pesquisa demonstrou que muitos técnicos atribuem as constantes variações de eficiência no sistema às deficiências na homogeneização, e muitos consideram o subdimensionamento desta unidade como uma falha de concepção do projeto do STET.

Em termos de equalização, a pesquisa não detectou nenhuma queixa por parte dos técnicos que operam os STETs, mesmo porque a equalização é facilmente obtida com um sistema de bombeamento e tanques com tempo de retenção superior a 6 horas. Outro fator que fez a equalização perder importância é que os STETs deixaram de remover a cor do efluente nas etapas intermediárias do sistema e passaram a fazer na etapa final (tratamento terciário); desta forma, a partir do tanque biológico é possível executar uma perfeita equalização.

A pesquisa no Brasil revelou diversas indústrias (IBAs-01/02/03 e IBBs-02/04/07 e 09) com problemas no STET em função do mau dimensionamento do tanque de homogeneização. A IBA-01 iniciou a operação do STET, em 1979, com um tanque de homogeneização para 6 horas de retenção; depois, dada a oscilação constante na carga orgânica, a empresa optou por construir uma lagoa de homogeneização para 48 horas de retenção. A modificação fez com que a variação média da carga orgânica oscilasse mais lentamente, permitindo uma suave adaptação do sistema biológico às características da carga poluidora. Os técnicos das IBBs-04 e 09 consideram que o subdimensionamento do tanque de homogeneização (retenção de 4 horas) é a causa de oscilações na eficiência global do STET. Na IBB-03 foi detectado um problema de homogeneização e oxigenação dos efluentes: pelo fato de a profundidade do tanque ser de 4,5m, os aeradores superficiais acabavam não conseguindo introduzir oxigênio dissolvido a partir da profundidade de 4,0m, fazendo com que surgisse zona de anaerobiose com fortes odores de sulfeto. A solução foi a substituição dos aeradores por sopradores de ar.

Em Portugal a pesquisa também detectou algumas queixas por parte dos técnicos e operadores dos STETs a respeito da dimensão dos tanques de homogeneização. No caso da IPM-01, segundo a opinião do entrevistado, apesar de o tanque de homogeneização ter um tempo de retenção de aproximadamente 24 horas, as variações de eficiência do STET poderiam ser minimizadas caso o tempo de retenção fosse maior, algo em torno de 48 horas. Nas IPMs-02 e 04 foi mencionado que os tanques de homogeneização são subdimensionados e que de certa forma a eficiência global do STET é afetada por esta falha de projeto.

Nos casos das IPMs-08 e 13 (Minho) e IEB-02 (Barcelona), estas acabaram adaptando os tanques de homogeneização de forma a se transformarem em tanques aerados. Todas elas confirmaram que após a modificação as eficiências globais dos STETs melhoram em cerca de 30%. A princípio algumas destas alterações eram apenas para evitar a formação de odores característicos em uma possível anaerobiose, mas - como no caso IEB-02 - o sistema passou a trabalhar como um tratamento biológico. Nestes três casos, os STETs passaram a operar sem tanque de homogeneização, mas em termos de eficiência global deixam a desejar se comparados com STETs concebidos dentro dos padrões convencionais.

Em termos de homogeneização, o caso da IEB-01 apresenta-se como uma situação à parte, pois o STET foi projetado na concepção de bioflotação e não possui tanque de homogeneização, ou seja, o efluente adentra diretamente no tanque biológico. Apesar da boa eficiência que o sistema possui, o interlocutor considerou que um tanque de homogeneização conferiria uma maior confiabilidade ao sistema.

É possível, através das informações obtidas na pesquisa, considerar que para os STETs centrados em tratamentos biológicos, principalmente aqueles com lodos ativados, a variação de parâmetros como DBO_5 , DQO e pH (processos industriais muito dinâmicos) altera a estabilidade biológica do STET. Assim, é comprovado que a existência de tanque de homogeneização com no mínimo 24 horas de retenção torna-se essencial para o sucesso do tratamento químico e biológico, ressaltando-se apenas a necessidade de um sistema de aeração para evitar a formação de processos de anaerobiose no fundo destes tanques.

6.4.2 Neutralização

A análise das diferentes formas de neutralização dos efluentes têxteis requer uma atenção especial, pois na pesquisa foram encontradas diversas formas de neutralização; ou seja, as indústrias, ao longo dos últimos 20 anos, alteraram várias vezes a forma de neutralizar seus efluentes. Os tipos de neutralização detectados foram aqueles por ácido sulfúrico (H_2SO_4), por excesso de sulfato de alumínio (Al_2SO_4), ácido clorídrico (HCl), gás carbônico puro e na forma gasosa (gases de combustão); e algumas unidades não usavam nenhum tipo de neutralizante.

6.4.2.1 Ácido sulfúrico (H₂SO₄)

Entre as opções que não envolvem reaproveitamento, como a recuperação de soda cáustica e o reaproveitamento dos gases de combustão, o H₂SO₄ é com certeza o que tem o menor custo. Em contrapartida, é um produto perigoso de ser manipulado e no processo de neutralização o pH oscila muito na faixa da neutralidade (pH 7,0).

Para a situação brasileira, têm-se os casos da IBA-01 e IBBs-04 e 08, as quais no passado já utilizaram o CO₂ puro, mas depois, por questão de redução de custo acabaram optando pelo H₂SO₄. Todos consideram que operar com ácido sulfúrico exige maior cuidado, porém os custos justificam tal opção. O fato a destacar é que quando da pesquisa a IBB-08 estudava a possibilidade de retornar a usar o CO₂; já a IBB-03 sempre utilizou o H₂SO₄.

Em Portugal o uso do H₂SO₄ nas indústrias pesquisadas não se mostrou predominante, pois, das 16 unidades pesquisadas, apenas 4 (quatro) fazem uso desta forma de neutralização. Dentre elas 2 (duas) são unidades de tratamento integrado (efluentes industriais e sanitários), que inicialmente foram projetadas para a utilização do CO₂ puro, mas nos primeiros testes o consumo se mostrou elevado e assim se optou pela implantação do H₂SO₄. As outras duas unidades, as IPMs-08 e 09, são indústrias de médio porte e a decisão pelo H₂SO₄ se baseou na logística de fornecimento do ácido e no custo operacional.

Quanto às 3 (três) unidades pesquisadas na Espanha, todas usam H₂SO₄. Nenhuma dessas indústrias utiliza a mercerização no processo industrial, o que faz com que o consumo de neutralizante seja pequeno e assim a melhor opção em termos de investimentos e custo operacional seja o H₂SO₄.

Apesar dos inconvenientes de segurança (queimaduras) e do excesso de sulfato no efluente (limite de 50mg/L – Brasil), o uso do ácido sulfúrico nos STETs é uma alternativa de neutralização muito utilizada no Brasil e na Península Ibérica. A viabilização do processo está relacionada com a quantidade de soda a se neutralizar e a logística de fornecimento do ácido.

6.4.2.2 Gás carbônico - (CO₂)

A neutralização por gás carbônico, que tem como agente neutralizante o ácido carbônico (H₂CO₃), pode ter duas vertentes de uso. Na primeira o CO₂ é obtido por processo industrial e aplicado na forma líquida; a segunda vertente consiste do reaproveitamento do CO₂ contido nos gases de combustão das caldeiras a vapor. A grande diferença entre as duas vertentes é que na primeira em geral o custo operacional é elevado, enquanto o investimento de implantação do sistema em geral é realizado pelo fornecedor do gás; por sua vez a segunda vertente apresenta uma situação inversa, ou seja, exige um investimento por vezes superior a 100.000 dólares, mas em compensação os custos operacionais são praticamente zero.

6.4.2.2.1 CO₂ - puro

No Brasil a pesquisa identificou apenas 3 (três) unidades (IBAs-02/03 e IBB-07) usando como neutralizante o CO₂ puro. A IBA-03 usa CO₂ puro de forma concomitante com o H₂SO₄, ou seja, na ausência de operadores no STET é dada a preferência para o uso do CO₂, enquanto em operação normal é usado o ácido sulfúrico. As 3 (três) indústrias acima mencionadas são cientes de que o custo de neutralização por meio de CO₂ puro é superior ao do ácido sulfúrico, porém as questões de segurança e ambiente acabam por ser o fator determinante na escolha do CO₂ como neutralizante. A IBB-08, no começo da década de 1990, utilizava o CO₂ puro, e depois, por questão financeira, optou pelo H₂SO₄; mas quando da pesquisa estudava a possibilidade de voltar a usar o CO₂ puro. A justificativa foi que o uso do ácido sulfúrico compromete sua imagem de empresa ambientalmente correta. Quanto à IBA-02, ela já recupera soda cáustica como forma de minimizar impactos ambientais e reduzir custos, mas considera que pode melhorar ainda mais seu custo, tanto que estudava o reaproveitamento dos gases de combustão das caldeiras. O projeto estava apenas dependendo da viabilidade técnica em termos do STET, ou seja, aguardava-se a substituição do óleo BPF por gás natural com combustíveis nas caldeiras, e assim a lavagem dos gases não geraria nenhum impacto no STET.

Em Portugal o uso do CO₂ puro é uma prática de neutralização bem mais difundida do que no Brasil, tanto que a pesquisa detectou o uso deste neutralizante nas unidades IPMs-01/02/07/13/14 e 15. O que se percebeu pelos dados obtidos é que, apesar do custo superior, o CO₂ se apresenta naquela região como um produto ecologicamente correto e extremamente seguro. A logística de fornecimento do CO₂ na região do Minho permite um menor custo no transporte do produto, o que minimiza em parte o impacto do custo total do processo.

6.4.2.2.1 CO₂ – Reaproveitamento de gases de combustão

Em relação à amostra pesquisada no Brasil, apenas uma unidade, a IBB-01, utiliza os gases de combustão para a neutralização dos efluentes têxteis. A tecnologia consiste em exaurir parte dos gases de combustão que saem da chaminé da caldeira e injetar o material no fundo do tanque de homogeneização por meio de borbotores. A viabilidade desta tecnologia está condicionada a um efluente não excessivamente básico; ou seja, o processo industrial não pode ter mercerização, pois neste caso se exige muito neutralizante e a quantidade de CO₂ nos gases de combustão está limitada ao percentual da reação de combustão e ao consumo de combustível nas caldeiras. Segundo dados fornecidos pela IBB-01, o investimento foi em torno 50.000 dólares e o “*pay-back*”, dependendo da comparação com outros neutralizantes, pode ser inferior a 1 (um) ano. A proposta de recuperação do CO₂ dos gases de combustão nessa indústria fez parte do projeto do STET, proposto por uma empresa de projetos ambientais italiana.

Também em Portugal, de toda a amostra, apenas uma indústria, a IPM-10, reaproveita os gases de combustão. A implantação da tecnologia nesta indústria fez parte de um projeto de minimização de impactos que também envolveu a recuperação de soda cáustica. A tecnologia usada na indústria (IPM-10) portuguesa consiste em captar os gases de combustão e comprimi-lo para depois injetá-lo no efluente através de uma recirculação do efluente no tanque de homogeneização. Esta tecnologia difere um pouco da usada pela empresa brasileira na forma de aplicação do gás, mas a diferença maior é em termos do custo, pois a indústria portuguesa investiu cerca de 350.000 euros, e, mesmo considerando-se ser diferente entre ambas a capacidade produtiva, a diferença é cerca de 300.000 euros.

Nos dois casos, IBB-01 (Blumenau) e IPM-10 (Minho), as empresas consideram ser o reaproveitamento do CO₂ dos gases de combustão um excelente investimento, em termos tanto financeiros quanto ambientais.

6.4.2.3 STET sem processo de neutralização

A pesquisa detectou que em três unidades brasileiras (IBBs-02/06 e 09) os STETs não possuíam neutralização específica, ou seja, nenhum tipo de ácido era utilizado para a neutralização dos efluentes. As unidades em questão têm algumas particularidades em comum. O pH médio do efluente bruto, por exemplo, situa-se em torno de 10 (não possuem mercerização no processo industrial), os STETs têm tratamento biológico com injeção de O₂ puro e remoção de cor em conjunto com o biológico (decantador secundário), além de utilizarem mistura de descolorante com sulfato de alumínio para auxiliar na remoção de cor do efluente. O pH do efluente tratado oscila entre 8 e 9, dentro do valor-limite estabelecido pela legislação, e segundo as informações obtidas, o pH acima de 8 não prejudicava a eficiência do tratamento biológico. Pressume-se que o pH é controlado pelo CO₂ originário das reações metabólicas da degradação da matéria orgânica e também pela presença do sulfato de alumínio (remoção de cor), que, quando dissociado, o cátion Al⁺³ reage com OH⁻ da água liberando H⁺, o que reduz o pH. A dúvida que fica, neste caso, é se o uso do sulfato de alumínio não está em parte substituindo o ácido e assim o custo operacional tornando-se maior, pois o preço do sulfato é muito maior que o do ácido.

Em Portugal, entre as unidades pesquisadas, apenas a IPM-02 operava o tratamento biológico com O₂ puro. Esta unidade, além do O₂ puro, também usa CO₂ puro na neutralização dos efluentes; mas, segundo informações coletadas com o projetista do sistema, a empresa negligencia na dosagem tanto de CO₂ quanto de O₂. Tal afirmação pode ser verdadeira, pois a pesquisa constatou que o sistema biológico operava com uma eficiência muito baixa, cerca de 30%. Assim os dados de consumo de CO₂ dessa unidade não podem ser considerados como fidedignos. Também existe o caso da unidade IPM-15, que usará O₂ puro, mas o sistema ainda estava em construção e sem dados a respeito da neutralização.

6.4.2.4 Sintetização da análise em relação à neutralização

A neutralização por um ácido forte como o sulfúrico acaba por suscitar alguns sérios problemas, como, por exemplo, o excesso de sulfato, que a legislação brasileira limita em 50mg/L, mas é objeto de pouca fiscalização por parte dos agentes responsáveis. O processo de neutralização por ácido resulta em uma oscilação excessiva na região do “*set point*”, pH em torno 7, situação que inviabiliza um ajuste fino, se necessário. Há também os problemas de corrosão nas estruturas (concreto e aço carbono) e nos equipamentos dos STETs, assim como os riscos para a saúde dos operadores do sistema. A favor deste agente neutralizante (H_2SO_4), apenas a efetiva neutralização dos efluentes por um custo menor que o do CO_2 puro e outros tipos de ácido forte disponíveis no mercado.

A neutralização por CO_2 (H_2CO_3 – ácido carbônico) se apresenta como um processo ecologicamente correto, pois os produtos gerados são inertes para o ambiente; porém o custo operacional é muito superior ao do ácido sulfúrico. Conquanto, parte deste custo seja função da logística de transporte entre a fábrica de produção do CO_2 e as unidades consumidoras, o frete é um imperativo do custo total da neutralização por CO_2 . Os empresários precisam estar atentos aos contratos de demanda de fornecimento de CO_2 , pois eles muitas vezes trazem imbutidas cláusulas de reajustes e multas elevadas pelo não-cumprimento da demanda contratada.

Quanto ao aproveitamento dos gases de combustão como neutralizantes, a pesquisa mostrou que é uma tecnologia muito pouco difundida, mas quando passível de emprego apresenta um elevado potencial ecológico, pois neutraliza os efluentes e ainda lava os gases de combustão de forma a minimizar os impactos atmosféricos gerados pelos combustíveis das caldeiras, além de apresentar viabilidade econômica. A tecnologia de neutralização com o reaproveitamento dos gases de combustão, quando possível de ser aplicada na indústria têxtil, torna-se a melhor opção de neutralização entre todas as identificadas pela pesquisa, tanto em termos de minimização de impactos ambientais quanto de custos financeiros (investimento e operacional).

6.4.3 Inversão de posição entre o físico-químico e o biológico

Na década de 1980, quando surgiram os primeiros STETs no Brasil, muitos deles eram baseados simplesmente no tratamento físico-químico para a remoção da cor. Pode-se dizer que na região do pólo de Americana (São Paulo) isto não ocorreu em virtude de a legislação ambiental do Estado não exigir a remoção de cor dos efluentes têxteis tratados. As indústrias que iniciaram seus STETs com o tratamento químico acabaram na seqüência do tempo implantando o tratamento biológico, com o objetivo principal de reduzir a carga orgânica do efluente final, que o tratamento químico não propiciava.

O tratamento químico sempre apresentou o inconveniente do excesso de lodo, na tentativa da solução deste problema; então se observou na época que os sistemas que operavam somente com tratamento biológico apresentavam algum tipo de remoção de cor e a quantidade de lodo era muito menor do que nos processos físico-químicos. Então as unidades que operavam conforme o modelo descrito anteriormente optaram por inverter a posição do tratamento físico-químico, de forma que o tratamento biológico passou a posicionar-se antes do físico-químico. Em muitos STETs os dois tratamentos (biológico e físico-químico) passaram a ser operados em conjunto.

Detalhando melhor este processo de inversão, as unidades IBBs-01/02/03/05 e 09, no período de 1990 a 1993, procederam às inversões, ou quando da introdução do tratamento biológico já o fizeram de forma a posicioná-lo antes do tratamento químico, enquanto as IBBs 04 e 06 somente procederam à inversão no ano de 1998. Todas elas acabaram por optar pelo uso em conjunto dos tratamentos biológico e físico-químico, ou seja, a coagulação e floculação após o tanque biológico e a retirada dos lodos biológico e químico no decantador secundário. Segundo dados obtidos nas unidades IBBs-01 e 02, com a modificação houve uma redução do volume de lodo da ordem de 30 a 50% em volume. Apenas a título de referência, as unidades IBBs-02 e 09 utilizam O₂ puro no tanque de aeração, o que em parte contribui para minimizar o volume de lodo biológico em função do melhor rendimento das reações metabólicas.

A partir de 2000, as IBBs-03 e 08 passaram a executar os tratamentos biológico e químico separadamente, ou seja, o físico-químico passou a ser um tratamento terciário com decantador lamelar, com a finalidade de somente remover o lodo químico. Esta modificação foi introduzida com o propósito de atender ao parâmetro de remoção de cor estabelecido pelo órgão ambiental municipal da cidade de Blumenau, que para as duas unidades é de 80mg/L COPt. Trabalhando isoladamente os dois tipos de tratamentos apresentam maior eficiência na remoção de cor do que quando operavam em conjunto, e assim é possível cumprir sem grandes dificuldades a legislação quanto à remoção de cor.

No que tocante à amostra brasileira, nenhuma das unidades pesquisadas estava usando tratamento químico antes do biológico; a maioria utiliza os tratamentos biológico e químico concomitantemente, e em apenas algumas unidades na região de Blumenau é que o lodo químico é removido por meio tratamento terciário (em geral decantador lamelar).

Em Portugal o problema da inversão dos tratamentos não se caracterizou como na situação brasileira, talvez porque a remoção de cor do efluente têxtil em Portugal não seja o parâmetro de maior relevância nas metas dos STETs, pois a legislação exige ausência de cor depois da diluição de 1:20 ou 1:40, dependendo da região da indústria, de forma que os tratamentos químicos nunca foram exigidos com foco na remoção de cor. A pesquisa detectou, no âmbito da amostra, as IPMs-01/03/06 e 08 e IPC-01 como unidades que apresentam tratamento químico antes do tratamento biológico. Apenas a unidade IPM-04 utiliza os tratamentos biológico e químico conjuntamente. A unidade IPM-02 usa a tecnologia da ozonização para o tratamento de remoção de cor, enquanto na IPC-02 o tratamento biológico (valo de oxidação – carrossel) é usado também para remover parte dos corantes. Somente na IPM-05, onde os efluentes industriais e sanitários são tratados de forma conjunta, é que o tratamento químico (flotador por ar difuso) está depois do biológico. Nenhuma dentre todas as unidades pesquisadas em Portugal, ao longo do tempo, chegou a executar a inversão entre os tratamentos químico e biológico, como ocorreu em um sistema no Brasil.

Na Espanha a questão da remoção de cor é muito parecida com a de Portugal, de tal forma que das 3 (três) unidades pesquisadas, cada uma apresentou uma situação distinta em relação ao posicionamento dos tratamentos químicos e biológicos. Na IEB-01 a remoção de cor dos efluentes ocorre após o tratamento biológico por meio de tratamento químico (terciário), usando-se um decantador lamelar e um filtro de areia, pois parte do efluente tratado é reusado na indústria. A IEB-02 também utiliza tratamento biológico e químico conjuntamente, sendo que o biológico é um processo de valo de oxidação em aeração prolongada. Na seqüência o sistema ainda dispõe de tratamento de filtração por membranas (ultrafiltração e osmose reversa) com o objetivo de recuperar no mínimo 30% do efluente tratado.

Em resumo, a variante preferida no Brasil quanto ao posicionamento dos tratamentos químicos e biológicos é a de serem executados em conjunto. Não se pode esquecer que parte da decisão fica condicionada ao cumprimento da legislação ambiental quanto à remoção de cor, tanto que os tratamentos químicos só são utilizados quando da exigência efetiva da remoção de cor. Na Península Ibérica os tratamentos químicos são utilizados quando se pretende recuperar parte do efluente.

6.4.4 Tratamento químico - decantação versus flotação

Em meados da década de 1980, quando se iniciaram as primeiras ações ambientais destinadas ao setor têxtil, na região de Blumenau o foco dos sistemas de tratamento era a remoção de cor do efluente. Dentro dessa concepção o tratamento químico era o que na época se destacava como a melhor opção, havendo a princípio certo impasse entre os processos de sedimentação e flotação. A IBB-03 foi uma das primeiras indústrias que começou a tratar os seus efluentes na região. Optou pelo processo de flotação, que na época também acabou sendo implantado nas IBBs-04/05 e 09. Como forma de diminuir os custos operacionais, o agente coagulante era o sulfato ferroso (resíduos de siderúrgicas). O problema era o excesso de lodo químico - cerca de 15 a 20% em volume de lodo úmido em relação ao volume total. Segundo dados de algumas indústrias, nessa época elas chegavam a gerar de 20 a 30 toneladas de lodo desidratado por dia, ou seja, eram verdadeiras fábricas de lodo.

Nessa região este processo predominou entre 1985 e 1995; após este período, dos 4 (quatro) sistemas que usavam a flotação, em 3 (três) o processo foi abandonado. As justificativas eram o excesso de lodo, que na verdade mais poderia ser atribuído ao agente coagulante (sulfato ferroso) do que ao processo de flotação em si, e também à necessidade da implementação do tratamento biológico (lodos ativados) nos STETs para a remoção de carga orgânica e parte da cor. O excesso de lodo biológico em geral é retirado por meio de decantação. Como muitas dessas unidades passaram a operar conjuntamente os tratamentos biológico e químico, a opção foi escolher apenas um processo para remoção dos dois tipos de lodo, e assim a escolha recaiu sobre a decantação.

A IBB-05 foi a única que continuou a operar os flotadores; apenas fez a inversão de fluxo no sistema, ou seja, a flotação passou a atuar como parte do tratamento terciário isolado. Segundo os dados obtidos nessa indústria, o processo opera dentro das expectativas, mas seu sucesso ali foi mais fruto de intenso trabalho de otimização e persistência dos técnicos em se atingir os objetivos estabelecidos para o processo.

Quanto à região de Americana (São Paulo - Brasil), a questão de tipo de processo a ser usado no tratamento químico (sedimentação ou flotação) nunca foi relevante, dado que o parâmetro cor não é foco da legislação ambiental desse Estado. Assim o tratamento químico nunca teve importância fundamental nos STETs implantados nessa região.

Na Península Ibérica a princípio não se constatou nenhum tipo de impasse na seleção de processo do tratamento químico (flotação e decantação), mesmo porque, como já mencionado, também em função da legislação ambiental a cor nunca foi um problema nos STETs. Assim, a escolha do tratamento químico sempre teve como a principal finalidade adequar o efluente para reuso do que para atingir parâmetros de despejo para a cor. Dentre as 21 (vinte e uma) unidades pesquisadas nessa região se identificaram apenas 3 (três) - as IPMs-01/03/05 e IEB-01 - que optaram pelo uso da flotação.

Nos casos das IPMs-01/05 e IEB-01, a flotação tem como objetivo remover a cor e adequar o efluente à legislação, apenas ressaltando-se que a IPM-01 utiliza o processo químico antes do biológico, enquanto na IPM-05 e IEB-01 o processo é depois do biológico, o que caracteriza um tratamento terciário independente. No caso da IPM-03 o tratamento químico tem o objetivo de pré-tratar o efluente, que é submetido à filtração por membranas (ultrafiltração e osmose reversa), para parte o efluente ser reaproveitada no processo industrial. Além disso, neste caso a flotação está antes do tratamento biológico, e, segundo as informações obtidas, o processo opera muito bem e com baixa formação de lodo químico. Nas demais unidades se têm situações muito variadas, como, por exemplo, as da IPM-06 e da IPC-01, que fazem uso de tratamento químico por decantação antes do biológico, sobrando as unidades que operam conjuntamente os tratamentos químico e biológico e ainda as que utilizam outros tipos de processo. O que se percebeu nos STETs pesquisados nessa região é que em nenhum momento os processos escolhidos para o sistema de tratamento acabaram sendo modificados ao longo do tempo, como ocorreu na região de Blumenau.

Em resumo, o que se pode compreender quanto à situação da sedimentação e da flotação é que no Brasil o processo de flotação acabou sendo testado de forma inconsistente e os projetistas preferiram abandonar o processo a pesquisar soluções otimizadas, como fez a IBB-05, que utiliza o processo de flotação há quase quinze anos e com boa eficiência e baixa formação de lodo. Na Pensínsula Ibérica a flotação é considerada um processo eficiente e compacto. A recomendação é que em caso de opção pelo tratamento químico a seleção entre os processos de sedimentação e flotação seja precedida de um estudo de viabilidade técnica com efluente real ou similar.

6.4.5 Tratamento secundário - biológico

Em vista dos resultados da pesquisa pode-se afirmar que os tratamentos de efluentes têxteis no Brasil se iniciaram no final da década de 1970 na região de Americana – Estado de São Paulo – e posteriormente, em meados da década 1980, atingiram a região de Blumenau – Estado de Santa Catarina.

Nos dois pólos têxteis os tratamentos se iniciaram com conceitos diferenciados, porque também as legislações ambientais são diferentes na questão da remoção da cor. Na região de Americana a legislação nunca exigiu uma remoção de cor mais efetiva, porém a remoção de carga orgânica sempre foi fiscalizada com rigor; por isto os STETs implantados nessa região sempre focaram o tratamento biológico como ação prioritária de controle ambiental. Os STETs projetados para Americana estão centrados no processo de lodos ativados com as variantes “convencional” e “aeração prolongada”. Dependendo dos tipos de corante utilizados no processo industrial, o tratamento biológico acaba por remover parte da coloração. No pólo de Blumenau, a legislação sempre exigiu a remoção de cor dos efluentes têxteis, desta forma os STETs inicialmente eram focados no tratamento químico (remoção dos corantes). Somente na década de 1990 os STETs dessa região acabaram incorporando o tratamento biológico para também minimizar as cargas orgânicas. Assim, como em Americana, o processo de lodos ativados também acabou sendo a opção escolhida pela maioria das indústrias para ser incorporado nos STETs, pois dentre as 9 unidades pesquisadas nessa região, apenas uma não optou por esse processo.

Considerando-se 31 (trinta e um) STETs em operação, e que todos dispõem de algum tipo de tratamento biológico, e destes, 27 (88%) utilizam o processo de lodos ativados com as variantes básicas - o convencional, a aeração prolongada e o valo de oxidação (carrossel).

No Brasil, de todas unidades pesquisadas, apenas uma, a IBB-07, acabou optando pelo “*Deep Shaft*” (poço profundo com ar difuso), ao passo que as demais (93%) optaram por algum tipo variante do processo de lodos ativados. As unidades IBAs-01/02/03/04 e IBBs-03/08 utilizam a variante “aeração prolongada” com o objetivo de se produzir pouco lodo. As IBBs-01 e 05 são as únicas que optaram pelo valo de oxidação (carrossel), processo de lodos ativados muito utilizado na Itália, cujo diferencial é a idade do lodo superior a 35 dias (baixa geração de lodo) e eficiência acima de 97% para a remoção de carga orgânica. Completando a amostra, as IBBs-02/04/06 e 09 trabalham com processo de lodos ativados em regime fluxo convencional.

Ainda, em relação à amostra brasileira, a pesquisa detectou que as unidades IBAs-01/02/03 e 04 apresentam somente o tratamento biológico como elemento principal dos STETs. No caso das unidades IBBs-01/02/04/09 e 10, os STETs são formados pelos tratamentos biológico e químico que operam em conjunto e quase simultaneamente. Fechando a amostra, os STETs das IBBs-03/05/06 e 08 são estruturados de forma que o fluxo de efluente é tratado primeiro no biológico e depois no químico, o que caracteriza um sistema composto por um tratamento biológico em série com o terciário (químico) para remover tanto a carga orgânica como a coloração do efluente. Em relação à eficiência de remoção de carga orgânica, pode-se dizer que para todas as unidades os valores oscilam entre 93 e 98%, valores considerados muito bons.

Nas unidades pesquisadas na Península Ibérica, também se constatou a predominância do processo de lodos ativados em relação ao tratamento biológico. Os 15 (quinze) STETs completos que foram pesquisados nesta região utilizam algum tipo de tratamento biológico, sendo que destes, 12 (doze) (80%) operaram com processos de lodos ativados. As variantes de processo empregadas são em geral dos tipos “convencional” e “aeração prolongada”, existindo também duas unidades - IPC-02 e IEB-03 – que adotaram o “valo de oxidação” como variante do processo de lodos ativados. A IEB-02 é uma situação diferenciada, pois é a única unidade desta amostra que utiliza a variante denominada de “bioflotação biológica”. Já em termos de eficiência de remoção de carga, encontrou-se uma oscilação muito significativa, ou seja, desde valores em torno de 30% (IPM-02) até valores da ordem de 98% (IEB-03).

Em síntese, através dos dados da pesquisa, pode-se afirmar que os tratamentos biológicos se tornaram indispensáveis à remoção da carga orgânica nos STETs em operação; e que o processo de lodos ativados e suas variantes são sem dúvida alguma o processo biológico mais requerido para os tratamentos dos efluentes têxteis, isto tanto em nível de Brasil como da Península Ibérica. A razão desta preferência, em geral, está relacionada com a boa eficiência do sistema, estabilidade biológica, flexibilidade operacional, investimentos dentro dos limites aceitáveis, custos operacionais condizentes com a eficiência, além de ser um sistema compacto que sempre se ajusta aos espaços disponíveis.

6.4.5.1 Processos biológicos diferenciados dos lodos ativados

Como pôde ser observado no item anterior, são poucos os STETs pesquisados que não usam o processo de lodos ativados no tratamento biológico. No Brasil apenas a IBB-07 optou pelo “*deep shaft*” (poço profundo – ar difuso) como processo para o tratamento biológico. Foi um projeto ousado, pois nunca havia sido utilizado em nosso país e em termos mundiais também não se tem notícia do *deep shaft* em tratamento de efluentes têxteis. É um sistema que foi projetado para trabalhar com efluentes industriais têxteis e sanitários, mas por problemas de infra-estrutura (rede de esgoto) opera apenas com os efluentes industriais e utiliza tão-somente 30% da capacidade instalada. Em termos de eficiência biológica opera com valores acima de 93%, muito parecidos com os valores obtidos nos processos de lodos ativados nos demais STETs pesquisados. A princípio não se percebeu nenhuma vantagem significativa no processo “*deep shaft*” em relação aos lodos ativados. Esse projeto foi, dentre os pesquisados, o que apresentou a maior relação investimento por metro cúbico tratado, cerca de 4 a 6 vezes superior aos demais sistemas, mas houve sérios problemas de responsabilidade administrativa e jurídica durante sua implantação.

Ainda no âmbito brasileiro, a IBA-01 acabou por instalar um filtro biológico percolador antes do processo de lodos ativados. Neste caso o objetivo foi reduzir a carga orgânica de entrada no processo de lodos ativados, com o intuito de passar o processo da variante “convencional” para “aeração prolongada”. Segundo dados obtidos na IBA-01, as alterações atingiram perfeitamente os objetivos iniciais propostos.

Em Portugal foram identificados na amostra 2 (dois) sistemas que utilizam um processo biológico não-convencional para tratamento de efluentes têxteis. As unidades identificadas são as IPMs 01 e 06, e ambas optaram pelo filtro biológico aeróbio com fluxo percolador descendente. No caso da IPM-01, o fator decisivo foi a necessidade de um STET extremamente compacto, e o filtro biológico se enquadrou neste quesito. Já no caso da IPM-06, o projeto foi desenvolvido em meados da década de 1980 e somente concluído e operado em 1999. Foram quase 15 anos

entre a concepção do projeto e a operação do sistema. É possível que a opção pelo filtro biológico tenha se devido a razões financeiras e custos operacionais, pois é um processo que exige pouco investimento e o consumo de energia elétrica é muito baixo. Os dados obtidos na pesquisa demonstraram que os filtros aeróbios percoladores apresentam menor eficiência biológica em comparação com os processos de lodos ativados empregados nas demais unidades pesquisadas. A menor eficiência do processo pode neutralizar as vantagens financeiras (menor investimento e baixo custo operacional). Não se descarta a viabilidade de uso do filtro para minimizar as cargas orgânicas a serem tratadas por outros processos, como fez a IBB-01.

Através da pesquisa é possível concluir que a opção por tratamentos biológicos diferenciados do processo de lodos ativados deve ser muito bem estudada, e se possível deve ser desenvolvida pesquisa que permita concluir técnica e financeiramente a respeito destas propostas diferenciadas. Isto não quer dizer que não se devam procurar diferentes alternativas quanto aos lodos ativados, mas sim, que quando se desejar esta vertente ela seja estruturada em cima de dados concretos e bem-definidos.

6.4.5.2 Forma de injeção O₂ nos processos biológicos aeróbios

Nos processos biológicos aeróbios o O₂ dissolvido é um dos fatores diretamente relacionados com a eficiência do processo. Todos os STETs pesquisados, de alguma forma, acabam exigindo a presença do O₂ dissolvido, e este elemento está extremamente relacionado com a eficiência global do sistema e, em muitos casos, também com as reclamações da comunidade a respeito de impactos como os cheiros e os ruídos produzidos pelos STETs.

Considerando-se a pesquisa em nível de Brasil, detectou-se que 36% dos STETs, ou seja, 5 (cinco) unidades de um total de 14 (quatorze), que são as IBAs-01/03/04 e IBBs-08 e 10, utilizam “aeradores superficiais”, sendo que três unidades são do tipo rápido (1.800rpm), enquanto as outras duas unidades são do tipo lento (100 – 150rpm), para a injeção do O₂ dissolvido proveniente do ar atmosférico. Esta era a situação quando da pesquisa, pois no passado, outras três unidades também

fizeram uso dos “aeradores superficiais”, o que em determinado momento totalizou 8 (oito) unidades, equivalentes a cerca de 57% da forma de aeração. Foram as unidades IBBs 01/03 e 05 que substituíram os “aeradores superficiais” por “sopradores de ar”, sendo que as IBBs 01 e 05 fizeram a substituição em virtude da modificação do processo biológico, que passou do “convencional” para o de “valo de oxidação”, cuja característica é a injeção de O_2 dissolvido por ar difuso. No caso da IBB-03, os “aeradores superficiais” apresentavam deficiência na oxigenação do fundo do tanque de aeração, gerando uma região de anaerobiose, cuja consequência era um forte odor de sulfeto (ovo podre). A comunidade vizinha reclamava com veemência desse odor, tanto que a empresa se dispôs a resolver o problema, e através da substituição dos aeradores por sopradores (ar difuso), o inconveniente foi resolvido. Em função das deficiências citadas acima, e outras como a formação de aerossóis, é que os aeradores superficiais estão sendo substituídos por outros equipamentos de aeração que não apresentam estes inconvenientes.

A outra forma de injeção O_2 em uso no Brasil é o “soprador de ar”, que é usado nas unidades IBBs-01/03/05 e 06 e representa 29% das unidades pesquisadas. Estas unidades consideram que este tipo de aeração apresenta melhor eficiência e menor custo operacional do que os “aeradores superficiais”, e o que se prevê é que o índice de uso dos “sopradores” deva aumentar com o tempo. Com o mesmo percentual de utilização (29%), os sistemas de aeração por “ O_2 puro (líquido)” são utilizados nas unidades IBA-02 e IBBs-02/04 e 09, cuja justificativa principalmente é a melhor eficiência do processo biológico, apesar do maior custo operacional. A questão do custo é tão significativa que a IBB-02 instalou junto ao STET uma unidade geradora de “ O_2 puro” com o objetivo de melhorar a logística de obtenção do O_2 e reduzir o custo com o transporte. Em relação ao uso do “ar comprimido”, apenas a IBB-07 faz uso deste tipo de aeração, devido à opção pelo “*Deep Shaft*”, cujo processo aeróbio exige o ar pressurizado entre 5 e 7bar, pois é injetado em uma profundidade entre 45 e 55 metros.

Na Península Ibérica os tipos de aeração são bem distribuídos entre as seguintes opções: que utilizam “ O_2 puro (líquido)” são 3 (três) unidades - as IPMs-02/04 e 15; as com “aeradores superficiais” são 3 (três) unidades (IPMs-03/05 e 07). Em relação aos “sopradores de ar” são 5 (cinco) unidades (IPMs-08/09, IPC-02 e IEBs-01 e 02).

Utilizando sistema de bombeamento com dispositivo de “*venturi*” são 2 (duas) unidades: a IPC-01 e a IEB-01. Das unidades IPMs-01 e 06, em que o processo biológico é por filtros percoladores, a primeira usa ar comprimido, enquanto a segunda utiliza o ar atmosférico de forma natural e ascendente. O que se percebeu pelos dados da pesquisa é que não existe uma forma predominante de aeração, mas as escolhas acabam sendo função da opção do tipo de processo biológico aeróbio que foi adotado.

Os resultados da pesquisa demonstram que quando não se precisa de eficiência elevada, por exemplo, acima de 95%, para os parâmetros de despejos, e a indústria está localizada em região industrial e com poucas residências na circunvizinha, a opção mais adotada é o “aerador superficial - rápido”, por causa do baixo investimento e do consumo de energia elétrica dentro de padrões aceitáveis. Mas, caso a localização da indústria esteja em perímetro urbano, a opção pode ser tanto pelo “soprador de ar” quanto pelo “O₂ puro – líquido”, apenas observando-se que no caso do “soprador” deve-se ter um cuidado especial em termos de ruídos. É possível que seja necessário o uso de abafadores para minimizar os impactos sonoros. Quanto ao O₂ puro, a eficiência biológica é excelente, pois em geral propicia valores superiores a 95%; mas a viabilidade em termos de custo operacional depende muito da distância da fonte geradora (fábrica de O₂) à fonte consumidora (STET), pois para algumas distâncias o frete do “O₂ puro” pode ser superior ao custo do produto. O que se pode concluir a respeito dos tipos de aeração é que os “aeradores superficiais” estão entrando em desuso, sendo em geral substituídos pelos “sopradores de ar” ou bombeamento com injeção de ar por “*venturi*”, e somente em caso que exija elevada eficiência biológica é que se cogita o “O₂ puro-líquido”.

6.4.6 Tratamento terciário

O tratamento terciário se faz necessário nos STETs quando se torna preciso remover mais efetivamente os corantes dos efluentes, ou seja, quando a legislação ambiental exige um efluente quase incolor, ou ainda, quando se deseja reutilizar parte do efluente tratado no processo industrial e assim minimizar o consumo específico de água na indústria. A pesquisa identificou alguns casos desses, que serão analisados na seqüência.

6.4.6.1 Remoção de cor

A opção pelo tratamento terciário nos STETs, em geral, destina-se a duas situações. A primeira se dá quando é necessária a remoção de cor em níveis a padrões de efluente incolor, e a segunda situação ocorre quando do reúso do efluente visando reduzir o consumo específico de água e conseqüentemente os custos operacionais com o tratamento dos efluentes.

A cor do efluente têxtil é um dos temas mais discutidos em termos de tratamento de efluentes, tanto é que a legislação a respeito é diferenciada para as diversas regiões com foco neste tipo de problema. A cor foi o primeiro impacto ambiental a ser detectado nos efluentes têxteis e o que mais impressiona a comunidade, tanto que muitos dos primeiros STETs visavam apenas remover a cor dos efluentes e assim se pressumia ter-se eliminado todo o problema da poluição.

Os primeiros STETs implantados na região de Blumenau, em meados da década de 1980, eram tratamentos baseados nos processos de flotação e alguns na decantação (IBBs-02/03/04/05 e 09), com a finalidade principal de remover a cor dos efluentes. Em geral esses tratamentos eram feitos apenas com processos químicos, sem o tratamento biológico, e produziam quantidades excessivas de lodo, como o caso da IBB-02, que informou ter havido período em que se produziram até 1.000 toneladas de lodo químico por mês.

Considerando-se os dados da pesquisa, em nível de Brasil, os STETs do pólo têxtil de Americana (IBAs-01/02/03 e 04) não são obrigados pela legislação ambiental estadual a uma redução de cor; assim fica a critério das indústrias este tipo de ação. Por exemplo, a IBA-01, depois de estudos de descoloração do efluente por meio processo anaeróbio, acabou por instalar um tanque anóxico que é capaz de reduzir entre 40 e 50% da coloração do efluente. No caso da IBA-03, ela utiliza produtos de coagulação e floculação no processo biológico com o objetivo de reduzir a cor do efluente. São ações que em parte minimizam o forte impacto ambiental produzido pelos corantes nos STETs.

No pólo de Blumenau a legislação ambiental é bem mais rigorosa em termos de cor do que em Americana, tanto que na cidade de Blumenau o órgão ambiental exige para os efluentes têxteis um limite máximo entre 120 e 80mg COPt/L para o parâmetro cor, dependendo da característica do corpo receptor. As IBBs 03 e 08 precisaram modificar os STETs, introduzindo o tratamento terciário (físico-químico por meio de decantador lamelar) para conseguir atingir o parâmetro-limite de cor, que para elas é definido como 80mg COPt/L. No caso das IBBs-02/04 e 09, em função de o corpo receptor ter maior vazão, o valor-limite é 120mg COPt/L; assim estas indústrias tratam seus efluentes sem o tratamento terciário. A remoção de cor é realizada junto com o tratamento biológico, ou seja, antes do decantador secundário são adicionados ao efluente os produtos químicos (coagulantes ou descolorantes), de forma que os lodos químico e biológico sejam extraídos conjuntamente. Quando da pesquisa, a IBB-02 desenvolvia projeto para implantação do tratamento terciário (físico-químico com decantador lamelar) com o objetivo de melhorar a remoção de cor, pois no tratamento conjunto (químico e biológico) a eficácia na descoloração é menor do que nos terciários isolados.

Em outras cidades da região a legislação ambiental não estabelece um valor-limite para a cor, mas em geral o órgão ambiental estadual estabelece com as indústrias têxteis um “termo de conduta” limitando a no máximo cerca de 300mg COPt/L o parâmetro de despejo para a cor. Com base neste “termo de conduta”, as IBBs-05/06 e 07 operam tratamentos terciários isolados, sendo que as IBBs-06 e 07 utilizam decantadores lamelares, enquanto a IBB-05 ainda faz uso dos flotores implantados na década de 1980. Entre as empresas não localizadas na cidade de Blumenau, apenas a IBB-01 reduz a coloração do efluente em processo químico e biológico combinado, destacando-se também que este STET dispõe de valo de oxidação “carrossel” como tratamento biológico, o qual, dada a elevada “idade do lodo”, acaba também em parte descolorindo biologicamente o efluente.

Na Pensínsula Ibérica a legislação ambiental é bem menos rigorosa que no Brasil, pelo menos em termos de coloração dos efluentes têxteis, tanto que na maioria das regiões a ausência de cor nos efluentes é exigida após a diluição de 1:20 ou 1:40, dependendo do corpo receptor. Assim a remoção de cor dos efluentes têxteis nessa região acaba acontecendo mais em função da necessidade de reúso do efluente do

que pela legislação ambiental em si. Apenas as unidades IPMs-01/02/05 e 06, IPCs-01/02, IEB-01 e 02 utilizam algum tipo de processo para reduzir a coloração final do efluente. As unidades IPMs-01/06 e IPC-01 utilizam o tratamento químico antes do biológico, havendo, no caso da IPM-01, emprego do processo de flotação, enquanto a IPC-01 emprega sedimentação (decantação). Somente a IPM-04 remove a cor do efluente, com o objetivo de reusar uma parcela do efluente tratado no processo industrial. A remoção é feita de forma conjunta no processo químico e biológico, ou seja, os produtos químicos são adicionados antes do decantador secundário e na seqüência os lodos químico e biológico são retirados conjuntamente. Na IPC-02 a remoção de cor ocorre somente através do tratamento biológico. As unidades IPMs-02/05/15, IEBs-01 e 03 realizam a descoloração depois do tratamento biológico e em tratamento terciário isolado; já as IPMs-02 e 15 utilizam-se da ozonização. A IEB-03 possui um STET diferenciando, pois faz uso de processo de filtração por membranas (ultrafiltração e osmose reversa), com o objetivo de reduzir a coloração e reaproveitar parte do efluente (cerca de 20% do volume tratado). As IPM-05 e IEB-01 utilizam tratamento químico terciário com produtos químicos e a sedimentação ocorre em decantador lamelar.

Em resumo, no Brasil o tratamento químico na forma de terciário é utilizado quando a legislação ambiental exige um efluente incolor; nas demais situações a remoção somente ocorre nos tratamentos biológicos, sendo que em alguns casos se tem o auxílio de produtos químicos. Na Península Ibérica há remoção de coloração somente quando se pretende reutilizar o efluente tratado; nas demais situações a remoção de cor ocorre muito superficialmente, de forma apenas a se enquadrar na legislação, e em geral é em termos de diluição para posterior comparação.

6.4.6.2 Desidratação do lodo têxtil (químico e biológico)

Basicamente o lodo químico é gerado pelo processo de sedimentação ou flotação e com umidade em torno de 99%; a mesma umidade também pode ser definida para o lodo biológico. Este teor de umidade é inviável para qualquer tipo de disposição, pois praticamente o que se tem é uma solução líquida. Quase todos os STETs pesquisados dispõem de um espessador de lodo, que reduz em cerca de 5% a umidade, mas o material ainda continua inviável para a disposição final.

A desidratação por meio de “leito de secagem” foi testada, entre 1985 e 1995, por algumas indústrias, como primeira alternativa, mas em função de erros de estimativa de geração de lodo quando da montagem dos projetos de leito as áreas construídas em geral foram insuficientes para a secagem perfeita do lodo. Assim, ficou rapidamente demonstrada a inviabilidade do processo, tanto em termos de variações climáticas e de problemas operacionais (processo manual e uso de muita mão-de-obra) como de área necessária, que era muito maior do que a estimada inicialmente. As unidades IBAs-02 e 04 iniciaram os STETs utilizando os leitões de secagem, mas posteriormente migraram para os processos de “centrifugação” e “filtro-prensa” respectivamente. Não obstante, continuam mantendo os leitões em condições de uso para atender a qualquer problema emergencial que possa ocorrer com a centrifuga ou filtro-prensa.

O filtro-prensa é outro equipamento de desidratação que foi utilizado nos primeiros STETs. Entre as unidades pesquisadas, as IBAs-01/03/04, IBBs-04/05, IPMs-08 e 14, em algum momento utilizaram este tipo de equipamento, mas destas apenas as IBAs-03/04 e IBB-05 ainda fazem uso do “filtro-prensa”. Apesar de a umidade final situar-se entre 65 e 75%, este tipo de desidratador não foi muito aceito ao longo de tempo, pois trabalha em regime de batelada, o que operacionalmente deixa a desejar em termos de eficiência.

A pesquisa detectou que os equipamentos mais utilizados na desidrata o dos lodos têxteis são as prensas desaguadoras e as centrífugas do tipo “*decanter*”. As unidades IBBs-02/03/08, IPMs-01/02/03/04/05/06 e IPC-02 utilizam a prensa desaguadora para o processo de desidrata o, sendo que IPM-05 acabou substituindo a prensagem pela centrifuga o, com a justificativa de que para elevadas quantidades de lodo a centrifuga o apresenta uma melhor eficiência operacional. As unidades IBAs-01/02, IBBs-01/06/07, IPMs-05/08/09, IPC-01, IEBs-01/02 e 03 utilizam a centrifuga o como processo de desidrata o. Em termos de eficiência de desidrata o do lodo têxtil, os três equipamentos acima citados se apresentam no mesmo nível; apenas em rela o   operacionalidade da desidrata o a centrifuga o   o que tem a melhor *performance*; porém, também   o que exige o maior investimento.

Entre os três tipos de desidratação identificados pela pesquisa no Brasil, pode-se afirmar que existe uma distribuição quase uniforme, não sendo possível determinar uma preferência explícita em relação a este quesito. Em Portugal o que se percebeu é uma certa predominância do uso da prensa desaguadora, pois em apenas 4 (quatro) STETs se faz uso de centrifugas (IPMs-05/08/09 e IPC-01), nas demais são utilizadas as prensas desaguadoras. Na Espanha, as 3 (três) unidades pesquisadas dispõem de centrifugas do tipo “*decanter*” para a desidratação dos lodos químicos e biológicos.

Em alguns STETs, além dessa desidratação convencional, mencionada acima, com o objetivo de se reduzir o volume de lodo e, conseqüentemente, os custos de disposição final, as empresas acabaram optando também pela secagem do lodo, de forma que a umidade final possa variar de 3 a 30%. A pesquisa no Brasil identificou que as unidades IBBs-02/06 e 08 optaram por secar o lodo antes da disposição final. No caso destas 3 (três) unidades, a média final de umidade depois do secador fica em torno de 10%, e as fontes de energia utilizadas nos secadores são constituídas de reaproveitamento de resíduos do processo industrial ou gases de combustão (caldeira), o que faz com que o custo da secagem seja baixo e o “*pay-back*” do investimento extremamente curto.

Em Portugal não se identificou nenhuma STET que efetuasse a secagem do lodo. Na Espanha, 2 (duas) das 3 (três) unidades pesquisadas efetuam a secagem do lodo - as unidades IEBs-01 e 02. A umidade final fica entre 10 e 30%. O maior valor ocorre na IEB-02, em função de usar o gás natural como fonte de energia para a secagem; assim a umidade de 30% é o ponto de equilíbrio entre o custo da secagem e o da disposição final.

A secagem do lodo com reaproveitamento de calor a princípio se mostra como uma boa estratégia de redução de custo; mas quando da secagem se deve ter cuidado em termos de geração de materiais voláteis que porventura possam ser eliminados para a atmosfera e impactar o meio gasoso.

6.4.6.3 Disposição do lodo têxtil (químico e biológico)

A disposição do lodo sempre foi um problema sério para as industriais têxteis. Na região de Americana existem aterros industriais desde a década de 1980, de forma que esta opção sempre existiu; o problema é o custo, que é significativo. Por exemplo, a IBA-01 por muito tempo armazenou o lodo em lagoa de sacrifício, na seqüência passou a usar o “*land application*” com plantio de capim destinado a cavalos, porém quando da pesquisa a autorização para tal disposição encontrava-se suspensa. Assim, a empresa voltou a armazenar o lodo na lagoa de sacrifício e espera encontrar uma solução melhor que o aterro industrial (passivo ambiental).

Na região de Blumenau, por muito tempo, ou seja, no período de 1985 a 1997, não havia na região aterro industrial que pudesse atender à demanda das indústrias têxteis, tanto que as IBBs-01/05 e 07 acabaram implantando aterros industriais próprios. Nessa época, a maioria das indústrias depositava o lodo nos lixões das cidades. A partir de 1998, com a entrada em operação do aterro industrial privado e aberto a todas as indústrias da região, foi proibida a disposição do lodo têxtil em lixões públicos. Este novo aterro industrial foi implantado para atender em especial às indústrias têxteis e segue rigorosamente a legislação ambiental. É um dos poucos aterros industriais no mundo a proceder à inertização do lodo (mistura de cal, argila, cimento e lodo). O custo da disposição, quando da pesquisa, encontrava-se em torno de 180 reais ou cerca de 60 dólares, valor considerado elevado pela maioria das indústrias têxteis pesquisadas que utilizavam este tipo de serviço. Em relação às unidades com aterros próprios, não se obtiveram informações precisas sobre investimentos nem o custo operacional, mas pelo que se sabe, os investimentos são significativos e os custos operacionais pequenos - pelo menos por enquanto!

Em Portugal, em função de a legislação ambiental não exigir a total remoção da cor dos efluentes têxteis, as unidades acabam gerando apenas lodo biológico. São raras as unidades que removem a cor por processo químico. Porém, nos STETs integrados (IPMs-05 e 06) se remove parte da cor do efluente e se gera elevado volume de lodo biológico, por causa do volume tratado, que é elevadíssimo. Nas unidades de tratamento independentes (na indústria) o volume de lodo gerado é pequeno.

Nas unidades da IPM-05 (integradas) existem pequenos aterros industriais dentro da própria unidade. São utilizados apenas em situações emergenciais e para equacionar a distribuição do lodo no aproveitamento agrícola (valorização do lodo) de algumas culturas, como as vinhas. Quanto às unidades integradas, existem 3 (três) situações distintas: a primeira é formada pelas unidades IPMs-02/06 e 09, que, apesar do tratamento biológico por meio de lodos ativados, não retiram lodo em excesso do processo. A segunda situação ocorre nas IPMs-03 e 04, que retiram o lodo mas o armazenam em sacos (embalagem) PET e aguardam uma definição acerca do reaproveitamento do lodo em solo agrícola. A terceira situação é formada pelas ações das IPMs-01/08, IPC-01 e 02, que enviam o lodo para aterro industrial na Espanha, pois Portugal não dispõe deste tipo de aterro. Na Espanha o destino dos lodos também tende a ser os aterros industriais.

Já existem várias alternativas de valorização do lodo, mas a que mais interessa às empresas é o aproveitamento como fertilizante em solo agrícola. Esta situação somente é possível para o lodo biológico. Na presença de lodo químico a melhor opção atualmente disponível em escala industrial, apesar dos custos, é a disposição em aterro industrial de propriedade de terceiros. O aterro industrial próprio requer atenção, elevado investimento e comprometimento por tempo indeterminado em uma área de atuação em que empresa não tem pleno domínio da tecnologia, por não ser sua especialidade.

6.4.6.4 Reaproveitamento de efluente têxtil

Através da pesquisa com as indústrias brasileiras se percebeu que quando o assunto é reaproveitamento de efluente tratado os empresários e técnicos demonstram muita intenção e pouca ação. O custo da água industrial no Brasil é muito baixo, logo as motivações pelo reaproveitamento somente surgirão quando o custo do tratamento dos efluentes se tornar muito elevado. Outro fator que poderá motivar o reaproveitamento dos efluentes, em relação tanto aos têxteis como às demais atividades, é a taxa da água na captação e no despejo, o chamado “usuário pagador e poluidor pagador”. A lei já existe, desde 1998, mas são poucas as bacias hidrográficas que já regulamentaram o pagamento deste tipo de uso das águas.

Em Portugal a pesquisa constatou uma situação diferente da existente no Brasil, principalmente na região do Minho, onde das 15 (quinze) empresas pesquisadas 8 (oito) desenvolvem algum tipo de recuperação de efluente. A maioria das empresas desta região são ligadas (aderentes) ao SIDVA e pagam 0,37 euro/m³ para terem seus efluentes tratados. A cobrança é baseada no volume de efluente tratado; assim qualquer redução no consumo de água industrial, de forma direta ou por meio de reaproveitamento, como a segregação, processos de ozonização, ultrafiltração e outros processos, acaba gerando excelentes reduções no custo do tratamento final dos efluentes.

Como exemplificações destas ações se tem o caso da IPM-03, que reaproveita cerca 60% do efluente, que é tratado por meio de separação (purificação) por membranas (ultrafiltração e osmose reversa). Nas empresas IPMs-02 e 15 se utiliza a ozonização como tratamento de polimento final, objetivando a recuperar parte do efluente tratado. Nas IPMs-04 e 07 se recuperam de 5 a 10% do efluente tratado para reaproveitamento em atividades industriais secundárias. No caso das IPMs-12 e 13 a recuperação pode chegar a 30%, pois elas separam as águas de última lavagem do setor de acabamento por meio da determinação da condutividade em comparação com a cor. Em resumo, as indústrias portuguesas da região do Minho ligadas ao SIDVA demonstram a preocupação de reduzir seus custos com tratamento de efluentes e o fazem através de processos de reaproveitamento das águas já utilizadas.

Na Espanha, na região da Catalunha, já se encontra em vigor a taxaço sobre o uso da água, além de o órgão ambiental exigir das empresas a recuperação de no mínimo 20% da água consumida no processo. No caso da IEB-01, o STET é basicamente composto de biológico, físico-químico e filtro de areia, porém cerca de 20% do efluente tratado são reutilizados em operações industriais secundárias. Já a IEB-03 recupera cerca de 30% da água consumida, pois trata parte do efluente por meio de membranas de ultrafiltração e osmose reversa, de tal forma que a água recuperada possa ser utilizada no processo industrial principal, em função da boa qualidade do efluente recuperado.

O que se percebeu através da pesquisa é que somente se tem interesse em recuperar parte do efluente tratado quando a empresa se encontra pressionada por custos ou exigência da legislação. Conseqüentemente, no Brasil somente ocorrerá o reaproveitamento de efluentes tratados quando o custo da água industrial se tornar superior ao custo do tratamento de efluentes ou a legislação o exigir.

6.4.6.5 Tecnologias avançadas (membranas, ozonização e outras)

No Brasil o emprego das tecnologias avançadas ainda é utopia – quiçá um sonho – pois os investimentos necessários para a implantação destas tecnologias são muito elevados. Por exemplo, uma ultrafiltração seguida de osmose reversa, considerando-se uma vazão média de 50m³/hora, exige cifras superiores a 1.500.000 (um milhão e quinhentos mil) reais, que é impossível aplicar em apenas um processo no âmbito do STET. Tanto isto é verdade, que na pesquisa não se encontrou nenhuma indústria brasileira utilizando tecnologias avançadas nos STETs. As unidades IBA-01, IBBs-02/05 e 08 participaram do projeto “Ecogomam”, no qual se pesquisaram algumas das tecnologias avançadas, mas nenhuma delas acabou implementando as tecnologias pesquisadas nos STETs; o que ocorreu, sim, foi a utilização das tecnologias no processo industrial.

Em Portugal identificaram-se as unidades IPMs-02 e 15 utilizando descoloração por meio de ozonização e a unidade IPM-03 com reaproveitamento de efluente tratado por membranas de ultrafiltração e osmose reversa. Nas unidades com ozônio o objetivo é descolorir os efluentes para atender à legislação e também possibilitar o reaproveitamento de parte do efluente tratado. Em função dos custos operacionais, naquele momento o processo era utilizado apenas para atender à legislação. O caso mais interessante é o da IPM-03, cujo objetivo era recuperar no mínimo 95% do efluente tratado; porém dada a dificuldade de tratar o concentrado gerado na membranas no STET existente, a recuperação foi reduzida para valores entre 50 e 60%. Segundo informações do empresário, é possível se abandonar o sistema caso os custos de manutenção e reposição das membranas se tornem muito elevados. É importante salientar que estas tecnologias foram implementadas nestas indústrias graças aos financiamentos a fundo perdido (entre 50 e 60%) cedidos pela CE para a melhoria do ambiente nos países-membros.

Na Espanha, a unidade IEB-03 faz uso de processo de separação por membranas (ultrafiltração e osmose reversa) e conseqüentemente reaproveita 30% do efluente tratado. A opção pelo sistema de membranas se fez em função do rigor da legislação ambiental e da exigência de reaproveitamento de no mínimo 20% do efluente tratado. O investimento de 750.000 (setecentos e cinquenta mil) euros para uma amortização em 60 (sessenta) meses significa 12.500 (doze mil e quinhentos) euros mensais, ou seja, 25% dos custos operacionais. Além disso este tipo de tratamento, em geral, após 4 ou 5 anos requer a substituição da maioria das membranas, em função de desgastes causados pelo uso.

Outra tecnologia de destaque encontrada nas unidades IEB-02 e 03 foi o filtro eletrostático, para eliminação de gases industriais como os VOCs – (compostos orgânicos voláteis), que em tese podem conter produtos carcinogênicos. Quanto ao investimento pode-se afirmar que é significativo: algo entre 150.000 e 200.000 euros; mas o principal problema do processo é o destino final dos produtos da filtração, que a princípio carecem de um aterro industrial especial.

6.4.7 Questões ambientais envolvendo os STETs

Nos próximos itens serão abordadas questões relativas à gestão ambiental aplicada ao tratamento dos resíduos têxteis, em especial às que envolvem as relações antrópicas.

6.4.7.1 Sistema de gestão ambiental (SGA) na indústria têxtil

No Brasil a pesquisa detectou programas de SGA nas unidades IBA-01 e 02, IBBs-03/05/06 e 08, todas pertencentes a grandes grupos financeiros nacionais e a maioria delas atuando no mercado externo ou com pretensões nesse mercado. Nas unidades citadas o programa de SGA, em geral, surgiu da necessidade ou do interesse em algum tipo de certificação ambiental como forma de atestado de idoneidade ambiental perante os clientes internacionais. Assim, a pesquisa detectou que é quase uma regra geral as empresas com SGA na seqüência obterem a certificação ISO 14.001.

Através da pesquisa se percebeu que as empresas com SGA demonstram um elevado grau de maturidade ambiental, e suas ações passam a fazer parte de um planejamento estratégico de médio e longo prazo. Os projetistas entrevistados também afirmaram que quando trabalham com empresas que têm SGA as metas são mais bem definidas e os objetivos são atingidos em menor espaço de tempo em relação a uma sem SGA.

O que se percebeu também nessas empresas é que o SGA acaba por forçar uma inter-relação – ou mesmo uma aproximação - entre a empresa e comunidade, pois o programa busca mostrar à comunidade o que a empresa está desenvolvendo em termos de preservação ambiental que, em tese, tem o intuito de garantir à comunidade uma melhor qualidade de vida. Nesta tentativa de aproximação entre empresa e comunidade os programas de SGA acabam desenvolvendo ações de educação ambiental e atividades ecológicas que extrapolam os ambientes das fábricas e atingem a comunidade como um todo. Como exemplos destas ações com disponibilidade de patrimônios ambientais à comunidade podem ser referenciadas as unidades IBBs-01/03/05/06 e 10, que disponibilizam parques florestais, áreas de reflorestamento, programas de educação ambiental nas escolas secundárias, coleta seletiva dos resíduos domésticos dos colaboradores e até centros culturais.

No Brasil a pesquisa também detectou empresas, como IBAs-02/04, IBBs-01/02/07/09 e 10 que, quando da aplicação da pesquisa não dispunham de SGA, mas que, independentemente do programa, agiam como empresas que detinham esta ferramenta e também demonstravam a maturidade ambiental exigida pelo programa. Pode-se afirmar que as unidades citadas apresentam plenas condições para a implantação de SGA e muitas delas agem como se já tivesse tal ferramenta.

Das unidades pesquisadas na Península Ibérica, apenas as unidades IEB-02 e IPMs-07 e 10 possuem SGA, e destas somente a IEB-02 tem a ISO 14.001; as demais não contemplam esta ferramenta como instrumento de política ambiental. É importante salientar que das 20 (vinte) empresas têxteis pesquisadas nessa região, apenas uma (IPM-15) tem parte de seus clientes no mercado americano. Disso se conclui que, em geral, todas elas atuam em seu mercado nacional e algumas no

mercado europeu, onde a certificação ISO 14.001 não é relevante, mas sim, o selo Öko-tex-100. Talvez seja o foco diferenciado na certificação o que está determinando o interesse das empresas desta região em utilizar o SGA como uma política ambiental.

Em resumo, a pesquisa comprovou que as empresas com programas de SGA apresentam um maior grau de maturidade ambiental, porém existem empresas que, apesar de não disporem desta ferramenta, também demonstram elevado grau de maturidade. No caso da Península Ibérica, os programas de SGA têm pouca disseminação entre as empresas desta região, o que não significa que não haja responsabilidade ambiental. O que se percebeu é que, em geral, o SGA é um pré-requisito para a certificação ISO 14.001 e que no caso da Península Ibérica esta certificação não é relevante em termos comerciais.

6.4.7.2 Certificação ISO 14.001

A busca pela certificação ISO 14.001 por parte das indústrias têxteis no Brasil se intensificou a partir de meados da década de 1990, período em que as empresas brasileiras passaram a lutar comercialmente pelo mercado externo. Neste contexto, em 1998, as primeiras indústrias têxteis a obterem a ISO 14.001 no Brasil foram IBA-01 e IBB-03; na seqüência, entre 1999 e 2000, vieram as IBBs-05/06 e 08. Também nessa época o conceito comercial identificava a ISO 14.001 como um selo de qualidade ambiental que perante o mercado externo se configurava como um fator competitivo nas negociações comerciais. Com o passar do tempo as empresas perceberam que o mercado europeu, principal foco das empresas do segmento de artigos do lar (cama, mesa e banho), valorizava mais o selo Öko-tex-100 do que a ISO 14.001. Assim, algumas empresas brasileiras vendiam facilmente para esse mercado apenas com o selo Öko-tex-100, cujo foco de análise é o processo produtivo, e não o tratamento dos efluentes, e conseqüentemente o produto era obtido a custo menor. Exemplos destas estratégias foram detectadas nas unidades IBBs-02 e 09, contudo isto não significa que elas negligenciem os STETs, muito pelo contrário, apenas optaram pelo Öko-tex-100 ao invés da ISO 14.001 como estratégia comercial.

Ainda, considerando-se as empresas brasileiras, através de pesquisa se identificaram unidades - como as IBAs-02/03 e 04, IBBs-01/02/07/09 e 10 - que poderiam estar certificadas, mas por atenderem somente ao mercado nacional, que não exige a certificação, ou por fazerem uso do Öko-tex-100 para exportação, acabam não se certificando pela ISO 14.001.

Na região da Península Ibérica, dentre todas as unidades pesquisada, somente a IEB-02 era certificada ISO 14.001. Nos casos das unidades IPM-04 e IEB-03, quando da pesquisa, desenvolviam estudo para viabilizar a implantação da certificação. Nas duas situações isto se fazia por imposição das matrizes, pois são unidades pertencentes a grandes grupos têxteis internacionais com imagens consolidadas de responsabilidade ambiental. Dentre as empresas portuguesas apenas a IPM-10 encontrava-se em processo de certificação ISO 14.001, porém deve se ressaltar que é uma empresa aderente ao SIDVA, logo o STET não faz parte do processo de avaliado para aprovação da certificação.

Na pesquisa se constatou o pequeno interesse das empresas européias pela certificação ISO 14.001; primeiro por atuarem no mercado nacional e depois em nível de CE, o que representa uma extensão do mercado nacional. Quando comercializam entre si acreditam que as empresas dos países-membros respeitem as diretrizes ambientais da CE e logo não precisam fiscalizar seus fornecedores.

Em função do exposto pode-se concluir que os clientes (consumidores) europeus acabam exigindo mais responsabilidade ambiental das empresas dos demais países do mundo, em especial dos em desenvolvimento, do que das empresas que fazem parte do bloco da CE.

6.4.7.3 *Marketing ambiental*

No Brasil, através da pesquisa, percebeu-se que as grandes empresas que dispõem de SGA e conseqüentemente ISO 14.001, como são os casos das unidades IBA-01, IBBs-03/05/06 e 08, acabam produzindo programas e vinculações comerciais com enfoque ambiental; no entanto pode-se considerar que são iniciativas tímidas e mais utilizadas pelas empresas que detêm pontos de venda próprios (cadeia de lojas).

Dentre as empresas que não possuem SGA, mas que investem pesado no *marketing* ambiental, tem-se a IBB-01, que associou a sua imagem ao ambiente. Esta empresa atua apenas no mercado nacional, mas mesmo assim busca formar uma imagem de “empresa amiga do ambiente” para estimular seus clientes a comprar seus produtos. Nas demais empresas pesquisadas no Brasil se usa muito pouco, ou quase nada, o *marketing* ambiental como estratégia de venda comercial.

Em relação à Península Ibérica, pode-se afirmar que entre as unidades pesquisadas não se encontrou nenhuma que explorasse as ações ambientais como forma de promover comercialmente a imagem da empresa. Muitas delas chegam a gastar algumas dezenas de milhares de euros, mas mesmo assim parece que se sentem constrangidas em usar o ambiente como estratégia comercial. Também existe a hipótese de que as ações de *marketing* estejam associadas a programas de SGA, os quais são pouco difundidos entre as empresas têxteis da Península Ibérica.

Evitando-se os excessos, o uso das ações ambientais como forma de *marketing* comercial não deixa de trazer benefícios para o ambiente, pois pelo menos através do interesse comercial muito pode ser feito para minimizar os impactos ambientais existentes. Assim, seria muito bom que as empresas têxteis investissem mais no controle ambiental para conseqüentemente explorar a vertente comercial da questão.

6.4.7.4 Envolvimento da comunidade local

Se a conclusão final deste trabalho indicar que nos últimos anos as indústrias têxteis avançaram significativamente em responsabilidade ambiental, com certeza, parte deste mérito deve ser creditada às comunidades vizinhas às fábricas, as quais se mobilizaram para fazer valer seu direito em relação a um ambiente melhor.

Em termos de Brasil, a interferência da comunidade na melhoria ambiental está muito relacionada com a localização das indústrias no contexto das cidades. Por exemplo, na Região de Americana o órgão ambiental estadual iniciou suas ações na década de 1980, de tal forma que os grandes complexos industriais acabaram sendo

alocados em parques para estes fins, o que minimizou em muito a intervenção da comunidade. Porém, nessa região se tem o caso da IBB-02, que optou pela aeração por O₂ puro para evitar reclamações de ruído e odor causados por processos que utilizam aeradores ou sopradores. Segundo dados obtidos na pesquisa, a comunidade dessa região pouco reclama das indústrias, mesmo porque existem outras atividades com maior potencial poluidor. O que se percebeu na região é que a sociedade organização tem grande influência nas questões ambientais, como se pode comprovar pela organização do comitê de bacia hidrográfica dessa região, que é um dos mais atuantes do país.

Na região do pólo de Blumenau a pesquisa detectou uma comunidade muito atenta aos problemas ambientais, tanto que se teve o caso da IBB-03, que em 1998 buscava a certificação ISO 14.001 e durante uma audiência pública precisou se comprometer a alterar o sistema de aeração dos tanques biológicos para evitar a geração de odores característicos da formação de anaerobiose no STET. Outro caso com envolvimento da comunidade foi a implementação do aterro industrial destinado aos lodos têxteis, em que a empresa, por pressão da comunidade, precisou apresentar o Eia-Rima como requisito prévio para receber a autorização ambiental de instalação e operação; além disso a comunidade conseguiu da empresa responsável pelo empreendimento medidas compensatórias dos impactos produzidos. Quanto ao comitê de bacias, quando da aplicação da pesquisa ainda se encontrava em fase de organização e implementação.

Já o que se constatou em Portugal foi uma comunidade local que reclama mais incisivamente de ruídos em geral. Ela também reclamava muito dos gases de combustão (fumaça), mas como a maioria das indústrias optou pelo gás natural, esta queixa deixou de ser relevante. Quanto aos efluentes, a comunidade formou o conceito de que a responsabilidade de produzir condições para o tratamento é do Estado (governo); assim as reclamações passam a ser esporádicas, pois elas dificilmente atingem de forma direta os responsáveis pelo problema em nível governamental, e elas também já conhecem muito bem a justificativa que sempre é apresentada – “falta de recursos para financiar a ampliação do sistema de despoluição da região”.

Na Espanha a pesquisa foi menos abrangente em unidades pesquisadas; porém se percebeu que, na região da Catalunha, as indústrias têxteis estão alocadas em áreas industriais, de forma que as comunidades ao redor das fábricas são diminutas e, segundo as informações obtidas, são formadas em grande parte por colaboradores das empresas. Assim, a situação se apresenta em duas vertentes: na primeira a comunidade é formada pelos atuais colaboradores e na outra, pelos antigos, e estes últimos é que acabam sendo os que mais reclamam em relação às questões ambientais. Os administradores relatam que muitas das reclamações trazem em seu bojo divergências anteriores entre a empresa e seu antigo colaborador. Não obstante, em termos gerais, o posicionamento da comunidade espanhola é diferente do da portuguesa, pois esta tem consciência de que a responsabilidade ambiental pela poluição é das empresas e exige dos órgãos ambientais o cumprimento da lei, cuja ação recai sobre as empresas, no sentido de executarem os devidos tratamentos de efluentes.

6.4.7.5 Legislação ambiental e órgãos ambientais (fiscalização)

No Brasil a legislação ambiental federal é abrangente e bem genérica, o que permite aos Estados procederem às adequações que cada região do país exige. No caso do Estado de São Paulo (pólo de Americana), todas as empresas envolvidas com a pesquisa consideraram que a legislação ambiental do estado é rigorosa. Se comparada com a das demais regiões pesquisadas, pode se afirmar que a legislação do Estado de São Paulo não é tão rigorosa assim, pois em questão de carga orgânica aceita o efluente como apto após redução de 85% no STET. Não estabelece limite para a remoção de cor, apenas está sendo mais criteriosa na autorização do uso agrícola (*land application*) para o lodo biológico. Quanto à toxicidade dos efluentes ainda não exige qualquer monitoramento. O órgão ambiental está procurando repassar parte de sua responsabilidade para os municípios, mas o processo é lento. Quanto à fiscalização, segundo dados obtidos das empresas pesquisadas, os fiscais agem quase exclusivamente em função de denúncia, e o monitoramento periódico é muito raro. Deve-se louvar o programa de prevenção e minimização de impactos ambientais desenvolvido com as indústrias têxteis, que serve de exemplo para o resto do país.

Na região de Blumenau (Santa Catarina) dados da pesquisa indicam que as empresas consideram a legislação ambiental muito rígida, principalmente em se tratando da cidade de Blumenau, cuja legislação ambiental municipal estabelece a remoção de cor entre 75 e 100mg CO Pt/L. Tal exigência em muitos casos obriga os STETs a terem tratamento terciário (polimento) para atingir os parâmetros de remoção de cor exigidos. Ainda em termos de legislação estadual, a regulamentação de limites de toxicidades para as diferentes atividades industriais estabeleceu valores-limites de toxicidade muito baixos para a indústria têxtil (Fator de diluição - $FD=2$ para *Daphnia magna* – cfe. Item 2.3.1.1.1 pg. 35) e, conseqüentemente, estabeleceu monitoramento semestral para este parâmetro. Comparando-se a legislação ambiental catarinense com a do Estado de São Paulo, pode-se afirmar que em termos de controle de remoção de cor e toxicidade ela apresenta parâmetros com limites mais restritivos. Com relação à aplicação do lodo biológico no solo em processo de *land application*, a pesquisa não identificou nenhuma unidade industrial têxtil fazendo uso desta técnica, mesmo porque na maioria delas o lodo que se obtém nos STETs é misto (químico e biológico), e preferencialmente é indicado para disposição em aterro industrial. Quanto à fiscalização, as unidades localizadas na cidade de Blumenau afirmam que os agentes mais criteriosos são os municipais, e que o órgão estadual, e mesmo a Polícia Ambiental, atuam quase sempre direcionados por denúncias. Apenas a IBB-07 fez críticas abertas à atuação da Polícia Ambiental, afirmando que os agentes daquela corporação não estão preparados tecnicamente para atuação como fiscais ambientais. Os demais consideraram a fiscalização responsável e competente.

Em Portugal a legislação ambiental nos últimos 15 anos está sendo modificada para se adaptar às exigências da CE. Neste processo de transposição da legislação ambiental existem algumas exceções, como a Portaria Setorial 423/97, destinada ao setor têxtil, que estabelece limites máximos de despejo para a carga orgânica mais elevados do que os fixados pela lei geral, de forma a permitir uma gradual adaptação ao rigor da legislação ambiental da CE. No do setor têxtil, considerando-se a DBO_5 , a lei geral estabelece limite máximo de 60mg/L, enquanto a portaria eleva este valor para 100mg/L. Em relação à remoção de cor é que a legislação portuguesa ainda se mostra tolerante, pois é baseada na ausência de cor depois da diluição de 1/20 ou 1/40, em termos de lei geral e portaria setorial, respectivamente.

Comparados com os da legislação ambiental brasileira, os valores de carga que se devem cumprir em Portugal são bem mais restritivos que nos estados em que se aplicou esta pesquisa (São Paulo e Santa Catarina), pois nestes dois estados as cargas orgânicas devem obedecer apenas à eficiência de 85%, que em muitos casos corresponde a valores muito maiores dos que os permitidos em Portugal. Quanto à cor, tanto em Portugal como no Estado de São Paulo as exigências são mínimas. O Estado de Santa Catarina também não especifica um valor para remoção, diferentemente da cidade de Blumenau, que determina um valor bem restritivo. O diferencial entre o Brasil e Portugal é que neste último mais de 90% das indústrias têxteis estão localizadas em uma única bacia hidrográfica (rio Ave), o que gera um impacto visual muito forte, diferentemente do Brasil, onde as indústrias de tinturaria estão bem melhor distribuídas em relação às bacias hidrográficas.

Quanto à fiscalização ambiental portuguesa, a maioria das indústrias pesquisadas demonstraram certa antipatia pelos fiscais, classificando-os como burocráticos e sem sensibilidade para as questões ambientais. Algumas chegaram a afirmar que eles se preocupam apenas em aplicar multas. No contato com os projetistas ou com as empresas ligadas ao SIDVA, que em geral não são fiscalizadas em termos de efluentes, aqueles consideram que a fiscalização é muito ineficiente e precisaria de ações mais enérgicas para coibir os excessos, ou seja, despejos diretos de efluentes em qualquer tipo de tratamento.

Na Espanha a legislação ambiental também é transposta da CE, mas é um pouco diferente da de Portugal, pois os parâmetros de lançamento são muito mais rigorosos. Por exemplo, a DBO₅ máxima de despejo pela lei geral é 60mg/L, sem qualquer exceção para a atividade industrial têxtil, além de existirem situações em que já se exige DBO₅ de 30mg/L, reaproveitamento mínimo de 20% e monitoramento dos parâmetros de toxicidade. Em resumo, é uma legislação ambiental muito mais exigente do que Portuguesa e brasileira. Quanto à fiscalização, nas três unidades pesquisadas, as informações indicam que os agentes agem com rigor com todas as indústrias e que são indivíduos competentes e íntegros.

6.4.7.6 Toxicidade dos efluentes têxteis

Analisando os resultados da pesquisa em nível de Brasil se tem a seguinte situação: na região de Americana (São Paulo): não se percebeu nenhuma preocupação por parte das indústrias com relação a este assunto. Apenas o projetista (PBA-01) já desenvolve vários estudos sobre a toxicidade dos efluentes têxteis, mais especialmente envolvendo os lodos têxteis. Tais pesquisas têm o objetivo de provar à Cetesb que os subprodutos biológicos gerados nos STETs não apresentam potencial tóxico capaz de comprometer a disposição do lodo na forma de "*land application*", pois o órgão, a partir de 2001, não mais autorizou este tipo de disposição. Segundo informações do projetista (PBA-01), os resultados por enquanto demonstram que a toxicidade está restrita a uma gama muito pequena de corantes, e mesmo assim de potencial extremamente baixo.

Na região de Blumenau (Santa Catarina) a questão da toxicidade proveniente das atividades industriais já foi regulamentada, desde 2002. Quando da aplicação da pesquisa a algumas indústrias, como as IBBs-02/03 e 08, estas demonstraram preocupação com o que se está exigindo em termos de toxicidade, tanto que já estão monitorando semestralmente seus efluentes. Outro exemplo desta preocupação é demonstrado pela IBB-02, que, em parceria com o pesquisador (PBB-01), desenvolveu uma metodologia de análise laboratorial para identificar produtos tóxicos existentes no STET. Estes fatos demonstram que em um curto espaço de tempo as questões de toxicidades serão tratadas com maior interesse.

Em Portugal a pesquisa detectou que não existe nenhuma preocupação em termos de toxicidade dos efluentes têxteis, tanto por parte das empresas como por parte do órgão fiscalizador. Apenas o pesquisador denominado de PPM-03 mostrou-se preocupado e até meio que perplexo diante da apatia dos órgãos ambientais portugueses diante das questões de toxicidade pertinentes ao efluente têxtil.

Na Espanha se constatou que as empresas têxteis, em seus monitoramentos periódicos, têm como parâmetro de controle o grau de toxicidade do efluente, e assim se percebeu que elas têm a preocupação de garantir a aquisição de produtos químicos de qualidade (baixa toxicidade e elevada degradabilidade) para que não tenham problemas tanto nos STETs como no despejo final.

6.4.7.7 Desenvolvimento de pesquisas científicas

Pesquisas científicas envolvendo as questões ambientais feitas com a participação das indústrias têxteis são muito difíceis de encontrar tanto no Brasil como na Península Ibérica, pelo menos em relação às unidades pesquisadas neste trabalho.

No Brasil houve o projeto chamado “ecogomam”, envolvendo um instituto de pesquisas têxteis da Alemanha, o CNPq e algumas grandes indústrias têxteis (IBA-01, IBBs-02/05 e 08), com o objetivo de minimizar o impacto ambiental produzido pelas gomas de origem natural, e também de separar o corante residual do efluente pelo processo de membranas. Com exceção desta pesquisa, detectou-se por parte das unidades pesquisadas apenas a manifestação de interesse por pesquisas científicas, mas a maioria delas considera difíceis as relações com os pesquisadores, além de que o processo de pesquisa é moroso. Entre as exceções pode-se citar a IBB-02, que desenvolveu uma pesquisa para classificar os corantes usados no processo quanto a sua toxicidade no STET. A pesquisa foi desenvolvida em parceria com um pesquisador universitário na área de microbiologia. Também a IBB-10 investe em pesquisa, financiando duas dissertações de mestrado pela UFSC com o propósito de mudar a classificação do lodo têxtil em termos de resíduos.

A dificuldade das pesquisas científicas na área têxtil, em especial das voltadas à questão ambiental, reside no fato de não haver no país instituto de pesquisa direcionado para o segmento têxtil, como na Europa e nos Estados Unidos da América. No caso brasileiro a grande maioria das pesquisas tem origem nas universidades, e com poucos cursos superiores têxteis, a deficiência é evidente.

Em Portugal há um centro de pesquisa envolvido exclusivamente com as questões têxteis, o qual, no âmbito das questões ambientais, busca soluções para os problemas regionais envolvidos com o segmento. Também há o instituto de desenvolvimento tecnológico da região do Minho, que se envolve com as questões ambientais relacionadas com as indústrias têxteis. Além disso existem as duas universidades com cursos têxteis que têm no seu quadro docente pesquisadores envolvidos com área ambiental no segmento de têxteis.

Na Espanha, mais precisamente na região da Catalunha, também existe um instituto de pesquisa voltado exclusivamente para as questões têxteis. Nesse instituto existe um grupo dedicado às questões ambientais, desenvolvendo pesquisas de “ponta”, como, por exemplo, o tratamento de efluentes têxteis através de biorreatores de membranas, considerado uma linha de pesquisa muito promissora na área ambiental. Em relação às três unidades pesquisadas, elas manifestaram interesse em desenvolver pesquisas, principalmente para encontrar soluções mais nobres para a disposição do lodo têxtil; porém nenhuma delas tem um histórico de pesquisa ao longo de sua existência, assim o interesse manifestado pareceu mais um ímpeto momentâneo do que ações que efetivamente se concretizarão.

6.4.7.8 Processos diferenciados utilizados nos STETs pesquisados

O objetivo deste item é apenas referenciar os processos introduzidos nos STETs que se diferenciam do convencional, sem destacar sua eficiência, pois já foram comentados quando da contextualização dos dados da pesquisa.

No pólo de Americana, a unidade IBA-01 teve dois processos introduzidos no STET que merecem destaque. O primeiro foi um tanque anóxico, com o objetivo de remover a coloração do efluente biologicamente. O segundo processo é um filtro biológico de fluxo descendente com aeração natural, com o objetivo de reduzir a carga orgânica na entrada do processo de lodos ativados. A IBB-03 também teve alguns processos diferenciados incorporados ao processo industrial e ao STET. São eles recuperação de goma por processo de ultrafiltração (membranas) e a soda cáustica por evaporação. No STET se implantou o Programa de Redução de Geração de Biosólido (PRGB) baseado na adição de ácido fólico, que, em tese, otimiza o processo metabólico de degradação orgânica e reduz a formação de lodo.

Na região de Blumenau são várias as unidades com processos diferenciados, iniciando-se pela IBB-01, que segrega o efluente quente e frio para a recuperação de parte do calor presente no efluente. Ela também reaproveita os gases de combustão (fumaça) para neutralizar o efluente bruto. No tratamento biológico adotou o processo de valo de oxidação “carrossel”. No caso da IBB-02, se implantou

na fábrica uma unidade de geração de O₂ para melhorar a logística de transporte e reduzir os custos com aeração. Também para reduzir custos com a disposição do lodo, a empresa optou pela secagem do lodo com reaproveitamento de resíduos do processo de fiação e tecelagem. A IBB-05 adaptou o processo biológico de lodos ativados convencional existente ao processo de valo de oxidação em paralelo, além de ainda utilizar a flotação como processo físico-químico para a remoção de parte da coloração do efluente. Outro processo diferenciado em termos de efluente têxteis, e único no Brasil, foi implantado na unidade IBB-07, em que se optou pelo “*Deep Shaft*” (poço profundo) como tratamento biológico. Também inovando no processo de tratamento do lodo têxtil, a IBB-10 introduziu a inertização do lodo através da mistura de cal, argila e cimento ao lodo têxtil (químico e biológico).

Em Portugal a pesquisa detectou diversas unidades (STETs) com processos diferenciados, a seguir relacionados: a IPM-01 optou no físico-químico pela flotação e no biológico por filtro aeróbio de fluxo descentente, com a finalidade de se ter um STET compacto. As IPMs-02 e 15 optaram pela ozonização como processo de polimento e descoloração dos efluentes. A IPM-03 reaproveita entre 50 e 60% do efluente tratado graças ao processo de separação de resíduos por ultrafiltração e osmose reversa. A unidade IPM-10 é uma empresa aderente ao SIDVA, mas mesmo assim dispõe de processos diferenciados, como a recuperação de soda cáustica por evaporadores e a neutralização do efluente bruto por meio do reaproveitamento dos gases de combustão (fumaça). Outra unidade aderente ao SIDVA com processo diferenciado é a IPM-14, que recupera mais de 80% da goma utilizada no processo industrial, e assim minimiza a carga orgânica enviada ao SIDVA. Entre todas as unidades pesquisadas em Portugal, apenas a IPC-02 optou pelo processo biológico de valo de oxidação “carrossel”. Tem-se finalmente a IPM-12, que segrega o efluente das últimas lavagens do acabamento através da metodologia que relaciona a cor com a condutividade do efluente.

Na Espanha foram encontrados processos diferenciados nas três unidades pesquisadas, como se segue: na IEB-01 optou-se por um processo biológico de lodos ativados denominado de “bioflotação”, em que a aeração é por “*venturi*” e o lodo biológico flota no tanque de aeração. Neste STET o efluente tratado (biológico e físico-químico) passa por polimento em um filtro de areia com objetivo de recuperar

cerca de 20% do efluente tratado. Nas unidades IEBs-01 e 02 o lodo têxtil (químico e biológico) passa por processo de secagem, sendo que nesta última se utiliza o gás natural como combustível para a secagem. Em relação a problemas gasosos, somente na Espanha se encontrou, nas unidades IEBs-02 e 03, processo de eliminação de compostos orgânicos voláteis (VOCs) através de filtros eletrostáticos. Na unidade IEB-03 se recuperam em torno de 30% do efluente tratado por processo biológico de valo de oxidação e posteriormente por processo de separação de resíduos em membranas do tipo de ultrafiltração e osmose reversa.

Em resumo, a pesquisa detectou diversos processos diferenciados sendo usados nos STETs, os quais, segundo as informações obtidas, apresentam bom desempenho; assim, tais processos devem ser vistos pelos projetistas como alternativas de minimização dos impactos ambientais têxteis.

6.4.7.9 Serviços de projetos de STETs

Na região de São Paulo, os serviços de projetos de STETs são dominados quase exclusivamente por uma única empresa de projetos. Ela tem em seu currículo mais de uma centena de STETs projetados e distribuídos por todas as regiões do Brasil. Inicialmente trabalhava somente com projetos, porém a partir de meados da década de 1990 passou a oferecer o sistema *“turn-key”* e também o serviço de manutenção e operação dos STETs de forma tercerizada. O perfil básico dos STETs projetados por esta empresa são os tratamentos biológicos e aqueles feitos através de lodos ativados com aeração prolongada. Desenvolve programa para redução do lodo biológico através da otimização da degradação por meio de adição de ácido fólico.

Diferentemente da região analisada anteriormente, em Blumenau os serviços de projetos de STETs já executados estão distribuídos entre várias empresas. Por exemplo, as IEBs-01 e 05 tiveram seus projetos originais desenvolvidos por empresas nacionais, mas no início da década de 2000 optaram por uma empresa estrangeira (italiana). A decisão está associada à opção pelo valo de oxidação *“carrossel”* como forma de tratamento biológico (baixo teor de geração de lodo). Em meados da década de 1980, quando na região começaram a ser implantados os primeiros STETs, surgiu uma empresa de projetos especialista em efluentes têxteis.

Na época desenvolveu diversos projetos baseados no perfil de tratamento físico-químico, porém ao longo do tempo acabou por encerrar as atividades. Outro caso interessante ocorreu na IBB-09, a qual, em função da indisponibilidade de espaço, exigia um STET extremamente compacto, e nenhuma empresa de projeto se dispôs a assumir a responsabilidade por sua montagem. Assim a empresa formou o seu próprio grupo de projetistas e desenvolveu o projeto. Semelhantemente ao caso anterior, a IBB-10 (aterro industrial) acabou desenvolvendo o projeto e o Eia-rama com um grupo de profissionais existente na própria empresa. No caso da IBB-07 o projeto também foi desenvolvido por uma empresa de projetos da região que foi arrojada em optar no biológico pelo “*Deep Shaft*” (poço profundo). A pesquisa identificou que nessa região as empresas evitam a execução dos STETs por meio do sistema “*turn-Key*”, preferem elas mesmas executarem o projeto proposto.

Em Portugal, mais precisamente na região do Minho, as unidades do SIDVA foram projetadas por meio de concorrência pública entre as maiores empresas de projetos da Europa. Quanto às demais unidades pesquisadas, foram em geral projetadas por duas ou três empresas locais que dominam este mercado pela experiência e o conhecimento com os empresários. Em geral estas empresas oferecem serviços de projeto, venda e montagem dos equipamentos. Porém, segundo informações obtidas dos projetistas, os empresários, na maioria das vezes, preferem o sistema “*turn-key*”. Na região de Covilhã não se identificaram empresas de projetos, tanto que nas duas unidades pesquisadas os projetos foram desenvolvidos por empresas estrangeiras.

Na Espanha, percebeu-se que a tendência nas unidades pesquisadas foi optar por empresas de projeto italianas. Por outro lado assessorias ambientais locais ficaram encarregadas de definir e implementar “*upgrade*” com o objetivo de melhorar a *performance* das unidades já em operação.

O que se percebeu através da pesquisa é que os serviços de projetos acabam sendo definidos pela cultura empresarial da região. No Brasil as grandes empresas optam pelas projetistas com renome e experiência comprovada. Na região de Blumenau existem algumas que constituem exceção. Em Portugal, com exceção das grandes unidades, as soluções são dadas pelos projetistas da região. Na Espanha os dados obtidos são insuficientes para definir uma tendência dos projetos.

“Ambiente limpo não é o que mais se limpa
e sim o que menos se suja”.
Chico Xavier (1910 – 2002)

Esta seção apresenta a análise da situação global de gestão dos tratamentos dos efluentes têxteis nos cinco cenários em que foi aplicada a pesquisa. Também como resultado final mostra o comportamento dos diagramas de força de cada cenário e, através de uma comparação subjetiva entre eles, destaca as principais diferenças em termos de gestão ambiental e apresenta um cenário hipoteticamente ideal.

7 ANÁLISE GLOBAL EM LINGUAGEM SISTÊMICA

Busca-se através da análise global a compreensão de qual deva ser o melhor modelo para gerenciar as questões ambientais relacionadas com os efluentes das indústrias têxteis no âmbito dos ambientes pesquisados.

7.1 Situação dos cenários pesquisados

Considerando os cenários pesquisados - Americana (SP-Brasil), Blumenau (SC-Brasil), Minho (Portugal), Covilhã (Portugal) e Barcelona (Espanha), nos tópicos a seguir se produzirá uma análise macroambiental baseada em diagramas de forças com linguagem sistêmica para cada cenário, tendo como foco central as questões dos efluentes têxteis.

7.1.1 Região de Americana (SP-Brasil)

Essa região faz parte de um dos centros de maior atividade industrial do Brasil; porém, apesar de o pólo têxtil de tecidos planos ali instalado ser o maior da América Latina, a indústria têxtil não é atividade que mais desperta a preocupação dos órgãos ambientais em termos de impactos poluidores. Outro fator que minimiza os impactos é a bacia hidrográfica ter uma grande dimensão e ser formada por muitos rios, pois assim as unidades industriais têxteis estão bem distribuídas por toda a bacia.

A título de informação, em 2004 o município de Americana já era atendido em 95% de suas necessidade de rede de esgoto (770 km) e 85% do volume eram coletados e tratados (PMA-2004). Considerando-se a informação anterior, pode-se considerar que o poder público está fazendo a sua parte em relação ao saneamento básico, logo é lícito esperar que também exija o mesmo das indústrias da região. A figura 7.01 apresenta alguns dados básicos das indústrias têxteis pesquisadas na região.

Unidade	Artigos	STET- básico	Capacidade	Investimento	Área	Custo oper.
IBA-01	Tecido plano	Biológico	130m ³ /hora	U\$ 1.000.000	5.000m ²	R\$ 1,55/m ³
IBA-02	Tecido plano	Biológico	60m ³ /hora	U\$ 3.000.000	3.000m ²	R\$ 1,20/m ³
IBA-03	Tecido plano	Biológico	80m ³ /hora	U\$ 2.000.000	10.000m ²	R\$ 0,50/m ³
IBA-04	Tecido especial	Biológico	10m ³ /hora	U\$ 500.000	500m ²	R\$ 3,00/m ³

Figura 7.01 - Dados básicos das unidades pesquisadas na região de Americana.

Fonte: Primária

Através dos dados da figura 7.01 se pode afirmar que para as indústrias têxteis da região de Americana os valores dos investimentos não estão diretamente relacionados com a capacidade de tratamento do STET, como também não se podem relacionar os custos operacionais com o volume de efluente tratado. O que nestes casos realmente interfere diretamente nos investimentos e custos operacionais são os processos e os sistemas auxiliares (recuperação de subprodutos e uso de CO₂ puro e O₂ líquido).

Considerando-se o propósito do tópico em desenvolvimento, que é a análise dos cenários por meio de diagramas de força utilizando a linguagem sistêmica, fazem-se necessárias algumas pequenas reminiscências em relação à convenção utilizada no método. Por exemplo, sempre se considera o “aumento” do elemento de origem em relação ao elemento de destino, cuja conseqüência é definida pela simbologia “+” ou “-“. O símbolo “//” representa um retardo de tempo para que a ação surta os efeitos desejados. As linhas “cheias” indicam ações diretas, enquanto as “tracejadas” representam ações indiretas. As cores das linhas indicam a situação de tempo; por exemplo, o verde indica que a ação já ocorre naquele cenário, o vermelho indica que ação é muito restrita ou mesmo não existe, e finalmente, a linha azul indica que a ação ocorre muito lentamente, e, por conseqüência, também o efeito desejado.

Então, considerando-se as regras de linguagem sistêmica lembradas, a figura 7.02 foi construída a partir da inter-relação entre todos os atores que influenciam significativamente as relações ambientais presentes no cenário do pólo de Americana - SP.

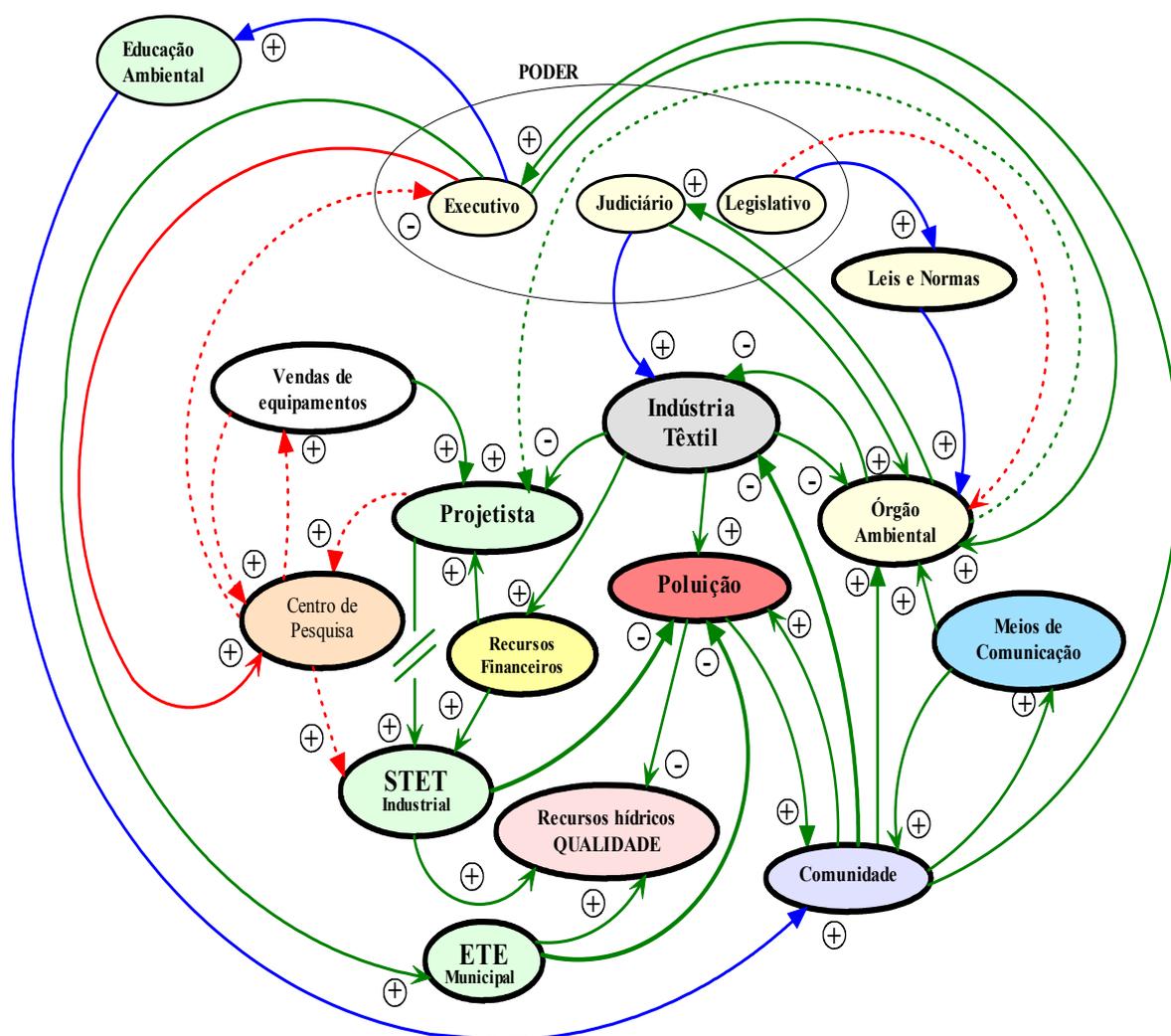


Figura 7.02 – Diagrama de força ambiental (DFA) – região de Americana - SP.
Fonte: Primária – metodologia sistêmica.

A análise do DFA da figura 7.02, que se configura a seguir, concentra-se somente nos principais atores envolvidos no cenário em estudo. Desta forma, os destaques ficam para os elementos: indústrias têxteis, poluição, STETs, comunidade, educação ambiental, poderes constituídos, órgãos ambientais e projetistas.

Indústria têxtil – Americana - SP

Conclui-se que nesta região as indústrias têxteis têm influência direta sobre os problemas ambientais, porque o grupo de empresas têxteis é formado por grandes complexos industriais e detém um grande poder impactante em termos de carga orgânica. As indústrias têxteis têm origem em grandes grupos empresariais, os quais exigem que suas unidades tenham responsabilidade ambiental; porém os custos de tais atitudes não podem comprometer a estabilidade financeira da empresa. Mediante uma análise realista, pode-se afirmar que as empresas é que não querem sua imagem maculada por alguma irregularidade ambiental, e assim implantam o STET para cumprir plenamente a legislação ambiental.

Em termos de DFA, as indústrias têxteis primeiramente geram “poluição” – carga orgânica – que é a causa primaz da análise. Na sequência recebe pressão da comunidade, dos órgãos ambientais e, em última instância, do judiciário (promotoria do ambiente). Pode-se afirmar que a pressão da comunidade é significativa, porém o que mais pressiona as indústrias são os órgãos ambientais. A reação à situação é uma pressão junto aos projetistas para projetar um excelente STET, que utilize a menor quantidade de recursos possível e que, quando em operação, também apresente baixos custos. Nessa região a maioria das indústrias têxteis dispõe de STET próprio, de tal forma que é sobre elas que pesa a responsabilidade pelo impacto ambiental, tornando-se os atores principais em termos de ação e reação no âmbito do DFA para a região de Americana.

Poluição – Americana - SP

Em se tratando de indústrias têxteis de acabamento para tecidos planos, cuja carga orgânica pode ser considerada elevada, e considerando-se que a formação do grupo deste tipo de indústria é constituída de unidades de grande porte, pode-se afirmar que o impacto ambiental produzido pelos efluentes líquidos têxteis na região seria muito grande, caso não houvesse os STETs. As grandes unidades são monitoradas e constantemente fiscalizadas; o problema são as pequenas unidades, que, em muitos dos casos, iniciam suas atividades na clandestinidade e sem os devidos comprometimentos com o controle ambiental.

Quanto à análise efetiva do elemento “poluição” no DFA, pode-se dizer que a sua origem ou incremento está nas indústrias e na comunidade. O diferencial entre as duas fontes é que a comunidade gera impactos de forma consciente ou inconsciente, dependendo das condições sociais a que esteja submetida, enquanto o impacto gerado pelas indústrias é sempre consciente. A consequência do incremento da poluição está expressa por duas reações. A primeira é a deterioração da “qualidade dos recursos hídricos”, e na seqüência, a “comunidade” percebe a degradação de sua qualidade de vida e assim reage conforme suas possibilidades. Como ação de balanceamento para a redução da “poluição” se tem o aumento dos sistemas de tratamento de efluentes industriais e sanitários. No caso da região de Americana, tanto os efluentes sanitários (85% de tratamento) quanto os industriais estão sob forte vigilância e em um futuro não muito distante a poluição deve estar em condições de sustentabilidade do sistema.

Comunidade – Americana - SP

Como Americana faz parte da Região Sudeste do Brasil, em que os níveis de renda “*per capita*” e de educação são os mais altos do país, é de se esperar uma comunidade já consciente de suas responsabilidades ambientais. Em termos de sociedade organizada para os assuntos ambientais se tem o exemplo da região, que se tornou a primeira a organizar e legalizar o comitê de bacia no Brasil, que foi a do rio Piracicaba. Através da pesquisa obtiveram-se informações que permitem concluir que a comunidade regional é ciente de todos os seus direitos e deveres em relação às questões ambientais.

Na DFA, a comunidade é despertada – por que não dizer “cutucada”? - pela dimensão da poluição que se instala, cuja sensibilidade está sendo aguçada pela educação ambiental. A reação da comunidade ocorre em três frentes. A primeira, em geral, pressiona a própria fonte de poluição (indústria); a segunda denunciar o agente causador do impacto aos órgãos de fiscalização e a última, aciona os meios de comunicação como forma de alertar toda comunidade e aumentar a pressão sobre a fonte de poluição e o órgão fiscalizador.

Órgão ambiental – Americana - SP

O órgão estadual que atua na região é a Cetesb, que ao longo deste trabalho foi referenciada com um dos órgãos ambientais mais bem-organizados do país. No entanto, também é o mais exigido em termos de número de unidades industriais e pontos de tratamento de efluentes sanitários para serem fiscalizados. A fiscalização é considerada rigorosa pelas empresas que fizeram parte da pesquisa; todavia, segundo eles, não é realizada com freqüência. A estrutura do órgão é insuficiente para atender todo o Estado, ou seja, o número de fiscais é pequeno, o que faz com que muitas indústrias não sejam fiscalizadas. Em geral, as grandes empresas têxteis recebem a visita dos fiscais, pelo princípio de que são as que podem causar maiores danos ao ambiente. Isso remete à conclusão de que o órgão pauta suas ações mais pelo licenciamento, e na fiscalização age mais baseado em denúncias feitas pela comunidade. O objetivo é que em um futuro próximo a fiscalização seja realizada também pelo órgão ambiental do município, mas ainda não é o caso dos municípios em que as unidades pesquisadas estão localizadas.

Quanto ao DFA, o órgão ambiental recebe a pressão quase exclusivamente da “comunidade” e dos “meios de comunicação”, o que o faz agir diretamente sobre as unidades poluidoras, que são as indústrias. Em muitos casos é pressionado pelo próprio poluidor e algumas vezes até pelos “poderes constituídos” (legislativo e executivo). Fique registrado que a pesquisa não identificou este tipo de ação nessa região. Também é importante ressaltar a interação que deve existir entre o “órgão fiscalizador” e a promotoria de defesa ambiental (“judiciário”), com o objetivo de fazer cumprir a lei o mais rapidamente possível.

Poderes – Americana - SP

Como a legislação ambiental já está consolidada, a posição do “Executivo” e do “Judiciário” é mais pelo cumprimento da lei, embora não se vejam, da parte do “Executivo” estadual, grandes investimentos na estrutura dos órgãos ambientais, e sim, uma iniciativa de passar parte da responsabilidade da fiscalização para os municípios. O saneamento básico, nesta região, já atende mais de 85% da população, o que se pode considerar, em termos de Brasil, um excelente índice.

A “educação ambiental” é um instrumento de que os “poderes constituídos” estão fazendo uso para conscientizar a comunidade e assim ajudar na melhoria das condições do ambiente. No tocante à relação entre os poderes (executivo, legislativo e judiciário), a pesquisa não coletou dados suficientes para uma análise mais aprimorada. Em relação ao judiciário, o problema é crônico no nível das decisões finais, mas o que se tem a destacar é a ação da promotoria de defesa ambiental, que está em elevada sintonia com os órgãos ambientais e está obtendo resultados significativos em termos de reparação de danos causados ao ambiente.

No DFA o “poder público” é pouco sensível a pressões, pois o único elemento capaz desta façanha é a comunidade, e ainda quando está organizada. Nas demais situações, a iniciativa deve partir de um dos “poderes constituídos”, e o que se destaca nessa região é o saneamento básico, que em muito também está contribuindo para a despoluição do ambiente na região.

Projetistas – Americana - SP

Conforme já mencionado, os projetos de STET, em geral, são desenvolvidos por uma única empresa, o que faz com que a maioria dos STETs tenham basicamente a mesma concepção. O projetista dessa região atende empresas de grande porte, que ao mesmo tempo desejam ter uma imagem dissociada de qualquer problema ambiental, mas em hipótese alguma abrem mão de um equilíbrio financeiro. O projetista é direcionado para um projeto de STET que não exija investimentos excessivos e cujos custos operacionais estejam entre 0,5 e 1,0 dólar por metro cúbico. O órgão licenciador verifica a viabilidade do STET antes da implementação, e na seqüência exige o cumprimento dos parâmetros de despejo, o que gera uma responsabilidade técnica em relação ao projeto. Somente uma modificação significativa nos parâmetros de despejo exigidos pela legislação produzirá alguma modificação na concepção dos projetos de STET desta região.

Na análise do DFA, o “projetista” recebe influência direta apenas da “indústria”, associada à disponibilidade dos “recursos financeiros”.. Estes dois elementos têm ação direta sobre a concepção do STET. Talvez seja o único caso dentro do DFA que receba uma ação positiva e negativa ao mesmo tempo, pois o elemento

“indústria” exige do projetista o melhor “STET” pelo menor investimento, além do menor custo operacional. Outra influência que pode ser forte sobre os “projetistas” é a dos vendedores de equipamentos, que pressionam pela concretização de negócios. Se o “projetista” não tomar cuidado, pode comprometer a eficiência do “STET”. Toda essa pressão tem um único resultado: o projeto do STET, cuja responsabilidade é gerar um sistema capaz de atender às exigências da legislação ambiental pelo melhor custo/benefício possível.

STETs – Americana - SP

Conforme também mencionado, na região de Americana a maioria dos “STETs” apresentam uma concepção básica, ou seja, tratamento biológico com aeração prolongada, com variantes em termos de tecnologias de recuperação de subprodutos. A remoção de cor não é o foco predominante nos STETs. Em resumo, são unidades simples, que atendem à legislação ambiental através de investimentos e custos operacionais dentro das expectativas dos industriais.

No DFA o “STET” é fruto da percepção e experiência do “projetista”, cuja responsabilidade é reduzir a carga poluidora e conseqüentemente melhorar a qualidade dos recursos hídricos. O maior limitante no sistema são os recursos financeiros, tanto que neste cenário não se constatou nenhuma aplicação efetiva em “STETs” de tecnologias avançadas, pois elas exigem investimentos elevados.

Qualidade dos recursos hídricos – Americana - SP

Nessa região a diversidade de atividades industriais é muito grande, conseqüentemente os impactos ambientais a que os recursos hídricos estão sujeitos também são grandes. Entretanto, ao longo dos últimos 15 (quinze) anos, principalmente depois da instalação do comitê de bacia do rio Piracicaba, a qualidade das águas da região melhorou muito. É evidente que os méritos desta conquista devem ser divididos também com a sociedade organizada, os órgãos ambientais, a comunidade e os próprios poluidores, que se empenharam em minimizar os impactos gerados.

Em termos de DFA, fica evidente que a qualidade dos recursos hídricos é influenciada positivamente pelo aumento do número de “STETs” e “ETEs”, assim como pela eficiência destes sistemas; por outro lado, ela se deteriora pelo aumento da poluição. Para este cenário, pode-se afirmar que a qualidade das águas está melhorando, e o trabalho - tanto com as indústrias como em relação ao saneamento básico da população - deve continuar.

7.1.2 Região de Blumenau (SC-Brasil)

A região de Blumenau se destaca como um dos maiores pólos têxteis de malhas e tecidos de cama, mesa e banho da América Latina. Pode-se afirmar que a história da região se confunde com a própria história da indústria têxtil no Brasil. Em termos de ambiente, deve-se destacar que Blumenau foi uma das primeiras cidades brasileiras a criar uma fundação municipal para gerenciar os problemas ambientais, além de a cultura existente na região ser pela valorização e respeito ao ambiente. Tanto isto é verdade que a cidade se caracteriza por uma intensa vegetação no meio urbano (parques florestais). A legislação ambiental municipal é mais rigorosa que a do próprio Estado, assim como também é rigorosa a fiscalização das indústrias, em especial as têxteis, cujo efluente pode colorir o corpo receptor.

O que se deve lamentar é a falta de saneamento básico. É quase inacreditável que uma cidade do porte de Blumenau, como mais de 150 anos, tenha apenas 3% da população servida por rede de esgoto. Os restantes 97% da população usam fossas sépticas ou despejam o esgoto no rio Itajaí-açu, conforme mostra a figura 7.03.



Figura 7.03 – Rio Itajaí-açu, perímetro urbano Blumenau – Área poluída.

Fonte: Primária.

A figura 7.03 mostra uma situação pitoresca: dois cidadãos blumenauenses tentando a todo o custo pescar sobre a mancha de esgoto sanitário. Os dados da pesquisa indicam que naquele dia eles não foram felizes na pescaria; e pelo que se sabe, se continuarem a pescar naquele ponto, ainda vai um bom tempo para serem felizes. Brincadeira à parte, a figura 7.03 mostra uma situação muito triste, pois é lamentável que o poder público, ao longo de tantos anos, não tenha feito nada em termos de saneamento básico. Louvável nesta situação é a posição das indústrias têxteis, que, mesmo diante da irresponsabilidade do poder público (executivo), acabam fazendo a sua parte. A figura 7.04 apresenta alguns dados básicos das indústrias têxteis pesquisadas nessa região.

Unidade	Artigos	(*)STET básico	Remoção de cor	Capacidade (m ³ /hora)	Investimento U\$ - dólares	Área m ²	Custo oper. R\$ - reais
IBB-01	Malharia	2	Sim	230	1.000.000	5.000	1,10/m ³
IBB-02	Artigo do lar	2	Sim	300	3.000.000	3.000	0,75/m ³
IBB-03	Malharia	3	Sim	300	2.000.000	10.000	1,20/m ³
IBB-04	Malharia	3	Sim	150	2.000.000	3.000	0,98/m ³
IBB-05	Artigo do lar	3	Sim	200	6.000.000	5.000	0,70/m ³
IBB-06	Malharia	3	Sim	200	3.000.000	5.000	1,50/m ³
IBB-07	STET integrada	3	Sim	930	24.000.000	34.000	(***)2,20/m ³
IBB-08	Artigo do lar	3	Sim	200	5.000.000	70.000	1,20/m ³
IBB-09	Artigo do lar	2	Sim	280	6.000.000	500	1,20/m ³
IBB-10	Aterro industrial	-o-	Não	(**)2.500.000	4.000.000	180.000	200,00/m ³

Figura 7.04 - Dados básicos das unidades pesquisadas na região de Blumenau

Fonte: Primário

Obs.: - (1) biológico, (2) biológico c/ físico-químico junto; (3) : biológico c/ físico-químico separado.

Obs.: - Capacidade do aterro industrial em m³, cujo montante atende 15 anos de vida útil.

Obs.: - O valor estimado que a unidade cobra de seus clientes, portanto não é custo operacional.

Pelos dados da figura 7.04, pode-se afirmar que nas indústrias têxteis da região de Blumenau os valores de investimentos nos STETs não são diretamente proporcionais à capacidade de tratamento, como também não se podem relacionar os custos operacionais com o volume de efluente tratado. Em relação aos custos operacionais, com exceção das IBBs-07 e 10, que são casos à parte nessa região, as demais apresentam custos entre 0,7 e 1,5 reais por metro cúbico, variando em função de pequenos detalhes nos processos presentes nos STETs.

Indústria têxtil – Blumenau - SC

A indústria têxtil na região de Blumenau representa uma das atividades de maior destaque, tanto do ponto de vista econômico quanto social. Tudo que altera a rotina desta atividade acaba também por influenciar toda a comunidade. Em função de a atividade ser formada por grandes unidades industriais, em geral de origem familiar e descendência européia, é muito forte a influência da cultura ambiental destes povos nas questões que envolvem o ambiente nessas indústrias. A preocupação com o ambiente surgiu na década de 1980 e se intensificou na década seguinte. São empresas que dão valor à imagem ambiental, tanto que varias delas têm implantado o SGA e a certificação ISO 14.001. Mesmo com este envolvimento ambiental, são extremamente pressionadas pela comunidade e os órgãos ambientais.

Poluição – Blumenau - SC

As cargas poluidoras geradas por indústrias de acabamento de malhas e artigos do lar não são muito elevadas. A poluição visual talvez seja o problema que mais incomoda a população da região, tanto que a legislação da cidade de Blumenau exige a total remoção de cor do efluente, e nesta situação em geral a eliminação do corante se dá por tratamento físico-químico e com geração de lodo químico. Este último elemento precisa de disposição em aterro industrial, e por melhor que seja a unidade de acondicionamento, é sempre um passivo ambiental permanente.

Comunidade – Blumenau - SC

A comunidade da região de Blumenau é de origem européia, e sua cultura ambiental está alicerçada em conceitos de responsabilidade ambiental, pois seus descendentes já viram em suas pátrias de origem a destruição da natureza e suas consequências. Assim a comunidade é extremamente ativa em relação aos problemas ambientais, tanto que diante de qualquer indício de poluição se mobiliza e reclama junto aos “órgãos ambientais” e à “mídia”. Através de reivindicações a comunidade já conquistou melhorias de qualidade de vida, o que é de estranhar é a apatia dessa comunidade em relação ao seu direito de saneamento básico.

Medidas mitigadoras – Blumenau - SC

Na pesquisa se conseguiu identificar diversas ações mitigadoras implementadas pelas indústrias geradoras de impacto ambiental. Muitas das indústrias são proprietárias de grandes parques florestais em pleno perímetro urbano, e desenvolvem ações que envolvem a comunidade nas questões ambientais e até mesmo contribuem financeiramente para a solução dos problemas. O exemplo marcante é criação de Centro Cultural na Vila Itopava, como forma de compensação por eventuais incômodos gerados pelo aterro industrial instalado naquele local.

Poderes – Blumenau - SC

Em relação às indústrias, de forma geral, os três poderes constituídos têm se mostrado perfeitamente ajustados, tanto em termos de legislação quanto de fiscalização e penalização. A ressalva que se faz diz respeito ao “poder executivo”, que não fez a sua parte em relação ao saneamento básico, que praticamente não existe na região. Fica também a crítica ao “poder judiciário”, que se omite de fazer valer a lei, tanto de caráter social quanto ambiental, em relação à falta de saneamento básico. Sem qualquer intenção de sarcasmo, pode-se dizer que é uma vergonha para uma região tão rica estar em uma situação como esta.

Órgãos ambientais (estaduais e municipais) – Blumenau - SC

A *Fundação do Meio Ambiente* e a Polícia Ambiental, órgãos estaduais, o primeiro licenciando e fiscalizando e o segundo somente fiscalizando, são os únicos a atuar no setor ambiental em Santa Catarina. Agem com o rigor da lei ambiental, apesar do pequeno número de técnicos e agentes ambientais disponíveis nos dois órgãos.

No município de Blumenau, o órgão ambiental estadual e a polícia ambiental são auxiliados pelo órgão ambiental municipal, que já executa licenciamento de algumas atividades menores e fiscaliza com extremo rigor o cumprimento da legislação ambiental municipal. A ressalva que se faz aos três órgãos é a falta de autonomia para exigir do executivo o cumprimento da lei em relação ao saneamento básico.

Projetistas – Blumenau - SC

Como são muitos os STETs existentes na região, também existem muitos projetistas atuando, e, diferentemente da região de Americana, não existe a predominância de uma só empresa. No passado essa predominância já existiu, porém, segundo dados da pesquisa, a experiência parece não ter sido das melhores, tanto que a empresa de projetos acabou encerrando suas atividades. Atualmente a diversidade é tanta que existem até projetos desenvolvidos por empresas italianas.

A pressão que é submetido os projetistas que atuam nessa região é no sentido de encontrarem um processo que elimine a coloração do efluente com baixa geração de lodo - ou, quiçá, sem geração de lodo, o que seria melhor ainda - e isso tudo por um custo acessível, tanto de investimento quanto operacional. Parece que esta solução mágica ainda não apareceu; pelo menos a pesquisa não conseguiu identificá-la.

STETs – Blumenau - SC

Os STETs dependem diretamente do perfil do projetista, mas também estão muito relacionados com a concepção dos que já estão instalados, operam dentro da normalidade e atendem à legislação ambiental. Os recursos financeiros disponíveis para investimento e operação também são fundamentais na definição do STET. A partir de meados da década de 1990 a concepção mais empregada foi o tratamento biológico com físico-químico em conjunto. Com o rigor da legislação no município de Blumenau, as unidades que operam nessa localidade precisaram separar o físico-químico do biológico e colocá-lo com um tratamento terciário para atuar exclusivamente na remoção de cor. A diversificação dos projetos acaba sendo em relação à adequação do lodo químico e biológico para a disposição final. Também é importante o crescimento do uso do CO₂ e O₂ puro nos STETs dessa região.

Qualidade dos recursos hídricos – Blumenau - SC

O rio principal da bacia, o Itajaí-açu, apesar de receber uma quantidade excessiva de esgoto sanitário sem qualquer tipo de tratamento, como pode ser visto através da figura 7.02, em seu aspecto físico resiste aos impactos, por ser um rio com um bom volume de água e as indústrias nos últimos 15 anos terem reduzido em muito a

poluição através de STETs próprios. O problema maior se encontra nos rios afluentes do Itajaí-açu, que, possuindo pequenas vazões, não suportam as cargas orgânicas excessivas, as quais exaurem o oxigênio dissolvido, que é vital para os organismos aeróbios. No atual momento, a recuperação da bacia do Itajaí-açu passa pelo saneamento básico – tratamento do esgoto sanitário.

DFA – Brusque – Sc - Brasil

Conforme citado no início deste tópico 7.1.2, a DFA da região de Blumenau em muito se assemelha à da região de Americana. Isto se deve ao fato de as estruturas básicas, como legislação, forma de tratamento e consciência ecológica, fazem parte de uma federação chamada “Brasil”. Contudo, a pesquisa identificou que para um DFA em relação à cidade de Brusque, que também faz parte da região de Blumenau, surgiu um diferencial significativo entre os elementos “STET” e “indústria têxtil”.

Em Brusque se concentra um contingente grande de indústrias têxteis vocacionadas para os tecidos planos. Até o início da década de 1990 as indústrias pouco haviam se empenhado em minimizar os impactos ambientais. Nessa época as empresas receberam um prazo para se adequarem à legislação ambiental. Todas precisavam instalar STETs, assim surgiu na cidade um grupo empresarial que implantou uma estação de tratamento para atender a todas as indústrias e também parte do esgoto sanitário da cidade. Esta estação começou a operar em 1996, e os problemas ambientais gerados pelas indústrias, principalmente as têxteis, em muito foram minimizados. O mesmo não ocorreu em relação ao esgoto sanitário, pois, apesar de possuir 20% de residências atendidas por rede de esgoto, o efetivo tratamento não se concretizou por problemas políticos. Na maioria das residências se faz uso de fossas sépticas, mas, através de constatação visual no rio Itajaí-mirim, percebeu-se que existem muitos pontos de despejo direto de esgoto sanitário. O que é deplorável nesta situação é que existe uma parte da rede de esgoto implantada, assim como a estação de tratamento implementada pela iniciativa privada tem condições de tratar este esgoto. Esta opera com apenas 30% de sua capacidade instalada, e mesmo assim o esgoto é jogado diretamente no Itajaí-mirim. Em resumo, falta boa vontade do poder público (executivo) para resolver pelo menos parte do problema.

Na figura 7.06 é mostrado o diagrama de força para o pólo têxtil da cidade de Brusque (Vale do Itajaí).

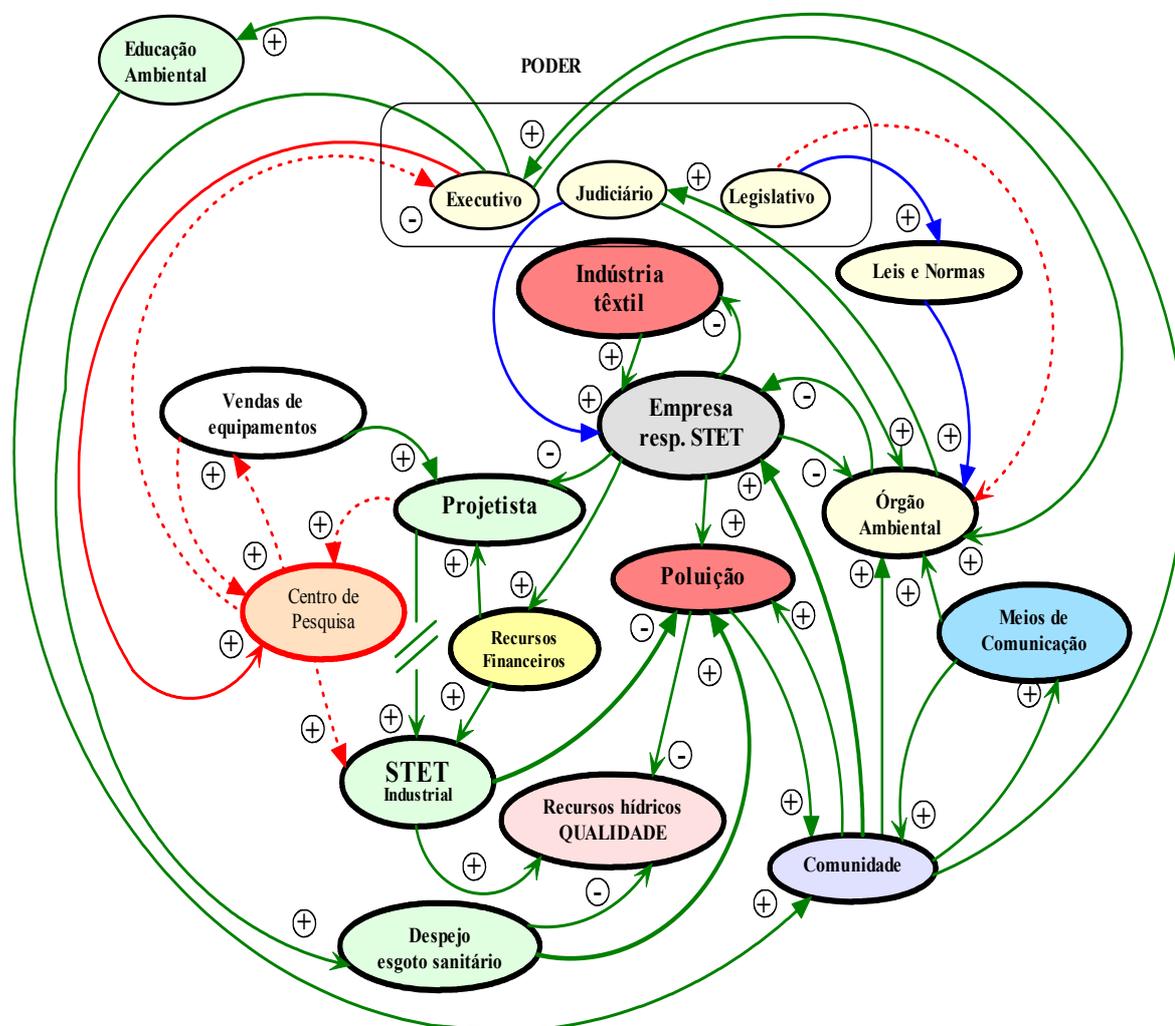


Figura 7.06 – Diagrama de força ambiental (DFA) – cidade de Brusque - SC.
Fonte: Primária – metodologia sistêmica.

Comparando-se as figuras 7.05 e 7.06 percebe-se que o DFA de Brusque se diferencia do DFA da região de Blumenau em dois pontos básicos. O primeiro é que a pressão da comunidade sobre o poluidor “indústria” passa agora a ser exercida sobre a empresa responsável pelo sistema de tratamento integrado. O segundo ponto é que, como as indústrias passam a ser o cliente, também passam a pressionar o responsável pelo tratamento para que execute o melhor serviço possível. São diferenças básicas muito importantes para a análise do contexto global da influência das cargas poluidoras sobre o cenário em questão.

Indústria têxtil – Brusque - SC

Diferentemente de outras localidades brasileiras, em Brusque as indústrias têm a opção de executar o próprio tratamento ou terceirizá-lo para a unidade de tratamento integrado. Comparando-se os valores cobrados pela unidade integrada, que é de cerca de R\$ 2,20 reais por metro cúbico tratado, e os valores dos custos nos STETs das indústrias pesquisadas, cujos valores oscilam entre 0,70 e 1,50 reais (sem depreciação sistema), pode-se considerar que a diferença não é muito significativa quanto se pensa na ausência de investimentos para um STET. Outro fato relevante é que a unidade integrada opera com apenas 30% da capacidade instalada. No caso de um melhor aproveitamento da capacidade ociosa, é muito provável que os preços possam ser reduzidos em função da otimização do sistema.

No caso do DFA, o grande diferencial é que as indústrias deixam de ser pressionadas pela comunidade por causa de sua poluição e elas é que passam a cobrar da empresa responsável pelo sistema integrado a eficiência no tratamento dos efluentes industriais, porque pagam pelo tratamento e por isso têm direito de exigir.

Poluição – Brusque - SC

Quanto à poluição gerada pelas indústrias têxteis ligadas ao sistema integrado, pode-se afirmar que foi eliminada. É muito provável que as industriais ligadas ao sistema também acabaram por reduzir o consumo específico de água, e assim, tanto pela redução do volume de efluente quanto pelo tratamento, diminuíram sensivelmente os impactos ambientais gerados.

Comunidade – Brusque - SC

Como se teve apenas uma unidade pesquisada nessa cidade, através da pesquisa não foi possível traçar o perfil global da comunidade, assim como em Blumenau era de esperar que a “comunidade” fosse mais participativa em relação aos “poderes constituídos” na questão da minimização dos impactos dos esgotos sanitários.

Poderes – Brusque - SC

O poder público teve e continua tendo a oportunidade de reduzir em parte os impactos produzidos pela ausência de saneamento básico, mas infelizmente a solução é aguardar que os governantes se sensibilizem com a questão e possam agir para resolver o problema. O problema poderia ser minimizado caso se fizesse uso da parte da rede de esgoto instalada e da ociosidade do sistema integrado para o tratamento do esgoto sanitário. Persiste a dúvida: porque será que isto não acontece? E a saúde da população não é importante?

Órgãos ambientais (estaduais e municipais) – Brusque - SC

Os órgãos ambientais atuam sem distinção entre a empresa responsável pelo sistema integrado e as indústrias têxteis com STETs próprios. A vantagem para os órgãos é que a fiscalização se torna mais eficaz pelo fato de o tratamento estar concentrado em um só ponto, ao invés mais de dezenas de pontos espalhados por toda a cidade.

Projetistas – Brusque - SC

No caso em questão, se tem apenas a empresa projetista do sistema integrado, a qual juridicamente não existe mais. Deve-se apenas destacar a coragem - verdadeira audácia - dos projetistas que optaram pelo "*Deep Shaft*" (poço profundo) com processo de biológico de uma unidade de tratamento de quase 1.000m³/hora e sem referências de aplicação no Brasil, pois esta unidade foi a primeira a ser instalada no país. Os projetistas tiveram a ajuda técnica da empresa proprietária da patente do sistema.

STETs – Brusque - SC

Em função da crise econômica por que passa o setor têxtil, os problemas de gestão que o projeto enfrentou (dissolução do *joint venture*) e a quebra de compromisso do setor público em disponibilizar parte do tratamento do esgoto sanitário da cidade

para tratamento no sistema fizeram com que a capacidade instalada fosse aproveitada em apenas 30%. Tal condição em muito afeta a eficiência global do sistema. Quanto ao “*Deep Shaft*”, segundo informações obtidas na pesquisa, ele funciona muito bem (eficiência elevada) e de forma estável, apesar das constantes oscilações de carga a que o sistema está sujeito, pois poucas indústrias disponibilizam os efluentes homogeneizados.

Qualidade dos recursos hídricos – Brusque - SC

A qualidade do rio Itajaí-mirim deve ter melhorado significativamente com a entrada em operação do sistema integrado. Apesar de não ser um corpo receptor dos mais volumosos, visualmente não se percebeu durante a pesquisa qualquer sinal de coloração proveniente dos corantes têxteis. Apenas a presença de esgoto sanitário “*in natura*” foi perfeitamente detectada visualmente em alguns pontos da margem do rio, que corta a cidade de Brusque. Espera-se que este problema seja resolvido pelas autoridades constituídas, em especial o executivo.

7.1.3 Região do Minho (Portugal)

Conforme já demonstrado no trabalho, a região do Minho é maior e o principal pólo têxtil de Portugal, abrangendo mais de 80% das indústrias deste setor. Como a região está associada à bacia hidrográfica do rio Minho, é este que sozinho acaba concentrando a maior parte dos despejos gerados pela indústria têxtil, e por isto é fortemente impactado.

O desenvolvimento industrial têxtil da região começou em meados do século XIX. Dessa época até meados da década de 1990 as indústrias pouco ou nada investiram no controle da poluição gerada pelo setor. Somente a partir da entrada de Portugal na CE é que o poder executivo (governo) buscou efetivamente uma solução para o problema ambiental no Minho. A solução encontrada foi um complexo integrado para o tratamento conjunto dos efluentes industriais e sanitários através da implantação do SIDVA (unidades de tratamento e redes coletoras de esgoto e efluentes industriais).

Apesar de ser grandioso e provido das melhores intenções, o projeto do SIDVA deixou a desejar em um dos pontos principais, que foi a implantação das redes coletoras de esgoto sanitário (cidades) e efluentes industriais. Assim, uma parte das indústrias - em especial as têxteis - e algumas cidades não foram atendidas pela rede coletora, e desta forma a poluição continua a afetar, principalmente, os rios Ave e Vizela, como pode ser comprovado através das imagens da figura 7.07, a seguir.



Figura 7.07 – Flagrante de poluição – rios Vizela e Ave – Bacia do Minho.
Fonte: Primária.

Situações como as mostradas através da figura 7.07 são lamentáveis, porque a questão da poluição que ainda persiste na região do Ave decorre de uma pequena área que acabou não sendo contemplada com a rede coleta, pois as estações de tratamento foram concluídas. Diante do atual sistema de gestão ambiental a que a região está submetida, é preciso somente os governantes portugueses fazerem um último esforço para adequar as áreas sem coletores e ampliar os sistemas de tratamento. Em forma de projeto estas questões já se encontram equacionadas, basta então a viabilização dos recursos. Pelas informações obtidas durante a pesquisa, estas situação não deve perdurar por muito tempo.

Com relação às empresas pesquisadas nesta região, na figura 7.08, a seguir, são apresentados de forma condensada alguns dos principais dados de cada um dos STETs envolvidos na pesquisa.

Unidade	Artigos	(*)STET básico	Remoção de cor ^(#)	Capac. (m ³ /hora)	Investimento €\$ - euros	Área m ²	Custo oper €\$ - euros
IPM-01	Malhas	3	1/20	30	420.000	350	0,45
IPM-02	Malhas	4	1/40	60	600.000	3.000	0,15
IPM-03	Tecidos/malhas	5	1/20	25	600.000	7.000	0,20
IPM-04	Linha costura	2	1/40	20	400.000	4.000	0,40
IPM-05	Integrado	3	1/20	1.000	20.000.000	20.000	****0,37
IPM-06	Integrado	2	1/20	1.000	15.000.000	50.000	****0,25
IPM-07	Artigos do lar	1	1/40	65	200.000	2.000	V.N.I
IPM-08	Artigos infantis	6	1/40	40	250.000	3.000	0,11
IPM-09	Malhas	2	1/40	70	250.000	2.000	0,10
IPM-10	Tecidos/malhas	7	SIDVA	120	***900.000	800	0,37
IPM-11	Malhas	7	Desp. direto	30	100.000	3.000	V.N.I
IPM-12	Tecidos/malhas	7	SIDVA	75	***500.000	3.000	*****0,50
IPM-13	Artigos do lar	7	SIDVA	90	100.000	4.000	*****0,52
IPM-14	Artigos do lar	7	SIDVA	80	100.000	10.000	*****0,42
IPM-15	Artigos do lar	**7/4	** Desp. direto	50	750.000	3.000	**0,37/0,20

Figura 7.08 - Dados básicos das unidades pesquisadas na região do Minho.

Fonte: Primário

Obs^{*}: - (1) biológico, (2) biológico c/ físico-químico junto; (3) biológico c/ físico-químico separado; (4) biológico e ozônio; (5) membranas e biológico; (7) pré-tratamento p/ SIDVA;

Obs^{**}: - Unidade em construção – 50% será tratado na indústria e o restante direcionado p/ SIDVA;

Obs^{***}: - Investimentos em tecnologias de recuperação de subprodutos;

Obs^{****}: - Valor que é cobrado das indústrias aderentes ao sistema;

Obs^{*****}: - Somatório do valor pago ao sistema integrado mais custos de pré-tratamento;

Obs[#]: - A legislação considera a ausência de cor após diluição de 1/20 ou 1/40, dependendo situação, V.N.I. – valor não informado.

Com base nas informações contidas no quadro 7.03, podem-se fazer algumas afirmações. Entre as empresas com STET, as concepções dos sistemas são bem heterogêneas. Considerando-se os investimentos em relação à capacidade de tratamento, os valores detectados nas empresas portuguesas são bem superiores ao dos STETs implementados no Brasil. Quanto aos custos, as empresas ligadas ao SIDVA e com pré-tratamento apresentam valores médios de 0,5 euro/m³ tratado, valor muito próximo à média das empresas da região de Blumenau. Entre as demais existem dois grupos: o daquelas bem-organizadas, as quais também apresentam custos próximos aos das que estão ligadas ao SIDVA; e o daquelas com custos em torno da metade do grupo anterior - neste caso os dados são suspeitos de não serem corretos, em função da metodologia de custo utilizada.

Na seqüência é apresentada a figura 7.09, que mostra o DFA montado para a região do Minho, a partir dos dados obtidos na pesquisa, em que se teve como elemento central o SIDVA.

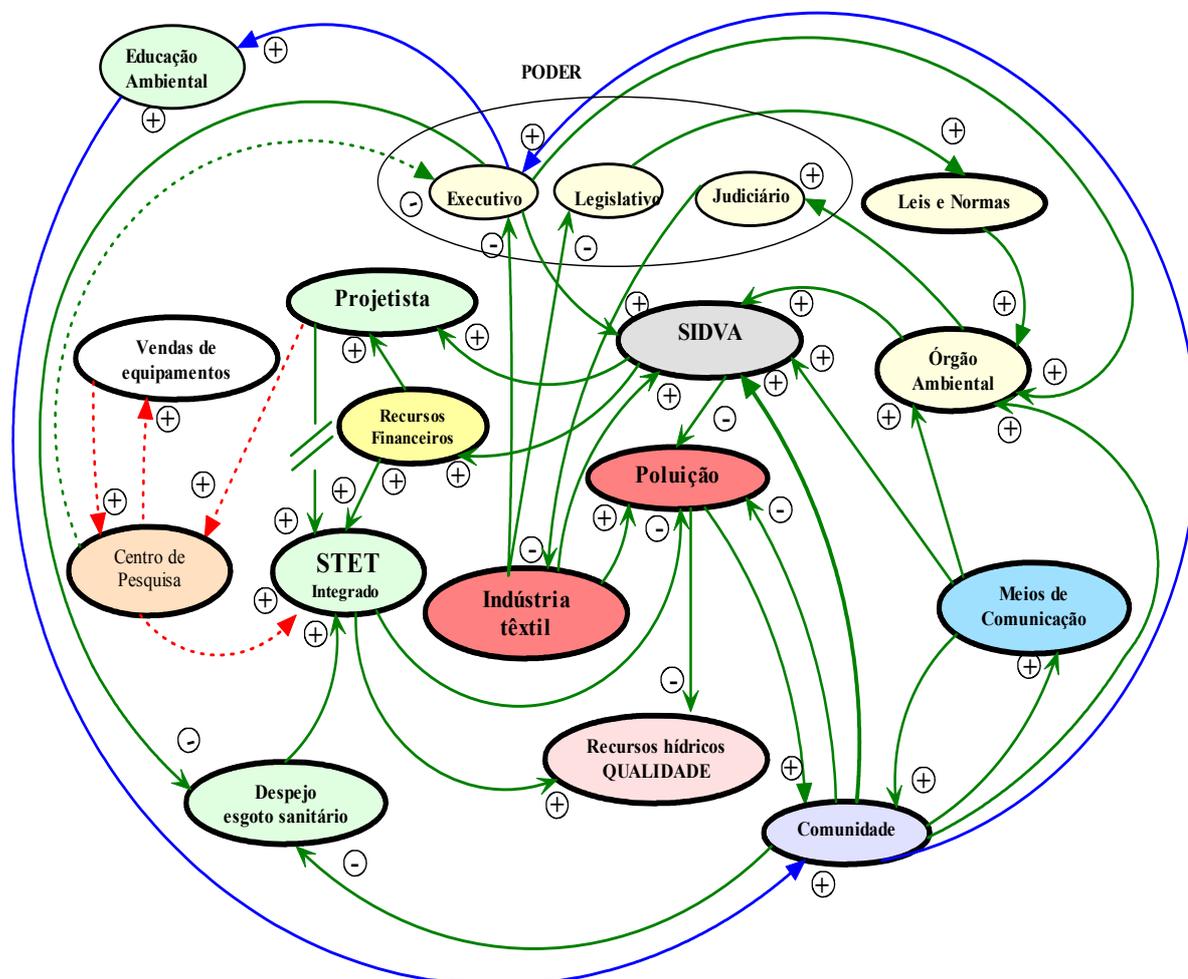


Figura 7.09 - Diagrama de força ambiental (DFA) – SIDVA - região do Minho (PT)
Fonte: Primária – metodologia sistêmica.

O DFA representado na figura 7.09 está centrado no elemento “SIDVA” como o principal responsável pelo tratamento dos efluentes industriais e sanitários da região. Isto se deve ao fato de a comunidade ter associado a empresa gerenciadora do sistema de tratamento com a figura do poder executivo (governo), o que na realidade não é verdadeiro. A proprietária do sistema é uma empresa mista, em que o poder executivo tem participação. O diferencial deste sistema de gestão é que ele exige um significativo volume de investimento, pois o volume de efluentes tratado é muito grande. Através deste sistema a “sociedade organizada”, junto com o governo, assumiu uma responsabilidade grande perante a comunidade e os empresários.

Indústria têxtil – Minho - PT

Muitas das indústrias têxteis ainda existentes no pólo do Minho têm origem centenária, o que indica que suas atividades produtivas foram iniciadas sem a implantação de STET. Este cenário começou a mudar somente a partir de meados da década de 1990, com a implantação dos primeiros STETs nas indústrias com tratamento próprio, e em 1997, com o sistema de tratamento integrado (industrial e sanitário) - SIDVA, que foi financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional - Feder.

Não existe um dado preciso, mas estima-se que mais de 80% das indústrias têxteis da região estejam ligados ao SIDVA. Os 20% restantes estão distribuídos entre as indústrias com STET próprio e as que aguardam a chegada do interceptor do SIDVA para proceder à ligação. Enquanto isso executam apenas um pré-tratamento e fazem o despejo direto dos efluentes nos rios. O decepcionante é o impacto visual, a cor, que estes 20% ainda provocam nos recursos hídricos. As empresas aderentes ao SIDVA reclamam muito do valor cobrado; as demais, as não aderentes, apresentam sempre custos menores que os do SIDVA, mas se deve ressaltar que muitas empresas não utilizam métodos confiáveis de apuração de custos.

Através do DFA percebe-se que o elemento “indústria” é pressionado pelo órgão ambiental apenas para se ligar ao SIDVA. Por outro lado, as indústrias pressionam os poderes públicos e o próprio SIDVA para terem sistemas de tratamento com os menores custos possíveis. Em função dos custos de tratamento pagos ao SIDVA, as indústrias acabam pressionando os centros de pesquisa com o objetivo de ter em seus processos industriais reduções tanto de carga orgânica como de consumo específico de água.

Poluição – Minho - PT

A carga poluidora das indústrias têxteis pode ser dividida em duas partes. A primeira é gerada pelas indústrias aderentes ao SIDVA, que em princípio buscam reduzir ao máximo o consumo de água específico para pagarem menos pelo tratamento, e

conseqüentemente a carga orgânica se torna mais elevada. A outra parte é formada pelas empresas não aderentes ao SIDVA, que não se preocupam em minimizar o consumo específico de água, pois, quanto mais água, mais diluída é a carga orgânica, o que facilita o cumprimento dos parâmetros de despejos estabelecidos pela legislação. A mesma coisa acontece em relação à poluição visual causada pelos corantes. No caso das empresas aderentes, o maior volume de efluente faz com que a intensidade da coloração seja minimizada, e assim é mais fácil o cumprimento do parâmetro de despejo para a cor.

Considerando-se a carga poluidora que os rios da região recebiam antes de 1997, e agora - praticamente 10 anos depois - a situação da região melhorou muito. Pode se afirmar que o impacto já foi minimizado em mais de 70%, com perspectivas de, em um futuro próximo, melhorar ainda mais, com a ampliação do SIDVA.

Comunidade – Minho - PT

A comunidade do Minho, apesar de uma relativa consciência dos seus direitos ambientais, mostra-se com muito pouca capacidade de reação (reclamação e reevidicação) quanto às questões ambientais. Isso em parte se deve ao excessivo tempo demandado para as conquistas existentes, pois, independentemente das opiniões em contrário, o SIDVA em muito contribuiu para minimização dos impactos poluidores existentes na região. Em função de Portugal não ter uma extensão semelhante à do Brasil, percebeu-se durante a pesquisa que as ONGs com foco ambiental acabam por muito contribuir para as discussões dos problemas, e assim ajudam a encontrar soluções sustentáveis.

Segundo dados obtidos junto aos órgãos ambientais, a comunidade portuguesa pouco se organiza para reforçar suas reevidicações ou mesmo reclamações. O que ocorre são reclamações de âmbito pessoal e individual, e em muitos casos as reclamações perdem força junto aos órgãos ambientais, e até mesmo junto à justiça, em caso de litígio. Com a implantação do SIDVA, as empresas aderentes afirmam que as reclamações em relação a efluentes líquidos praticamente foram reduzidas a zero, pois no caso de qualquer problema no corpo receptor, as reclamações são dirigidas à empresa responsável pelo SIDVA.

Poderes públicos – Minho - PT

O poder executivo, no âmbito da região do Minho, aproveitou a ajuda da CE para resolver o problema de poluição da região, através de financiamentos para as unidades de tratamento, tanto do SIDVA como das empresas que optaram pela instalação do STET na própria indústria. O projeto a princípio se mostrava perfeito. A falha veio a ocorrer na implantação, quando os recursos alocados não foram suficientes para executar todas as obras previstas. A comunidade aguarda do poder executivo (governo) a viabilização de novos recursos para concluir o projeto todo.

Percebe-se pela DFA que um papel importante dos poderes no contexto geral é o incentivo ao elemento “educação ambiental”, pois, uma vez fixado este conceito na comunidade, principalmente entre os mais jovens, ele será um poderoso instrumento de modificação social e ambiental no país; daí a importância de se investir também neste elemento e assim diferenciar as gestões ambientais.

Órgãos ambientais – Minho - PT

Em Portugal a fiscalização ambiental é exercida por diversos órgãos com diferentes subordinações entre eles, e assim têm-se: as juntas de freguesia, as câmaras municipais, o Ministério do Ambiente, a Direcção Regional do Ambiente, a Inspeção Geral do Ambiente e alguns outros órgãos que a pesquisa não conseguiu identificar. Apesar dos muitos responsáveis, existe pouca fiscalização ambiental na região do Minho em relação às indústrias poluidoras; porém, com a implementação do SIDVA estes órgãos ambientais tiveram minimizado em muito o trabalho de fiscalização. Considerando-se mais de 270 indústrias têxteis ligadas ao SIDVA, são 270 pontos de despejo que foram substituídos por apenas 3 pontos (unidades de tratamento). Portanto, a fiscalização se torna muito mais eficiência e com menos problemas circunstanciais, pois a empresa responsável pelo gerenciamento do SIDVA se caracteriza como uma “empresa ambiental”, logo a sua filosofia e seus objetivos são a preservação do ambiente da melhor forma possível, o que torna a fiscalização para os órgãos ambiental muito mais fácil e prática.

SIDVA – Minho - PT

Quando da aplicação da pesquisa, o SIDVA era formado por um conjunto de três unidades de tratamento de águas residuais com capacidade para 70.000m³/dia de efluentes industriais e sanitários e com 130km de interceptores, atendendo principalmente a parte central do rio Ave. A responsabilidade do sistema é da AMAVE, que transferiu a responsabilidade de operação à Tratave S/A. Considerando-se o DFA montado na figura 7.06, o SIDVA representa para todos os outros elementos o “elemento central” da despoluição da região. Por esse motivo recebe pressões com maior intensidade por parte da "comunidade" e dos "órgãos ambientais", como também por parte das indústrias têxteis, que por sua vez pagam o tratamento e assim procuram mostrar a seus clientes que são empresas responsáveis em relação ao ambiente.

O sistema apresenta alguns problemas de gestão, pois o gerenciamento está "engessado", ou seja, a empresa que opera o serviço, por força de contrato, não tem poder para realizar, na unidade de tratamento, certos ajustes que otimizariam o sistema e poderiam até propiciar menores custos. Apesar destes problemas, percebe-se, pelos dados obtidos junto ao SIDVA, que a empresa responsável pelo gerenciamento busca obter a maior eficiência possível do sistema e teoricamente pressionar os projetistas para tal.

Projetistas do SIDVA – Minho – PT

O sistema de tratamento é reflexo da capacidade técnica dos seus projetistas em conjunto com a disponibilidade de recursos financeiros para sua implementação. Quanto maiores estes dois elementos anteriormente citados, melhor será o sistema de tratamento projetado.

As unidades do SIDVA foram projetadas e construídas pelo consórcio Setal-Degrèmont, através de concorrência pública internacional. Os projetos das unidades de tratamento foram contemplados com as melhores tecnologias, considerando-se a relação custo-benefício da época de sua concepção, que foi entre 1989 e 1990. Agora, em meados da década de 2000, o sistema já comportaria um *upgrade*, em função das novas tecnologias e formas mais eficientes de operação do sistema.

Quanto à forma de contratação do projeto e à construção, não se pode fazer nenhum tipo de crítica, pois à época do desenvolvimento do projeto era o que melhor se adequava às condições impostas para um projeto, e se realizou através de licitação internacional.

Em termos de DFA, neste caso os projetistas tiveram toda a liberdade e recursos em volume suficiente para desenvolver um projeto que atendesse às necessidades da região.

STET – SIDVA - Minho - PT

A concepção de tratamento em conjunto de efluentes industriais e sanitários faz parte de um conceito introduzido em meados da década de 1980 em alguns países da Europa. Quase 20 anos depois, esta concepção é contestada por muitos especialistas, os quais chegaram à conclusão de que a mistura apenas dificulta o tratamento do esgoto e pouco contribui para o tratamento do efluente industrial.

O sistema tem um tratamento primário de remoção de sólidos grosseiros e um tanque de homogeneização e equalização com correção de pH por meio de gás carbono puro (CO₂). O tratamento biológico é por meio de lodos ativados – convencional - (tanque de aeração e decantador secundário) e introdução de oxigênio através de aeradores superficiais fixos de baixa rotação. O tratamento terciário é constituído de um flotador lamelar e um filtro de carvão ativado, mas este último se encontra desativado. O objetivo do terciário é a remoção de coloração, conforme exige a legislação ambiental. O excesso de lodo biológico é misturado com o lodo químico e desidratado em filtros de bandas (correias). Parte do lodo é estabilizado com cal e disposta em aterros controlados da empresa. O restante é usado em ensaios agronômicos de espécies não comestíveis pelo seres humanos.

Na pesquisa se constataram diversas opiniões a respeito das estações de tratamento do SIDVA, muitas delas aprovando a concepção adotada ou reprovando-a; mas no conceito geral, nenhuma delas pode negar que as estações de tratamento estão reduzindo o impacto ambiental na região.

Indústrias têxteis com STET – Minho - PT

As indústrias têxteis que optaram por ter um STET o fizeram porque onde se localizam não existe interceptor do SIDVA ou por não confiarem no sistema integrado em termos de eficiência ou custo. Existe uma relação interessante entre o elemento “SIDVA” e as indústrias que dispõem de STET próprio, pois quanto maior o SIDVA, maior será a chance de o sistema oferecer um serviço de melhor qualidade e por um preço competitivo; por outro lado, se mais indústrias optarem por instalar STETs próprios, passará a existir uma pressão inversa, ou seja, a dimensão do SIDVA pode ser reduzida em termos de abrangência e amplitude de tratamento.

Em relação às demais ações e reações, pode-se destacar que as indústrias têxteis acabam sendo privilegiadas pela Portaria Setorial 423/97, que estabelece parâmetros de despejos menos restritivos do que a lei geral do ambiente. Também se pode relatar que, segundo os empresários das indústrias com STET próprio, a “comunidade” e os “órgãos fiscalizadores” acabam por pressionar mais as “indústrias” que o “SIDVA”.

Projetistas de STET para indústrias não aderentes ao SIDVA – Minho - PT

Os projetistas que atuam na região do Minho trabalham, em geral, com o sistema “*turn-key*” em que, segundo as informações obtidas, os investimentos mínimos são da ordem de 300.000 euros. Segundo os projetistas, eles são muito pressionados para reduzir ao máximo os investimentos e ainda projetar sistemas que apresentem baixo custo operacional. Em hipótese alguma os projetos apresentados por eles podem ter custos maiores que os do SIDVA, e esta situação é totalmente descartada pelos empresários portugueses.

Pelo que se percebeu através dos projetistas, os empresários que optam por construir STET dificilmente permitem que o projetista ambiental venha a interferir no processo industrial e minimize a carga orgânica ou mesmo reduza o volume de efluente a ser tratado. Pode se dizer até que as ações chegam a ocorrerem em sentido contrário aos conceitos de minimização, ou seja, o uso indiscriminado de água acaba sendo uma prática para disfarçar o potencial poluidor.

Em geral - com raras exceções - os projetistas acabam sempre propondo uma concepção de sistema de tratamento que eles tenham certeza de que atenderá às exigências da legislação ambiental. Apesar desta constatação, a pesquisa identificou em Portugal diversas indústrias com STETs próprios que são, em termos de concepção, umas distintas das outras, havendo uma boa diversidade entre os projetos implantados.

Qualidade dos recursos hídricos – Minho - PT

A pesquisa obteve informações de técnicos, e mesmo de cidadãos, que testemunharam que a melhoria da qualidade das águas dos rios da bacia do Ave é incontestável, pois antes de 1995 a situação era de verdadeiro caos. Assim com a entrada do SIDVA em operação e o tratamento dos próprios efluentes pelas indústrias não aderentes, o impacto ambiental na região foi reduzido em mais de 70%.

7.1.4 Região de Barcelona – Catalunha (Espanha)

A logística em relação à aplicação da pesquisa na região da Catalunha não permitiu uma quantidade de dados tão ampla como na região do Minho; logo é possível que a análise macroambiental apresente alguma deficiência em função deste fato.

A Catalunha é o principal pólo têxtil espanhol, e em função disto convive com os problemas ambientais gerados pela indústria têxtil desde o final do século XIX. Assim como em Portugal, na Espanha as questões passaram a ter uma relevância maior a partir de 1986, quando o país se tornou membro da CE, cujas diretrizes ambientais se caracterizam por um combate constante aos poluidores.

Conforme já mostrado através da figura 4.12 (pg. 240), o rio Besòs, que passa pelo perímetro urbano da cidade de Barcelona, sempre esteve muito comprometido ambientalmente; não obstante, deve-se ressaltar que as maiores unidades têxteis estão na região costeira da Catalunha, onde o problema é que os rios (corpos receptores) são de pequeno porte, e assim qualquer excesso de carga pode comprometer a qualidade dos recursos hídricos, como pode ser visto na figura 7.11.



Vista do corpo receptor da IEB-01

detalhe do fundo do corpo receptor

Figura 7.11 – Corpo receptor dos efluentes da IEB-01 – Catalunha – ES

Fonte: Primária.

Pelo que se vê através da figura 7.11, pode-se constatar que, apesar da rigidez da legislação ambiental espanhola, os corpos receptores ainda estão sob impacto poluidor, pois no detalhe da figura 7.11 se percebe claramente a presença de corante depositado no fundo do rio. Outro detalhe importante: a margem direita do corpo receptor é desprovida de qualquer tipo de proteção ciliar.

Com relação às empresas pesquisadas, que foram apenas 3 (três) unidades nessa região, na figura 7.12, a seguir, são apresentados de forma condensada alguns dos principais dados de cada um dos STETs da amostra.

Unidade	Artigos	(*)STET básico	Remoção de cor ^(#)	Capac. (m ³ /hora)	Investimento €\$ - euros	Área m ²	Custo oper. #€\$-euros
IEB-01	Tecido e malha	**1	1/20	130	1.080.000	5.000	0,63
IEB-02	Tecido e malha	1	1/20	45	350.000	2.000	0,87
IEB-03	Tecido e malha	***2	1/10	60	2.250.000	3.000	1,30 / 2,80

Figura 7.12 - Dados básicos das unidades pesquisadas na região da Catalunha.

Fonte: Primário

Obs^{*}: - STET - (1) biológico e físico-químico separado; (2) biológico e membranas;Obs^{**}: - Biológico baseado o processo de bioflotação;Obs^{***}: - Biológico – Valo de oxidação – “Carrossel”;Obs[#]: - Nos custos operacionais também estão computados impostos, amortização e depreciação, no IEB-03 o valor da amortização e depreciação está incluído apenas no valor maior.

Pelos dados contidos na figura 7.12, pode-se afirmar que, dentre todas as unidades pesquisadas no Brasil e na Península Ibérica, as localizadas na região da Catalunha são as com os maiores custos de tratamento. Este fato se deve aos parâmetros de lançamento nesta região, que são os mais restritivos de todos.

Na seqüência é apresentada a figura 7.13, que mostra o DFA montado para a região da Catalunha, a partir dos dados obtidos na pesquisa de campo e de algumas informações bibliográficas sobre a região.

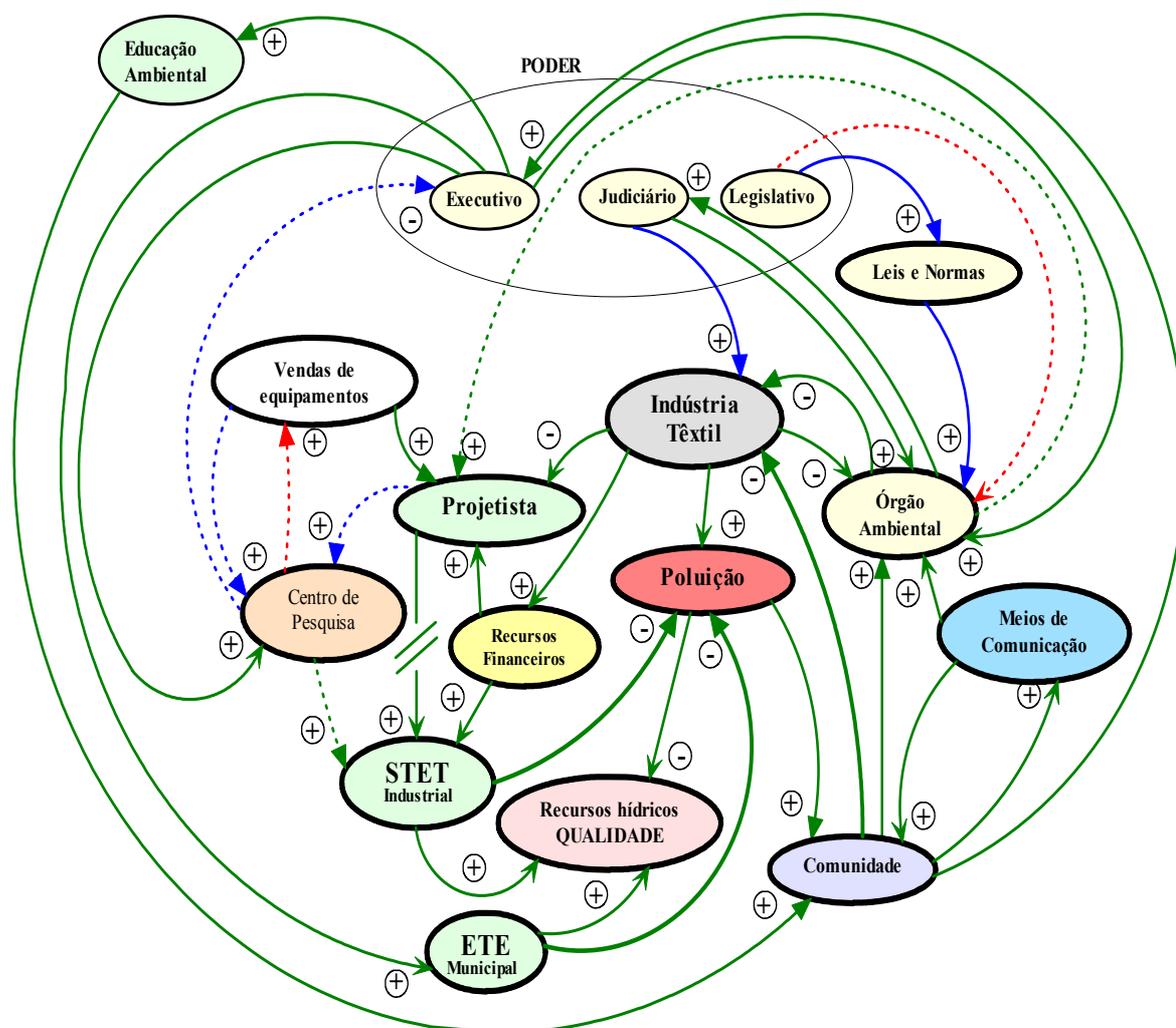


Figura 7.13 – Diagrama de força ambiental (DFA) – região da Catalunha – ES
Fonte: Primária – metodologia sistêmica.

O DFA representado na figura 7.13 está todo centrado na responsabilidade do elemento “indústria têxtil” em relação ao tratamento dos efluentes industriais, da mesma forma que ocorre no Brasil, conforme mostrado nos DFAs (figuras 7.02 e 7.05). O diferencial entre estes DFAs é que na Espanha a legislação ambiental (carga e contaminantes) é bem mais rigorosa do que no Brasil. Na seqüência são analisados os principais elementos que compõem a DFA (figura 7.13).

Indústria têxtil – Catalunha - ES

As indústrias têxteis da região da Catalunha se destacam comercialmente tanto em nível nacional como de CE. A questão é que nos últimos anos o setor têxtil na Europa vem enfrentando sérias dificuldades em termos de competitividade, pois os seus custos aumentam constantemente e a concorrência dos produtos asiáticos e do Leste Europeu faz com que os lucros sejam cada vez menores. Muitas empresas do setor estão tendo dificuldade em se manter em atividade, tanto que uma das empresas da amostra (IEB-01), depois de alguns meses da aplicação da pesquisa, acabou por encerrar suas atividades comerciais.

As indústrias têxteis na Catalunha vivem um dilema em relação às questões ambientais. Em geral elas buscam reduzir o consumo de água e assim minimizar os custos com tratamento de efluentes, mas por outro lado, a redução do consumo específico de água acaba por aumentar a carga orgânica, e, como os parâmetros de despejo são muito rígidos, há dificuldades em se cumprir a legislação.

Pelo DFA se percebe que as indústrias são pressionadas pela “comunidade local” e pelo “órgão ambiental” através de uma seqüência lógica, que é desencadeada por qualquer alteração nas características do corpo receptor, além de que as empresas são obrigadas a manter um constante monitoramento sobre os parâmetros de lançamento.

Poluição – Catalunha - ES

Conforme citado na introdução deste item, a situação dos recursos hídricos se mostra preocupante pelo fato de a bacia hidrográfica ser formada por rios de pequeno porte, o que em muito ressalta qualquer impacto existente. Não obstante, segundo as informações obtidas na pesquisa, no passado a situação era insuportável e a poluição predominava, porque as indústrias não dispunham de STETs. A situação começou a melhorar a partir da entrada da Espanha na CE, em 1986, pois a legislação se tornou mais restritiva e a fiscalização mais intensiva. Em resumo, conforme mostra o DFA, a redução da poluição somente se viabiliza através da construção do maior número possível de STETs.

Comunidade – Catalunha - ES

As indústrias têxteis geralmente estão localizadas em parques industriais, de forma que a comunidade em torno das fábricas é diminuta. Comumente esta comunidade é formada por pessoas ligadas às indústrias por vínculos empregatícios ou interesses comerciais, daí estarem tão próximas das fábricas. Segundo as informações obtidas junto às indústrias, a comunidade é extremamente atenta a qualquer alteração da qualidade ambiental, principalmente dos recursos hídricos, e não hesita em denunciar o problema ao órgão fiscalizador.

Órgão ambiental – Catalunha - ES

As informações obtidas durante a pesquisa dão conta de que o órgão fiscalizador do ambiente na Catalunha age em conformidade com o rigor da legislação ambiental e de forma imparcial em relação a todas as atividades industriais. Analisando-se o DFA, percebe-se que o perfil do órgão é reflexo da pressão que recebe de vários elementos, como a comunidade, a mídia e os poderes constituídos.

Projetistas – Catalunha - ES

Apesar de a amostra ser pequena, pela situação que se configurou percebeu-se que as indústrias têxteis tendem a optar por empresas de projetos italianas, que, em geral, fazem a opção pelo tratamento biológico de lodos ativados com variantes que utilizam elevada idade do lodo, como por exemplo, o “valo de oxidação – Carrossel”. Quando o projeto do STET é oriundo de uma empresa localizada distante da indústria, percebe-se que após a implantação e construção do sistema o vínculo entre elas se encerra e conseqüentemente também a troca de informações. A quebra do vínculo costuma se dar em função da dificuldade de troca de informações e dos custos, que se tornam elevados. Na seqüência as indústrias acabam optando pela assessoria de empresas cuja localização possibilita um melhor atendimento, mesmo porque é do conhecimento geral que nessa região existem grandes empresas de projetos e que estas já desenvolveram diversos projetos de STET.

STETs – Catalunha - ES

Entre as três unidades pesquisadas, o perfil dos STETs se mostra bem distinto e com tecnologias - pode-se dizer - diferenciadas, como filtros eletrostáticos para eliminação de VOCs, remoção de corantes e sais por meio de membranas de ultrafiltração e osmose reversa e tratamentos biológicos de lodos ativados em variantes como “bioflotação” e “Carrossel”, cujo objetivo é a remoção de parte dos corantes em excesso nos efluentes com baixa geração de lodo. O número muito pequeno de unidades pesquisadas inviabiliza uma análise mais ampla, mas pode-se perceber que as indústrias buscam tecnologias diferenciadas para poderem atender ao rigor da legislação ambiental espanhola.

Qualidade dos recursos hídricos – Catalunha - ES

Apesar dos problemas relatados, como, por exemplo, o pequeno porte dos corpos receptores em relação à dimensão das indústrias têxteis, o rigor da legislação ambiental que vem se impondo na região leva a se ter esperança de que no futuro a qualidade dos recursos hídricos venha a ser bem melhor do que a existente no momento da pesquisa.

7.2 Comparação entre os cenários – Brasil – Portugal e Espanha

Para se ter uma visão mais ampla dos três cenários pesquisados, na seqüência deste tópico serão apresentados dois quadros comparativos; o primeiro relaciona o Brasil com Portugal e no segundo se faz o mesmo tipo de comparação entre o Brasil e a Espanha.

7.2.1 Comparação do cenário – Brasil *versus* Portugal

Conforme já mencionado, em função da logística da pesquisa, os dois cenários mais explorados foram os do Brasil e de Portugal. A figura 7.14 foi montado baseado nas informações comparativas contextualizadas na análise global desenvolvida.

Fatores	Brasil	Portugal												
Poderes constituídos	Existe alguma pressão nos níveis estaduais, mas a maior interferência se dá no âmbito municipal. Em geral não traz benefícios aos poluidores.	Recebem pressão das associações comerciais e industriais no âmbito do executivo e legislativo. Cederam à pressão do setor têxtil. Port. 423/97												
Capacidade produtiva	Tem os maiores pólos têxteis de tecido plano e malha da América Latina. Processa acima de 1.200.000 toneladas de fibras por ano.	O pólo têxtil do Minho representa 85% da capacidade produtiva do país. Processa acima de 300.000 toneladas de fibras por ano.												
Grau de poluição com base nos corantes.	As regiões com pólos têxteis dispõem de recursos hídricos (rios) de boa qualidade, tanto em número de rios quanto em porte. Assim, o impacto passa a ser distribuído e não impressiona visualmente pelo excesso de corante.	Em função de os despejos do pólo do Minho estarem concentrados no rio Ave e algumas indústrias não estarem ligadas ao SIDVA e também não tratarem os efluentes, é visível a presença de corante nos rios, de tal forma que modifica a coloração do corpo receptor.												
Legislação Ambiental - Parâmetros de despejos	Nas regiões dos pólos os parâmetros de despejos são DBO ₅ = 60mg/l - DQO = 150mg/l, ou redução de 80% na carga em relação efluente bruto. Cor = Somente na cidade de Blumenau se têm limites para cor 75 – 100mg Co PT/L. Nas outras regiões não se tem limite.	Tabela em função da abrangência do SIDVA <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parâmetro</th> <th>dentro</th> <th>fora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DBO₅</td> <td>40mg/L</td> <td>100mg/L</td> </tr> <tr> <td>DQO</td> <td>150mg/L</td> <td>250mg/L</td> </tr> <tr> <td>Aus. Cor</td> <td>diluição 1/20</td> <td>diluição 1/40</td> </tr> </tbody> </table>	Parâmetro	dentro	fora	DBO ₅	40mg/L	100mg/L	DQO	150mg/L	250mg/L	Aus. Cor	diluição 1/20	diluição 1/40
Parâmetro	dentro	fora												
DBO ₅	40mg/L	100mg/L												
DQO	150mg/L	250mg/L												
Aus. Cor	diluição 1/20	diluição 1/40												
Comunidade	A consciência ambiental varia muito em função da região, mas nos casos de Blumenau e Americana o povo é ativo ambientalmente.	Consciente, mas pouco participativa nas reivindicações por melhorias ambientais. Existem muitas queixas individuais.												
STETs	A maioria tem STETs independentes. Primário (remoção de sólidos), Secundário (lodos ativados). A remoção de cor em geral é por meio de tratamento terciário (físico-químico).	70% dos efluentes têxteis são tratados de forma integrada (SIDVA) – primário (remoção de sólidos), secundário (lodos ativados) e terciário (físico-químico). Os STETs independentes apresentam diversas concepções.												
Disposição do lodo	Tanto o lodo biológico quanto a mistura com o químico são obrigatórios para a disposição em aterros industriais. Em São Paulo já houve algumas experiências em <i>land-application</i> .	Nos sistemas integrados o lodo é valorizado em uso agrícola de plantações não-comestíveis. As indústrias têxteis são obrigadas a dispô-lo em aterros industriais na Espanha.												
Fiscalização ambiental	Deficiente - falta de estrutura de fiscalização. As ações são dificultadas pelo número excessivo de STETs (1 por ponto por indústria).	Deficiente - falta de estrutura de fiscalização, apesar de a região do Minho concentrar mais 70% do tratamento nas unidades do SIDVA.												
Projetistas	Existe uma boa quantidade de projetistas, que comumente executam os projetos das pequenas unidades de STETs. Para os grandes projetos existe uma empresa com 30 anos de experiência em efluentes têxteis que acaba por executar estas obras.	As unidades do SIDVA foram projetadas e construídas através de consórcio internacional. Os demais sistemas independentes acabam sendo projetados por profissionais que atuam na região, mas que não são muitos, algo em torno de 3 ou 4.												
Investimento estatal	É inexistente o investimento estatal no tratamento dos resíduos industriais no Brasil. Os financiamentos dos STETs também são difíceis de conseguir.	O Estado viabilizou o financiamento do SIDVA. Também no contexto da adequação ambiental a CE financiou muitos STETs com excelente percentual a fundo perdido.												
Investimentos STETs	Para as unidades que tratam acima de 200m ³ /hora, em geral, os investimentos são superiores a 3.000.000 de dólares. São valores financiados, que têm de ser absorvidos integralmente pelas empresas. Não existe fundo perdido.	Nas unidades integradas os investimentos são em torno de 20.000.000 euros. Para os STETs independentes com capacidade de tratar em torno 50m ³ /hora os investimentos são da ordem 500.000 euros. Até o ano de 2.000 havia financiamentos da CE (a fundo perdido).												
Custo operacional	Os custos operacionais são variáveis em função principalmente das opções de neutralização, oxigenação dos tanques de aeração e a desidratação do lodo. Oscilam entre 0,75 e 1,50 reais por metro cúbico tratado.	O SIDVA cobra € 0,37 por metro cúbico tratado, o que equivale em reais a 1,10 por m ³ tratado. Nos STETs independentes os valores são inferiores, mas em geral é desconsiderada a depreciação da unidade.												
Perspectivas	As melhorias somente virão através da educação ambiental, de parâmetros de despejos mais rígidos e fiscalização eficiente. Pena que isto demore um pouco. No Brasil não existe uma política para a solução dos problemas ambientais industriais.	Estão previstos em curto prazo investimentos para ampliação do SIDVA em número de estações e redes de interceptores. Estima-se que para os próximos 5 a 8 anos a poluição esteja controlada na região do Minho.												

Figura 7.14 - Comparativo entre os cenários do Brasil e de Portugal

Fonte: Primária

O que fica evidente na comparação dos dois cenários é que as macrogestões ambientais são a princípio totalmente dependentes dos “poderes constituídos”, mas também podem ser influenciadas pela pressão da comunidade, principalmente da chamada “comunidade organizada”. Isto fica evidente no Brasil quando se visualiza o cenário constituído pelo pólo de Blumenau, onde a legislação e fiscalização se tornaram mais rigorosas que no restante do Brasil. Por outro lado, em Portugal essa mesma comunidade organizada no âmbito empresarial têxtil consegue parâmetros de despejos mais complacentes em relação à lei geral do ambiente. Assim é evidente a influência do elemento “comunidade”, em especial da “organizada”, no direcionamento da política ambiental para os dois cenários.

Em relação a Portugal (região do Minho), a comunidade quase de forma indutiva transferiu aos “poderes constituídos” a responsabilidade pela solução dos impactos ambientais gerados pela iniciativa privada, não em termos de custo operacional, mas sim, de investimentos em sistemas para solucionar os problemas da poluição na região. Este sistema macroambiental apresenta vantagens e desvantagens, como se segue.

Vantagens:

- ✓ quando o sistema é implementados totalmente, todas as empresas têm o mesmo custo de tratamento (igualdade e imparcialidade);
- ✓ geralmente, os recursos financeiros disponíveis permitem a adoção das melhores tecnologias de tratamento;
- ✓ a concentração do tratamento em poucos pontos facilita a fiscalização;
- ✓ o próprio poluidor torna-se um agente de fiscalização, exigindo que o tratamento seja eficiente, pois paga por ele e assim espera que o prestador do serviço o faça da melhor forma possível.

Desvantagens:

- ✓ quando a implementação do sistema não é completa surgem distorções quanto à equitatividade das empresas em relação aos custos de tratamento, gerando concorrências injustas entre as empresas da região;
- ✓ dada a grandeza do sistema, dificilmente é implementado de uma só vez ;
- ✓ os despejos passam a estar concentrados em poucos pontos, dificultando o sistema de absorção de carga orgânica pelo corpo receptor;
- ✓ a imagem do “poder público” pode ser comprometida em caso de deficiência no tratamento implementado;
- ✓ existe dependência dos segmentos industriais em relação aos investimentos públicos,
- ✓ há vínculo entre o investidor, o operador e o fiscalizador do sistema.

Quanto à gestão ambiental no Brasil, em termos financeiros pode-se dizer que é totalmente independente do sistema de "poder", pois é responsabilidade das indústrias disponibilizar as soluções e os recursos para o controle dos impactos ambientais. Neste tipo de gestão têm-se as seguintes vantagens e desvantagens.

Vantagens:

- ✓ todas as indústrias são obrigadas a fazer o tratamento de seus resíduos, não havendo justificativas para não se proceder a esta ação;
- ✓ havendo maior número de pontos de despejos, as cargas poluentes remanescentes são mais bem distribuídas ao longo do corpo receptor;
- ✓ não há vínculo entre o investidor, o operador do sistema de tratamento e o agente de fiscalizador (poder público),
- ✓ o respeito às questões ambientais torna-se um fator de competitividade entre as indústrias.

Desvantagens:

- ✓ em geral, os sistemas são desenvolvidos com tecnologias de menores custos, priorizando apenas o cumprimento da legislação ambiental;
- ✓ há dependência da capacidade de investimento das indústrias para implementação do STET;
- ✓ os sistemas têm muitos pontos de despejo, o que dificulta a fiscalização;
- ✓ a ausência de tratamento dos resíduos proporciona lucros ao gerador de resíduos (infrator - poluidor).

Em resumo, os dois cenários apresentam algumas diferenças marcantes. Em Portugal (região do Minho) a maioria dos efluentes é tratada em estações integradas (despejos têxteis e esgoto sanitário), o que exclui a responsabilidade do tratamento do efluente pelas empresas geradoras. Já a gestão ambiental brasileira é basicamente centrada em sistemas de tratamento independentes (na própria indústria), o que aumenta sensivelmente a responsabilidade das indústrias perante a comunidade. Assim, no caso brasileiro, o sistema de fiscalização torna-se muito complexo, dado o grande número de pontos de despejo, ao contrário da região do Minho, em que em sua maioria os despejos estão concentrados no SIDVA.

7.2.2 Comparação do cenário – Brasil *versus* Espanha

Novamente invocando a questão de logística desenvolvida na pesquisa, o cenário espanhol foi muito pouco explorado; logo, podem existir falhas nos dados comparativos apresentados na figura 7.15.

Fatores	Brasil	Espanha
Poderes constituídos	Existe alguma pressão nos níveis estaduais, mas a maior interferência se dá no âmbito municipal. Em geral não traz benefícios aos poluidores.	A Catalunha é onde há maior rigor com o cumprimento da legislação ambiental espanhola. As diretivas da CE estão todas transpostas.
Capacidade produtiva	Tem os maiores pólos têxteis de tecido plano e malha da América Latina. Processa acima de 1.200.000 toneladas de fibras por ano.	O pólo têxtil da Catalunha representa 70% da capacidade produtiva do país. Processa acima de 400.000 toneladas de fibras por ano.
Grau de poluição com base nos corantes.	As regiões com pólos têxteis dispõem de recursos hídricos (rios) de boa qualidade, tanto em número de rios quanto em porte. Assim, o impacto passa a ser distribuído e não impressiona visualmente pelo excesso de corante.	Nos rios visitados durante a pesquisa se percebeu que já foram impactados por corantes, dada a disposição destes no fundo dos rios; porém naquele instante os rios não apresentavam coloração excessiva.
Parâmetros de despejos	Nas regiões dos pólos os parâmetros de despejos são DBO ₅ = 60mg/l - DQO = 150mg/l, ou redução de 80% na carga em relação efluente bruto. Cor = Somente na cidade de Blumenau se têm limites para cor 75 - 100mg Co PT/L. Nas outras regiões não se tem limite.	Os parâmetros são definidos em função do porte do corpo receptor. Em relação à DQO, entre as unidades pesquisadas, os valores eram 300, 120 e 100mg/L. A cor deve estar ausente na diluição 1/20 ou 1/10. Quanto à DBO ₅ , esta varia entre 25 e 60mg/L. Para algumas empresas se exige o reaproveitamento de 20% do efluente tratado.
Comunidade	A consciência ambiental varia muito em função da região, mas nos casos de Blumenau e Americana o povo é ativo ambientalmente.	Consciente – Reclama sempre que constata a poluição. Os ex-colaboradores que vivem próximos à indústria é que reclamam muito.
STETs	A maioria tem STETs independentes. Primário (remoção de sólidos), Secundário (lodos ativados). A remoção de cor em geral é por meio de tratamento terciário (físico-químico).	Unidades independentes. São basicamente compostas de tratamentos biológicos e terciários para adequação dos 20% de reaproveitamento. Em geral necessitam de tecnologias avançadas.
Disposição do lodo	Tanto o lodo biológico quanto a mistura com o químico são obrigatórios para a disposição em aterros industriais. Em São Paulo já houve algumas experiências em <i>land-application</i> .	As indústrias são obrigadas a dispor em aterros industriais. Em geral efetuam a secagem para reduzir o volume.
Fiscalização ambiental	Deficiente - falta de estrutura de fiscalização. As ações são dificultadas pelo número excessivo de STETs (1 por ponto por indústria).	Segundo as indústrias é muito eficiente, tanto na periodicidade da fiscalização quanto na imparcialidade em relação às atividades.
Projetistas	Existe uma boa quantidade de projetistas, que comumente executam os projetos das pequenas unidades de STETs. Para os grandes projetos existe uma empresa com 30 anos de experiência em efluentes têxteis que acaba por executar estas obras.	Dentre as unidades pesquisadas a preferência foi por empresas de projeto italianas, porém, depois a assessoria acaba sendo feita por empresas nacionais, que também executam muitos projetos de STET.
Investimento estatal	É inexistente o investimento estatal no tratamento dos resíduos industriais no Brasil. Os financiamentos dos STETs também são difíceis de conseguir.	O Estado viabilizou muitos financiamentos para a implantação dos STETs com recursos do fundo da CE (com 100% a fundo perdido).
Investimentos STETs	Para as unidades que tratam acima de 200m ³ /hora, em geral, os investimentos são superiores a 3.000.000 de dólares. São valores financiados, que têm de ser absorvidos integralmente pelas empresas. Não existe fundo perdido.	Entre as unidades pesquisadas os investimentos foram entre 500.000 e 2.500.000 de euros, valores que dependem das tecnologias empregadas.
Custo operacional	Os custos operacionais são variáveis em função principalmente das opções de neutralização, oxigenação dos tanques de aeração e a desidratação do lodo. Oscilam entre 0,75 e 1,50 reais por metro cúbico tratado.	Os valores oscilaram entre 0,60 e 1,30 euro por metro cúbico tratado. Em uma das unidades, considerando-se os custos de depreciação, chega-se a 2,80 euros por metro cúbico de efluente tratado.
Perspectivas	As melhorias somente virão através da educação ambiental, de parâmetros de despejos mais rígidos e fiscalização eficiente. Pena que isto demore um pouco. No Brasil não existe uma política para a solução dos problemas ambientais industriais.	Em se dando continuidade à rigidez na fiscalização e a conscientização ambiental das empresas, em curto prazo as questões ambientais têxteis estarão dentro de um controle de sustentabilidade. O problema é a crise econômica provocada pela presença de produtos provenientes de regiões que não têm responsabilidade ambiental e competem em preço com os produtos espanhóis.

Figura 7.15 - Comparativo entre os cenários do Brasil e da Espanha

Fonte: Primária

No comparativo apresentado na figura 7.15 os dados do cenário brasileiro são os mesmos da figura 7.14, ficando aqui apenas o destaque para os dados referentes ao cenário espanhol. No comparativo entre os cenários, o que se destaca é o aperfeiçoamento que a legislação ambiental espanhola teve ao longo dos últimos 15 anos. Os parâmetros de despejo se tornaram mais restritivos, passou-se a exigir um percentual mínimo de reaproveitamento do efluente tratado. Aliado à legislação, o que se percebeu é que a fiscalização também é eficiente e ao mesmo tempo rigorosa com todas as atividades industriais. Segundo as informações obtidas na pesquisa, as condições ambientais melhoraram muito nesse período.

Para atingir as condições exigidas pela legislação, as empresas precisaram investir em tecnologias avançadas de tratamento, o que acaba por exigir investimentos consideráveis, além dos custos operacionais, que também não são pequenos. Em suma, os custos ambientais contribuem para intensificar os custos totais e aprofundar ainda mais a crise econômica por que passa o setor. O principal reclame dos empresários é que a CE continua a desenvolver acordos comerciais com países com pouca ou quase nenhuma responsabilidade ambiental, enquanto deles é exigido o máximo, agravando a crise econômica através de uma concorrência desleal, no sentido de que, “..se a poluição não é aqui, o problema não é nosso!”. Este é um problema sobre o qual a CE deve se posicionar o mais rápido possível.

Outro fato importante encontrado no cenário espanhol é a constatação de que, mediante algumas tecnologias avançadas, é possível tratar muito bem o efluente têxtil e ainda propiciar o reaproveitamento de parte da água consumida, e assim minimizar os impactos ambientais provocados pela atividade têxtil.

Em termos de contribuição para o cenário brasileiro, a situação ambiental na região da Catalunha mostra que, a partir de parâmetros de despejo mais restritivos e uma fiscalização mais próxima dos problemas, é possível minimizar os impactos. No Brasil um exemplo desta situação está na cidade de Blumenau, onde a legislação e a fiscalização foram intensificadas e as empresas acabaram ao longo do tempo se adequando às novas diretrizes, e assim as condições se tornaram menos críticas, o que prova que este é um dos caminhos a seguir.

7.3 Cenário hipoteticamente ideal

A forma de condensar as melhores alternativas de gestão ambiental encontradas na pesquisa é a montagem de um cenário hipotético que possa reduzir ao máximo os problemas ambientais gerados pela atividade industrial têxtil. Para a montagem do cenário se supõe a configuração de pólo têxtil de porte. Na seqüência se têm os principais fatores que devem proporcionar um cenário hipoteticamente ideal:

Poder público municipal

O poder público deve ser consciente das responsabilidades quanto ao gerenciamento dos problemas ambientais advindos da situação de desenvolvimento da região, de forma a propiciar à comunidade uma boa qualidade de vida. Em relação à classe industrial, é preciso dar a ela condições estruturais adequadas para a instalação e operação da atividade dentro do âmbito da legislação ambiental.

Comunidade

A comunidade deve ser ativa diante de qualquer problema ambiental que surja e que também possa interferir em sua qualidade de vida. Deve exigir do poder público o envolvimento com a educação ambiental dos jovens e o cumprimento da legislação ambiental através de fiscalização eficiente.

Legislação ambiental

A região deste cenário hipotético deve possuir parâmetros de despejos extremamente rígidos, como, por exemplo:

- ✓ DBO₅ máxima de 30mg/L;
- ✓ DQO máxima de 100mg/L,
- ✓ cor máxima de 150mg Co PT/L ou ausência cor diluição 1:1;
- ✓ reaproveitamento de no mínimo 30% do consumo água efetivo,
- ✓ não permitir concentração populacional a 2km do parque industrial.

Fiscalização

A fiscalização ambiental deve ser exercida pelo órgão ambiental municipal, pois ele é o elemento mais próximo da ação impactante, e desta forma, entre os órgãos ambientais e o que tem melhores condições de agir prontamente a qualquer sinal de poluição gerada pelas indústrias.

Local – parque industrial

Com base no plano diretor da cidade, deve-se escolher um local com condições adequadas para a instalação de parque industrial, para que possa receber o maior número de indústrias têxteis. Para isto deve-se atender aos seguintes requisitos:

- ✓ o local deve ser afastado do perímetro urbano o suficiente para suportar no mínimo 50 anos de desenvolvimento (crescimento);
- ✓ os ventos predominantes devem ter a direção contrária à concentração urbana (cidade);
- ✓ o corpo receptor deve ter proteção ciliar, classificação e porte para assimilar a carga poluente remanescente do sistema de tratamento;
- ✓ a área do parque industrial deve possuir capacidade para expansão.

Unidade de tratamento de efluentes

O parque deve dispor de uma unidade de tratamento de efluentes implementada por uma empresa privada para atender aos clientes (indústrias têxteis) reunidos nesse local. As indústrias podem optar por ter seus próprios STETs, desde que também atendam às mesmas exigências atribuídas ao sistema de tratamento comunitário. O sistema de tratamento denominado de comunitário é construído e operado sob as seguintes condições:

- ✓ a unidade é projetada em módulos de 150 ou 200m³/hora, de tal forma que possa crescer conforme a *performance* do parque industrial;
- ✓ as indústrias optantes pelo sistema devem assumir um compromisso mínimo de 5 anos em relação à contratação dos serviços;
- ✓ a cobrança do tratamento deve ser proporcional ao volume e à carga orgânica do efluente;
- ✓ os efluentes devem ser pré-tratados (redução de sólidos e neutralização);
- ✓ as tecnologias de tratamento devem atender à legislação ambiental quanto aos despejos e ainda permitir que parte dos efluentes tratados seja reaproveitada nas unidades geradoras;
- ✓ os custos devem ser compatíveis com os valores de mercado;
- ✓ os despejos tratados devem ser despejados a jusante da estação, em pontos equidistantes, ao longo dos primeiros 1.500 metros.

A grandeza deste cenário hipoteticamente ideal reside em quatro fatores importantes: o primeiro é a facilidade na fiscalização ambiental; o segundo, as indústrias passarem a ter custos de tratamento de efluentes equivalentes; o terceiro, as indústrias buscarem no processo industrial a redução de carga orgânica e volume; o quarto, o agente poluidor (indústria) também passar a ser um fiscalizador do ambiente. Em resumo, gera-se um equilíbrio de forças no cenário.

“No fim tudo dá certo,
se não deu certo é porque
ainda não chegou ao fim”.

Fernando Sabino (1923 - 2004)

Esta seção apresenta as conclusões finais deste trabalho, focando os objetivos traçados e os resultados obtidos. Independentemente da análise crítica dos resultados do trabalho, o destaque é o resgate histórico vivido por todos os integrantes da pesquisa, em termos de responsabilidade tanto ambiental quanto social, o qual a partir de agora está registrado como um banco de dados.

8 CONCLUSÕES GERAIS

O resultado deste trabalho mostra que o processo de gestão ambiental por que passaram os efluentes têxteis no Brasil e na Península Ibérica se desenvolveu com maior intensidade a partir de 1990. Inicialmente o ritmo foi lento, mas ao final da década e começo do novo século as buscas por melhores resultados se intensificaram. Passados 15 anos, a realidade ainda não é acabada e pode-se dizer que precisa evoluir muito para se chegar a um nível de sustentabilidade aceitável.

As conclusões finais deste trabalho se baseiam em uma análise sucinta dos resultados obtidos, em função das metas estabelecidas nos objetivos estabelecidos.

8.1 Informações relevantes obtidas na pesquisa

Ao longo do trabalho se produziu uma quantidade expressiva de informações; entretanto se faz aqui necessária uma apresentação mais concisa a respeito dos principais pontos em que se chegou a uma posição conclusiva em relação aos temas discutidos. Os itens a serem abordados são: legislação, órgãos ambientais, localização industrial, processos de recuperação de subprodutos, homogeneização, neutralização, processos biológicos, mecanismos de oxigenação, remoção de cor, ações ambientais em evidência nas indústrias têxteis e as questões gerais do lodo.

Legislação ambiental

- ✓ É importante e precisa ter parâmetros de lançamento rigorosos; mas ela sozinha não é suficiente para resolver os problemas de impacto ambiental gerados pelas indústrias, de modo especial a têxtil.

Órgãos ambientais

- ✓ Através da pesquisa se constatou que a melhor *performance* de licenciamento e fiscalização ocorre quando a responsabilidade por estes serviços é do órgão ambiental municipal. A proximidade com os problemas agiliza sua solução.

Localização industrial

- ✓ Não se concebe mais que indústrias de acabamento têxtil sejam instaladas em perímetros urbanos, e as já instaladas, em um futuro muito próximo deverão ser transferir para um local mais adequado, por exemplo, um parque industrial estruturado,
- ✓ Os locais apropriados para as indústrias têxteis são os parques industriais, desde que bem localizados (longe do perímetro urbano) e disponham de recursos hídricos com capacidade para suportar a concentração de cargas remanescentes dos tratamentos.

Processos de recuperação de subprodutos

- ✓ A recuperação de calor contida no efluente é extremamente viável, tanto econômica quanto ambientalmente.

A pesquisa se detectou que, quanto à recuperação de soda cáustica, apesar do *pay-back* alongado, o retorno do investimento é garantido. Em termos de carga alcalina o impacto é reduzido em mais de 90%.

- ✓ Quanto à recuperação de goma, a pesquisa não conseguiu identificar se em termos técnicos e econômicos há viabilidade, porém ambientalmente são indiscutíveis as vantagens, dada a redução de carga orgânica. Houve um caso em que o investimento na recuperação de goma seria o mesmo que na ampliação do STET, e a empresa optou pela recuperação.

Homogeneização

- ✓ Na pesquisa se detectou que o maior número de queixas em relação à deficiência nos projetos de STETs está no dimensionamento do tanque de homogeneização. Muitos responsáveis pela operação dos STETs afirmaram considerar o tanque de homogeneização mal-dimensionado e que isto interfere diretamente na estabilidade do tratamento biológico.
- ✓ Em geral, os tanques comportam entre 12 e 24 horas de tempo de detenção, mas mesmo assim, muitos operadores afirmaram que o ideal seriam valores acima de 24 horas, talvez no mínimo 36 horas. Em algumas unidades pesquisadas se constatou a ampliação do tanque de homogeneização de 12 para 48 horas de tempo de detenção.

Neutralização

- ✓ Apesar de o investimento ser significativo, o reaproveitamento dos gases de combustão (CO_2) da caldeira se mostra como uma das melhores opções de neutralização de efluentes têxteis alcalinos, tanto em termos econômicos como ambientais.
- ✓ As vantagens do uso de CO_2 puro na neutralização são indiscutíveis e ponto final. A ressalva colocada por muitas empresas diz respeito à viabilidade financeira, não tanto pelo custo do produto, mas principalmente pelo preço do transporte do gás. Nas situações em que os STETs estão localizados a mais de 500km da fonte geradora do gás, o custo de transporte às vezes chega a ser maior do que o próprio preço do produto, o que nesse caso inviabiliza o processo financeiramente.
- ✓ O uso do ácido sulfúrico apresenta algumas pequenas restrições técnicas, como, por exemplo, grande oscilação em torno do “*set-point*” e geração de excesso de sulfato, além de seu manuseio ser muito perigoso. Entretanto, ele age efetivamente no controle do pH e com um custo operacional interessante para os empresários.
- ✓ O resultado da pesquisa aponta que o uso do ácido sulfúrico e do CO_2 puro é definido pelo foco da empresa. Por exemplo, no caso de se visar tão-somente ao cumprimento da legislação, a escolha deve recair sobre o ácido sulfúrico; no caso contrário, ou seja, quando o foco é a imagem de empresa ambientalmente correta, a opção será pelo CO_2 puro.

Remoção de cor antes ou depois do tratamento biológico

- ✓ Constatou-se que, a partir de 1998, raramente os projetistas optaram por remover a cor, por qualquer processo que seja, antes do tratamento biológico.
- ✓ A maioria dos STETs atualmente em operação busca aproveitar a capacidade do tratamento biológico em remover por absorção alguns tipos de corante e assim minimizar a carga de produtos para eliminação de parte da coloração remanescente nos efluentes.

Tratamento biológico

- ✓ Os processos aeróbios constituem a totalidade (100%) entre os STETs pesquisados.
- ✓ Entre os aeróbios, o processo de lodos ativados também é maioria quase absoluta. A variante mais empregada é a aeração prolongada, mas também foram encontradas variantes como valo de oxidação (carrossel) e bioflotação. A estabilidade biológica dos processos de lodos ativados foi incontestável e é o que garante a sua escolha para os STETs.
- ✓ Outros processos aeróbios devem ser usados com cautela e, se possível, depois de ensaios experimentais.
- ✓ A grande aposta para o futuro são os biorreatores de membranas (MRB), que produzem efluentes de melhor qualidade e ainda eliminam unidades como os decantadores.

Mecanismos de oxigenação

- ✓ Para STETs posicionados em perímetro urbano não se concebe mais o uso de aeradores superficiais, tanto de baixa quanto de alta rotação. Os principais problemas são os aerossóis e a baixa eficiência de dissolução de oxigênio em profundidade superior a 4 metros, gerando anaerobiose.
- ✓ Também em perímetro urbano se deve ter cuidado com o uso de sopradores de ar, em função dos ruídos contínuos ou intermitentes.
- ✓ Um mecanismo que está se mostrando eficiente e começa a ser muito usado é a injeção de oxigênio dissolvido por bombeamento de efluente em dispositivo de *Venturi*. As bombas de recalque devem ficar enclausuradas.

- ✓ Os STETs com uso de O₂ puro sempre apresentaram rendimentos que os demais, sem qualquer inconveniente como aerossóis ou ruídos; porém, em muitos casos, em função da distância entre o STET e fábrica de oxigênio, o custo pode se tornar elevado em relação aos outros mecanismos. O caso interessante na região de Blumenau é o seguinte: a empresa instalou uma geradora de O₂ líquido na própria fábrica, visando à redução de custo e melhoria na logística de fornecimento do produto.

Remoção de cor

- ✓ No passado, entre 1980 e 1995, considerava-se como tratamento de efluentes têxteis somente a remoção de cor.
- ✓ No período acima mencionado, o tratamento mais empregado para a remoção de cor era o físico-químico – por decantação ou flotação –, cujo problema é o excesso de formação de lodo, que posteriormente precisa de um destino final adequado.
- ✓ Atualmente (2005) os processo biológicos contribuem para remoção de parte dos corantes presentes nos efluentes.
- ✓ Processos como ozonização e separação de corantes por meio de membranas de ultrafiltração e osmose reversa são tecnologias que propiciam excelente qualidade aos efluentes tratados.

Lodos têxteis (químico e biológico)

- ✓ Lodo biológico.
 - Ainda se busca uma aplicação nobre para o lodo biológico. No Brasil, mais precisamente no Estado de São Paulo, já se permitiu o “*land-application*”; mas, quando da pesquisa, estavam suspensas as autorizações para tais fins, em função de uma suposta mutagenicidade. Em Portugal e na Espanha, após análise de teor de matéria orgânica, em muitos casos é permitido o uso agrícola, principalmente em vinhas.
 - No Brasil, as opções de redução do lodo biológico são duas. A primeira delas é trabalhar com processos biológicos com idade de lodo elevada, ou seja, superior a 30 dias; a segunda é buscar a otimização do processo biológico por meio de nutrientes especiais, como o ácido

fólico, que reduz em mais 70% a formação de lodo. Este último processo ainda é visto com ressalvas pelos órgãos ambientais, por não estar muito bem explicitado o mecanismo de redução do lodo.

- A disposição do lodo biológico, tanto aqui no Brasil como na Península Ibérica, apresenta o inconveniente de, em princípio, não se ter autorização para uso agrícola; por outro lado, dado o elevado teor de matéria orgânica, é rejeitado nos aterros industriais. Uma das alternativas é sua mistura com o lodo químico, o que muitas vezes propicia seu enquadramento como resíduo passível de destino em aterro. A outra opção são aterros industriais, como o de Blumenau, que inertiza o lodo com cal, argila e cimento antes da disposição final.
- ✓ Lodo químico
 - Para o lodo químico, depois de gerado, a única opção viável é o aterro industrial. Existem várias pesquisas que buscam um aproveitamento mais nobre, como, por exemplo, reaproveitamento em materiais de construção como tijolos ou em enchimentos em gerais; mas o que se procura mesmo é evitar a geração do lodo, pois nesse caso os problemas são eliminados na origem.
- ✓ Secagem do lodo têxtil
 - Essa prática começa a ganhar muitos adeptos, pois reduz significativamente o volume e o peso do lodo, e, como consequência, também reduz os custos de disposição final, principalmente com os processos que utilizam como fonte de energia subprodutos ou combustíveis de baixo valor. A secagem é um processo que deve ser conduzido sob severo controle e monitoramento dos gases gerados, para não provocar impactos atmosféricos.

Ações de foco ambiental em evidência

- ✓ Formação de grupos de gestão ambiental (SGA);
- ✓ controle e monitoramento da toxicidade dos efluentes têxteis;
- ✓ eliminação ou pelo menos redução de volume de lodo têxtil;
- ✓ desenvolvimento de programas de otimização e controle do processo têxtil visando à redução de carga poluente (minimização de impactos) e,
- ✓ a busca da imagem de “empresa amiga do ambiente”.

8.2 Considerações sobre os objetivos

Considerando-se, primeiramente, os objetivos específicos, pode-se dizer que eles foram integralmente cumpridos, conforme análise a seguir.

- Realizar uma revisão bibliográfica para identificar a maioria das tecnologias empregadas nos STETs (pg. 6).
 - O capítulo 2º foi destinado exclusivamente à revisão bibliográfica, que, dada a dimensão da pesquisa, acabou por se tornar um pouco extensa, mas nada que não possa ser absorvido.
- Pesquisa campo, identificação dos atores, perfil histórico em termos de STET e a inter-relação entre os elementos envolvidos nos cenários (pg. 6).
 - A pesquisa de campo abrangeu dois pólos têxteis no Brasil, dois em Portugal e um na Espanha, o que gerou aproximadamente 50 (cinquenta) entrevistas, as quais tiveram entre 2 e 3 horas de duração. O direcionamento da entrevista se baseou em critérios subjetivos, de forma a poder, em cada caso, extrair do entrevistado a maior quantidade de informações possível. O capítulo 5º contextualiza de forma detalhada cada uma das entrevistas.
- Detectar os erros dos projetos de STETs que ocorrem com maior frequência entre as unidades que compuseram a amostras em questão (pg. 6).
 - Este foi o objetivo específico mais difícil de ser atingindo, e talvez não se tenha concretizado integralmente, pois os representantes das empresas tinham certo constrangimento em detalhar falhas nos projetos dos STETs, dando a impressão de que consideravam tal atitude antiética. Contudo, muitas falhas puderam ser percebidas em função da visita *in loco* e do processo de entrevista, que se encontram relatados e analisados nos capítulos 5º e 6º, respectivamente.
- Elaborar e analisar diagramas de força sistêmica (DFA) para os cenários pesquisados (pg. 6).
 - Com base nos dados obtidos na pesquisa foram montados seis DFAs, de forma a contemplar cada situação encontrada nos cenários pesquisados. Os DFAs foram mostrados e analisados no capítulo 7º.

- Comparar os diferentes STETs do Brasil e da Península Ibérica, identificando as melhores ações de preservação ambiental em relação aos poluentes da indústria têxtil (pg. 6).
 - a comparação direta dos STETs se tornou difícil em função das diferentes peculiaridades que cada sistema apresenta. Assim a opção foi uma comparação e ao mesmo tempo uma análise entre os diferentes processos e tecnologias empregados nos STETs pesquisados, conforme está apresentado no capítulo 6°.

O desenvolvimento e a conclusão do conjunto de objetivos específicos, anteriormente relacionados, de uma forma geral, propiciaram a análise comparativa em termos globais de macrogestão ambiental dos efluentes têxteis nos cenários pesquisados (Brasil, Portugal e Espanha), que se pode considerar o ápice do trabalho e o objetivo geral. Embora não se tenha uma comparação efetiva em termos de STETs, ou mesmo a formalização de STETs ideais, o presente trabalho atingiu seus objetivos.

8.3 Considerações sobre as hipóteses

Mais uma vez, analisando-se primeiramente os itens secundários, pode-se afirmar que as hipóteses levantadas no início deste trabalho vieram a se concretizar com sua conclusão, conforme será comentado em destaque a seguir.

- Para dois cenários distintos poderão ser gerados diagramas de força ambiental (DFAs) semelhantes ou mesmo iguais, mas isso necessariamente a geração de análise semelhantes, ou mesmo iguais (pg. 10).
 - Esta hipótese se confirmou, primeiramente, através da comparação entre os DFAs dos pólos das regiões de Americana e Blumenau; posteriormente se pôde afirmar a semelhança entre estes dois e o pólo têxtil da Catalunha (Espanha). Apesar da semelhança em termos de macrogestão ambiental têxtil, existem diferenças de grau intensidade das ações e reações e mesmo da cultura de cada uma das regiões pesquisadas.

- A complexibilidade da análise comparativa estará diretamente relacionada com a complexidade do diagrama de força ambiental (DFA) (pg. 10).
 - A montagem de um DFA é realmente complexa, pois envolve todas as forças de ação e reação vinculadas com o cenário em análise. A complexibilidade surge do poder que o diagrama tem de esboçar a reação, e assim o sistema, que é constituído do conjunto de pequenos ciclos de ação e reação, entra em um processo de estabilidade (balanceamento) ou se desestabiliza e gera um processo de “bola de neve”, crescendo ou diminuindo indefinidamente. A princípio a “bola de neve” seria a situação mais provável de acontecer; entretanto se está buscando o equilíbrio, e a esperança é que em um futuro breve isto venha a se concretizar na forma de uma sustentabilidade ambiental para todos os cenários pesquisados.
- É possível que, em função dos questionamentos e comparações realizados na análise comparativa, tecnologias emergentes passem a ser usadas com maior frequência na implantação de novos STETs (pág. 10).
 - Esta hipótese somente poderá ser confirmada em um futuro não muito próximo, pois ela precisa de tempo para se viabilizar.
- A análise dos cenários (Brasil – Portugal – Espanha), quando estes são comparados, pode evidenciar a cultura de cada região (pág. 10).
 - Esta hipótese também se confirmou, haja vista que no DFA do pólo têxtil de Blumenau é perfeitamente detectável a presença da cultura alemã em relação às questões ambientais. A intransigência catalã está também registrada no DFA da região de Barcelona através do rigor da legislação e da fiscalização.

Em termos da hipótese principal, a aposta era que ao final deste trabalho fosse possível concluir quais seriam as melhores tecnologias de tratamento de efluentes têxteis em uso no Brasil e na Península Ibérica. Com certeza, através da compilação dos dados e da análise dos resultados é possível concluir não qual é a melhor tecnologia em uso, mas sim, quais delas melhor se adaptam às características dos efluentes têxteis para um tratamento que satisfaça as condições da legislação e o anseio da comunidade de cada um dos cenários pesquisados.

8.4 Considerações finais

São grandes as dificuldades que envolvem as pesquisas de campo, especialmente a do presente trabalho não foi diferente, em face das dimensões da área territorial (deslocamentos) e do intervalo de tempo histórico. Constituíram-se em fatores importantes para sua concretização a boa vontade e a *performance* dos atores envolvidos, a grande quantidade de dados – apesar da forma subjetiva com que foram disponibilizados - e o entendimento das situações macroeconômicas e sociais de cada cenário. Por outro lado, deparou-se com dificuldades em obter informações das entidades públicas e privadas. Principalmente no caso destas últimas, muitas consideram a aquisição de conhecimento no campo ambiental um fator de competitividade, e por isso têm receio em expor seus dados. Não obstante, tem-se a certeza de que o presente trabalho traz contribuições úteis, capazes de esclarecer muitas dúvidas de pesquisadores e projetistas envolvidos com o tratamento de efluentes têxteis.

Este trabalho se finda sem ter a pretensão de ter esgotado o assunto, mesmo porque a gestão ambiental, em especial a dos efluentes têxteis, caracteriza-se por um processo dinâmico e ainda em curso, independentemente dos acertos ou dos equívocos. Estou consciente de ter dado o melhor de mim na procura de contribuições válidas, para que os problemas de gestão ambiental dos efluentes têxteis no Brasil sejam substancialmente reduzidos. Ainda que este estudo possa suscitar discussões a respeito das questões ambientais, espera-se que, ao final, ele possibilite a inclusão de novas tecnologias de tratamento nos STETs e assim venha a contribuir para a minimização dos impactos ambientais gerados pelas indústrias têxteis.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIQUIM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS QUÍMICAS. **Relatório de produção de corantes em 2001 no Brasil**. São Paulo - SP: www.abiquim.org.br/revista/qd398/corantes2.htm, 2003.

ABIT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA TÊXTEIS E DE CONFECÇÕES. **Carta Têxtil 2001 - Produção de fibras no Brasil** Disp. em: <www.abit.org.br/abit/perfilabit.htm> Acesso em: 08/05/2002.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004/5/6 E 7** : São Paulo/SP, 1987.

ACA. **Legislación y normativa de gestión** Disponível em: <<http://mediambient.gencat.net/aca>> Acesso em: 12/11/2003.

ADALBERTO. **Dados Institucionais da empresa Estampados Adalberto** Disponível em: <<http://www.adalbertoestampados.com/index.htm>> Acesso em: 03/08/2003.

ADRAVE. **Dados da Agência de Desenvolvimento Regional do Vale do Ave** Disponível em: <www.adrave.pt> Acesso em: 23/07/2003.

AEP. **Dados econômicos setor têxtil** Disponível em: <www.aep.pt> Acesso em: 26/09/2003.

AGA DO BRASIL S/A. **Neutralização com uso de CO₂** São Paulo - SP, 2001. Catálogo de fornecedor de CO₂.

AGUIAR, A. L. C.; SCHÖNBERGER, H.; **Aspectos do tratamento de efluentes líquidos têxteis no Brasil e na Alemanha - Uma comparação** Revista Têxtil, São Paulo / SP, v. 65, n. 03, p. 100 -114, Junho / julho 1995.

AITPA - ASOCIACIÓN INDUSTRIA TEXTIL DE PROCESO ALGODONERO. **Datos Texteis** Disponível em: <www.aitpa.es> Acesso em: 15/01/2004.

AL-MOMANI, F.; TOURAUD, E.; DEGORCE-DUMAS, J. R.; ROUSSY, J; THOMAS, O. **Biodegradability enhancement of textile dyes and textile wastewater by VUV photolysis** Journal of photochemistry and photobiology A, Washington-DC - USA., v. 153, n. 1 - 3, p. 191 - 197, november 2002.

ALCÂNTARA, M. R.; DALTIN, D. **A química do processamento têxtil** Revista Química Nova, São Paulo - SP, v. 19, n. 03, p. 320-330, maio/junho de 1996.

ALLEGRE, C.; MOULIN, P.; MAISSEU, M.; CHARBIT, F. **Savings and re-use of salts and water present in dye house effluents**. Journal Desalination, Orlando - USA, v. 162, n. 1, p. 13 - 22, march 2004.

ALVES, F. **O que está sendo feito com os resíduos sólidos** Saneamento Ambiental., São Paulo / SP - Brasil, v. 54, p. 16-24., 1998.

AMAVE. **Dados Institucionais da AMAVE** Disponível em: <www.amave.pt> Acesso em: 15/09/2003.

ANDERSON, V.; JOHNSON, L. **System thinking basics from concepts to causal loops**. 1ª ed. Massachusetts - USA: Pegasus Communications, Inc., 1997. 132 p.

ANDRADE, J. E. P.; CORREA, A. R.; SILVA, C. V. D. G. F. **Pólo de tecelagem plana de fibras artificiais e sintéticas da região de Americana** Rio de Janeiro - RJ - Brasil: Editora do Banco Nacional de Desenvolvimento do Brasil - BNDES, 2001.

ANGLIAN. **Dados institucionais da empresa Anglian Water** Brusque - Santa Catarina, 2003. Boletim informativo da empresa.

ANOMEX PRODUTOS QUÍMICOS LTDA. **Lista de preço de Produtos Químicos** São Paulo - SP, 2003. e-mail com a cotação de ácido sulfúrico - 13/05/2003.

ARAÚJO, F. M. B. G.; WITTER, G. P.; MARTINS, L. S.; RIBEIRO, M. L.; GIACOMETTI, M. M. **Conceito de pesquisa : um estudo exploratório comparando perspectivas de pesquisadores e leigos. Estudo de Psicologia** , Campinas - SP - BR, 1988.

ARAÚJO, M.; CASTRO, E. M. M. **Manual de Engenharia Têxtil** 2ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian., 1984. 694. p.

ARMITHARAJAH, A.; MILSS, K. M. **Rapid-mix design of mechanisms of alum coagulation** *Journal of American Water Works Association - AWWA.*, New York - USA, v.74, n.4, p.210-216, April 1982

ATMI - AMERICAN TEXTILE MANUFACTURERS INSTITUTE. **Report 2001 - Encouraging environmental excellence - America's textiles** Disponível em: <www.atmi.org> Acesso em: 20/05/2002.

AXT, E.; HERING, D. **Um novo sistema de flotação aplicado ao tratamento de efluentes têxteis. Revista Química Têxtil**, São Paulo - SP, v. 02, n. 06, p. 32 - 33, Set/out/nov. 1982.

BALAN, D. S. L. **Biodegradação e toxicidade de efluentes têxteis. Revista Química Têxtil**, São Paulo - SP, v. 22, n. 54, p. 26 - 31, março 1999.

BARCELOS. **Dados da socio-economico da cidade de Barcelos - Portugal** Disponível em: <http://www.cm-barcelos.pt/> Acesso em: 02/02/2004.

BARCLAY, B.; BUCKLEY, C. **Waste minimisation guide for the textile industry - A step towards cleaner production** 1 ed. Durban - South African, 2000b. 286 p. v. II. Acesso em: 25/06/2003.

BARCLAY, S.; BUCKLEY, C.;. **Waste minimisation guide for the textile industry: A step towards cleaner production.** 1 ed. Durban - South African, 2000a. 92 p. (Guide for the textile industry.) v. 1. <http://www.nu.ac.za/wasteminclubs/WMCtextileguides.htm> . Acesso em: 25/02/2003.

BARCLAY, S.; BUCKLEY, C. **Waste minimisation guide for de textile industry** University of Natal - Durban South Africa: South African Water Research Commission, 2000c. Vol I - 155 p.

BAUMANN, W. **Textile Chemicals** 1ª ed. Berlin - Alemanha, 2000. 489 p. v. 01.

BELLINGER, G. **Systems Thinking - An Operational Perspective of the Universe.** Disponível em: <[www.outsights.com/systems/sythink/sythink.htm](http://www.outsights.com/systems/systhink/sythink.htm)> Acesso em: 05/09/2002 - escrito em 1996.

BERTAZZOLI, R.; PELEGRINI, R. **Descoloração e degradação de poluentes orgânica em soluções aquosas através de processo fotoeletroquímico** *Revista Química Nova*, São Paulo - SP, v. 25, n. 03, p. 477 -482, março 2002.

BIT - BRAZILIAN INTERNATIONAL TRADE IMP. EXP. LTDA. **A poluição ambiental e a produção de Iodos** *Revista Química Têxtil*, São Paulo - SP, n. 59, p. 16 - 17, junho 2000.

BONAN, A. A; KOROISHI, E. T; SILVA, C. F; ANDRADE, C.B; SILVA, A. F; SANTOS, W. L. F. **Estudo da adsorção de corantes têxteis em diferentes adsorventes.** *In: CONGRESSO NACIONAL DOS TÉCNICOS TÊXTEIS, X I X.*, 2000, Fortaleza - Ceara. **Anais** . , 2000. p. 36 - 39.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industrial** 1ª ed. São Paulo / SP - Brasil: CETESB - Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo, 1993. 764 p. (CETESB.) v. 1.

BRANDON, C. A. **Hyperfiltration for Textile Preparation Caustic Discharge Reduction** Washington - DC - USA.: U. S. Environmental Protection Agency - EPA, Jan - 1986. 04 p. (U. S. Environmental Protection Agency - EPA. EPA / 600/S2-85/139 -

BRASIL - UNIÃO FEDERATIVA. Lei nº 9.605 de 12 fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. **Diário Oficial da União**, Brasília - DF - Brasil: Imprensa Oficial da Câmara dos Deputados do Brasil 1998.

BRASIL. Constituição Federal do Brasil de 1988. **Leis Brasileiras** Brasília - DF - Brasil: Imprensa Oficial da Câmara dos Deputados do Brasil

BRESAOLA JUNIOR, R; CANTELLI, D. L. **Tratamento de efluentes líquidos de uma indústria têxtil e seu reuso** In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII., 2000, PUCRS - Porto Alegre - RS. **Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. ABES - Assoc. Bras. Eng. Sanitária - Rio de Janeiro: ABES, 2000. p. 421-434.

BRIK, M.; CHAMAM, B.; SCHÖBERL, P.; BRAUN, R.; FUCHS, W. **Effect of ozone, chlorine and hydrogen peroxide on the elimination of colour in treated textile wastewater by MBR**. **Water Science and Technology**, London - England, v. 49, n. 4, p. 299 - 303, february 2004.

BROWN, M. A; DE VITO, S. C. **Predicting azo dye toxicity** **Environmental Science Technology - Critical Reviews**, London - England, v. 23, p. 249 -324, april 1993.

BRUGGEN, B. V. D; VANDECASTEELE, C. **Water Reclamation in the Textile Industry: Nanofiltration of Dye baths for Wool Dyeing** **Industrial & Engineering Chemistry Research**, Austin - Texas - USA., v. 40, p. 3973 - 3978, 08/11 2001.

BTTG - TEXTILES ON LINE. **Abatement and treatment technology environmental management, legislation and textile ecolabelling**. London - England: Associação Brasileira de Indústria Têxteis e de Confecções, 1999. 35 p.
http://www.e4s.org.uk/textilesonline/content/6library/report6/1_introduction.htm.

CAMMAROTA, M. C; COELHO, M. A. **Tratamento enzimático para remoção de cor de efluentes da indústria têxtil**. **Revista Química Têxtil**, São Paulo - SP, v. 24, n. 65, p. 40 - 48, dezembro 2001.

CANATIBA, T. **Dados institucionais da Canatiba Têxtil** Disponível em: <www.canatiba.com.br> Acesso em: 20/02/2003.

CARLIELL C. M; BARCLAY S. J; SHAW C; WHEATLEY A. D; BUCKLEY C. A. **O effect of salt used in textile dyeing on microbial decolorisation of reactive azo dye** **Environmental Technology**, London - England, v. 19, n. 11, p. 1133 - 1137, novembro 1998.

CARNEIRO, E.V.; LEÃO, M.; ANDRADE, L. I. F.; OLIVEIRA, A. P. **Tratabilidade de efluente têxteis em reatores de lodos ativados por batelada**. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XX., 1999, Rio de Janeiro - RJ. **Anais** , 1999. p. 268-271.

CARVALHO, M. M. **Um sistema de controle de qualidade para indústria têxtil** Florianópolis - SC / BR, 1991. 256 f. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistema, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

CASSOLA, L. S; PERES, L. **Aplicação da ultrafiltração na valorização de efluentes da indústria têxtil - Recuperação de Poli(álcool vinílico) - PVA** In: SEMINÁRIO DE PIBIC - UNICAMP, V., 2000, Unicamp. **Anais em CdRom**. Campinas - SP - BR, 2000. p. 313.

CAVALCANTI J. E. **A década de 90 é a dos resíduos sólidos** **Saneamento Ambiental**, São Paulo / SP - Brasil, v. 54, p. 16 - 24., 1999.

CE - EUROPEAN COMMUNITIES. **Establishing the ecological criteria for the award of the Community eco-label to textile products and amending** Disponível em: <http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/2002/l_133/l_13320020518en00290041.pdf> Acesso em: 24/07/2002.

CENESTAP - CENTRO DE ESTUDOS TÊXTEIS APLICADOS. **Dados têxteis - Portugal** Disponível em: <www.cenestap.pt> Acesso em: 15/05/2002.

CEPIS / GTZ - CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE / AGENCIA DE COOPERACIÓN TÉCNICA DE LA REPÚBLICA DE ALEMANIA. **Informe técnico sobre minimización de residuos en la industria textil.** Lima - Perú: Compañía Industrial Nuevo Mundo S.A., 1995. 151 p. Projeto de Cooperación República en America Latina.

CERQUEIRA, L. **Têxteis de Americana têm tratamento consorciado.** *Revista Saneamento Ambiental*, São Paulo - SP, v. Signus Editora, n. 61, p. 20 - 23, novembro/dezembro 1999.

CERVO, A. L. & BERVIAN. **Metodologia científica para uso dos estudantes universitários.** 3ª ed. São Paulo / SP - Brasil: : McGraw-Hill do Brasil, 1983. 144 p.

CETESB - .COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Legislação ambiental do Estado de São Paulo** Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br> Acesso em: 19/08/2003.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Projeto piloto de prevenção à poluição nas indústrias do setor têxtil** Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br> Acesso em: 15/05/2002c.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Compilação de técnicas de prevenção à poluição do setor têxtil** Disp em: <www.cetesb.sp.gov.br> Acesso em: 15/09/2002e.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Projeto piloto de prevenção à poluição nas indústrias do setor têxtil - Resultados obtidos.** Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br> Acesso em: 12/08/2002d.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Rubens Lara defende licenciamento ambiental no âmbito dos municípios** Disp em: <www.cetesb.sp.gov.br> Acesso em: 19/08/2003.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Seminário sobre descentralização do licenciamento ambiental** Disp. em: <www.cetesb.sp.gov.br> Acesso em: 19/08/2003.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Prevenção à Poluição** Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br> Acesso em: 16/06/2002b.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Governo de São Paulo** Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br> Acesso em: 24 de julho de 2002a.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO. **Informações institucionais** Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br> Acesso em: 24/05/2003.

CHANG, J; LIN, Y.C. **Fed-batch bioreactor strategies for microbial decolorization of azo dye using a *Pseudomonas Luteola* strain** *Biotechnology Progress*, New York - NY - USA, v. 16, n. 6, p. 979 - 985, june 2000.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios** 1ª ed. Belo Horizonte - MG: SEGRAC, 1997. 245 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.) v. 5.

CHRISTIE, R. M. **Colour Chemistry** 1ª ed. London - England: Royal Society of Chemistry - RSC, 2001. 206 p. (Paperbacks.)

CHURCHLEY, J. H. **The water company's view** in: PETER COOPER **Colour in Dyehouse Effluent**. 1ª ed. Nottingham - England: Society of dyers and colourists, 1995. 03. p. 31 - 43.

CIA. JAUENSE TEXTIL. **Dados Institucionais** Disponível em: <www.jauense.com.br> Acesso em: 23/05/2003.

CIARDELLI, G; CORSI, L; MARCUCCI, M. **Membrane separation for wastewater reuse in the textile industry** **ELSEVIER - Resources, conservation and recycling**, New York - USA, v. 31, n. 02, p. 189 - 197, February 2001.

CITEVE. **Dados Institucionais** Disponível em: <<http://www.citeve.pt/>> Acesso em: 23/09/2003.

CMC. **Dados Sócio-econômico da cidade de Covilhã - Portugal** Disponível em: <<http://www.cm-covilha.pt/>> Acesso em: 25/09/2003.

COATS CLARK. **Dados Institucionais da empresa Coats Clark - Portugal** Disponível em: <http://www.coatsandclark.com/our_company/company_profile.htm> Acesso em: 23/02/2004.

COELHO, C. C. S. R. **A questão ambiental dentro das indústrias de Santa Catarina: Uma abordagem para o segmento industrial têxtil** Florianópolis - SC / BR, 1996. 131 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistema, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

COLOUR INDEX. **Coloration technology** Disponível em: <<http://www.sdc.org.uk/publications>> Acesso em: 05/09/2002.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 001. de 23 de janeiro de 1986. Estabece os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental Brasília - DF - Brasil: Imprensa Oficial do Governo do Brasil, 17 de fevereiro 1986.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 06 de 15/06/1988. **Destinação final de resíduos sólidos** Brasília - DF - Brasil: Imprensa Oficial do Governo do Brasil 16/11/1988.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357 de 17 de março 2005. **Classificação das águas doces, salobras e salinas – Condições e padrões de lançamento. Diário Oficial da União**, Brasília - DF - Brasil: Imprensa Oficial do Governo do Brasil 18/03/2005.

CONCHON, J. A. **Tratamiento de efluentes del indústria têxtil** **Revista Base Têxtil**, Bueno Aires - Argentina, v. 01, n. 123, p. 18 a 26, Junio 1999.

CONCHON, J. A. **Solución para el lodo textil**. **Revista Textíla - Têxteis Interamericana**, v. 05, n. 18, p. 137, set/out/nov 1995.

CONCHON, J. A.; MATUSAKI, L. F.; CONCHON, E. A.; CONCHON, E. **Loo biológico têxtil: um método de disposição econômico e racional**. **Revista Química Têxtil**, São Paulo - SP, v. 20, n. 48, p. 74 - 77, set 1997.

CONCHON, J. A; CONCHON, E. A. **Prevenção e controle da poluição da poluição em indústrias têxteis**. São Paulo - SP, 2002. 96 f. (Curso de prevenção e controle de poluição.) - Neotex - Soluções Ambientais Ltda.

Constitución Esponhola Disponível em: <www.constitucion.es> Acesso em: 12/10/2003.

COOPER, S. G. **The Textile Industry, Environmental Control and Energy Conservation**. 1nd ed. ed. New Jersey - USA: Noyes Publications Data, 1978. 385 p. (Environmental Engineering Series.)

COTEMINAS. **Dados Institucionais da empresa Artex** Disp. em: <<http://www.coteminas.com.br>> Acesso em: 21/07/2004.

COUTO, S.R; RIVELA, I; MUÑOZ, M.R; SANROMAN, A. **Ligninolytic enzyme production and the ability of decolourisation of Poly R-478 in packed-bed bioreactors by *Phanerochaete chrysosporium*** *Bioprocess and Biosystems Engineering*, Heidelberg - Germany, v. 23, n. 3, p. 287 - 293, september 2000.

CPRH - COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE. **Roteiro complementar de licenciamento e fiscalização para tipologia têxtil** Recife - PB - Brasil: Bip Comunicação e Arte., 2001. 125. p. v. 1ª.

CRESPI, M. Minimización de residuos têxtil *Revista del Química Têxtil*, Bueno Aires - Argentina, v. 01, n. 117, p. 36-42, abril / junio 1994.

CRESPI, M. **Procesos productivos en la industria textil** *In: SEMINARIO DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA INDUSTRIA TÊXTEL, I.*, 1995, CIT - INTI. *Anais*. Bueno Aires - Argentina, 1995. p. 195 - 201.

CRESPI, M. **Tratamento de águas residuais do setor têxtil** *Química Têxtil*, São Paulo - SP, n. 66, p. 12 - 19, março 2002.

CROSSLEY, C. **Membrane technology for the separation of dyehouse effluent.** *in: PETER COOPER (ed.). Colour in dyehouse effluent.* 1ª ed. London - England: Society of dyers and colourists, 1995. 12º. p. 155 - 170.

D'AMBROSIO, U. **Etnomatemática - Dos fatos reais à modelagem, uma proposta de conhecimento matemático** Disponível em: <<http://sites.uol.com.br/vello/modelos.htm>> Acesso em: 12/01/2002.

DANTAS, T. N.C; DANTAS NETO, A. A; BELTRAME, L. T. C; LIMA, F. F. S. **Caracterização de efluente têxtil** *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA TÊXTEL, I.*, 2000, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. *Anais*. Natal - RN: UFRN, 2000. p. 202-217.

DEHLINGER, H. E; PRODUKT, F. **Judgmentnd evaluation Design Methods - Theories, Research, Education and Praticte**, v. 33, n. 03, p. 45-52, 1999.

DENEUX, P. **Applications du CO₂ pour le traitement des eaux.** Paris - França, 1990. Société Carboxyque.

DIÁRIO DE VIZELA. 500 maiores indústrias portuguesas em produtividade e rentabilidade **Diário de Vizela**, Vizela - Portugal, 01/10/2004 2004. p. 05,

DICKERSON, K. G. **Textiles and apparel in the global economy** 2 ed. Englewood Cliffs - New Jersey - USA: Merrill, an imprint of Prentice Hall, 1995. 626 p.

DÖHLER. **Dados Institucionais da empresa Döhler S/A.** Disponível em: <www.dohler.com.br> Acesso em: 17/09/2004.

DOMÈNECH, X; JARDIM, W. F; LITTER, M. L. **Procesos avanzados de oxidação para la eliminación de contaminantes** *In: MIGUEL A. BLESÁ Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea.* Buenos Aires - Argentina: Comisión Nacional de Energía Atómica, Unidad de Actividad Química, 2001. I. p. 324. <http://www.psa.es/webeng/solwater/files/CYTED01/>. Acesso em: 20/08/2003.

DVARIONIENÈ, J.; STASISKIENÈ, Z.; KNUDSEN, H. H. **Pilot scale memmbrane filtration study on water reuse of reusing water after reactive cotton dyeing.** *Journal of Environmental Research, Engineering and Management.*, Kaunas - Lithuania, v. 25, n. 3, p. 3 - 10, October 2003.

DYER, J. C; MIGNONE, N. A. **Handbook of Industrial Residues** 1ª ed. New Jersey - USA: Noyes Publications, 1983. 453 p. (Environmental Engineering Series.) v. 1/2.

ECHEVERRIA, J. **Alvejamento descontínuo - Otimização economica e ecológica através de um novo processo.** *Revista Química Têxtil*, São Paulo - SP, v. 20, n. 49, p. 24 - 29, dezembro 1997.

ECKENFELDER JR, W. W. **Industrial water pollution control** 3ª ed ed. New York : McGraw-Hill book Co., 2000. v. 01.

ECO H. **Como se faz uma tese** 1ª ed. São Paulo / SP - Brasil: Perspectiva, 1989. 60 p. v. 1.

ECOSAM - EQUIPAMENTOS DE SANEAMENTO LTDA. **Equipamentos Ecosam** São Bernardo - São Paulo, 2000. Catálogo comercial.

EDELIN, F. **Epuration physico-chimique des eaux - Theorie et technologie** 1 ed. Liège - Belgium : Cebedoc S.P.R.L, 1985. 118 p. (TEC & DOC .)

EDWARDS, J. C. **Investigation of color removal by chemical oxidation for three reactive textile dyes and spend textile dye wastewater.** Blacksburg - Virginia - U.S.A., 2000. 64 f. Ms Sc in Environmental Science and Engineering - faculty of Virginia, Polytechnic Inst. and State University.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA . **O Brasil visto do espaço** Disponível em: <www.dcbrazil.cnpm.embrapa.br> Acesso em: 12/06/2003.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Handbook of advanced photochemical oxidation processes.** Disp em: <<http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/Pubs/1998/625R98004.pdf>> Acesso em: 16/08/2003.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY . **Innovative technology evaluation report - High voltage electron beam technology - EPA 540/R-96/504** Washington - DC - USA.: Office of Research and Development, 1997b. 66 p.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Profile of the textile industry - EPA / 310-R-97-009** Washington - USA: Office of enforcement and compliance assurance, 1997a. 146 p.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Best mangement practices for pollution prevention in the textile industry - EPA /625/R-96/004** Washington - USA: 1996. 314 p.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Textile Processing Industry - 625/778-002** Washington - USA: Office of enforcement and compliance assurance, 1978. 298 p.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Pollution Prevention - P2** Disponível em: <www.epa.gov/optiontr/p2home/p2policy/legislation.htm> Acesso em: 16/05/2002.

ESPASA, J. P. **Membranas: Processo Alternativo para Reciclar el Agua Residual en la Industria Textil. Revista de Química Textil**, Barcelona - Espanã, n. 153, p. 30 - 45, Julio de 2001.

ETAD - ECOLOGICAL AN TOXICOLOGICAL ASSOCIATION DYES AND ORGANIC PIGMENTS MANUFACTURERS. **ETAD** Disponível em: <www.etad.com> Acesso em: 15/01/2004.

ETAD - ECOLOGICAL AN TOXICOLOGICAL ASSOCIATION DYES AND ORGANIC PIGMENTS MANUFACTURERS. **Guidance for the user industry on the environmental hazard labelling of dyestuffs - 1998.** Disponível em: <www.etad.com> Acesso em: 15/01/2004.

EURATEX. **Percentual de perda de corantes no processo de fixação.** Disponível em: <www.euratex.org> Acesso em: 23/05/2004.

EUROPE-ATLAS. **Map Spain** Disp em: <<http://worldatlas.com/webimage/countrys/europe/es.htm>> Acesso em: 26/02/2004.

FACCIOLI, H. **Neutralização das águas de descarga de uma tinturaria com anidrido carbônico** **Revista Química Têxtil**, São Paulo - SP, v. 01, n. 12, p. 62 - 64, Out 1985.

FAEMA - FUNDAÇÃO MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE. **Dados ambientais da cidade de Blumenau.** Disponível em: <www.faema.org.br> Acesso em: 14/10/2003.

FAIRBANKS, M. **Corantes e pigmentos - Mercado da cor prioriza preço baixo Química e derivados**, São Paulo - SP, n. 398, p. 7-24, outubro de 2001.

FATMA - FUNDAÇÃO DE MEIO AMBIENTE. **Governo do Estado de Santa Catarina** Disponível em: <www.fatma.sc.gov.br> Acesso em: 24 de julho de 2002.

FATMA. FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. Portaria de 23/03/2002. **Estabelece os limites máximos de toxicidade aguda para efluentes de diferentes origens e dá outras providências. Portaria da Fatma**, Florianópolis - SC / BR: Imprensa Oficial do Governo de Santa Catarina

FAZZIOLI, H. **Poluição das águas provocada pela descarga das tinturarias Revista Química Têxtil**, São Paulo / SP, n. 11, p. 31-36, junho / julho 1985.

FEEMA - FUNDAÇÃO DE ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. DZ 0205 R.5. de 05 de outubro de 1991. **Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial** Rio de Janeiro - RJ - Brasil: Imprensa Oficial do Estado do Rio de Janeiro, 24 de outubro de 1991.

FENLEY, P; MORETTI, A. C; D'AMBROSIO, U. **Um exemplo elementar de modelagem matemática**. In: SIMP NAC DE CÁLCULO NUMÉRICO, II., 1979, São Carlos - SP - Brasil. **Anais do segundo simpósio nacional de cálculo numérico..** São Carlos - SP: UFCar, 1979. p. 49-53.

FERNANDES, J. S. **Processos de Membranas** Material didático. www.dquim.ist.utl.pt, 25/09/2003

FIGUEIREDO, S. A; BOAVENTURA, R. A; LOUREIRO, J. M. **Color removal with natural adsorbents: modeling simulations and experimental Separation and purification technology**, Amsterdam - Holanda, n. 20, p. 121 - 141, out 2000.

FLORES, M. F. **Sobre a Responsabilidade Civil po Factos de Poluição Textos/Ambiente**, Lisboa - Portugal, v. 01, n. 01, p. 35-50, 1996.

FORRESTER, J. W. **The beginning of system dynamics** Disponível em: <<http://sysdyn.mit.edu/sd-intro/home.html>> Acesso em: 07/09/2002 - Published 1989.

FORRESTER. J. W; SENGE, P. **Tests for building confidence in system dynamics models. TIMS - Studies in the Management Sciences**, New York - USA, v. 14, n. 01, p. 209 - 228, 1980.

FRAGA, J. J. **La aplicación del Derecho ambiental de la Unión Europea en España: Perspectivas de evolución y desafíos del ius commune ambiental europeo** Disp. em: <D:DFederal de Santa Catarina- Empresas Espanholasaplicación del derecho ambiental en España.htm> Acesso em: 23/011/2003.

FRANK, M. J. W.; WESTERINK, J. B.; SCHOKKER, A. **Recycling of industrial waste water by using a two-step nanofiltration process for the removal of colour. Journal Desalination**, Orlando - USA, v. 145, n. 1, p. 69 -74, january 2002.

FROST, L.; GALSTER, J.; HANSEN, O. C. **Technical aspects of azo colorants - Danish environmental protection agency**. Copenhagen - Denmark: Danish EPA - Environmental Protection Agency, 1998. 282 p.

GALVEZ, J. B.; RODRIGUEZ, S. M.; GASCA, C. A. E.; BANDALA, E. R.; GELOVER, S.; LEAL, T. **Purificación de águas por fotocatalisis**. In: MIGUEL A. Blesa **Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogéneas**. I ed. Bueno Aires - Argentina: Comisión Nacional de Energía Atómica, 2001. 3. p. 324. <http://www.psa.es.webeng/solwater/files/TED01>. Acesso em: 20/08/2003.

GARCIA, R. C. **Aglomeraciones setoriais ou distritos industriais: Um estudo de caso das indústrias têxteis e de calçados no Brasil** Campinas - SP - BR, 1996. 253 f. Dissertação de mestrado - Faculdade de Economia, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

GASIN. **Uso de gases industriais** Disponível em: <<http://www.gasin.pt/html/products/products.htm>> Acesso em: 28/07/2003.

GEORGIU, D; AIVAZIDIS, A; HATIRAS J; GIMOUHOPOULOS K. **Treatment of cotton textile wastewater using lime and ferrous sulfate** *Water Research*, Amsterdam - Holanda, v. 37, n. 9, p. 2248 -2250, September 2003.

GIL, A. C. **Projetos de Pesquisa** São Paulo / SP: Editora Atlas S. A., 1996. 159. p. v. 3.

GOLDENBERG, S. **Orientação normativa para elaboração de tese** 1ª ed. São Paulo / SP - Brasil: Acta Circular Brasileira, 1993. 24 p. v. 1.

GONÇALVES, I. M; FERRA, M. I; AMORIM, M.T.P. **Processos de remoção biológica de corantes nos efluentes têxteis. Tecnologias do Ambiente**, Lisboa - Portugal, n. 11, p. 35 - 38, janeiro 1995.

GOODMAN, M. R. **Study notes in system dynamics** 2 ed. New York - USA: Wright - Allen Press, 1989. 388 p.

GRAY, N. F. **Activated Sludge - Theory and Practice** 1 ed. New York - USA: Oxford University Press, 1990. 271 p.

GROSZEL F. **Os desafios da fiscalização ambiental** *Revista Saneamento Ambiental*, São Paulo / SP, v. 01, n. 54, p. 35-42, Nov/Dez 1999.

GROVES, G. R; BUCKLEY, C. A; SIMPSON, A. E. - POLLUTION RESERCH GROUP - DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINNERING UNIVERSITY OF NATAL. **A guide for the planning, design and implementation of waste-water treatment plants ind the textile industry - Part 3 - Closed-loop treatment / Recycle options for textile scouring, bleaching and mercerising effluents.** Pretoria - Republic of South Africa: Water Research Comm - Project No. 122, 1990. 231 p.

GRUN, M. **Ètica e educação ambiental - A conexão necessária** 1ª ed. São Paulo / SP - Brasil: Papirus Editora, 1996.

GTV - MBH - HÖFELSTRABE. **Sistemas de recuperação para goma** Bodelshausen - Germany, 1997. Catálogo.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. **Corantes têxteis.** *Revista Química Nova*, São Paulo - SP, v. 23, n. 1, p. 71 -78, janeiro/fevereiro 2000.

GURNHAM, C. F. **Industrial Wastewater Control** 2ª ed. New York : Academic Press, Inc. Ltd, 1971. 476 p. v. 01.

GUTIÉRREZ, M. C; PEPIÓ, M; CRESPI, M. **Aplicación de las técnicas eletroquímicas a la eliminación del color.** *Revista de Química Textil*, Barcelona - Espanã, n. 154, p. 42 - 47, julio-septiembre 2001.

HALLER, M. **Tratamento de efluentes** *Revista Textília - Têxteis Interamericana*, São Paulo - SP, v. 03, n. 07, p. 93 -94, Jan/Fev/Mar 1993.

HART, E. **Reciclagem de água, um programa economicamente viável e tecnicamente inovativo** *Revista Química Têxtil*, São Paulo / SP - Brasil, v. 01, n. 37, p. 07 -10, Set / Out / Nov 1994.

HARTLEY, J. R; BYARD, M. J; MALLEN, C. I. **Qualitative modeling and conceptual change in science students.** *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE LEARNING SCIENCE*, Northwestern University. Chicago - USA, 1991. p. 222 -230.

HAZEL, B. G. **Industry evaluation of colour reduction and removal - the DEMOS project** in: PETER COOPER (ed.). **Colour in Dyehouse Effluent.** 1ª ed. Nottingham - England: Society of dyers and colourists, 1995. 5º. p. 59 - 72.

HENDRICKX, I. **Pollution prevention Studies in the textile wet processing industry** Richmond - Virginia - USA, 1995. 166 f. Graduate - - Department of Civil Engineering, State University of Virginia .

HERING. **Dados Institucionais da empresa Cia. Hering S/A.** Disponível em: <http://www.ciahering.com.br/respsocial_meioambiente.asp> Acesso em: 26/08/2004.

HOFFMANN, M.R.; MARTIN, S.T.; CHOI, W.; BAHNEMANN, D. W. **Environmental applications of semiconductor photocatalysis.** *Jornal Chemical Reviews*, Washington - DC - USA., v. 95, n. 1, p. 69 - 96, January 1995.

HUL, J. P. V. **Membrane separation in textile washing processes.** Enschede - Netherlands, 1999. 171 f. Tese doctor - <http://www.ub.utwente.nl/webdocs/ct/1/t000000e.pdf>, University of Twente. Department Chemical of Technology.

HUNT, R. G; METZLER, S. C. - ENVIROMENT PROTECTION AGENCY - EPA. **Textile mill. Products and Industrial.** Washington - USA: Government USA., 1982. 85 p.

IAMB. **Instituto do Ambiente - Portugal** Disp em: <<http://www.iambiente.pt>> Acesso em: 24/06/2003.

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Manual de Avaliação de Impactos Ambientais - Importância dos parâmetros ecotoxicológicos em estudos ambientais.** 3 ed. Curitiba: Governo do Estado do Paraná, 1999. 78 p. v. 01.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS E RENOVÁVEIS. **O Ibama e sua história** Disponível em: <<http://www2.ibama.gov.br/>> Acesso em: 10/07/2002.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área, população e capitais dos estados brasileiros** Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 11/10/2002.

IEL - INSTITUTO EUVALDO LODI - SC. **Apresentação do Projeto ECOGOMAN - Brasil e Alemanha** In: SIMPÓSIO SOBRE O ECOGOMAN - BRASIL E ALEMANHA, 1999, Florianópolis - SC. **Anais.** : Fiesc - Federação das Industrias do Estado de Santa Catarina, 1999. p. 1-5.

IMAGUIRE, P. G. Die Frage nach dem Sinn. X-Mag **Grazer Philosophische Studien**, Augsburg - Alemanha, v. 2, n. 1, p. 5-23, Dezember 1999.

INAG - INSTITUTO DA ÁGUA - PORTUGAL. **Histórico do Instituto da água** Disponível em: <www.inag.pt> Acesso em: 20/08/2003.

INEPT. **Dados sócio-econômico de Portugal** Disponível em: <<http://www.ine.pt/>> Acesso em: 10/12/2003.

INETI - INSTITUTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA INDUSTRIAL. **Guia Técnico do Sector Têxtil** Incidência Ambiental - Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais - PNAPRI. www.ineti.pt. Lisboa, Novembro 2002. meio digital. Adobe Acrobat.

IPPC - EUROPEAN COMMISSION - TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT EUROPEAN BUREAU. **Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) reference document on Best available Techniques for the Textiles Industry** In: INSTITUTE FOR PROSPECTIVE TECHNOLOGICAL STUDIES DE SEVILLE 1ª ed. Seville - Spain: European Commission , 2002. November 2002. p. 626. <http://eippcb.irc.es>. Acesso em: 05/05/2003.

IPT. **Carta Têxtil de 2002** Disponível em: <<http://www.ipt.br/>> Acesso em: 12/12/2002.

JMA. **Dados Institucionais da empresa J.M.A. S/A** Disponível em: <<http://www.jma.pt/>> Acesso em: 03/02/2004.

JNB. **Sulfabril em processo de concordata.** *Jornal de Notícias de Blumenau*, Blumenau, 14/12/2002 2002.

JOHNSON, P. N.; AMIRTHARAJ, A. **Ferric chloride and alum as single and dual coagulants** *Journal of American Water Works Association*, New York -USA, v.75, n.5, p. 232 - 238, abril 1983.

JORDÃO, E. P.; CONSTANTINO, A. P. **Tratamento de esgoto doméstico** 3ª ed. Rio de Janeiro - RJ - Brasil: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1995. 683 p.

JURAS I. A. G. M. **Destino dos resíduos sólidos e legislação sobre o tema** Câmara dos Deputados do Brasil: Imprensa Oficial da Câmara dos Deputados do Brasil, 2000. 6 p.

KAMINSKI, P. C. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade** Rio de Janeiro - RJ - Brasil: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2000. 132. p. v. 1ª.

KARAMI, A. A.; REDMAN, J. A.; GLAZE, W. H.; STOLARIK, G. F. **Evaluating an AOP for TCE and PCE removal** *Journal AWWA*, v. 89, n. 8, p. 41 - 53, august 1997.

KARSTEN. **Dados Institucionais da empresa Karsten S/A.** Disp. em: <<http://www.karsten.com.br/>> Acesso em: 13/02/2004.

KASAG EXPORT AG. **Caustic soda recovery** Switzerland, 2002. Empresa Suíça.

KASAG EXPORT AG. **Carta proposta de sistema de recuperação de lixívia** Kaltenbach - Switzerland, 2002. Proposta comercial .

KERMER, W-D. **Decolorizing textile effluent** Ludwigshafen - Germany: Publication BASF, 1995. 21 p. Technical report.

KNUTH, K. R. **Gestão Ambiental: Um estudo de caso para o setor têxtil - S.C.** Florianópolis - SC / BR, 2001. 247 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistema, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

KÖRTING HANNOVER AG. **Recuperação de lixívia de mercerização.** Hannover - Alemanha, 2001. Catálogo de marketing.

KOS, L.; PERKOWSKI, J. **Decolouration of real textile wastewater with advanced oxidation processes.** *Journal Fibres & Textile in Eastern Europe*, Lodz - Poland, v. 43, n. 4, p. 81 - 85, octeber / december 2003.

KRAEMER, T. H; TRAUTER, J. **Modificações de processos têxteis, assim como introdução de novos e melhores processos para eliminação de matérias poluentes dos efluentes da indústria têxtil** *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE O ECOGAMAN - BRASIL E ALEMANHA*, 1999, Florianópolis - SC. **Anais.** , 1999. p. 52-63.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G.; DURAN, N. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis** *Ver. Química Nova*, São Paulo - SP, v.25, n.1, p.78 - 82, fev. 2002

KUO, W. **Decolorizing dye wastewater with Fenton's reagent.** *Water Research*, London - England, v. 26, n. 7, p. 881 - 886, July 1992.

LAGUNAS, F. G; LIS, M. J. **Tratamento de efluentes na industria têxtil algodoeira** *Revista Química Têxtil*, São Paulo - SP, v. 21, n. 50, p. 6 - 15, março 1998.

LAGUNAS, F. G; LIS, M. J. **Tratamento de efluentes na indústria têxtil algodoeira** *Revista Têxtil*, São Paulo - SP, v. 21, n. 50, p. 5 - 15, março 1998.

LEDAKOWICZ, S; GONERA, M. **Optimisation of oxidants dose for combined chemical and biological treatment of textile wastewater.** *Water Research*, Amsterdam - Holanda, v. 33, n. 11, p. 2511 - 2516, august 1999.

- LI, X. Z; ZHAO, Y. G. **Advanced treatment of dyeing wastewater for use.** *Water Science and Technology*, London - England, v. 39, n. 10 - 11, p. 249 - 255, november 1999.
- LIN S. H; LIN, C. M. **Decolorization of textile waste effluents by ozonation.** *Journal Environmental Systems.*, Amityville - New York - U.S.A., v. 21, n. 2, p. 143 - 156, 1992.
- LONGO, A. N. **Sistemas de Tratamento de Água residuais têxteis** *Revista Química Têxtil*, São Paulo / SP - Brasil, n. 20, p. 19 - 22, JULHO 1987.
- LOPES, J. **Jean Piaget** *Revista Nova Escola*, São Paulo/SP - Brasil, v.XI, n.95, p.45-49, Ago 1996.
- LOPEZ, R; GUTARRA, A. **Descoloração de água residuais da indústria têxtil.** *Revista Química Têxtil*, São Paulo - SP, n. 59, p. 66 - 69, junho 2000.
- LUANGDIKOL, W.; PANSWAD T. **Effect of chemical structures of reactive dyes on color removal by an anaerobic-aerobic process** *Water Science and Technology*, London - England, v. 42, n. 3 - 4, p. 377 - 382, april 2000.
- LUCCA NETO, H. **Dyecare: diretrizes para o emprego ecologicamente compatível de corantes** *Revista Química Têxtil*, São Paulo / SP - Brasil, v. 01, n. 41, p. 58 - 65, dez 1995.
- LUND, H. F. **Industrial pollution control handbook.** ed. New York - NY - USA: McGraw-Hill book Co., 1971. 278 p. v. 01.
- MACINTYRE, A. J. **Equipamentos industriais e de processos.** 1 ed. Rio de Janeiro - RJ - Brasil: LTC, 1997. 278 p.
- MACTAVISH, J. **Decolourisation of wastewater by activated carbon in a fluidised bed adsorber** Brisbane - Australia, 1998. 54f. Dis. - Division of Chemical Engineering, University of Queensland.
- MALPEI, F. **Experimental and literature data on microfiltration removal rates.** *In: OPTIMAL MANAGEMENT OF WASTEWATER SYSTEMS.*, COST 624., Vienna - Austria. *Anais.* 2001. p.1-35
- MALPEI, F.; BONOMO, L.; ROZZI, A. **Feasibility study to upgrade a textile wastewater treatment plant by a hollow fibre membrane bioreactor for effluent reuse.** *Water Science and Technology*, London - England, v. 47, n. 10, p. 33 - 39, may 2003.
- MALWEE. **Dados Institucionais da empresa Malwee Malhas Ltda.** Disponível em: <www.malwee.com.br> Acesso em: 23/05/2004.
- MANSILLA, H. D.; LIZAMA, C.; GUTARRA, A.; RODRÍGUEZ, J. **Tratamiento de residuos líquidos de la industria de celulosa y textil.** *In: MIGUEL A. BLESA Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea.* Bueno Aires - Argentina: Comisión Nacional de Energía Atómica, Unidad de Actividad Química, 2001. 13. p.324. <http://www.psa.es/webeng/solwater/files/20cap13.pdf>. Aces: 20/08/2003.
- MARCO, A.; ESPLUGAS, S.; SAUM, G. **How and why combine chemical and biological processes for wastewater treatment.** *Journal Water Science and Technology*, London - England, v. 35, n. 4, p. 321 - 327, april 1997.
- MARCUCCI, M.; CIARDELLI, G.; RANIERI, L.; RUSSO, M. **Experimental campaigns on textile wastewater for reuse by means of different membrane processes.** *Journal Desalination*, Orlando - USA, v. 149, n. 1 - 3, p. 137 - 143, september 2002.
- MARISOL. **Dados Institucionais da empresa Marisol S/A.** Disponível em: <www.marisolsa.com.br> Acesso em: 13/06/2004.
- MARTINS, G. B. H. **Práticas limpas aplicadas às indústrias têxteis de Santa Catarina** Florianópolis - SC / BR, 1997. 96 f. dissertação - Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

- MATIOLO, E. **Flotação avançada para o tratamento e reaproveitamento de águas poluídas** *in*: CNPQ - Brasil: XIX Prêmio Jovem Cientista - Água - Fonte da Vida 2003. v.01. p.27. www.cnpq.br.
- MATTIOLI, D; MALPEI, F; BORTONE, G; ROZZI, A. **Water recycling and resource recovery in industry.** *in*: LENS P; HULSHOFF POL L; WILDERER P; ASANO T. **Water minimisation and reuse in the textile industry.** 1ª ed. London - England: IWA - Publishing, 2002. 03. p. 256 - 342.
- MATUSAKI, L. F; CONCHON, J. A; CONCHON, E. A; CONCHON, E. **Lodo biológico têxtil** *Revista Têxtil*, São Paulo / SP, v. 20, n. 48, p. 74 - 77, Setembro de 1997.
- MATYJAS, E.; BLUS, K.; RYBICKI, E. **Sorption studies of reactive red dyes.** *Journal Fibres & Textile in Eastern Europe*, Lodz - Poland, v. 41, n. 2, p. 66 - 70, april / june 2003.
- MECALF & EDDY, INC. **Wastewater engineering: Treatment , disposal and reuse** 3 ed. New York - NY - USA: McGraw-Hill book Co., 1991. 1024 p. v. 01.
- MESEGUER, C; CABEZA, R; COLL, M; CRESPI, M. **O filtro percolador (biológico)** *Revista Têxtil*, São Paulo - SP, n. 51, p. 20 - 26, junho 1998.
- MICHELON, E. **Cadeia produtiva & desenvolvimento regional** 1ª ed. Maringá/ BR: Clichetec, 1999. 167 p. v. 1º.
- MILNER, A. J. **Preservar o meio ambiente e proteger as utilidades, uma verdadeira racionalização do pré-tratamento** *Rev Química Têxtil*, São Paulo-SP, n.59, p.36-45, jun. 2000.
- MINATTI, E. **Corantes - A química das cores** *Revista eletrônica de química*, Florianópolis - SC / BR, v. 04, n. 01, p. 08, março de 2002. www.qmcweb.org. Acesso em: 20/08/2002.
- MINTER - MINISTÉRIO DO INTERIOR. Portaria nº 53. de 1º de março de 1979. **Estabelece as normas aos projetos específicos de tratamento e disposição de resíduos sólidos.** Brasília - DF - Brasil: Imprensa Oficial do Governo do Brasil, 08 de março de 1979.
- MISLIN, R; GREVE, M. **Parâmetro sumário, químico: AOX para substâncias orgânicas contidas na água.** *Revista Química Têxtil*, São Paulo / SP, v. 01, n. 34, p. 26 - 28, Mar 1993.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE DO BRASIL. **Sistema Nacional do Meio Ambiente** Disponível em: <www.mma.gov.br/sisnama/CE09/CE09_026.html> Acesso em: 20/02/2002.
- MMA - MISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Comitê das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí.** Disponível em: <www.ana.gov.br> Acesso em: 25/11/2003.
- MOMENTO. **Dados Institucionais da empresa Momento Engenharia Ambiental** Disponível em: <<http://www.momentoambiental.com.br/>> Acesso em: 02/06/2004.
- MORAES, S. G; ZAMORA, P. P; ESPOSITO, E; DURAN, N. **Degradação enzimática de corantes e efluentes derivados da indústria têxtil** *In*: REUNIÃO NACIONAL DE MICROBIOLOGIA APLICADA AO MEIO AMBIENTE, I., 1997, Unicamp - Campinas - SP. **Anais.** , 1997. p. 121 - 128.
- MORAES, S.G; FREIRE, R. S.; DURAN, N. **Degradation and toxicity reduction of textile effluent by combined photocatalytic and ozonation processes.** *Journal Chemosphere: Science for Environmental Technology*, v. 40, n. 4, p. 369 - 373, february 2000.
- MORAIS, L. C.; FREITAS, O. M.; VASCONCELOS, L.T.; GONZALEZ E. P.; BEÇA, C. G.G. **Reactive dyes removal from wastewaters by adsorption on eucalyptus bark: variables that define the process** *Water Research*, London - England, v. 33, n. 4, p. 979 - 988, april 1999.
- NBEN - NORTHEAST BUSINESS ENVIRONMENTAL NETWORK-RESOURCES FOR EH & PROFESSIONAL. - UNIV MASSACHUSETTSS. **Cranston Print Works uses Carbon Dioxide to replace Sulfuric Acid pH Adjustment.** www.nben.org/HTMLSrc/Resources - Acesso: 15/05/03

NEAMTU, M.; YEDILER, A.; SIMINICEANU, I.; MACOVEANU, M.; KETTRUP, A. **Decolorization of disperse red 354 azo dye in water by several oxidation processes a comparative study.** *Journal Dyes and Pigments.*, London - England, v. 60, n. 1, p. 61 - 68, January 2001.

NEMEROW, N. L. **Industry water pollution. Origins. characteristics and treatment** 1nd ed. ed. Massachusetts - USA: Addison-Wesley Publishing Company, 1978. 738 p.

NEMEROW, N. L.; DASGUPTA, A. **Industry and hazardous wastetreatment** 1nd ed. ed. New York - USA: Van Nostrand Reinhold, 1991. 743 p. (Environmental Engineering Series.)

NETPRACIT, S.; THIRAVETYAN P; TOWPRAYOON S. **Application of waste metal hidroxiide sludge for adsorption of azo reative dyes** *Water Research*, London-England, v.37 p.763-772, 2003

NUNES, J. A. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais** 3^a ed. Rio de Janeiro - RJ - Brasil: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 2001. 298 p.

OLIVEIRA, R. M; MOREIRA, A. H E LIMA, P. D. S. **Efeito da adição do lodo de águas residuais da indústria têxtil nas propriedades de materiais de construção Cerâmica**, São Paulo - SP, n. 47, p. 158 - 162, Outubro 2001.

ORBI. **Docentes estudam modo de minimizar a poluição Urbi et Orbi - Jornal On-line da UBI (Universidade Beira Interior)**, Covilhã - Portugal, 25/09/2003 2003.

PALA, A.; TOKAT, E. **Color removal from cotton textile industry wastewater in an activated sludge system with various additives.** *Water Research*, v. 36, n. 11, p. 2920 - 2925, June 2002.

PANELLA, M. C. T. **Da Responsabilidade Civil e Criminal na esfera do Direito Ambiental** *Legal São Paulo / SP*, v.01, n.02, p.05, Dez/2000. <http://www.andersenlegal.com/resource2.nsf> - Acesso em: 25 de julho de 2002.

PAULO OLIVEIRA. **Dados Institucionais da empresa Paulo de Oliveira S/A** Covilhã - Portugal, 2003. Catálogo informativo da empresa.

PEARCE, C.I; LLOYD, J.R; GUTHRIE, J.T. **The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: a review** *Dyes and Pigments*, London - England, v.58, p.179-196, June 2003.

PERALTA-ZAMORA, P.; KUNZ, A.; MORAES, S. G.; PELEGRINI, R.; MOLEIRO, P. C.; REYES, J.; DURAN, N. **Degradation of reactive dyes I. A comparative study of ozonation enzymatic and photochemical processes.** *Journal Chemosphere: Science for Environmental Technology*, Maryland - USA, v. 38, n. 4, p. 835 - 852, february 1999.

PERES, C. S; ABRAHÃO, A. J. **Características e sistema de tratamento de águas residuais das indústrias têxteis - Uma primeira abordagem.** *Revista Química Têxtil*, São Paulo - SP, v. 21, n. 52, p. 22 - 39, setembro 1998.

PÉREZ, M; TORRADES, F; DOMÉNECH, X; PERAL, J. **Fenton and photo-fenton oxidation of textile effluents.** *Water Research*, Amsterdam - Holanda, v. 36, n. 11, p. 2703 -2710, June 2002.

PERKOWSKI, J.; KOS, L. **Decolouration of model dyehouse wastewater with advanced oxidation processes.** *Journal Fibres & Textile in Eastern Europe*, Lodz - Poland, v. 11, n. 3 (42), p. 67 - 71, July / september 2003.

PERKOWSKI, J; KOS, L; LEDAKOWICZ, S. **Application of ozone in textile wastewater treatment.** *Ozone: Science & Engineering*, Philadelphia, U.S.A., v. 18, n. 1, p. 73 - 85, 1996.

PERKOWSKI, J; KOS, L; LEDAKOWICZ, S; ZYLLA, R. **Decomposition of anthraquinone dye acid blue 62 by the decoloration of textile wastewater by advanced oxidation process.** *Fibres & Textile in Eastern Europe*, Lodz - Poland, v. 11, n. 2(41), p. 88 - 94, April / June 2003.

PERRY, R. H; CHILTON, C. H. **Manual de Engenharia Química** 1 ed. Rio de Janeiro - RJ - Brasil: Guanabara Dois, 1980. 2053 p.

PINKER, S. **Como a mente funciona** São Paulo / SP - Brasil: Companhia das Letras, 1998.

PMA - PREFEITURA MUNICIPAL DE AMERICANA. **História da cidade de Americana** Disponível em: <<http://www.americana.sp.gov.br/>> Acesso em: 13/08/2002.

PNAPRI. **Plano Nacional Prevenção de Resíduos Industriais** Disponível em: <www.ineti.pt> Acesso em: 23/11/2003.

PORTER, J. J. **Membranes Filtration Techniques Used for Recovery of Dyes, Chemicals and Energy Textile Chemist and Colorist**, London - England, v. 22, n. 6, p. 21-25, June 1990.

PORTER, M. E. **Competição - On Competition** 3ª ed. Rio de Janeiro - RJ - Brasil: Campus Ltda, 1999. 515 p. v. 01.

PTCL - PHYSICAL AND THEORETICAL CHEMICAL LABORATORY - UNIVERSITY OXFORD. **Glossary of chemical terms**. Disponível em: <<http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS/glossary/lc50.html>> Acesso em: 15/02/2004.

RAMALHO, R. S. **Tratamiento de aguas residuales**. Revisada ed. Barcelona - Espanha: Reverté, 1996. 705 p.

RAZERA, S. **A luta pela agência na bacia do rio Piracicaba**. Disponível em: <www.riob.org> Acesso em: 10/10/2003.

RIBEIRO, O. **Opúsculos Geográficos. VI. Estudos Regionais**. 2ª ed. Lisboa: Fundação Calouste GulLisboa, 2003. 497 p. v. 01.

RILER. **Dados Institucionais da empresa Riler** Vizela - Portugal, 2003. Catálogo informativo da empresa.

RISETAMEGA. **Dados Institucionais da empresa Risetamega Acabamentos Têxteis** Disponível em: <<http://www.risetamega.pt/ambie.html>> Acesso em: 10/10/2003.

RIVA, M. C; LOPES-RIVA, D; VALLÈS, B. **Biodegradación inherente de efluentes del blanqueo del algodón**. In: INTERNATIONAL TEXTILE CONGRESS, I., 2001, Terrassa - Espanha. **Anais**. Department of textile and paper engineering, 2001. p. 738 - 747.

ROBINSON T., MCMULLAN, G., MARCHANT R., NIGAM P., . **Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative**. **Journal Bioresearch Technology**, v. 77, p. 245 - 277, 2001.

ROESSLER, A.; DOSSNBACH, O.; MEYER, U.; MARTE, W.; RYS, P.;. **Direct electrochemical dreduction of indigo**. **Chimie - Schweizerische Chemische Gesellschaft**, Zurich - Suíça, v. 55, n. 10, p. 879 - 882, january 2001.

ROSOCHA, L. A; KORZEKWA, R.A. **Advanced oxidation and reduction processes in the gas phase using non-thermal plasmas**. **Journal Advanced Oxidation Technology**, Ontario - Canada, n. 4, p. 264 - 264, July 1999.

ROZZI, A.; ANTONELLI, M.; ARCARI, M. **Membrane treatment of secondary textile effluents for direct reuse**. In: ADVANCED WASTEWATER TREATMENT, RECYCLING AND REUSE. , AWT98., 1998, Milano - Italy. **Anais**. , 1998. p. 797 - 804.

ROZZI, A.; MALPEI, F.; BIANCHI, R.; MATTIOLI, D. **Pilot-scale membrane bioreactor and reverse osmosis studies for direct reuse of secondary textile effluents**. **Water Science and Technology**, London - England, v. 41, n. 10 - 11, p. 189 - 195, november 2000.

RUIZ, J. A. **Metodologia da pesquisa científica: guia para eficiência nos estudos.** 1ª ed. São Paulo / SP - Brasil: Atlas Ltda, 1982. 177 p.

SAAR, J. H. **Modificações de processos têxteis, assim, como introdução de novos e melhorados processos para eliminação de matérias poluentes dos efluentes do acabamento têxtil.** Fiesc - Instituto Euvaldo Lodi, 1999.

SAAR, J. H. **Bioteste para efluentes industriais.** Disponível em: <www.umwelt-sc.com.br> Acesso em: 17/11/2002.

SAFARZADIH-AMIRI, A.; BOLTON, J. R.; CAT, S. R. **Ferrixalate-mediated photodegradation of organic pollutants in contaminated water.** *Water Research*, Washington - DC - USA., v. 31, n. 4, p. 787 -798, abril 1997.

SAIA, F. T.; DANIEL, L. A. **Aplicação do processo avançado de oxidação na remoção de cor e DQO de efluente têxtil.** *In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII., 2002, Cancun - México. Anais.* , 2002. p. 1 - 8.

SALEM, V. **Corantes na indústria têxtil - Uma abordagem ecológica** *Química Têxtil*, São Paulo / SP - Brasil, v. 01, n. 38, p. 6-14, Março 1996.

SALES, P. T. F.; OLIVEIRA, M. B.; TSUJII, P. K.; SOUSA, A. R.; DUTRA, R. M. S.; GOMES, W. V.; PELEGRINI, R.; ZANG, W. A. F. **Tratamento do corante dispersivo por processo fotocatalítico.** *In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC* , 54º., 2002, Goiânia - Goiás. *Anais.* , 2002. p. 245 - 246.

SAMPAIO, F. F. **Dinâmica computacional e o processo de ensino-aprendizagem: Algumas questões para reflexão** *In: TALLER INTERNACIONAL DE SOFTWARE EDUCATIVO, I.,* Dezembro de 1998, Universidade do Chile. **Actas do Taller Internacional de Software Educativo.** Santiago: Dr. Jaime Sánchez Ilabaca -Univ do Chile, 1998.p. 01-09. <http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/tise98/html/trabajos/modelag>. Acesso em: 18/03/2002.

SANCHEZ, L. E. **Desengenharia - O passivo Ambiental na Desativação de Empreendimentos Industriais** São Paulo / SP: Edusp - Ed da Univ de São Paulo., 2001. 256. p.v.01.

SANIDRO TRATAMENTO DE ÁGUA LTDA. **Equipamentos para estações de tratamento de efluentes.** Santana de Parnaíba - SP - Brasil, 2000. Folheto comercial.

SANIN, L. B. B. **La indústria têxtil el meio ambiente** *In: XIV CONGRESO LATINOAMERICANO DEL QUÍMICA TÊXTIL, XIV., 1996, Caracas - Venezuela. Anais* . : Federacion Latinoamericana de química têxtil, 1996. p. 313 - 334.

SANTA CATARINA. Decreto Lei nº 14250 de 05/06/81. Dispõe sobre a proteção e melhoria da qualidade ambiental e dá outras providências **Diário Oficial do Estado de Santa Catarina**, Florianópolis - SC / BR: Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina 09/06/81.

SANTISTA, T. **Dados institucionais da Santista Têxtil S/A.** Disp em: <www.santistatextil.com.br> Acesso em: 10/02/2003.

SANTOS, A. B; SANTAELLA, S. T. **Remoção de DQO de água residuária** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro - RJ - Brasil, v. 7, n. 3, p. 151 - 155, out/dez 2002.

SANTOS, N. E. S. **Utilização da análise de "Filière" com a variável ambiental "Efluentes líquidos e estações de tratamento" no estudo de comportamento das indústrias têxteis do Vale do Itajai - SC** Florianópolis - SC / BR, 1996. 106 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistema, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

SÃO PAULO. Decreto Lei nº 8468 de 18 de setembro de 1976. **Dispõe sobre a Prevenção e Controle da Poluição do Meio Ambiente** **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo / SP: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo 09/09/76.

- SCHAEPPPI, F. **Otimizando os processos têxteis em úmido para reduzir o impacto ambiental** *Revista Química Têxtil*, São Paulo / SP - Brasil, v. 23, n. 60, p. 16 - 34, Set 2000.
- SCHÄFER, T; GROSS, R; JANITZA, J; TRAUTER, J. **Nanofiltração de Efluentes de Tinturaria** *In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO ECOGOMAM - BRASIL E ALEMANHA*, 1999, Florianópolis - SC. **Anais**. Florianópolis: Instituto Euvaldo Lode de Santa Catarina, 1999. p. 1 - 22.
- SCHICHT, H. **Modern tendencies in the textile air engennering** Zurich - Suíça, 1999. Grupo Zellweger Luwa AG.
- SCHILESINGER, H. A; DUL, E. F; FRIDY JR, T. A. **Polution Control in Textile Mills** in: HERBERT F. LUND (Presidnt, Leadership Plus, Inc.). **Industrial Pollution Control Handbook**. First ed. New York - USA: McGraw-Hill book Co., 1971. Chapter 15. p. 1 - 30.
- SCHONBERGER, H. **Prevenção e redução da poluição na indústria têxtil** 1ª ed. São Paulo / SP - Brasil: SENAI, 2000.
- SCHÖNBERGER, H; SCHÄFER, T. **Best available techniques textile industry**. Berlin - Alemanha: IPPC - Integrated Polution Prevention and Control in Certain Industrial Activities - Directive, 2002. 362 p.
- SCHUBERT, D. Textile Finishing Industry **Product integrated environmental protection - Ecological branch concepts**, Berlin - Alemanha, p. 1-13, june 2000. www.oekopro.de. Acesso em: 05/05/2002.
- SEMA, SECRETÁRIA ESPECIAL DO MEIO AMBIENTE. Portaria GM/nº 0013 de 15 de Janeiro de 1976. **Classifica as águas interiores do território nacional**. **Portaria do Ministério do Interior**, Brasilia - DF - Brasil: Imprensa Oficial do Governo do Brasil, Diário Oficial da União 23 de janeiro .
- SEMERJIAN, L; AYOUB, G. M. **High-pH-magnesium coagulation-flocculation in wastewater treatment Advances in Environmental Research**, Berkeley - Califórnia - U.S.A., 2003.
- SENADORES, DEPUTADOS DA CONSTITUINTE DE 1988. **Constituição - Republica Federativa do Brasil 1988** Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/bdtextual/const88/const88.htm>> Acesso em: 11/06/2002.
- SENGE, P. ET. AL. **A quinta disciplina - Caderno de Campo - Estratégia e ferramentas para construir uma organização que aprende**. 1ª ed. São Paulo - SP: Qualitymark Editora, 1996. 542 p.
- SENGE, P. M. **A quinta disciplina - Arte, teoria e prática da organização de aprendizagem** 1ª ed. São Paulo - SP: Best Seller, 1990. 352 p.
- SENGE, P. M; STERMAN, J. D. **Systems thinking and organizational learning Productivity Press**, Portand - USA, p. 195-216, 1994.
- SENS, M. L; MELO FILHO, L.. C; LAPLANCHE, A. **Efeito da pré-ozonização sobre a geração de lodo em processos físico-químicos de estações de tratamento de efluente têxteis**. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, XIX., 1997, Vitória - Espírito Santo. **Anais**. : ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária - Rio de Janeiro, 1997. p. 361- 369.
- SERENZA, E. **Indústria têxtil têm orientação da CETESB para produzir com menor impacto ambiental**. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/> Acesso em: 28/05/2002.
- SILVA FILHO, M. N. **Produtos químicos utilizados na indústria têxtil e a questão ecológica** *In: XIII CONGRESSO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA TÊXTIL*, XIII., 1993, Medellín - Colômbia. **Anais**. : Federecion Latinoamericano Química Têxtil, 1993. p. 211-216.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação** Acesso em: 15/08/2001.

SILVA, C. **História do SIDVA Revista Anual dos Técnicos Viajantes de Guimarães.**, Guimarães - Portugal, v. 01, n. 19, p. 77 - 78, Janeiro de 2003.

SILVA, E. C. M. **Recuperação de produtos de encolagem por ultrafiltração** Guimarães - Portugal, 1998. 128 f. Dissertação de mestrado em Química Têxtil - Opção Ambiente - Departamento de Engenharia Têxtil, Universidade do Minho.

SILVA, E. P.; MOTA, S.; BOANERGES, F. A. **Potencial de utilização do lodo de esgoto de indústria têxtil como fertilizante agrícola.** *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro - RJ - Brasil, v. 8, n. 2, p. 69 - 76, abr/jun 2003.

SILVA, H. S. **Princípios de tratamento de efluentes líquidos.** *Revista Química Têxtil*, São Paulo - SP, n. 39, p. 56 - 65, junho 1995.

SINDITEC - SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE TECELAGENS DE AMERICANA, NOVA ODESSA, SANTA BÁRBARA E SUMARÉ. **Resumo da atividade têxtil no pólo de Americana** Disponível em: <<http://www.sinditec.com.br/>> Acesso em: 13/08/2002.

SINTEX - SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE FIAÇÃO, TECELAGEM E DO VESTUÁRIO DE BLUMENAU. **Dados Têxteis da região de Blumenau - SC** Disponível em: <www.sintex.org.br> Acesso em: 15/05/2002.

SMITH, B. **Specific textile problems - Metals** *In: POLLUTION PREVENTION SEMINAR, I.*, 1994, College of Textile. Raleigh - North of Carolina , 1994. p. 1 - 10. www.tx.ncsu.edu. Acesso em: 22/08/2003.

SMITH, B. **Identification and reduction of pollution sources in textile wet processing.** Raleigh - North of Carolina , 1986. 129 f. Pós-graduado Doctor in textiles - North Carolina Department of Natural Resources and Community Pollution, North Carolina State University.

SOARES, J. L. **Remoção de corantes têxteis por adsorção em carvão ativado com alto teor de cinza.** Florianópolis - SC, 1998. 100 f. Dissertação de mestrado - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

SORTI, S. **Depuração biológica da água de tinturaria acabamento têxtil e sua reutilização no ciclo de produção.** *Revista Química Têxtil*, São Paulo - SP, v. 19, n. 42, p. 50 - 51, março 2001.

SOUTHERN, T. G. **Technical solutions to the colour problem: a critical review** in: PETER COOPER (Ed.). **Colour in Dyehouse Effluent.** 1ª ed. Nottingham - England: Society of dyers and colourists, 1995. 6ª. p. 73 - 91.

SPAIN, P. J. M. C., ALIER, L.; CANAL C. **Posición Técnica Española en relacion al I Draft of the BREF on Textiles BREF – Com. Europeia**, Information submitted by Spanish TWG, v.01, p.96, 2002

SPERLING, M. V. **Lodos ativados** 1ª ed. Belo Horizonte - MG: SEGRAC, 1997. 414 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.) v. 4.

STANIGHER, C. A. **Neutralização do efluente de uma tinturaria com CO2 dos gases de combustão** *Revista Química Têxtil*, São Paulo - SP, v. 01, n. 13, p. 48 - 50, Jan 1986.

STANIGHER, C. A. **Tratamento de efluente de tinturaria com sistema de lodo ativado** *Revista Química Têxtil*, São Paulo - SP, n. 39, p. 10 -14, junho 1992.

STEGMAIER, T; TRAUTER, J; ROSA, S. M. C. **Resultados de experimentos em escala industrial sobre a reciclagem de goma e base de mistura de amido / PVA** *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ENGOMAGEM - PROJETO ECOGOMA - BRASIL E ALEMENHA*, 1999, Fiesc - Instituto Euvaldo Lodi. **Anais.** Florianópolis - SC / BR, 1999. p. 1 - 21.

STEPHENSON, T; JUDD, J. S; CORREIA, V. M . **Characterisation of textile wastewater - a review** *Environmental Technology*, London - Reino Unido, v. 15, n. 10, p. 917 - 930, november 1994.

SULFABRIL. **Dados Institucionais da empresa Sulfabril S/A.** Disponível em: <www.sulfabril.com.br> Acesso em: 24/03/2004.

SUNGPET, A.; JIRARATANANON, R.; LUANGSOWAN, P. **Treatment of effluents from textile-rinsing operations by thermally stable nanofiltration membranes.** *Journal Desalination*, Orlando - USA, v. 160, n. 1, p. 75 - 81, January 2004.

SZPYRKOWICZ, L; JUZZOLINO, C; KAUL, S; DANIELE, S; FAVERI, M. D.D. **Electrochemical oxidation of dyeing baths bearing disperse dyes** *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Washington - DC - USA., v. 39, p. 3241 - 3248, 2000.

TAN, B. H; TENG, T. T; OMAR, A. K. M. **Removal of dyes and industrial dye waste by magnesium chloride** *Water Research*, Amsterdam - Holanda, v. 34, n. 2, p. 597 - 601, Feb 2000.

TAN, N. C. G. **Integrated and sequential anaerobic/aerobic biodegradation of azo dyes** Wageningen - Netherlands, 2001. 104 f. Thesis - Wageningen University Research Center.

TEKA. **Dados Institucionais da empresa Teka S/A.** Disp.: <<http://www.teka.com.br/port/empresa>> Acesso em: 15/04/2004.

TEXTILE ONLINE. **Lanolin and derivatives** Disp.: <<http://www.e4s.org.uk/textileonline/content/>> Acesso em: 26/11/2003.

TIETENBERG, T. **Environmental economics and policy** 3 ed. New York : Addison Wesley Higher Education, 2000. 528 p. v. 01.

TIM. **Textile Industry Manual** Output of a Seminar on Energy Conservation in Textile Industry ed. New York : UNIDO, 1975. 278 p. v. 01.

TMG. **Dados Institucionais da empresa T.M.G. S/A** Guimarães - Portugal, 2003. Catálogo informativo da empresa.

TORREIRA, R. P. **Geradores de vapor** 1ª ed. São Paulo/SP: Cia. Melhoramento, 1995. 710 p.v. 01.

TRAMONTIN, R. 03/94. de 1994. **Revisão e Atualização das Normas de Autorização e Reconhecimento de Universidades** Conselho Federal de Ensino. **Relatório e minuta da resolução 03/94**, Brasília - DF - Brasil: Congresso Nacional do Brasil 1994.

TRATAVE. **Dados Institucionais da empresa Tratave** Disp. em: <www.tratave.pt> Acesso em: 07/07/2003.

TREVISAN, S. **La recuperacion de aguas en la industria textil** *Revista de Química Textil*, Barcelona - Espanha, v. 155, p. 48 - 52, octubre - diciembre 2001.

TRIQUA - PROCESS AND WATER TECHNOLOGIES. **Membrane bioreactor** Disponível em: <www.triqua.nl/before/start.html> Acesso em: 15/01/2004.

TUNUSSI, J. L; SOBRINHO ALEM, P. **Remoção de cor e nitrificação de efluentes de tinturaria têxtil através de processos biológicos anaeróbio-aeróbio** *Água Latinoamérica*, Tucson - Arizona - U.S.A., v. 3, n. 6, p. 1 - 7, diciembre 2003. www.agualatioamerica.com. Acesso em: 22/01/2004.

UBA - UMWELTBUNDESAMT - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY GERMANY. **Best Available Techniques in Textile Industry** Berlin - Alemanha: UBA, 2002. 1 - 362 p. Organization - Dr. Harald Schönberger & Dr. Thomas Schäfer.

UNEP - ONU - UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. **Cleaner Production Achievements** Disponível em: <www.unep.org> Acesso em: 05/05/2003.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME - TECHNICAL REPORT N. 16. **The textile industry and the environmental** Nairobi - Kenya: [Www.unep.org](http://www.unep.org), 1994. 120 p.

UNION EUROPEAN - UE. **Integrate Pollution Prevention Control - IPPC** Disponível em: <www.europa.eu.int> Acesso em: 08/05/2003.

UNITED NATIONS. **Report reviews United Nations Environmental Programme - 2002** New York - NY - USA: Impress UN - www.unep.org, 2002. 64 p.

VALINDO. **Dados institucionais da empresa Valindo** Dis: <www.valindo.com> Ac: 05/06/2003.

VALLDEPERAS, J; NAVARRO J.A; LIS, M. J; MUNTAL, J. **Controle integral do processo de tingimento com corantes sulfurosos** *Revista Química Têxtil*, São Paulo - SP,

VALLE, C. E. **Como se prepara as normas ISO 14000 - Qualidade ambiental. O desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente** 2ª ed. São Paulo / SP - Brasil: Pioneira Administração e Negócios - ABIMAQ/SINDIMAQ, 2000. 139 p.

VANDEVIVERE, P. C.; BIANCHI, R; VERSTRAETE, W. **Treatment and reuse of wastewater from the textile wet-processing industry: Review of emerging technologies.** *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, v. 72, n. 4, p. 289 - 302, abril 1998.

VERGARA, W. R. H. **Análise da atividade: a extração de conhecimentos Psicologia: Reflexão e Crítica**, Porto Alegre - RS - Brasil, v. 10, n. 01, p. 21 -32, junho 1997.

VERGARA, W. R. H., SANTOS, N. **Simulação cognoscitiva: herranienta de análisis en ingenieria de sistemas** *In: PRIMERAS JORNADAS DE INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS Y DE COMPUTACIÓN*, I., *Anais*. Quito - Equador, 1990. p. 363-371.

VIZELA. **Dados sócio-econômico da cidade de Vizela - Portugal** Disponível em: <<http://www.cm-vizela.pt/principal.asp>> Acesso em: 23/11/2003.

VOGELPAHL, A.; SAYAD, S.; SALAH, A.; FUCHS, W. **MBR - Recycling - Water recycling and reuse by application of membrane bioreactors: Textile and Municipal wastewater as examples.** Leibnizsh - Germany: ITV - Instituts fur Thermische Verfahrenstechnik, 31/05/2003. 15 p. (European Community within the INCO-MED. International Cooperation with Mediterranean Countries - INCO-MED - RTD - International Cooperation . ICA3-CT-1999-00013).

WALLACE, T. H. **Biological treatment of a synthetic dye water and an industrial textile wastewater containing azo dye compounds.** Blacksburg - Virginia - U.S.A., 2001. 79 f. Thesis - Department of civil and environmental engineering, State University of Virginia .

WALTER, F. F; MELO, J. A. P; MARTINS A. D. **Neutralização de tecidos mercerizados utilizando CO₂ em substituição ao ácido acético na Fábrica de Tecidos Dona Isabel S/A.** *In: CONGRESSO NACIONAL DOS TÉCNICOS TÊXTEIS, XIV.*, 1990, Blumenau - Santa Catarina. *Anais*. São Paulo - SP, 1990. p. 325 - 332.

WANG, Y. **Solar photocatalytic degradation of eight commercial dyes in TiO₂ suspension** *Water Research*, Washington - DC - USA., v. 34, n. 3, p. 990 - 994, february 2000.

WANUCHA, D. J. **Land application of textile biosolids.** Pollution prevention in the textile industry. North Carolina Department of Environmental and Natural Resources. [Www.p2pays.org/ref/02/01124.pdf](http://www.p2pays.org/ref/02/01124.pdf), 01/02/2004 1995.

WATANABE, M; USHIYAMA, T. **Characteristics and effective applications of polymer coagulants** Tokio - Japan: Technology Exchange Dept. Japan External Trade Organization, 2000. 1 - 17 p. Energy and Environmental Technology Diffusion and Cooperation.

WENZEL, H.; KNUDSEN, H. H.; MACHNOWSKI, W.; KOPROWSKA, J.; GRZYWACZ, K.; HANSEN, J.; BIRCH, H.; PEDERSEN, B. M.; JOZWIK, A. **Cleaner technology transfer to the Polish textile tindustry: Idea catalogue and selected options.** Copenhagen - Denmark: Danish Environmental Protection Agency. DANISH EPA, 1999. 124 p. www.mst.dk/udgiv/publications.

WHITE MARTINS. **Neutralização de tecidos mercerizados utilizando CO2** Disponível em: <www.whitemartins.com.br> Acesso em: 10/05/2003.

WIKIPEDIA. **Imagens do rio Besòs - Bracelona** Disp. em: <<http://pt.wikipedia.org>> Acesso em: 23/04/2003.

WOERNER, D. **Membrane Technology in Textile Operations** Disponível em: <<http://www.p2pays.org/search/Default.asp?whichpage=1&SearchType=Site&pagesize=30&SearchPhrase=Membrane>> Acesso em: 23/09/2003.

WORLD BANK GROUP. **Pollution prevention and abatement handbook - Textiles** Washington - USA: World Bank, 1998. 408 - 412 p.

WULFHORST, B. **Textile Fertigungsverfahren** 1º ed. Abbildungen - Germany: Hardcover, 1998. 1 - 348 p. v. 01.

WYNNE, G; MAHARAJ, D; BUCKLEY, C. **Cleaner production in the textile industry - Lessons from the danish experience** Disponível em: <www.nu.ac.za/dancedcleanerproduction/> Acesso em: 15/02/2002.

XU, Y.; LEBRUN, R. E.; GALLO, P. J.; BLOND, P. **Treatment of textile dye plant effluent by nanofiltration membrane** *Journal Separation Science and Technology*., Canada, v. 34, n. 13, p. 2501 - 2519, september 1999.

YEH, R.Y; HUNG, Y; LIU, R. L; CHIU, H; THOMAS A. **Textile wastewater treatment with activated sludge and powdered activated carbon** *International Journal Environmental Studies*, London - England, v. 59, n. 5, p. 607 - 622, mai 2002.

YOUNG, P. **Métodos científicos de investigacion social**. 1ª ed. Mexico: Instituto de Investigaciones Sociales de La Universidad del México, 1960. 159 p. v. 01.

ZANONI, M. V. B; CARNEIRO, P. A. **O descarte dos corantes têxteis** *Ciência hOJE*, Rio de Janeiro - RJ - Brasil, n. 174, p. 61 - 64, agosto de 2001.

ZEE, F. P. V. D. **Anaerobic azo dye reduction** Wageningen - Netherlands, 2002. 112 f. Thesis douctoral - Reseach Center, University Wageningen.

ZENON E. I. **Products Zenon's** Disponível em: <www.zenonenv.com> Acesso em: 05/01/2004.

ZHANG, F.; YEDILER, A.; LIANG, X.; KETTRUP, A. **zonation of the purified hydrolyzed azo dye reactive red 120**. *Journal Environmental Science and Health*, v. 37, n. 04, p. 707 - 713, september october 2002.

10 APÊNDICE

10.1 Roteiros dos questionários

Os questionários aplicados com todos os atores participantes são de perguntas abertas, com o objetivo de permitir ao entrevistado discorrer sobre os assuntos abordados de forma livre e ter condições de detalhar situações que considere importantes para a configuração do STET implantado e em operação, além de apresentar as razões e as justificativas para os perfis adotados para o STET.

Muitas vezes durante a entrevista surgiram questionamentos não previstos no roteiro; porém, sempre com o objetivo de elucidar a metodologia de decisão para a definição das tecnologias utilizadas no STET, estas indagações foram realizadas e depois destacadas no processo de compilação dos dados. Antes da realização da entrevista era visitado o STET e coletadas todas as informações disponíveis do sistema. Todas as entrevistas foram gravadas em fitas k-7, transformadas em arquivos mp3 e posteriormente analisadas cuidadosamente para o resgate dos principais detalhes pertinentes aos objetivos deste trabalho. Na seqüência é apresentado o roteiro básico utilizado na entrevista realizada com as indústrias têxteis. Os demais roteiros (órgãos ambientais, pesquisadores e projetistas) apresentam características muito semelhantes com o realizado com as indústrias; assim, para a descrição não se tornar repetitiva, optou-se por apresentar apenas o roteiro das questões aplicado nas indústrias.

10.1.1 Roteiro para questionamento - indústrias têxteis

1. Dados de cadastro da indústria têxtil (geradora de resíduos).
Nome, endereço, atividade principal, produção atual e máxima, quantidade de colaboradores em toda a indústria e apenas no setor ambiental. Qual a filosofia da empresa em relação às questões ambientais? Qual área é responsável pela macropolítica ambiental? Qual é a área responsável pelos investimentos e custos operacionais das ações ambientais?
2. Dados do entrevistado.
Nome, idade, formação profissional, função que ocupa, admissão, histórico resumido da vida profissional e atividade que exerce (quando da pesquisa).

3. Informações básicas da empresa.
Origem e histórico da empresa: período da fundação, produção, perfil dos colaboradores, capacidade produtiva, situação econômica e perspectivas de curto e médio prazo para o desempenho produtivo.
4. Informações ambientais da empresa.
Descrição sucinta do processo produtivo têxtil. Matérias-primas, produtos auxiliares e artigos produzidos. Fonte de água industrial, consumo e custo. Quais os principais produtos químicos (poluentes) utilizados pela indústria? Quais os principais tipos corantes usados no processo industrial (ex. direto, reativo, enxofre, azo e etc.)? Qual é área (superfície) da indústria destinada ao STET?
5. Sistema de Gestão Ambiental (SGA).
Se existe o SGA:
Quando se iniciou? Qual a origem da iniciativa? Qual o objetivo da implementação do SGA? Houve assessoria externa na implantação? Qual a principal dificuldade na implantação do sistema? Qual foi a receptividade dos colaboradores? Qual o custo de implantação do programa? Qual o custo-benefício do SGA para a empresa? Qual foi o principal ganho, comercial ou ambiental? Quando o sistema se consolidou? Existe alguma perspectiva para implantação do Sistema Integrado de Gestão (SIG)?
Caso não exista o SGA:
Não é política ambiental da empresa? Ainda não houve oportunidade para implantação? Está nos planos da empresa a implantação do SGA? Considera que não haveria melhorias no sistema.
6. Certificação ISO 14.001.
Se existe a ISO 14.001:
Quando se iniciou o processo? A origem da iniciativa foi de que setor? Qual o objetivo da implantação da certificação? Houve assessoria externa para implantação da certificação? Qual o custo da implantação da certificação? Qual o custo-benefício? Qual o principal ganho, comercial ou ambiental? Qual o grau de aceitação dos colaboradores? Os parâmetros de lançamentos tiveram seus valores melhorados com a certificação? Quando ocorreu a certificação?
Caso na exista a ISO 14.001:
A empresa não acha importante a certificação? A empresa tem intenção de implantar a certificação? O empecilho para a certificação é de caráter burocrático ou técnico?
7. Contratação de projeto de STET.
Na contratação de projetista para o STET (projeto, assessoria ou consultoria), quais os critérios utilizados? O custo do projeto (pagamento do projetista) é relevante para a contratação do profissional? Sempre foi contratado o mesmo projetista, ou já houve mais de um projetista ou empresa de projetos envolvidos no STET? Cite os nomes dos projetistas envolvidos com o STET implantado. É colocada alguma restrição orçamentária ao desenvolvimento do projeto do STET ao projetista? As soluções propostas pelo projetista para o STET são analisadas por quem? Os custos dos investimentos iniciais e

operacionais do sistema proposto são considerados antes ou depois da contratação do projetista? No caso de o projetista apresentar, como forma de solução para o problema, uma tecnologia nova, como a empresa aprova um projeto deste tipo? É exigido que o projetista acompanhe a implantação e operação dos processos ou sistemas propostos? A implantação do projeto proposto geralmente é realizada pela empresa ou por outra empresa contratada? Em caso de o ser por outra empresa, existe restrição a ser a empresa envolvida com o projetista? É exigida alguma garantia de eficiência do sistema quanto aos valores constantes no projeto proposto? Que tipo de garantia é exigido?

8. Contratação dos colaboradores envolvidos com as questões ambientais. Quais os critérios para a contratação do pessoal de chefia envolvido com divisão ambiental? Quais os critérios para a contratação de pessoal de apoio - operadores - envolvido com a divisão ambiental? Na equipe de colaboradores existem profissionais com formação superior na área ambiental? Qual o grau de conscientização ambiental dos colaboradores desta área? Qual o tempo médio de permanência de um colaborador trabalhando no setor de ambiente da empresa?
9. Existe algum serviço ambiental terceirizado na empresa?
Em caso afirmativo:
 Quais? O que justifica a terceirização? Qual o custo? Este custo é menor do que se fosse executado pela própria empresa? O terceirizador tem responsabilidade ambiental? A empresa acompanha o trabalho do terceirizador?
No caso negativo:
 Não houve oportunidade para a terceirização? Não é política da empresa a terceirização de serviços ambientais?
10. STET implantado na indústria.
 Data da implantação do sistema. Quais os parâmetros de lançamento que eram exigidos? Quais resíduos o sistema tratava especificamente - líquidos, sólidos e gasosos? Havia alguma preocupação com os resíduos gasosos? Qual a vazão líquida e a carga orgânica estimada no sistema? Qual a estimativa de volume de resíduos e área disponível? Descrição do primeiro STET. Sistema preliminar. Sistema primário. Sistema secundário. Sistema terciário. Estimativa do investimento inicial com sistema. Custo operacional do sistema. Qual era a eficiência global atingida pelo sistema? A eficiência permitia que os parâmetros de lançamento fossem atingidos? Qual o comportamento do sistema biológico quanto à estabilidade? O sistema eliminava cor do efluente? Como era tratada a questão dos sólidos? O sistema possui algum tipo de reciclagem ou reúso de resíduos (sólidos, líquidos ou gasosos)? O sistema operou originalmente por quanto tempo? Havia problemas no sistema?
No caso afirmativo:
 Os problemas eram na concepção do sistema de tratamento (projeto) ou operação? O processo produtivo teve alterações (processo e produção) que tenham resultado em aumento da carga hidráulica e orgânica do efluente bruto? Nunca ocorreram falhas operacionais? O sistema inicial precisou de alguma adaptação?

11. *Upgrade* no sistema.

Qual a justificativa para *upgrade*? Quais as principais alterações introduzidas no sistema? Alguma das alterações quando do *upgrade* modificou o processo industrial produtivo (recuperação ou reúso)? O *upgrade* considera algum processo de recuperação, reciclagem ou reúso dos resíduos gerados? Quais os resultados obtidos com o *upgrade*? Houve pesquisa para definição do *upgrade* (ex.: unidade piloto)? Qual foi o custo do investimento com o *upgrade*. Custo operacional após o *upgrade*. Custo-benefício do *upgrade*. Os problemas do sistema antigo foram resolvidos? Surgiu algum outro tipo de problema no sistema? Caso afirmativo, que tipo de problema afetou o STET?

12. Sistemas auxiliares.

Existe algum tipo de automação no STET? Existe alguma medição *on-line* de parâmetros de lançamento? Existe laboratório bacteriológico e físico-químico na indústria? De que forma é realizado o monitoramento do STET? Quem realiza as análises laboratoriais? Existe possibilidade de relacionar dados do STET com o processo produtivo? Os dados de monitoramento são entregues ao órgão ambiental de controle e fiscalização?

13. Processos de recuperação de subprodutos.

Desengomagem:

Qual o destino dos efluentes da desengomagem? Existe recuperação de goma?

No caso afirmativo:

Qual o processo de recuperação utilizado? Custo do investimento? Tempo de retorno do investimento? Custo operacional da recuperação? Qual o custo-benefício do sistema? Benefícios ambientais? Objetivo da implantação? Justificativa para a recuperação? De que setor foi a iniciativa para recuperação da goma?

No caso negativo:

A indústria tem intenção de recuperar a goma? Caso a questão anterior for negativa, justifique. No caso de não-recuperação da goma, qual é o impacto da desengomagem no sistema de tratamento de resíduos? Quais os inconvenientes da recuperação de goma?

Recuperação de soda cáustica.

No sistema produtivo existe processo de mercerização ou caustificação?

Caso afirmativo:

Qual o destino dos efluentes da mercerização? Possui sistema de recuperação de soda cáustica?

Caso afirmativo:

Qual o sistema de recuperação de soda utilizado? Qual o valor do investimento na recuperação? Tempo de retorno do investimento? Qual o custo operacional? Qual o custo-benefício do sistema? Quais os benefícios ambientais?

Caso negativo:

Pretende-se recuperar a soda cáustica? Caso a questão anterior for negativa, justifique. No caso de não-recuperação, qual o impacto da mercerização no STET?

14. Processo de neutralização.

Qual o processo de neutralização utilizado no STR? O processo é automatizado?

Caso seja ácido sulfúrico ou clorídrico:

Qual o grau de periculosidade do processo? Quais as vantagens e desvantagens do processo? Qual o teor de sulfato presente nos efluentes? É superior a 50mg/L? O controle de pH é eficiente? Quais os custos em relação a outros processos?

Caso seja gás carbônico puro:

Qual o grau de periculosidade do processo? Quais as vantagens e desvantagens do processo? O controle de pH é eficiente? Qual o custo em relação a outros processos?

Caso seja gás de combustão:

Qual o grau de periculosidade do processo? Quais as vantagens e desvantagens do processo? O controle de pH é eficiente? Qual o custo em relação a outros processos?

15. Processo de remoção de cor.

Os parâmetros de lançamento exigem remoção de cor?

No caso afirmativo:

Qual o valor do parâmetro cor? A empresa busca atingir a adequação desse parâmetro? O sistema atualmente remove a cor até o valor do parâmetro exigido? Qual processo no sistema de tratamento tem a função de remover a cor? O processo se dá antes ou depois do sistema biológico? A empresa considera o processo eficiente? Há geração de lodo químico, devido à remoção de cor? Quais as quantidades de coagulantes ou descorantes utilizadas no processo? Qual a quantidade de lodo gerada diariamente? Qual a composição do lodo? Tem presença de metais pesados? Qual o custo para remoção da cor? Há apenas a geração de biossólido com presença de corante?

No caso negativo:

Mesmo que a legislação não exija a remoção da cor, a empresa pratica alguma ação para esta remoção? Caso a questão anterior seja afirmativa, efetuar os mesmos questionamentos da situação afirmativa.

16. Custos do STET.

O custo ambiental operacional está equacionado, ou seja, é assimilado facilmente ao custo dos produtos fabricados? A empresa tem o custo ambiental por quilo de produto fabricado?

No caso afirmativo:

Qual é o valor deste custo? Na determinação dos custos estão incluídas as amortizações dos investimentos? Os investimentos foram feitos com recursos próprios ou financiados? No caso de financiamento, houve percentual a fundo perdido? A eventual economia ou a recuperação de algum subproduto é computada como receita na determinação dos custos ambientais? Existe vantagem comercial na preservação ambiental?

17. Operação do STET.

Quantos operadores são necessários para operar o sistema? O sistema trabalha durante as 24 horas?

No caso afirmativo:

Existe algum processo que é interrompido no período noturno? Os colaboradores do sistema têm algum tipo de treinamento ou capacitação? Já houve algum erro operacional que provocasse a desestabilização do STET?

No caso afirmativo:

Qual foi o erro? Quais foram os danos ambientais? Considera o erro ocorrido de responsabilidade individual ou coletiva? O órgão fiscalizador foi notificado? A empresa recebeu notificação ou multa pelo erro cometido?

18. Comitê de bacia.

Já existe comitê de bacia instalado na região?

No caso afirmativo:

Quais as ações já desenvolvidas pelo comitê? Considera-se que o comitê possa trazer contribuições para as indústrias? O setor industrial tem representante no comitê de bacia? Quais as perspectivas de cobrança da água, tanto de captação quanto do despejo? A empresa já analisou a possibilidade da taxa da água? Quais os reflexos da taxa para a empresa em relação aos custos ambientais e produtivos? Diante de uma taxa excessiva, a empresa tem alternativas para a redução do consumo de água, ou mesmo o reúso ou reciclagem da água é alternativa já ponderada?

19. Comunidade.

Existe comunidade residindo nas proximidades da indústria?

No caso afirmativo:

Esta comunidade apresenta algum grau de conscientização ambiental? Qual o comportamento dela em relação aos impactos ambientais provocados pela empresa? A comunidade tem conhecimento das ações que a empresa realiza para preservação do ambiente? A comunidade visita a empresa? Já ocorreu algum tipo de protesto ou pedido de melhoria das ações ambientais da empresa por parte da comunidade?

No caso afirmativo:

Quais foram os pedidos de melhoria? A comunidade foi atendida? A comunidade procura primeiro a empresa ou o órgão ambiental fiscalizador para fazer a reclamação? A empresa já foi denunciada alguma vez aos órgãos de fiscalização ambiental ou à promotoria de defesa ambiental? Algum órgão de imprensa já fez algum tipo de denúncia ambiental contra a empresa?

20. Órgãos ambientais (licenciamento e fiscalização).

Os órgãos de fiscalização ambiental são atuantes regionalmente? Os parâmetros de lançamento utilizados pelo órgão licenciador são rigorosos? A fiscalização age rigorosamente com todas as empresas, independentemente do seu porte e importância regional? Os órgãos fiscalizadores executam visitas e análises físico-químicas periodicamente? A ação dos fiscais é primeiramente de orientação ou as multas por infração são automáticas? Os órgãos ambientais procuram parceria com as empresas para o desenvolvimento de tecnologias com vista à minimização dos problemas ambientais gerados pelos resíduos têxteis? Como a empresa classifica a atuação dos órgãos ambientais em relação a ela e às outras empresas do mesmo segmento industrial? A empresa já foi multada alguma vez?

No caso afirmativo:

Qual ou quais as infrações cometidas? A empresa recorreu da multa? Qual era o valor da multa? O problema foi resolvido? A responsabilidade pela infração foi individual ou coletiva?

21. Questões gerais

Quando do surgimento de novas tecnologias de tratamento de efluentes, a empresa manifesta interesse em conhecê-las? A empresa já executou alguma pesquisa em parceria com algum centro, instituto ou universidade, com o objetivo de desenvolvimento ou aperfeiçoamento de alguma nova tecnologia?

No caso afirmativo:

Qual ou quais tecnologias são aplicadas? Alguma vez já foi analisada a possibilidade de reciclagem ou reúso da água residuária no processo industrial? Qual é a opinião da equipe técnica (ambiental) em relação à utilização industrial ou mesmo em nível de pesquisa, para processos como: ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa ou qualquer outro tipo de filtração avançada, como alternativas de recuperação de água e reciclagem de produtos como gomas ou corantes? Atualmente, qual o grau de conscientização ambiental da empresa? Para a empresa, o que significa a preservação do ambiente? Quais as metas de melhoria ambiental a curto e médio prazo? Existe algum fato ou evento ocorrido ao longo do tempo que teria contribuído para melhoria do sistema de tratamento e, por qualquer problema ou detalhe, não tenha sido abordado na entrevista.

