

**ÉDIO LAUDELINO DA LUZ**

**TRATAMENTO DE ESGOTO EM REATORES POR  
BATELADAS CONTROLADOS POR SISTEMA DE  
TELEGESTÃO E SUPORTE OPERACIONAL  
INFORMATIZADO**

**SANTA CATARINA  
1998**

**ÉDIO LAUDELINO DA LUZ**

**TRATAMENTO DE ESGOTO EM REATORES POR  
BATELADAS CONTROLADOS POR SISTEMA DE  
TELEGESTÃO E SUPORTE OPERACIONAL  
INFORMATIZADO**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós Graduação  
em Engenharia Ambiental, do Departamento de  
Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade  
Federal de Santa Catarina, para obtenção do grau de  
mestre, sob orientação da Professora Dra. Sandra S.  
N. Baasch**

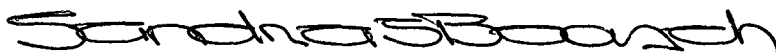
**SANTA CATARINA  
1998**

**TRATAMENTO DE ESGOTOS EM REATORES POR BATELADAS  
CONTROLADOS POR SISTEMA DE TELEGESTÃO E SUPORTE  
OPERACIONAL INDORMATIZADO**

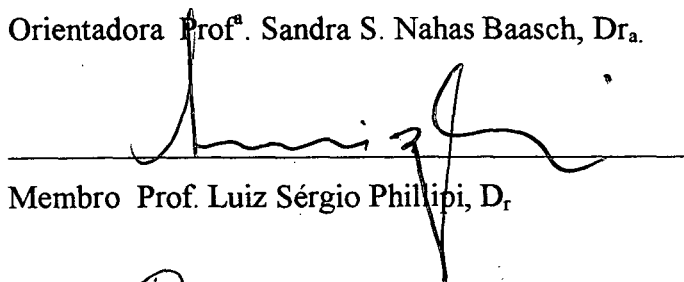
**EDIO LAUDELINO DA LUZ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

**APROVADA: 27/11/1998**



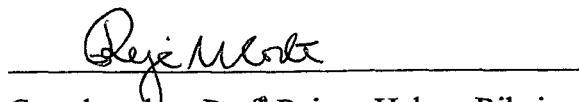
Orientadora Prof<sup>a</sup>. Sandra S. Nahas Baasch, Dr<sup>a</sup>.



Membro Prof. Luiz Sérgio Phillipi, Dr



Membro Prof<sup>a</sup> Rejane Helena Ribeiro da Costa, Dr<sup>a</sup>



Coordenadora Prof<sup>a</sup> Rejane Helena Ribeiro da Costa, Dr<sup>a</sup>

**FLORIANÓPOLIS  
SANTA CATARINA  
NOVEMBRO 1998**

## **EPIGRAFE**

Estou convencido de que não tenho dado tudo de mim, talvez por temer o penoso sacrifício imposto quando nossos desejos diferem entre a oportunidade de realizar e a prudência da experiência alcançada. Contudo, é necessário ousar, criar o distúrbio e sempre renascer, renovar e repartir o que se conhece.

Edio da Luz

## **DEDICATÓRIA**

A vida pela oportunidade de aprender e repartir o conhecimento.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a confiança da população da Praia Brava (Florianópolis - SC) que acreditou na proposta do estudo piloto naquele sítio, bem como aos companheiros do Sistema FIESC e ACQUALAN que não mediram esforços e recursos na realização do projeto em escala real.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FOTOGRAFIAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>X</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XII</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>20</b>
2.1 Embasamento biológico do sistema SBR .....	20
2.2 Conversão do sistema de tratamento de esgotos da cidade de CULVER .....	23
2.3 Sistema SBR implantado pela Laurentide Mills, Quebec/Canadá .....	32
2.4 Aplicação de sistema SBR no Brasil .....	34
<b>3 ELEMENTOS DE SUSTENTAÇÃO DA DEMANDA DO SANEAMENTO EM SANTA CATARINA</b> .....	<b>37</b>
3.1 Caracterização geo-econômica do Estado de Santa Catarina .....	37
<b>4 APLICABILIDADE ATUAL DO SBR</b> .....	<b>42</b>
4.1 Aplicabilidade da teoria do sistema SBR informatizado .....	44
4.2 Operacionalização do sistema SBR.....	45
4.2.1 <i>Enchimento</i> .....	46
4.2.2 <i>Reação</i> .....	46
4.2.3 <i>Sedimentação</i> .....	46
4.2.4 <i>Descarga</i> .....	47
<b>5 PROJETO PILOTO EM ESCALA REAL</b> .....	<b>48</b>
5.1 Embasamento teórico para dimensionamento do projeto de tratamento de esgoto da Praia Brava.....	50
5.2 Levantamento de dados do local.....	53
5.3 Dados para dimensionamento da estação de tratamento .....	54
5.4 Cálculo da eficiência e concentração do efluente final .....	54
5.5 Cálculo da eficiência sobre a DBO solúvel ( $E_{ds}$ ) .....	54
5.6 Cálculo da eficiência sobre a máxima redução ( $E_m$ ) .....	55
5.7 Cálculo da DBO removida.....	55

5.8	Cálculo do volume do reator.....	55
5.9	Checagem da relação F/M .....	56
5.10	Cálculo de excesso de lodo produzido .....	56
5.11	Checagem do cálculo da fração biodegradável assumida como 0,45 .....	56
5.12	Cálculo do lodo líquido .....	56
5.13	Remoção mínima prevista de fósforo.....	56
5.14	Cálculo da eficiência de remoção de fósforo.....	57
5.15	Cálculo da remoção mínima prevista para o nitrogênio.....	57
5.16	Cálculo da eficiência na remoção do nitrogênio.....	57
5.17	Cálculo do oxigênio requerido .....	57
5.17.1	<i>Oxigênio necessário para a demanda carbonácea.....</i>	57
5.17.2	<i>Oxigênio necessário para demanda de nitrogênio.....</i>	58
5.18	Oxigênio total para o sistema.....	58
5.19	Cálculo da potência requerida para o sistema.....	58
5.20	Cálculo da verificação da densidade de potência.....	58
5.21	Cálculo do digestor aeróbico .....	58
5.22	Cálculo do volume do digestor .....	59
5.23	Cálculo da potência requerida.....	60
5.24	Checagem para a mínima potência requerida .....	60
<b>6</b>	<b>TELEGESTÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....</b>	<b>61</b>
6.1	Operacionalização .....	62
6.2	Funcionalidade do sistema.....	62
6.3	Estação celular .....	64
6.4	Módulo de energia.....	66
6.5	Módulo da célula.....	66
6.6	Módulo de supervisão e controle .....	66
6.6.1	<i>Aquisição de sinais .....</i>	67
6.6.2	<i>Programa de controle.....</i>	67
6.6.3	<i>Transmissão de dados.....</i>	67
6.6.4	<i>Armazenamento de dados.....</i>	67
6.6.5	<i>Interpretadores de instrução.....</i>	67
<b>7</b>	<b>IMPLANTAÇÃO DO PROJETO PILOTO EMERGENCIAL E ARRANJO INSTITUCIONAL DO DIREITO DE CONCESSÃO.....</b>	<b>70</b>
7.1	Metodologia do processo para tratamento do esgoto em regime emergencial da Praia Brava.....	79
7.2	Embasamento teórico para dimensionamento do projeto emergencial .....	83
7.2.1	<i>Dados para dimensionamento do projeto emergencial .....</i>	83
7.2.2	<i>Cálculo da eficiência .....</i>	83

7.2.3	<i>Cálculo da eficiência biológica teórica</i> .....	83
7.2.4	<i>Cálculo da eficiência máxima</i> .....	83
7.2.5	<i>Cálculo da DBO<sub>5</sub> removida no reator (S<sub>R</sub>)</i> .....	84
7.2.6	<i>Cálculo do volume do reator</i> .....	84
7.2.7	<i>Tempo de detenção</i> .....	85
7.2.8	<i>Cálculo F/M</i> .....	85
7.2.9	<i>Oxigênio requerido</i> .....	85
7.2.10	<i>Excesso de lodo</i> .....	85
7.3	<b>Sistema operacional do projeto piloto emergencial da Praia Brava</b> .....	86
<b>8</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS DO ESTUDO PILOTO EMERGENCIAL</b> ....	<b>90</b>
8.1	<b>Desempenho hidro biológico</b> .....	90
8.2	<b>Desempenho do sistema informatizado de controle operacional</b> .....	98
<b>9</b>	<b>EXPECTATIVA E POTENCIALIDADE DE USO DA TECNOLOGIA DESENVOLVIDA</b> .....	<b>100</b>
9.1	<b>Aplicabilidade</b> .....	100
9.1.1	<i>Sistemas setorizados</i> .....	101
9.2	<b>Custos de investimento e custos operacionais para o projeto piloto emergencial da Praia Brava</b> .....	102
9.2.1	<i>Custos de investimentos iniciais</i> .....	102
9.2.2	<i>Custos operacionais</i> .....	106
<b>10</b>	<b>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES</b> .....	<b>109</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>112</b>
	<b>ANEXO I</b> .....	<b>114</b>
	<b>ANEXO II</b> .....	<b>123</b>
	<b>ANEXO III</b> .....	<b>127</b>
	<b>ANEXO IV</b> .....	<b>131</b>



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01 - Resultados operacionais de CULVER:.....</b>	<b>24</b>
<b>Tabela 02 - Comparação dos sistemas quanto aos ciclos .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabela 03 - Estratégia operacional para os dois reatores: .....</b>	<b>27</b>
<b>Tabela 04 - Dados de performance da planta de CULVER (1984): .....</b>	<b>27</b>
<b>Tabela 05 - Resumo dos parâmetros operacionais do SBR de CULVER: .....</b>	<b>28</b>
<b>Tabela 06 - Resultados da DBO<sub>5</sub> da planta da Laurentide Mills<sup>33</sup></b>	
<b>Tabela 07 - Performance Op. de um SBR dotado de CLP de controle fechado.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabela 08 - Parâmetros para dimensionamento.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabela 09 - Municípios de SC com densidade demográfica superior a 100 hab/km<sup>2</sup>: 38</b>	
<b>Tabela 10 - Resultados físico químico e biológico do SBR da Praia Brava.....</b>	<b>90</b>
<b>Tabela 11 - Vazões médias diárias no período.....</b>	<b>93</b>
<b>Tabela 12 - Relação vazão/energia consumida no período.....</b>	<b>95</b>
<b>Tabela 13 - Custo de investimento ETE/SBR.....</b>	<b>103</b>
<b>Tabela 14 - Custos comparativos de SBR levantados pela EPA .....</b>	<b>104</b>
<b>Tabela 15 - Custos comparativos entre SBR e Valo Oxidação para 379 m<sup>3</sup>/dia .....</b>	<b>105</b>
<b>Tabela 16 - Custos per capita de investimento e operação para SBR/Valo Oxidação</b>	<b>105</b>
<b>Tabela 17 - Custos operacionais do projeto piloto .....</b>	<b>107</b>
<b>Tabela 18 - Custos operacionais unitários médio .....</b>	<b>108</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01 - Seqüência operacional típica de um SBR.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 02 - Modelo de ciclo hidro biológico de reatores tipo SBR:.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 03 - Modelo de sistema tipo ICEAS .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 04 - Diagrama típico de múltipla aplicação SBR .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 05 - Modelo de sistema de controle .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 06 - Modelo de centro de operação e supervisão COS .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 07 - Modelo arquitetônico de um sistema .....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 08 - Modelo de diagrama de uma célula de tratamento.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 09 - Funções da central de gerenciamento.....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 10 - Modelo da arquitetura do sistema emergencial da Praia Brava .....</b>	<b>84</b>
<b>Figura 11 - Tela gráfica do sistema de controle .....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 12 - Módulo texto do sistema de controle .....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 13 - Curva característica de desempenho energia/carga.....</b>	<b>94</b>
<b>Figura 14 - Volume de esgoto tratado no período:.....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 15 - Vazões médias diárias no período.....</b>	<b>98</b>

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

<b>Foto 01 - Vista dos Reatores e da Lagoa de Polimento na Fase de Pré Operação.....</b>	<b>81</b>
<b>Foto 02 - Vista Parcial da Praia Brava. ....</b>	<b>81</b>
<b>Foto 03 - Vista Parcial dos Reatores na Fase Pré Operacional.....</b>	<b>82</b>
<b>Foto 04 - Vista dos Reatores e da Lagoa de Polimento na Fase Operacional.....</b>	<b>82</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ACATE – Associação Catarinense de Tecnologia  
CASAN – Companhia Catarinense de Água e Saneamento  
COS – Centro de Operações de Sistema  
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente  
CLP – Controlador Lógico Programável  
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio  
ELETROSUL – Centrais Elétricas do Sul do Brasil  
EPA – Environmental Protection Agency  
FATMA – Fundação de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina  
FIESC.- Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina  
IC – Ciclo Intermitente  
ICEAS – Sistema de Aeração Estendida com Ciclos Intermitentes  
PIB – Produto Interno Bruto do Brasil  
PLANASA – Plano Nacional de Saneamento  
SBR – Sequencing Batch Reactor  
SANTUR – Empresa de Turismo de Santa Catarina  
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio a Pequena e Média Empresa  
SFS/BNH – Sistema Financeiro de Saneamento/Banco Nacional da Habitação  
USCC – Unidade de Supervisão e Controle e Comunicação  
FGTS – Fundo de Garantia do Tempo de Serviço  
SESP - Fundação Nacional de Saúde  
AESB – Associação das Empresas de Saneamento Básico

## RESUMO

LUZ, Edio Laudelino da. **Tratamento de esgotos em reatores por bateladas controlados por sistema de telegestão e suporte operacional informatizado.** Santa Catarina, 1998. p. 128, Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

O uso de SBR – Sequencing Batch Reactor para tratamento de esgotos domésticos e industriais não é uma tecnologia nova. Entretanto, com o advento dos sistemas modernos de controle computadorizados, a aplicação dos reatores por bateladas para tratamento de esgotos domésticos e industriais passou a ser uma opção largamente aceita e adaptada para diversas situações. A versatilidade do conceito de “banho” que permite uma maior aproximação ao SBR pode ser usado na remoção de cargas orgânicas altas e nutrientes como fósforo e nitrogênio além de permitir uma boa condição de clarificação do efluente final. No caso, com base na disponibilidade tecnológica de processo biológico quanto de informática, foi instalado na Praia Brava, Florianópolis SC uma planta piloto emergencial em escala real para tratar o efluente gerado por uma população de 2.500 habitantes, com estrutura metálica pré fabricada para três reatores e desenvolvido no paralelo o suporte informatizado para controle e telegestão operacional da planta. Os resultados responde positivamente aos propósitos da pesquisa servindo como base de estudo para desenvolvimento de novas plantas ajustadas à flexibilidade que o processo permite. Com o objetivo concorrente de servir de imediato a população que acreditou na proposta e deu irrestrito apoio ao projeto, criou-se a oportunidade de recuperação do meio ambiente local, a abertura de novas perspectivas de uso desta tecnologia para outros locais e principalmente o fato permitiu um novo horizonte na pesquisa associada da biologia e da informática para tratamento de efluentes domésticos e industriais.

(LUZ, 1998)

## ABSTRACT

Treatment of Wastewater in batch reactors controlled by a system of tele management and with a computerized operational support; Santa Catarina, for Dissertation (Master degree in Environmental Engineering of the Federal University of Santa Catarina, 1998).

The use of the SBR – Sequencing Batch Reactor or System of batches, for the treatment of domestic and industrial wastewater, is not a new technology. However, with the possibility opened by modern computerized control systems, the application of these reactors for the treatment of domestic and industrial wastewater became a widely accepted option, adapted for different situation. This many-sidedness of the concept “batch”, which permits a closer approximation to the SBR, can be applied in the removal of high organic contents and of nutrients, such as phosphates and nitrogen, besides the fact that it permits a good condition for the clarification of the final waters. In the given case, based on the technological availability of the biological process with regard to informatics, an emergency pilot plant, in real scale, was installed in Praia Brava, Florianópolis – SC, in order to treat the wastewater resulting from a population of 2.500 people. The plant was installed in the form of a prefabricated metallic structure for three reactors and, also, equipped with a computerised control support and a Tele management system. The results achieved, presented in the chapters, respond positively to the objectives of the research, serving thus as a study-base for the development of new plants, adjusted to the flexibility offered by the process. With the intention to serve the population immediately, which believed in the proposal and which offered unlimited support to the project, the opportunity for the recuperation of the local environmental was given, as well as the opening of new perspective for the utilisation of this technology in other places and. Furthermore, the basic facts was given, which permitted the opening of a new horizon in the associated research in the field of biology and in the informatic with regard to the treatment of domestic and industrial wastewater.

(LUZ, 1998)

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUÇÃO

A natureza se constitui no patrimônio comum da humanidade, e seus recursos potenciais representam nossa fonte única de bens e serviços.

Com base nesse princípio, a sociedade humana evolui e desenvolve suas atividades, transformando o meio ambiente de acordo com suas necessidades e interesses, sem contudo abstrair-se da responsabilidade da tecnologia reparadora dirigida ao conforto e a qualidade de vida de uso comum.

Esses fundamentos exigem um aumento da percepção e da sensibilidade do homem como integrante e ser inteligente inserido no sistema natural.

Portanto, a sensibilidade e a percepção são elementos imutáveis do comportamento humano para entendimento dos limites que a natureza nos impõe. A sensação de conforto, invariavelmente sublima a nossa capacidade de perceber o que efetivamente significa "*qualidade de vida*". É nesse aspecto que o saneamento básico deixa de ter a importância ambiental devida e passa a ser socialmente responsabilidade do estado, uma vez que, historicamente sempre esteve vinculado a saúde pública.

Desde a antiguidade, os conceitos de saneamento sempre estiveram intimamente ligados ao convívio da saúde coletiva, desenhando a capacidade do homem em sobreviver em ambientes hostis transformados ao seu conforto, no caso as cidades, erguidas pelo viés do sentimento gregário e social.

O adensamento demográfico sempre foi um fator de pressão sobre sistemas naturais. Na Roma Imperial, quando a massa demográfica ultrapassou a marca de 1,0 milhão de habitantes na metade do I<sup>o</sup> século d.C., somente o uso do fogo era conhecido como elemento de profilaxia sanitária. É possível imaginar a promiscuidade urbana estabelecida em Roma nesse período, onde a população escrava que representava 60 % dos habitantes viviam em porões e guetos contaminados. Sendo portanto, fácil alvo sanitários e vetores para a elite dominante do Império.

Mantida as devidas proporções, os grandes aglomerados urbanos atuais, de certa forma partilham esse nível de promiscuidade sanitária, onde as populações peri-urbanas das grandes metrópoles são susceptíveis à doenças de vinculação hídrica, cujo controle sanitário são insuficientes para impedir seu caráter endêmico.

*“No Brasil, há uma evidência que salta os olhos quanto essa questão vinculada saúde/saneamento, e o governo não contesta o fato de que seis em cada dez internações no sistema de saúde decorrem de alguma falha dos serviços de saneamento. Nesse elenco somam-se doenças como Cólera e Diarréia associadas à 50 mil mortes anualmente, a maioria, de crianças com menos de 1 ano de idade, segundo o Ministério da Saúde”.*

(NASCIMENTO, 1997, p. 56).

Os sanitaristas defendem a tese de que as populações peri-urbanas, pelo fato de estarem distantes do poder, além da marginalidade sanitária sofrem ao receberem via de regra os efluentes não tratados do grande centro urbano, e assim, funcionam como bio indicadores epidêmicos para a sociedade que, efetivamente corre menor risco originado por doenças de vinculação hídrica.

Esta teoria foi usada com relativo sucesso na implantação da Usina Hidrelétrica de Balbina no interior da Amazônia, onde a população de empregados de menor graduação profissional e econômica formaram um cordão de isolamento entre a floresta e a elite dirigente do empreendimento no canteiro da vila residencial.

Passados 2000 anos, com certeza, evoluímos na técnica mas, sem dúvida, continuamos atrelados a um passado comprometido exemplarmente mostrado pela ascensão e queda de cidades que, não obstante os efeitos impactantes das guerras, sempre estiveram associadas ao prestígio que ofereciam à qualidade de vida, à saúde pública, segurança, conforto e riscos epidêmicos.

*Sextus Julius*, no século I a.C. era o importante *Curator Aquarum* da cidade de Roma que provendo o abastecimento de água através de 9 grandes aquedutos de 435 quilômetros, ainda fazia o aproveitamento das águas vertidas nas fontes públicas para fazer o arraste da água servida para limpeza das galerias de esgotamento até o rio Tibre. (TIME/LIFE, História em Revista, 1992).

Mesmo com esses recursos, não foi possível evitar as pestes e as doenças que se espalharam por Roma face a promiscuidade urbana estabelecida, aliada ao desconhecimento das suas origens nos porões e ruelas insalubres da época.

Pode-se inferir que, a decadência do Império Romano foi também influenciada pela perda sanitária da cidade com conseqüências drásticas sobre a quantidade dos efetivos combatentes necessários para sustentar a defesa contra ataques bárbaros.

Na idade moderna, a primeira cidade a ultrapassar a marca de 1 milhão de habitantes foi Londres em 1810. Com a revolução industrial, em 20 anos, chegou a

ultrapassar a marca de 2 milhões de habitantes sobre uma base sanitária extremamente frágil, cuja consequência foi marcada pelo surto do Cólera na Europa vindo do oriente e causando um efeito devastador sobre a saúde pública na cidade.

O serviço de saúde não conseguia dar conta dos óbitos em vias públicas. A promiscuidade sanitária era absoluta, embora se estivesse vivendo um período fantástico da economia e desenvolvimento industrial na Inglaterra.

A compreensão pelas autoridades inglesas de que a infra estrutura sanitária era peça fundamental no desenvolvimento foi reconhecido através de obras de água e esgotos, e já em 1860 a cidade de Londres contava com 250.000 metros de rede coletora de esgotos implantados em vias públicas.

Esse reconhecimento da variável sanitária como fator de resgate da qualidade de vida das populações urbanas fez escola e passou a ser utilizada em várias cidades da Europa e até de outros continentes.

O pioneirismo inglês foi resultado de perdas irreparáveis de vidas valiosas para a sociedade e sobretudo da descoberta dos micro organismos que agiam no processo de transmissão das doenças na matriz urbana em expansão.

Lamentavelmente, todo esse esforço só alcançou Santa Catarina no início do século XX, cujo sistema de abastecimento de água de Florianópolis foi inaugurado em 1910, e o sistema de coleta e tratamento de esgoto por processo biológico em 1917.

O Jornal “ESTADO DE SANTA CATHARINA ”datado de 15 de junho de 1916 (Sabbado) apresenta matéria sobre o serviço de saneamento em Florianópolis onde anuncia a collocação da cumeira da *Uzina de Depuração Biológica* e transforma-se em evento jornalístico com o seguinte texto conforme original explicado pelo engenheiro construtor das obras sobre o mecanismo da depuração biológica aeróbica pelo ar difuso-systema Milwakee, dizendo:

*“O effluente dos esgotos de Florianópolis, collectado por uma canalisação de cerca de 30 kilometros é trazido por um emissor em cano de ferro ou galeria de tijolos e concrecto, ora sobre o costão do mar ora através do túnel aberto em rocha, à uzina de depuração. Esta consiste em um grande reservatório de concrecto armado, estanque, coberto e enterrado, tendo o fundo a 2 metros abaixo do nível médio do mar e 30 metros de comprimento, 10 de largura, 3 de altura e capacidade de 900 metros cúbicos.*

*Tal caixa que tem as paredes de espessura máxima de 12 centímetros, é coberta por dois compartimentos distintos. Num destes compartimentos da-se propriamente o trabalho aeróbico e no outro a accumulção de effluente para posterior e opportuno lançamento em*



*massa nas correntes de vazante que passam velozes no profundo canal fronteiro a Fortaleza de Sant'Anna.*

*No primeiro compartimento, no qual entra por um syfão, obturador soffre o effluente a acção contínua do ar difuso, insuflado sob pressão de 4 libras por pollegada quadrada através de filtros assentados no fundo.*

*Num percurso de 6 horas dentro deste mesmo compartimento, sempre sob acção do ar difuso, o líquido de esgoto vai encontrando chicanas ou anteparas inclinados que dirigem convenientemente ao extremo do percurso, donde, parte, a superficial, em lâmina delgada passa para o segundo compartimento e a outra parte, a mais profunda, portanto a mais densa, é calcada por uma bomba de retorno para o começo do compartimento onde se mistura com effluente fresco, e, assim prolonga-se o contato do effluente com o ar e com o aeroróbico nitrificador.*

*O effluente, o que continuamente passa para o segundo compartimento, é ahí accumulado e em cada começo de maré vasante lançado na corrente que pelo canal do norte alcança o oceano.*

*Este lançamento é feito na própria corrente por um espesso e pesado tubo de concrecto armado de 0,50 metros de diâmetro interno e 50 metros de comprimento, emissor que foi de uma só vez lançado no fundo do mar, sob carreira, na qual tinha sido de uma só peça construído. Nisto consiste o tratamento e lançamento no mar do effluente dos esgotos de Florianópolis”.*

O texto é contundente quanto ao comprometimento da política de saúde pública praticado na época, onde embora não tivéssemos uma ligação física da ilha com o continente, a população de então detinha de infra estrutura sanitária compatível com os países mais desenvolvidos da Europa.

Passados 80 anos, a relação de cobertura sanitária da população urbana da época em relação a população atual decresceu, embora tenhamos conquistado ganhos expressivos na visão do conforto.

É importante destacar a visão pública do saneamento como parceira indissociável da saúde e medicina praticada na época.

A engenharia era atividade complementar, uma vez que, a medicina sanitária exercia o referencial principal das campanhas institucionais. Entre elas o combate a Febre Amarela no Rio de Janeiro, o combate a Malária e de outras doenças contagiosas caracterizadas de controle sanitário até os dias de hoje como por exemplo a hanseníase e a tuberculose.

Hoje nos defrontamos com políticas públicas de saneamento totalmente desvinculadas da medicina preventiva. Por outro lado, a medicina cada vez mais

especializada e consumidora de tecnologia tornou-se cientificamente avançada, porém ávida por recursos na prática da medicina curativa.

Como essa distorção privilegia mais aqueles que dispõem de recursos e influência para cura dos seus males, e despreza na base todas as possibilidades de prevenção de doenças, que por erro estratégico no trato do diagnóstico, impõem às populações carentes o infortúnio e desespero das doenças anteriormente sob controle do estado. Os resultados obtidos são questionáveis quanto a eficiência na aplicação dos recursos e orçamentos.

Os resultados dessa política de saúde pública tem se revelado alarmantes, principalmente nos países em desenvolvimento onde a carência por investimentos em saneamento básico acaba deslocando os encargos públicos para a medicina curativa cada vez mais sofisticada e distante da realidade social e cultura local.

*Artigo publicado na Revista Balanço Anual (1997, p. 52) mostra que “20 % da população urbana do Brasil (15 milhões de habitantes, e equivalente a população da Holanda) não são atendidos por serviços de abastecimento público de água potável e pouco mais da metade é atendida com rede coletora de esgotos. E que somente, apenas 10 % dos esgotos gerados recebe tratamento”.* Por outro lado, o governo planeja transformar o Brasil num país moderno, onde até o ano 2010 não haverá mais problemas de saneamento, tendo como base investimentos de US\$ 42 bilhões de dólares americanos em saneamento ( água e esgoto).

*“A meta para esse final de século é universalizar o abastecimento de água e assegurar serviços de tratamento de esgoto para 80 % da população”*, informa Maria Emília (1997, p. 53).

Nota-se que planejar está infinitamente distante daquilo que efetivamente representa os resultados esperados, uma vez que, com metas bem mais modestas e factíveis o PLANASA – Plano Nacional de Saneamento que em 1971 se propôs a resgatar a base sanitária do Brasil até 1990 e também não alcançou o sucesso planejado com as mesmas metas de 1997. Naquela época, o planejamento estratégico dispunha de recursos substanciais oriundos da conta do FGTS e toda a estrutura técnica e financeira estava sob a carteira específica do *Sistema Financeiro do Saneamento* do extinto BNH – *Banco Nacional da Habitação*.

Comparando as duas propostas, em 1971 e 1997, matematicamente confronta-se que não evoluímos na estatística sanitária durante os últimos 26 anos considerando os

investimentos realizados. Por outro lado a face negativa da moeda nos mostra que a infra estrutura de saneamento, teimosamente, a despeito da abundância de recursos na década de 70 e 80 cresceu na contra mão da demanda. Em 1971 a população urbana brasileira era de 52 milhões de habitantes. Saltou para 111 milhões em 1997, além disso, não acompanhou a evolução tecnológica posto que as perdas físicas dos sistemas de abastecimento saltou do valor médio de 25% para 45% representando uma perda razoável do capital investido. O abastecimento de água cresceu apenas 26 % e o déficit de coleta e tratamento de esgotos que atingia 10 milhões de residências, hoje saltou para 50 milhões. O ponto irônico da história é que o abastecimento de água funciona mais sob o ponto de vista da estatística, porque, na prática, representa verdadeiro desastre.

Levantamentos oficiais revelam que 45 % da água é desperdiçada por força do obsoletismo dos sistemas, aí incluído a precariedade das redes de distribuição, além de zonas de pressão zero por longos períodos do dia, na periferia e regiões altas onde normalmente reside parte da população socialmente marginalizada. Mais uma vez a perversidade do sistema se manifesta, penalizando os excluídos onde a carência sanitária é forte aliada das doenças associadas a água que a medicina curativa ignora. Se comparado à perdas aceitáveis de 25 %, o atual sistema público de abastecimento no Brasil perde US\$ 1,0 bilhão de dólares americanos por ano, ou seja quase o dobro do que investia por ano o **PLANASA** na época do **SFS/BNH**.

Hoje por estarmos vivendo outra realidade política, a universalização proposta de serviços de água e esgotos está sendo vistos pelo viés do capital privado. Surge no caso novo fator complicador sob o ponto de vista conceptual, ou seja, teremos que rever paradigmas tais como: “É o saneamento uma função de responsabilidade do estado em termos de saúde pública e medicina preventiva?”.

Essas são questões fundamentais que o perfil ideológico do governo deverá considerar, até porque, admite-se a prestação de serviços em várias áreas de concessão pública, muitas delas vinculadas diretamente ao conforto e entretenimento e de certa forma inútil à qualidade de vida. Como exemplo temos os sistemas de TV a cabo, onde a oferta de imagens pela absoluta inutilidade da oferta, de qualquer forma impõe um pagamento, como produto disponibilizado ao telespectador pelo concessionário. É realmente estranho. Uma sociedade globalizada como a nossa, admite como serviço público privado mediante concessão o sinal de televisão via cabo e entende como papel exclusivo do estado ofertar o serviço de água e esgoto como intrínseco da sua responsabilidade social. Ou seja, admite-

se o lucro para um serviço que oferece conforto e contesta-se o retorno para aquele que efetivamente oferece qualidade de vida.

Dentro do exposto no **CAPÍTULO I**, deduz-se que a função saneamento, no Brasil, carece historicamente de uma política apropriada que venha a priorizar investimentos, pesquisa tecnológica, integração setorial, e sobretudo mudança radical de conceitos e paradigmas corporativos deletérios para esse tipo de serviço público prestado via de regra pelo estado.

Não diferentemente, o Estado de Santa Catarina, embora tenha evoluído desde a década de 30, de uma economia agrária para uma economia industrial, carece de infraestrutura sanitária compatível com o seu nível de desenvolvimento sócio-econômico atual.

Como base de sustentação da presente dissertação, o autor se propõe a abranger o universo da função saneamento em Santa Catarina, considerando para isso as diversas ferramentas tecnológicas disponíveis e associa-las à processos biológicos de tratamento de efluentes domésticos e industriais que será objeto da metodologia a ser proposta.

A associação da tecnologia da informática para controle de sistemas biológicos para tratar esgotos domésticos e industriais em reatores aeróbicos por bateladas é o objetivo específico deste trabalho. A telegestão das funções dos sinais gerados por sensores introduzidos no sistema, permitem controlar a biologia e a hidráulica do processo de forma automática, mediante a leitura instantânea pelo software especificamente desenvolvido para o caso.

## CAPÍTULO II

### 2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

#### 2.1 Embasamento biológico do sistema SBR

A presente proposta de estudo busca materializar o conceito original de tratamento de esgotos domésticos e industrial desenvolvido por ARDEN e LOCKETT, (1914) pioneiros dos sistemas que operam sobre hipótese de banho e fluxo intermitente.

Com base neste conceito, objetiva-se associar o conhecimento geral da biologia de processo de tratamento de esgoto por lodos ativados em regime de bateladas a interface da informática desenvolvida de micro processadores lógicos programáveis para controle do sistema hidro biológico do reator. Além disso, a proposta de estudo objetiva implantar em escala real uma planta de tratamento de esgotos em sistema SBR para tratar os efluentes gerados pela população firme e flutuante da Praia Brava no norte da Ilha de Santa Catarina, município de Florianópolis, SC.

Antigas técnicas e modernos hardware podem quando combinados proporcionar num processo de fluxo descontínuo vantagens técnicas, hidro-biológicas, operacionais e custos de investimentos extremamente competitivos quando comparado à processos contínuos.

Com o objetivo de desenvolver os estudos relacionados a automatização do SBR através de software e hardware específicos, havia necessidade como dito anteriormente de estabelecer um modelo em escala real que pudesse traduzir todas as dificuldades operacionais de campo, bem como apropriar os custos derivados deste experimento para futuras plantas de tratamento.

R. Irvine, L.H. Kitchun, R. Breyfogle e Barth E. F. propuseram este conceito de tratamento para esgotos domésticos urbanos em 1983 tendo como funcionamento os princípios desenvolvidos por ARDEN e LOCKETT em 1914. A retenção do lodo acumulado em cada banho, após aeração demonstrou uma redução na nitrificação de 5 semanas para 9 horas, cunhando a expressão “lodos ativados” para descrever os resultados biológicos alcançados. As dificuldades operacionais demandadas pelo controle de tempo, abertura e fechamento de válvulas de entrada e de saída, limitou estas descobertas para

pequenas unidades, prevalecendo os sistemas contínuos que dispensavam o elevado contingente operacional exigido pelos sistemas ditos intermitentes.

O dimensionamento de hardware desde 1900, tais como válvulas motorizadas, atuadores pneumáticos e controladores de tempo mecânico e eletrônico, selenóides, sensores de nível, medidores de fluxo e mais recentemente os micro processadores tornaram possível revitalizar o sistema de tratamento em reatores aeróbicos seqüenciais como tecnologia moderna para tratar efluentes domésticos e industriais.

Irvine e Busch descreveram o SBR sugerindo uma terminologia uniforme, e uniu o conceito de “banho” com estratégias modernas sobre o próprio processo intermitente.

Eles também demonstraram que era possível adaptar sistemas contínuos em sistemas descontínuos, obtendo expressivo ganho de eficiência, economia de energia e custos operacionais desde que fosse introduzido o controle eletrônico nas diversas operações repetitivas para um sistema de tratamento tipo SBR.

Na prática, Irvine adaptou o sistema convencional contínuo de lodos ativados em operação na cidade de CULVER, Indiana - EUA.

Mário Courtemanche, Helene Tremblay e Florent Villeneuve desenvolveram para a Stone Consolidated Corporation – Quebec/Canadá, sistema de tratamento de efluentes industriais com alta concentração de sulfito, no caso, para tratar efluentes resultantes de indústria de papel e celulose, sem recuperação de sulfito.

Quando em 1995, a legislação ambiental do Quebec passou a ser mais restritiva, principalmente em relação aos efluentes industriais mais agressivos ao meio ambiente, Trembley H, buscando identificar processo de tratamento que atendesse os padrões de efluente final estabelecido pelo governo, principalmente DBO<sub>5</sub> e elementos tóxicos característicos de efluente de indústria papeleira, estudando as diversas alternativas, optou pelo sistema de bateladas pelas seguintes razões:

- 1- alta flexibilidade do sistema biológico tanto para carga quanto para elementos inibidores da biologia do processo;
- 2- custos operacionais e de implantação.

Com relação a flexibilidade da biologia do processo, descreve Trembley:

“Eficiência e rápida adaptação para qualquer troca de carga e vazão a ser tratada. Possibilidade de acordo com a dimensão do reator em aumentar ou diminuir a

vazão por simples ajuste do nível operacional do próprio reator. Esta característica permite um fácil ajuste da carga e do volume da biomassa no reator (relação F/M)”.

Outras vantagens referentes a biologia do processo é destacado por Coutemanche M. quanto a duração do ciclo, principalmente ao período da aeração que pode ser facilmente ajustado, diminuindo o custo de energia no processo de tratamento.

Tremblay destaca ainda o controle das bactérias filamentosas usando o mecanismo de aumento e diminuição de alimentos (F/M), além da aproximação da fase anaeróbica/aeróbica como princípio de seleção.

Durante o período de fartura, o efluente é introduzido no reator e entra em contato com micro organismos no ambiente onde a concentração no substrato é alta. Ato seguinte prolonga-se o tempo de aeração para iniciar a fase endógena da biomassa. O conceito de fartura/estorvismo usa o comportamento de três grupos clássicos de micro organismos, tendo cada um deles sua própria taxa de crescimento, dependendo da concentração dentro do bio reator.

No grupo (A) inclua-se a zooglea, caracterizada pelo crescimento rápido e comportamento anti “bulking”. As do grupo (B) inclui as “bulki”bactérias com rápido crescimento e menor resistência a fase endógena. Irvine demonstrou que em SBR, com alimentação intermitente, é fácil controlar o desenvolvimento de “Bulki” bactéria.

Chudoba et al em 1973 fez uso de seletor biológico em processo de tratamento de fluxo contínuo, promovendo um contato imediato e intenso entre o esgoto bruto e lodo ativado em reatores biológicos.

Em SBR esta situação é facilmente obtida bastando para tanto introduzir nova carga de esgoto afluente durante a drenagem, estendendo o ciclo até a fase denominada de repouso ou ajuste do ciclo.

O lodo ativado acumulado no fundo do reator em contato com o afluente bruto, permite criar a condição de intenso contato entre os elementos biológicos e a fonte de alimento.

No experimento em escala real da Praia Brava, estas condições teóricas apresentadas por Chudoba e descritas por Tremblay puderam ser comprovadas na medida em que se alongava o ciclo além de 7 horas.

## 2.2 Conversão do sistema de tratamento de esgotos da cidade de CULVER.

A conversão da estação de tratamento tipo convencional para sistema SBR manteve o mesmo pré tratamento primário existente no sistema contínuo. A cloração final e os decantadores secundários foram então desativados. As bombas de retorno de lodo também foram desativadas, uma vez que, nesse novo conceito, o lodo é mantido dentro do próprio reator.

O maior componente da estrutura civil da estação são os reatores ou tanques de aeração já construídos e dimensionados para operação em regime contínuo

As introduções operacionais no novo modelo implicaram numa lógica diferente para enchimento dos reatores, operando em paralelo através de comandos automáticos das válvulas que respeitam um ciclo hidro-biológico estabelecido pelo software desenvolvido para o caso.

As seqüências operacionais comandadas pelo micro processador eliminavam a intervenção humana, adequando a vazão de contribuição ao seguinte ciclo:

Figura 01 - Seqüência operacional típica de um SBR



Essa nova estação de tratamento experimental, com vazão média de 1300 m<sup>3</sup>/dia, operou de maio de 1980 a dezembro de 1981, com excelentes resultados operacionais.

A nitrificação e dinitrificação ocorrem quase que simultaneamente, facilitado pelo fato do controle do nível de oxigênio nos reatores, comandados pelo controlador lógico programável (CLP).



Tabela 01 - Resultados operacionais de CULVER.

Data	DBO <sub>5</sub> (g/m <sup>3</sup> )			SOLIDOS EM SUSPENSÃO (g/m <sup>3</sup> )		
	Bruto	Tratado	Eficiência	Bruto	Tratado	Eficiência
<b>1980</b>						
Maio	160	7,5	95,31	120	8,5	91,93
Junho	140	6,0	95,71	120	4,5	96,25
Julho	180	9,5	94,72	140	7,5	94,64
Agosto	130	12,0	90,77	100	7,0	93,00
Setembro	140	12,5	91,07	120	7,5	93,75
Outubro	170	9,5	94,41	170	9,5	94,41
Novembro	180	8,5	95,28	150	7,0	95,33
Dezembro	160	10,5	93,44	120	8,0	93,33
<b>1981</b>						
Janeiro	160	9,5	94,06	120	10,0	91,67
Fevereiro	160	14,5	90,94	120	11,0	90,83
Março	170	8,5	95,00	140	8,0	94,29
Abril	170	8,5	95,00	160	11,5	92,81
Maio	130	8,0	93,85	110	7,5	93,18
Agosto	110	6,0	94,54	120	4,0	96,67
Setembro	170	5,5	96,76	170	3,0	98,23
Outubro	160	10,5	93,44	160	5,0	96,88
Novembro	170	12,0	92,94	170	8,0	95,29
Dezembro	180	12,5	93,05	130	7,0	94,62
<b>Amostras</b>	<b>211</b>	<b>204</b>		<b>356</b>	<b>302</b>	
<b>MÉDIAS</b>	<b>157,78</b>	<b>9,53</b>	<b>93,96</b>	<b>135,56</b>	<b>7,47</b>	<b>94,49</b>

Fonte: Irvine R. (1983) p. 487

A Tabela 01 mostra os resultados operacionais do experimento de CULVER. Traduzido em eficiência adequada, tanto no que se refere a DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxigênio) quanto a sólidos em suspensão.

Não obstante os resultados obtidos no experimento, as vantagens operacionais e simplificação das instalações não foram apropriadas convenientemente razão pela qual, será preciso aprofundar mais as razões e benefícios derivados dessa tecnologia para tratamento de efluentes domésticos e industriais, principalmente sua performance quanto a remoção de fósforo e redução de amônia.

Irvine et al (1985) publicou novos argumentos sobre o uso de SBR para tratamento de efluentes, tendo como referencial a planta de CULVER.

Desde que Irvine descreveu a operação de um SBR em 1971, este recebeu a atenção de diversos pesquisadores em países como USA, Alemanha, Japão e Austrália.

Enquanto esta tecnologia poderia ser considerada uma nova aplicação dos antigos sistemas de banho, configuração original dos processos de lodo ativados, estudos recentes mostraram que as propriedades de seleção da micro fauna no reator bem como as características fisiológicas e morfológicas dos micro organismos selecionados superaram as expectativas dos antigos processos de banho.

Através dos avanços da tecnologia associada ao controle operacional dos sistemas SBR, as unidades operacionais em escala real tem se mostrado competente no alcance da DBO<sub>5</sub> final desejada bem como sólidos em suspensão, remoção de nitrogênio e remoção biológica de fósforo além de poder tratar esgotos considerados perigosos.

Um dos elementos decisivos para expansão do processo SBR, segundo Irvine é a excelente qualidade do efluente final.

Mesmo operando em regime de grandes flutuações de carga, a performance na remoção da DBO<sub>5</sub>, fósforo, e nitrogênio mostra-se extremamente eficiente.

Por conta desse fato, o sistema SBR é um dos quatro processos básicos usados internacionalmente para depuração de águas residuárias. O SBR permite um ciclo intermitente em regime biológico de aeração estendida usado extensivamente na Austrália e o ciclo intermitente ( IC ), adaptado do australiano em uso no Japão.

O quarto processo intermitente tipo SBR é conhecido e aplicado quase que exclusivamente na Dinamarca onde a reversão do fluxo através de volume constante no reator é a principal característica, ao invés do convencional enchimento e drenagem do tanque por ciclo

A diferença prática entre estes 4 tipos de sistema pode ser resumido na Tabela 02:

Tabela 02 - Comparação dos sistemas quanto aos ciclos

	<b>Enchimento</b>	<b>Reação</b>	<b>Sedimentação</b>	<b>Drenagem</b>
SBR	Periódico	Sim	Repouso	Periódico com vazão
Australiano	Contínuo	Não	Com vazão	Periódico com vazão
Japonês (IC) 1t	Contínuo	Não	Com Vazão	Periódico com vazão
Japonês (IC) 2t	Periódico	Não	Repouso	Periódico sem vazão
Dinamarquês	Contínuo	Sim	Convencional	Contínuo

Fonte: Irvine R.(1985) p. 848

A etapa de enchimento pode ser periódica, desde que se disponha de dois tanques, onde enquanto um deles esteja completado o nível, o outro continue a receber o fluxo de efluente. A Tabela 02 indica se o sistema tem um período de reação, onde é iniciado durante a fase de enchimento sem descontinuidade na vazão.

Processos periódicos não são de uso comum nos USA. A EPA produziu dados interessantes numa planta em escala real de sorte a estabelecer parâmetros para projetos usando essa tecnologia. EPA Summary Report Sequencing Batch Reactor (1986)

Novamente, Irvine et al, com apoio da EPA propôs (1983) um estudo em escala real na unidade operacional de CULVER para expandir os conhecimentos dessa metodologia de tratamento de efluentes domésticos e industriais. As estratégias operacionais investigadas permitiram a comparação da performance de duas diferentes cargas orgânicas, enquanto, no possível, considerar a remoção de fósforo. Paralelamente obteve-se também resultados sobre a quantidade de lodo produzido e o consumo de energia despendido.

Os estudos foram levados a efeito na mesma unidade de tratamento de CULVER anteriormente descrito por um período, de abril a julho de 1984. As vazões se mantiveram dentro do estabelecido no estudo de 1980 e 1981, usando-se a seguinte estratégia operacional por reator:

Tabela 03 - Estratégia operacional para os dois reatores:

	Tempo em horas	
	Reator 01	Reator 02
1. Enchimento (sem ar/mistura)	0,40	0,90
2. Enchimento (com ar/mistura)	0,20	0,40
3. Enchimento aerado	1,20	1,70
4. Aeração	1,00	0,40
5. Sedimentação	1,00	0,67
6. Drenagem	0,40	0,70
7. Repouso (ajuste do ciclo)	0,60	0,03

Fonte: Irvine R.(1985)

Com a produção em excesso de lodo, foi adotado a estratégia de retirada uma vez por dia no reator 01 e de três vezes por semana para o reator 02

As análises da qualidade do efluente de entrada e saída do sistema, bem como nitrogênio amoniacal e fósforo foram elaboradas de acordo com o estabelecido no “Standard Methods 14<sup>o</sup> Edição”.

Os resultados dessa segunda fase dos experimentos realizados na planta de CULVER/USA, são apresentados na tabela 04.

Tabela 04 - Dados de performance da planta de CULVER (1984):

Mês	Influyente primário (mg/l)					Efluente tratado (mg/l)			
	Vazão M <sup>3</sup> /dia	DBO <sub>5</sub>	Sólido Suspensão	Fosforo Total	Amônia NH <sub>4</sub>	DBO <sub>5</sub>	Sólidos Suspensão	Fósforo Total	Amônia NH <sub>4</sub>
Abril	1.250	100	80	4,5	17	11	10	0,85	14
Maio	1.450	150	80	5,0	20	9	9	0,80	15
Junho	1.250	130	90	5,0	26	4	5	0,80	16
Julho	1.300	160	110	6,3	32	5	8	0,94	13

Fonte: Irvine R. (1985)

Expõe ainda Irvine (1985, p.850) que: “a performance antes e durante o período de estudo foi similar. A mais notável diferença foi a nitrificação extra alcançada durante os meses de junho e julho. Em ambos os meses, a denitrificação de todo o nitrogênio oxidado foi completa”.

Esses resultados obtidos por Irvine et al na planta de CULVER/USA mostraram-se consistente quanto a performance operacional quando comparado aos sistemas contínuos convencionais, cujo resumo na Tabela 06 enfatiza o consumo médio de 2,7 kWh/Kg DBO

Tabela 05 - Resumo dos parâmetros operacionais do SBR de CULVER, base junho e julho 1984:

	Kg	DBO <sub>5</sub> /kg	MLVSS x dia	Idade do lodo (dia)	KgMLSS/Kg DBO <sub>5</sub>	Energia kWh/Kg DBO	%PO <sub>4</sub> lodo	Efluente final			
								MLSS Mg/l	DBO Mg/l <sub>5</sub>	SS Mg/l	PO Mg/l
Reator 01	0,06	0,08	0,16	38,0	0,56	3,30	7,40	3.450	3,0	4,0	0,6
Reator 02	0,16	0,18	0,42	9,5	0,82	2,10	5,00	1.950	6,0	9,0	1,1

Fonte: Irvine R. (1985)

Da Tabela 05 observa-se que, com a diminuição da idade do lodo, o fósforo removido diminui substancialmente, caindo também a eficiência na remoção da carga orgânica no efluente final.

Irvine (1985) sustenta ainda que: *“O sistema operado com baixa carga orgânica, especialmente quando operado para remoção biológica de fósforo, desenvolveu um Bulking, porém um lodo manejável e produziu uma alta qualidade do efluente final”*.

Observa ainda Irvine através do estudo nessa planta de CULVER que:

*“Com o aumento da carga, o sistema tornou-se mais difícil de operar por conta da tendência do reator mostrar déficit de aeração por vários dias, condição que exigiu um ou dois ciclos extras de aeração para estabilizar o sistema.*

*O período de déficit de aeração freqüentemente resultou em alta concentração de fósforo no efluente final enquanto, em período de aeração extra, apresentou elevação de sólidos em suspensão e conseqüentemente alta concentração de fósforo também. Esses problemas podem ser corrigidos com controle do micro processador para ajuste do “set point” ideal de oxigênio dissolvido no reator”*.

Como conclusão o autor demonstra alta performance na remoção da DBO e Sólidos em Suspensão. O limite de 10 mg/l para a DBO e SS foi facilmente alcançada e a remoção de fósforo foi comprovada ser possível quando ajustado o nível ideal de oxigênio no reator.

Duas principais conclusões podem ser sacadas desse estudo. Primeiro que a qualidade do efluente final era excelente e que embora operando com cargas diferentes, a performance final na remoção de fósforo foi considerada boa, mesmo que tenha exigido maior cuidado operacional para o reator em regime de sobrecarga. Segundo, está vinculado ao uso de energia que no reator com maior carga foi de 30 % a menos do que no sistema com baixa carga, baseado na carga aplicada em termos de DBO.

Esta economia de energia seria aumentada se o lodo fosse tratado por digestão anaeróbia. Em adição, o lodo extra resultante do reator de maior carga poderá resultar no manuseio por equipamento assumindo-se adequado num sistema de desidratação.

Em continuidade a idéia de sustentabilidade da metodologia proposta de tratamento de esgotos por sistemas SBR, Irvine et al elaboraram uma nova pesquisa em escala real em GRUNDY CENTER no estado de IOWA – USA.

Essa estação de tratamento foi construída em parte pelo Estado e a EPA que então acompanhava a pesquisa na área de tratamento de efluentes. No caso, a planta foi projetada para operar como um processo de vazão descontínua ao invés de um sistema de lodos ativados convencional, face ao sucesso obtido no experimento SBR realizado em CULVER, INDIANA-USA.

Inicialmente, o projeto de GRUNDY CENTER não pôde operar como um verdadeiro SBR porque este não incluía muitas das características básicas do SBR operado em CULVER.

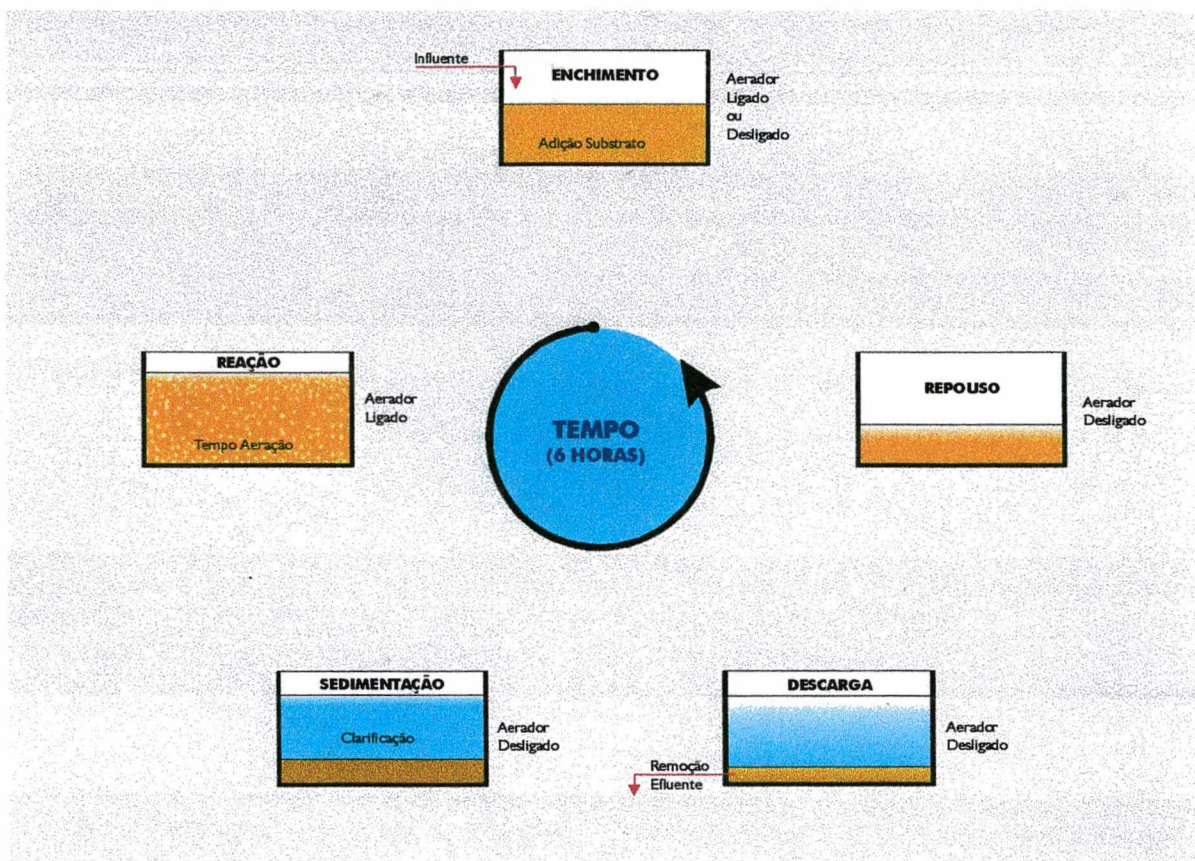
Estes e outros problemas de projeto causaram um período de má qualidade no efluente final desde o start up em junho de 1983 até o final de 1984.

Uma série de modificações foram introduzidas e completadas em maio de 1985, permitindo o sistema operar então como um verdadeiro SBR.

Esta planta em escala real, projetada pela Universidade de Notre Dame atende uma população equivalente de 8.284 habitantes com vazão média de 3.150 m<sup>3</sup>/dia. Opera em regime de sistema combinado, onde a vazão de tempo seco é de 1.220 m<sup>3</sup>/dia, e a vazão de tempo chuvoso de 10.190 m<sup>3</sup>/dia, dispondo no entanto de reservatório de espera para as vazões máximas.

O processo SBR adotado e desenvolvido nos Estados Unidos da América usa o enchimento e esvaziamento do reator no qual o afluente segue um ciclo de 5 períodos discretos conforme a figura 02.

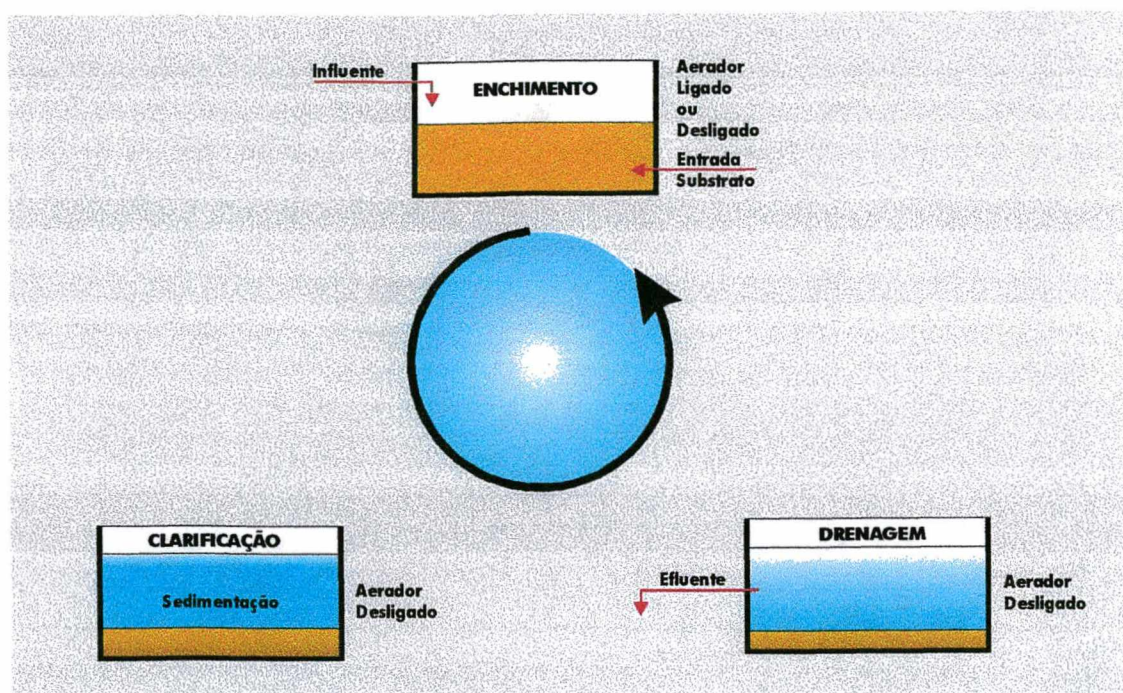
Figura 02 - Modelo de ciclo hidro biológico de reatores tipo SBR:



Fonte: Irvine R. (1987)

Antes porém, do sistema operar como verdadeiro SBR, conforme já visto anteriormente, a planta de tratamento de GRUNDY CENTER operou durante os oito primeiros meses desde o start up como ICEAS – Sistema de aeração estendida com ciclos intermitentes ou sistema australiano cuja visualização aparece configurada na figura 03.

Figura 03 - Modelo de sistema tipo ICEAS



Fonte: Irvine R. (1987)

Pelas características operacionais disposto na figura 02 (SBR), as cinco etapas do ciclo permitiriam uma taxa de aplicação de 0,12 kg DBO/kg MLSS.d e um tempo de detenção de 15 horas.

Operando como um ICEAS desenvolvido na Austrália, durante os primeiros 8 meses, a taxa de aplicação foi de 0,05 kg DBO/kg MLSS.dia e tempo de detenção hidráulica variando de 36 a 50 horas.

É importante considerar ainda que, os volumes drenados como efluente final, as características de sedimentação do lodo e o número de ciclos/dia da planta influem diretamente na altura mínima do reator.

No caso específico de GRUNDY CENTER, para os volumes a serem tratados em tempo seco e tempo chuvoso, a máxima profundidade de lâmina d'água no reator é de 4,57 m representando um volume típico de descarte após sedimentação de 358 m<sup>3</sup>. Este volume representa uma troca de nível do líquido do reator de 1.22 m, resultando num nível de fundo de 3,35 m, todos estes níveis controlados por sensores ultra sônico associados ao micro processador que controla as diversas etapas da operação.



O mecanismo de retirada do efluente sobrenadante tratado, no caso um vertedor de nível variado, deve considerar a velocidade de escoamento de tal maneira que não promova o arraste de flocos, prejudicando sensivelmente a qualidade do efluente final, e daí a eficiência do sistema.

Como visto neste capítulo, os estudos desenvolvidos por Irvine, R. na aplicação de sistemas por bateladas, a partir da aplicação de software para controle de processo, mostra sem dúvida um novo espaço para avanço tecnológico no tratamento de esgotos domésticos ou industriais, onde a associação do controle informatizado permite absoluta automatização do processo.

Este fato somente passou a ser considerado a partir de 1985 quando a informática sobreposta ao controle da biologia de processo, permitiu desassistir as plantas de tratamento, ficando o controle do processo sob domínio de software específico.

De certa forma veio revolucionar a engenharia sanitária e por certo poderá criar novos paradigmas nos conceitos de sistemas de tratamento de esgotos conforme será visto no próximo capítulo.

### **2.3 Sistema SBR implantado pela Laurentide Mills, Quebec/Canadá**

Diferentemente do tratamento de esgotos domésticos, o sistema SBR implantado para tratamento dos efluentes industriais da Laurentide Mills, Quebec/Canadá, vem demonstrar a versatilidade e aplicabilidade do processo para tratamento de esgotos.

Por se tratar de um esgoto industrial e veladamente desbalanceado em termos de C:N:P, além de inadequado pH, exigiu por parte dos estudos cuidados prévios no sentido de ajustar o pH de 4,5 para 8,5, a temperatura de 40 a 50 °C para 35 °C antes da entrada no reator.

Para ajuste do equilíbrio entre para a razão 100:5:1 foi procedido as correções de nutrientes, utilizando ácido anídrico fosfórico e uréia. Uma vez o afluente introduzido no reator, o ciclo biológico característico de sistema SBR é processado conforme demonstrado na Figura 02, com o tempo de detenção hidráulico calculado em 10 horas em base aerada.

Da mesma forma, uma vez concluído o período de aeração, o reator passa por um período de decantação e posterior drenagem do líquido sobrenadante considerado tratado.

O excesso de lodo é retirado para um digestor aeróbico e posteriormente desidratado em sistema de filtro prensa. O ciclo total do processo de tratamento dos esgotos originados pela Laurentide Mills variou entre 380 a 400 minutos contra um tempo previsto na fase de estudos de 435 minutos.

Para uma vazão diária de 31.000 m<sup>3</sup>/dia no verão e 27.000 m<sup>3</sup>/dia no inverno, e com carga orgânica em DBO<sub>5</sub> de 20 a 28 ton./dia respectivamente, o sistema mostrou-se eficiente e atendeu as novas especificações de padrões impostos pelo governo do Quebec.

Iniciado o controle operacional do SBR em outubro de 1995 até setembro de 1996, os resultados operacionais estão resumidos na Tabela 06.

Tabela 06 - Resultados da DBO<sub>5</sub> da planta da Laurentide Mills

Mês	Entrada SBR (mg/l)	Saída SBR (mg/l)	Efic. Remoção (%)
Outubro 95	520	20	96,2
Novembro	522	17	97,7
Dezembro	509	17	96,7
Janeiro 96	812	23	97,2
Fevereiro	885	27	96,9
Março	924	25	97,3
Abril	822	42	94,9
Maió	639	48	92,5
Junho	536	28	94,8
Julho	663	34	94,9
Agosto	529	44	91,6
Setembro	572	29	94,9
Media	661	30	95,5

Fonte: Tremblay (1996)

Estes resultados foram obtidos considerando uma concentração de 6.000 mg de MLVSS/l no reator. Em determinados momentos, por dificuldades operacionais no sistema de desidratação, os reatores chegaram a operar até com 8.500 mg de MLVSS/l, mostrando a elasticidade operacional do sistema SBR, conforme descrito por Tremblay.

Operacionalmente, o sistema manteve uma idade do lodo próxima de sistemas contínuos convencionais, ou seja 10 dias e um coeficiente de produção de lodo de 0,55 kg MLVSS/DBO removida, e F/M igual ao valor médio de 0,21 kg DBO/kg MLVSS.

Descreve ainda Tremblay que, as dificuldades operacionais do sistema SBR implantado foi marcadamente relevante na deformação das tubulações de PVC pela falta de ancoragem, deformação no sistema de membranas da aeração difusa, alta temperatura do ar gerado para o sistema, controle do pH e paralisação do tratamento com conseqüências sobre o sistema biológico principalmente no reinício da operação.

Pelas vazões diárias e cargas inerentes, a planta de Laurentide Mills, apresenta-se com uma população equivalente a 370.000 habitantes que, também, sob o ponto de vista hidráulico ultrapassa a vazão de 300 l/s como limite recomendado economicamente para sistemas de tratamento tipo SBR.

## **2.4 Aplicação de sistema SBR no Brasil**

Somente a partir dos estudos de Irvine et al, na década de 80, o sistema SBR passou a ser considerado como uma alternativa interessante para tratar esgotos no Brasil.

Este fato efetivamente aconteceu com a disponibilidade de CLPs a custos reduzidos no mercado, que por conseqüência estimulou o desenvolvimento de estudos por pesquisadores nesta área. Entre eles, Monteiro Barros, Angelo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que publicou em maio de 1994 estudo sobre o “Tratamento de esgotos do tipo SBR”, onde faz um rastreamento histórico do emprego desta tecnologia que, associada a informática embarcada sobre biologia de processo resultou com sucesso os reatores SBR, empregados para tratamento de efluentes domésticos e industriais.

Dos estudos realizados por Monteiro Barros, aplicando micro processadores tipo fechado, propunha controlar o SBR em toda a fase do ciclo, sem contudo permitir a reprogramação e intervenção instantânea sobre o processo.

A tecnologia de informática no processo biológico, embora permitindo a operação desassisada do reator, não contemplava contudo a transmissão de dados para uma estação remota conectada via linha física ou rádio enlace.

De mesma sorte, os sistemas de automatização apresentados por Irvine et al também estabeleciam certas limitações da informática quanto a operação à distância ou seja, não permitiam a intervenção remota sobre as diversas funções do ciclo biológico e

hidráulico dos reatores. Muito menos, poderiam ser associados diversas células em distintos lugares sob controle do micro processador então utilizado.

Mesmo assim, Monteiro Barros propõe que os reatores tipo SBR controlados por CLPs tipo fechado podem atender a seguinte performance conforme Tabela 07.

Tabela 07 - Performance operacional típica de um SBR dotado de CLP de controle fechado

<b>Performance (%)</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Remoção DBO	90	98
Remoção de Sólidos	85	97
Nitrificação	91	97
Remoção Nitrogênio	75	-
Remoção Fósforo	60	70

Fonte: Monteiro Barros (1994)

Por outro lado, tendo como base a performance estabelecida como possível para SBR controlado por CLP fechado, Monteiro Barros apresentou os seguintes critérios básicos para dimensionamento conforme Tabela 08:

Tabela 08 - Parâmetros para dimensionamento

<b>Parâmetros</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Carga kg DBO/m <sup>3</sup> reator	0,50	1,00
Idade do lodo (dia)	5,0	30,0
Tempo de detenção hidráulico (h)	6,0	12,0
Relação F/M kg DBO/kg MLVSS	0,05	0,5
MLVSS (mg/l)	3.500	6.000
Tempo de ciclo (h)	4,0	6,0
Tempo ciclo/remoção nutrientes.(h)	6,0	8,0

Fonte Monteiro Barro, A (1994)

As diversas fases do ciclo descrito por Monteiro Barros apresenta em comum aos estudos desenvolvidos por Irvine e Trembley a flexibilidade operacional do SBR no

controle das bactérias filamentosas, a capacidade de nitrificar e denitrificar o efluente tratado bem como sob controle do oxigênio ofertado, permitir também a remoção do fósforo, diminuindo o efeito da atividade primária no corpo receptor pela remoção mais efetiva dos nutrientes.

Novamente, Monteiro Barros também afirma que para vazão até 300 l/s, as vantagens do SBR sobre métodos contínuos são bem mais significativos.

Esta afirmação na verdade é contrária aos estudos de Tremblay que dimensionou o sistema da Laurentide Mills onde a vazão referenciada a população equivalente foi de 360 l/s.

## CAPÍTULO III

### 3 ELEMENTOS DE SUSTENTAÇÃO DA DEMANDA DO SANEAMENTO EM SANTA CATARINA

#### 3.1 Caracterização geo-econômica do Estado de Santa Catarina

O Estado de Santa Catarina, localizado na região sul do Brasil possui uma superfície de 95.318.310 km<sup>2</sup>, representando 1,13 % do território brasileiro.

Sua população, composta de um mosaico étnico, teve suas primeiras colônias estabelecidas no século XVII, fundadas pelos Vicentistas. No século XVIII chegaram os açorianos e madeirenses. A partir do século XIX, ocorreu novo fluxo migratório, porém, de países europeus em conflitos, disponibilizando mão de obra excedente qualificada e com espírito empreendedor. Bem diferente dos que aqui haviam antecedido. Esse por certo é um dos principais alicerces da nossa economia baseada na figura do empreendedor que, usando das suas habilidades de artífice passou a construir um novo modelo de sociedade que, até hoje nos coloca de forma diferente no cenário econômico nacional

De uma população exclusivamente agrária de 159.802 habitantes conforme censo oficial de 1872, com densidade demográfica de 1,66 habitantes por quilômetro quadrado, evoluímos para valores projetados de 4.903.000 habitantes em 1997 e com densidade demográfica de 51,38 hab/km<sup>2</sup>.

É preciso considerar que, até a primeira metade do século, o crescimento demográfico foi acentuado. A partir de 1950, esse crescimento diminuiu, contudo, os recursos destinados a função saneamento ficaram sempre aquém da demanda real, levando-nos à posição atual de ridículos 6,5 % da população urbana atendida por sistema público de coleta de esgotos, tendo o agravante de que somente 2,5 % recebe tratamento considerado tecnicamente apropriado.

Esse fato nos remete a uma situação de risco permanente. Se estabelecermos um limite demográfico de 100 habitantes/km<sup>2</sup> como situação de contorno sanitário controlável, poderíamos elencar em Santa Catarina os seguintes municípios como prioridade emergencial para investimentos em infra estrutura de saneamento básico face aos aspectos derivados da promiscuidade urbana estabelecida.

Tabela 09 - Municípios de SC com densidade demográfica superior a 100 hab/km<sup>2</sup>:

Municípios	População em 1996	Densidade demográfica em Hab/km <sup>2</sup>
01.Araranguá	50.579	166,54
02.Sombrio	21.196	149,27
03.Morro da Fumaça	13.393	160,59
04.Içara	42.089	143,24
05.Criciúma	159.033	681,67
06.Cocal do Sul	12.461	155,76
07.Tubarão	83.761	265,82
08.Laguna	43.575	100,00
09.Imbituba	32.163	160,98
10.Garopaba	11.728	103,42
11.Capivari de Baixo	17.129	361,37
12.Braço do Norte	20.272	106,47
13.São José	147.490	1.282,52
14.Palhoça	79.816	246,65
15.Governador Celso Ramos	10.867	117,74
16.Florianópolis	265.551	623,81
17.Biguaçu	39.942	123,93
18.Navegantes	32.353	296,27
19.Itapema	18.265	323,27
20.Itajai	134.797	455,70
21.Camboriu	34.078	160,14
22.Bombinhas	5.845	168,93
23.Balneário Camboriu	58.085	1.259,98
24.Timbó	26.480	208,34
25.Gaspar	40.440	111,62
26.Brusque	66.554	228,87
27.Blumenau	230.988	444,04
28.Rio do Sul	47.678	181,49
29.Joinville	397.987	350,16
30.Jaraguá do Sul	92.849	175,82
31.São Bento do Sul	57.096	117,94
32.Videla	36.651	102,21
33.Maravilha	18.623	110,13
34.Chapécó	130.468	209,64
35.São Miguel do Oeste	30.974	132,59
<b>Total / Média</b>	<b>2.511.246</b>	<b>285,34</b>

Fonte: Revista Santa Catarina em Dados FIESC/SEBRAE SC 1997 (116 p)

Observa-se que na tabela 09 a densidade média populacional desses municípios no ano de 1997 é de 5,55 vezes maior que a média geral estabelecida pela projetada para o Estado em 1996, ( 285,34 hab/km<sup>2</sup> / 51,38 hab/km<sup>2</sup> ) tendo como base o censo de 1991.

É portanto, intuitivo deduzir que, esta concentração preponderantemente urbana por certo está por exigir maior disponibilidade de bens e serviços, além de infra estrutura sanitária capaz de dar suporte a uma qualidade de vida compatível com a economia gerada.

Por outro lado, é preciso ter em conta que, o crescimento vegetativo da população urbana no estado, incorpora anualmente 100.000 novos habitantes que demandam recursos para no mínimo sustentar os índices atuais de cobertura sanitária praticado ( IBGE 1996).

Modernamente, avalia-se o nível de bem estar de uma sociedade através do conforto proporcionado pela tecnologia agregada aos serviços prestados. Isso é um equívoco que, se não avaliado com competência a introdução de tecnologia para compensar as pressões sobre os sistemas naturais, poderemos estar incorrendo na inviabilidade do modelo urbano que estamos desenvolvendo.

Com uma população residente estimada em 4.903.000 habitantes em 1997, representando 3,1 % da população brasileira, Santa Catarina distribui 70,64 % desta na área urbana e 29,60% na área rural (Censo do IBGE 1996).

Pelo perfil empreendedor manifestado a partir de 1930, hoje a geração de produtos industrializados representa 43,3 % do PIB do Estado, (Revista Santa Catarina em Dados da FIESC/SEBRAE 1997). Em contra partida, é notório as perdas verificadas no meio ambiente, principalmente a contaminação orgânica e química das águas superficiais e subterrâneas sobrecarregadas pelos despejos orgânicos domésticos e industriais sem tratamento.

Esse contraste entre o potencial industrial e a perda de qualidade do ambiente pode ser identificado em várias regiões do Estado. Entre elas destacamos:

1. Região Oeste – onde os despejos da atividade agro-industrial, aí incluídos os fomentados da suinocultura, comprometem as águas superficiais e subterrâneas da região. Estudos realizados pela equipe de geologia da ELETROSUL – Centrais Elétricas do Sul do Brasil SA, constataram a contaminação bacteriológica de 80 % dos poços artesianos e rios na área de influência das barragens de Itá e Machadinho.
2. Região Sul – berço da mineração do carvão em Santa Catarina, face ao processo deletério de exploração, permitiu o fenômeno da lixiviação contínua que inviabilizou vários rios da região como alternativa natural para o abastecimento público pela concentração de elementos químicos não removíveis por tratamento convencional da água.
3. Região Norte – onde concentra o maior parque industrial do Estado de Santa Catarina, mas também real geradora de efluentes químicos principalmente metais pesados, que, na ausência de processos competentes de tratamento, transfere ao ambiente altos encargos poluidores pela declarada fragilidade do sistema natural receptor nessa região.
4. Região Litorânea – aqui, onde se concentra aproximadamente 65 % da população do Estado, o impacto ambiental sobre os sistemas hídricos frágeis, tais como: restingas,



rios, várzeas, mangues, lagoas e praias, reveste-se do mais perverso encargo sócio-econômico pela quase ausência de sistemas de tratamento para os efluentes gerados.

É sintomático o fato de que estejamos em alguns sítios ultrapassando o limite da capacidade de auto regeneração da natureza. A transformação de ambientes aeróbios em anaeróbios é identificado como fator de risco pela patogenia agregada à ausência de oxigênio disponível para oxidação da matéria orgânica demandada.

Essa perda da qualidade ambiental em sítios de beleza cênica e grande potencial turístico, por um lado penaliza novamente a população marginal, e por outro, inviabiliza o potencial econômico resultante pelo desinteresse turístico associado.

Este fato é grave, considerando que o turismo representa uma nova fronteira da economia do Estado, e os dados da **SANTUR** de 1996 mostram uma receita gerada de quase US\$ 1,0 bilhão de dólares americanos resultantes da passagem de 2.250.000 turistas durante a temporada de verão.

Apesar de ser o 11<sup>o</sup> Estado do Brasil em população, e o 20<sup>o</sup> em área, Santa Catarina se destaca na agricultura: alho, cebola, maçã, proteína vegetal e animal, e na indústria: eletromecânica, celulose, plástico, vestuário, têxtil e cerâmica.

A forte diversificação industrial introduzida pela colonização européia confere ao Estado o título de 6<sup>o</sup> exportador do país com mercados consolidados como: Mercosul, América do Norte, Mercado Comum Europeu, Ásia e África.

Mais recentemente, a competência e espírito empreendedor catarinense, tendo como cerne a Universidade Federal de Santa Catarina lançou-se ao desafio de incorporar a informática como oportunidade de gerar novos negócios.

Esse fato fez surgir várias empresas associadas à pesquisadores e empreendedores que, na visão de mercado estão buscando introduzir novos conceitos de gestão do saneamento, onde a automatização e informática até então incipientes no controle biológico e hidráulico de reatores passaram a ser estimulados.

O potencial de crescimento do setor de serviços é uma realidade em Santa Catarina, onde, as condições naturais dos quase 500 quilômetros de costa permite uma infinidade de oportunidades, todas elas invariavelmente vinculadas a manutenção da qualidade de vida e a balneabilidade desse litoral.

Com a pressão exercida sobre os sistemas naturais, representado pelas populações nativas e flutuantes, a qualidade do ambiente sofre perdas pela absoluta inexistência de equipamentos sanitários adequados.

A primeira consequência é notada pelo índice de balneabilidade das praias do litoral de Santa Catarina.

Dispondo somente de sistema de tratamento em Balneário de Camboriu já sobrecarregado, centro de Florianópolis, Canasvieiras Lagoa da Conceição e parte Continental de Florianópolis, dos 133 pontos de coleta realizadas pela FATMA, durante 18 semanas consecutivas nos meses de novembro de 1996 a março de 1997, em 88 locais de 26 municípios litorâneos indicavam que 46 deles eram sistematicamente próprios para contato primário e 18 deles eram sistematicamente impróprios.

Destaque no caso para Balneário de Camboriu e praias das baías de Florianópolis.

Aqui, novamente, é possível visualizar o conceito de densidade demográfica e promiscuidade urbana, onde em Balneário de Camboriu, na alta temporada atinge a 3.500 hab/km<sup>2</sup>.

A Tabela 9, apresentado neste capítulo, contrasta sobremaneira com o potencial sócio-econômico e ambiental do Estado de Santa Catarina. Cabe então, face a demanda por serviços de saneamento básico no estado, apresentar novas alternativas para tratamento dos efluentes que possam atingir tanto o universo industrial quanto dos efluentes gerados pelas populações urbanas.

Tomando como base as populações dos municípios elencados na Tabela 09, o contingente urbano é de 1.757.872 habitantes carentes de investimento mínimo de US\$ 527.361.600,00 dólares, se considerarmos o custo per capita de US\$ 300,00 /habitante (valor per capita adotado pelo Banco Mundial para financiamento de sistemas de esgotos sanitários domésticos). Pela dimensão do número é previsível a continuidade dos nossos problemas, a menos que, surja um fato novo para diminuição do custo per capita que estimule novos investimentos.

O que efetivamente a presente dissertação se propõe é oferecer uma nova visão tecnológica do processo biológico de tratamento de efluentes, além de propor a otimização da infra estrutura de coleta urbana com simplificação radical nos custos de investimentos para as redes, interceptores elevatórias e emissários além dos custos operacionais principalmente.

## CAPÍTULO IV

### 4 APLICABILIDADE ATUAL DO SBR

Conceitualmente, o desenvolvimento de estudos e projetos para sistemas de tratamento de esgotos domésticos sempre foi concebido numa visão de economia de escala, ou seja, se projetava uma grande planta de tratamento e se fazia com que os esgotos gerados fossem transportados até ela, vencendo bacias e distâncias através de recalques, interceptores profundos etc.

Este modelo, adotado para maioria das cidades brasileiras, embora correto, significa investimentos iniciais elevados por conta da necessidade das obras de primeira etapa como elevatórias e interceptores a serem implantado já para final de plano.

Assim, os custos iniciais representados por estas obras de primeira etapa em muitos casos inviabiliza os investimentos porque o atendimento e cobertura da população de primeira etapa torna-se dispendioso na relação custo/benefício.

Com conceito de sistema SBR automatizado, o que se busca é revolucionar esta idéia, fazendo com que as obras de infra estrutura implantadas se justifiquem na relação custo/benefício, fator determinante para uma avaliação da estratégia adotada para atender uma determinada população com cobertura de sistema de esgotos tratados.

Um das virtudes incorporadas ao sistema de tratamento de esgotos tipo SBR associado com informática de controle, é permitir as sub divisões de bacias e mini bacias, aliviando os custos de investimentos e infra estrutura da parte primária do sistema de coleta, que são as elevatórias e principalmente os interceptores de grande diâmetro e profundidade.

O controle informatizado associado ao SBR permite reduzir os diâmetros e profundidade dos interceptores, bem como eliminar elevatórias de grande potência, pelo fato de que os esgotos em princípio deverão ser tratados na própria bacia ou mini bacia por tantas unidades de tratamento quanto a topografia permitir, uma vez que, o efluente tratado poderá ser descartado através da rede pluvial existente.

Com isto, além de eliminar os custos agregados à interceptores profundos e elevatórias, é possível obter-se um ganho econômico suplementar pela eliminação de emissários que no caso do SBR automatizado por setores permite o descarte do efluente tratado na rede pluvial.

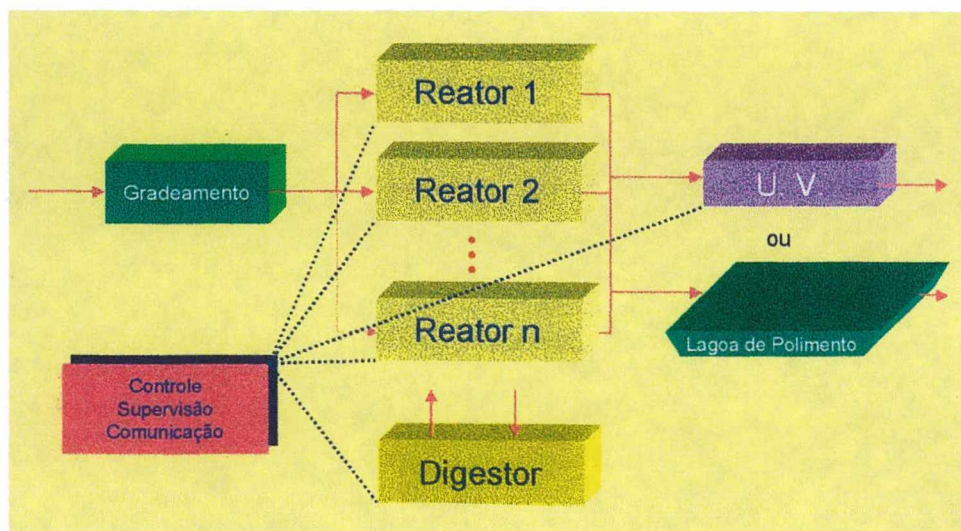
A distribuição de diversas plantas associadas à topografia da área a ser coletada e tratada, buscaria atender a demanda real da população existente favorecendo a relação custo/benefício em termos de investimento. Por outro lado, a disponibilidade de controle da estação tipo SBR automatizada através de uma Central de Operações de Sistema (COS ) permite ganhos significativos nos custos operacionais e mais ainda no que se refere ao consumo de energia.

Considerando a topografia litorânea de Santa Catarina, a viabilidade do sistema SBR controlado automaticamente representa um enorme potencial, principalmente pelas características de sazonalidade populacional de nossas cidades balneárias onde a demanda de verão pode atingir até dez vezes a demanda da população fixa.

Isto implica dizer que, diversas cidades do litoral de Santa Catarina, pelo seu perfil econômico e demanda por sistema de tratamento de esgotos, representa enorme oportunidade para aplicação do desenvolvimento desta tecnologia.

As facilidades operacionais apresentadas pelo software de controle da biologia do processo de tratamento, além das vantagens econômicas, permite ainda controlar o nível do reator, o teor de oxigênio regulando a micro fauna do lodo ativado, garantindo a nitrificação e até mesmo a denitrificação, reduzindo a quantidade de nutrientes no efluente final. A figura 04 mostra um diagrama típico para múltipla aplicação de sistemas SBR controlados por uma central de operações de sistema, objeto de desenvolvimento no presente estudo.

Figura 04 - Diagrama típico de múltipla aplicação SBR



O fato de dispor de um sistema de digestão de lodo tipo aeróbico que atende somente a respiração endógena, permite ainda um melhor redução do excesso de lodo produzido, e em regime de sazonalidade demográfica, na prática todo o lodo é digerido durante o período de baixa temporada nas cidades onde a fluutuabilidade da população é determinada pelas características de uso como balneário.

#### **4.1 Aplicabilidade da teoria do sistema SBR informatizado**

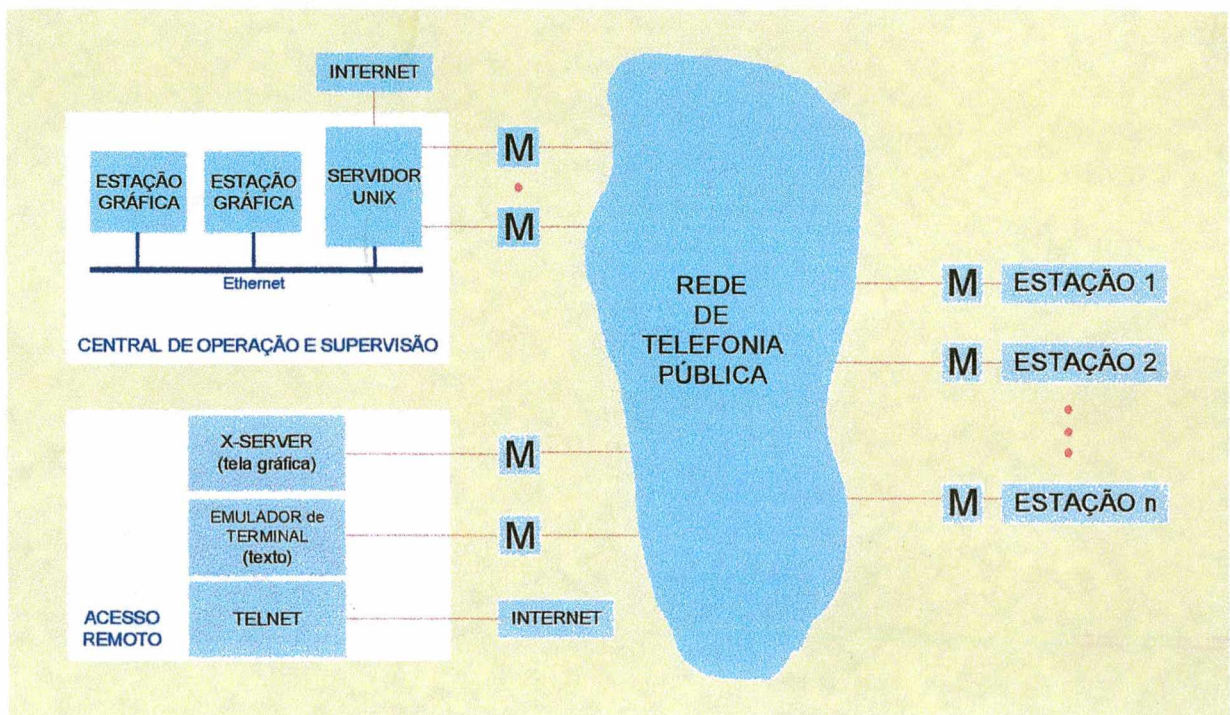
A aplicabilidade da teoria dos sistemas de tratamento de esgotos tipo SBR pode ser considerado sob dois aspectos:

1. Adequar os conceitos biológicos e hidráulicos do sistema de tratamento de esgotos domésticos ou industriais por bateladas em regime de lodos ativados com aeração prolongada.
2. Compatibilizar a necessidade de controle biológico e hidráulico da unidade de tratamento por meio de um sistema totalmente automatizado. Para tanto, deverá ser desenvolvido um programa de informatização do sistema operacional da planta, que, através de sensores instalados ao longo do perfil hidráulico permita auto controle da biologia do processo.

A interação do dimensionamento hidro-biológico com um controlador lógico programável (CLP) e gestão à distância, responderá pelo principal resultado a ser alcançado quando associado a biologia do processo e a informática de controle intrfoduzida.

No campo biológico, o desenvolvimento da informática e das tele comunicações e a crescente aplicação nos processos industriais a partir da década de 80, permitiu um nova visão operacional de sistemas de tratamento de esgotos em regime de lodos ativados. Este fato tornou a atividade economicamente viável pela possibilidade de evolução em arquitetura celular telecomandada. A figura 05 mostra um modelo de sistema informatizado para comunicação entre unidade de tratamento utilizando a rede telefônica convencional.

Figura 05 - Modelo de sistema de controle



A simplificação da intervenção humana ao longo do ciclo biológico característico do sistema SBR representa ganhos expressivos na qualidade do efluente desejado bem como significativa economia no campo operacional, permitindo um controle supervisionado, associando a utilização de software específico e hardware convencional de mercado.

As características técnicas e operacionais de sistema de tratamento de esgotos por bateladas pressupõem uma variante do tratamento convencional, onde a formação de um ciclo hidro-biológico de tratamento é a sua principal virtude.

A estrutura física de um sistema SBR difere fundamentalmente de um sistema convencional pela ausência de retorno de lodo e decantador secundário, simplificando e diminuindo os custos operacionais e investimento inicial na construção civil.

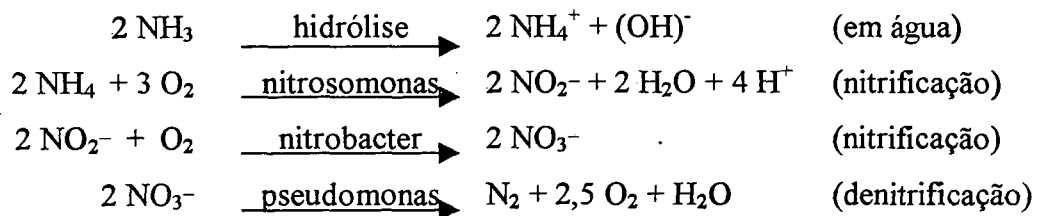
## 4.2 Operacionalização do sistema SBR

Operacionalmente o sistema por bateladas é constituído de um ciclo variável de cinco etapas, normalmente realizado em 6 horas com as seguintes fases:

#### 4.2.1 Enchimento

O esgoto bruto, após gradeado é introduzido no reator onde ocorre a oxidação da matéria orgânica através da oferta de oxigênio para a respiração da síntese micro biológica.

Nesta fase a aeração é iniciada após o nível do esgoto no reator atingir um limite anóxico, permitindo com isto a nitrificação e denitrificação da amônia contida no efluente através da seguintes reações:



As reações acima de nitrificação ocorrem após satisfeita a demanda carbonácea e permite reduzir a quantidade de nutrientes no efluente final, desde que biologicamente o reator ajuste os tempos necessários para realização destas.

#### 4.2.2 Reação

Nesta fase do ciclo, o sistema de aeração é ligado e ofertado oxigênio à massa líquida. As transformações da matéria orgânica no esgoto ocorrem mediante a oxidação do carboidrato para gás carbônico e água em ambiente aeróbico, impedindo a formação de elementos gasosos anaeróbicos.

A interação entre ambientes aeróbico e anóxico permite um maior controle e facilidade operacional do sistema de tratamento sob o ponto de vista da seleção de micro organismos no reator e ao próprio circuito hidráulico do processo.

#### 4.2.3 Sedimentação

No tempo de sedimentação, o sistema de aeração é desligado, ocorrendo a formação de flocos biológicos e respectiva precipitação gravimétrica. Em pouco tempo, forma-se uma zona clarificada na superfície, distinguindo-se da zona de fundo onde a concentração de bactéria ativada reside na forma endógena.

Este mecanismo biológico, associado a estrutura hidráulica do reator permite a descarga do sobrenadante com baixa concentração de matéria orgânica, considerado como o efluente tratado.

#### **4.2.4 Descarga**

Uma vez sedimentada a massa biológica, a descarga do sobrenadante ocorre mediante um vertedor de nível variável acionado por um sistema de válvulas e comandadas pelo sistema de controle automatizado. Biologicamente, na fase de sedimentação e descarga, o nível de oxigênio ofertado para o sistema é deplecionado surgindo aí as condições ideais para ocorrência da nitrificação e também a denitrificação.

Ainda nesta fase, o excesso de lodo pode ser retirado ajustando-o com a fase seguinte de repouso ou de ajuste de ciclo conforme já demonstrado no figura 02.



## CAPÍTULO V

### 5 PROJETO PILOTO EM ESCALA REAL

O modelo de dimensionamento de um sistema de tratamento de esgotos por lodos ativados com aeração estendida operado em regime de bateladas (SBR), segue os mesmos princípios hidráulicos e biológicos dos sistemas convencionais de vazão contínua. Todavia, alguns cuidados devem ser considerados, uma vez que, etapas do sistema convencional não são realizadas em regime de bateladas, tais como retorno de lodo, aeração contínua, e a necessidade de inclusão de digestor aeróbico, característica própria do SBR para reduzir o volume de lodo em excesso a ser descartado.

Em se tratando de um projeto piloto em escala real, torna-se também necessário ter em conta o enquadramento legal e sanitário da planta em termos do efluente produzido bem como a forma de descarte do efluente tratado no corpo receptor.

Para instalar o projeto piloto, localizado na Praia Brava em Florianópolis, adotou-se a Resolução 020/86 do CONAMA, para classificação das águas doces, salgadas e salobras, critério de balneabilidade, limites de nutrientes e elementos físico/químicos nocivos ao meio ambiente.

O decreto 14.250 que regulamenta a Lei 5.793 de 15 de outubro de 1979 no seu artigo quinto estabelece a classificação das águas interiores situadas no estado de Santa Catarina segundo seus usos preponderantes, aqui divididas em quatro classes conforme disposto no ANEXO II.

Com base nesta estrutura legal sobre o meio ambiente, foi desenvolvido o projeto piloto em escala real para ser implantado na Praia Brava no norte da ilha de Santa Catarina.

As razões para implantação do projeto piloto justifica-se pelo fato da população daquele balneário não dispor de tratamento de seus efluentes gerados durante período de temporada, degradando e comprometendo a qualidade de vida dos moradores, além dos danos ambientais causados pelo excesso da carga orgânica gerada e não absorvida pelo sistema biológico natural.

A decisão de construir um projeto em escala real para testar a teoria de controle informatizado do sistema de tratamento foi conseguida após convencimento da iniciativa privada em assumir todos os custos da implantação, tornando o estudo proposto

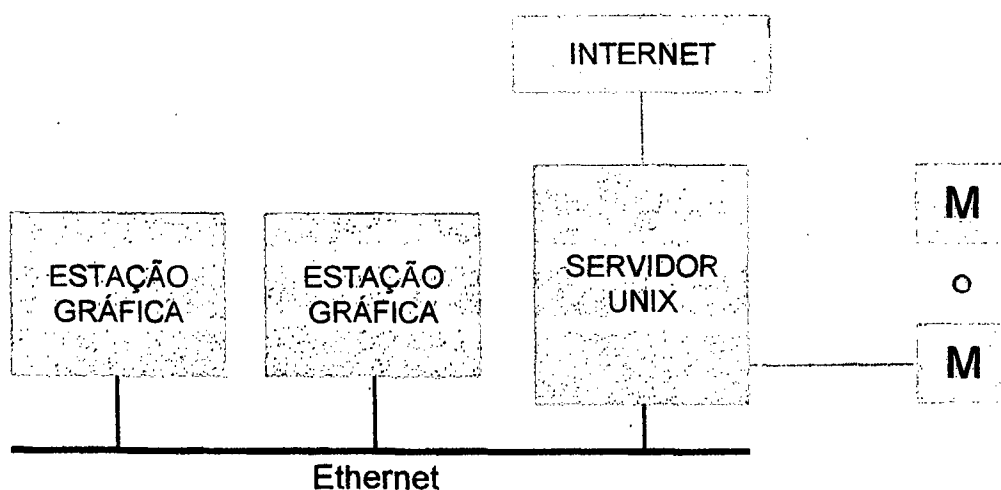
em futura oportunidade de viabilizar uma atividade econômica que pudesse criar mercado diferenciado da atual conduta em projetos de sistemas convencionais de alto investimento inicial e custos operacionais elevados.

A disponibilidade da informática de controle da robótica para plataformas móveis já desenvolvida em telegestão de controle de vôos não tripulados de helicópteros, permitiu assimilar este conhecimento para controle do processo hidro-biológico da estação piloto.

Por conseqüência, os custos originados pela implantação da estação piloto foi totalmente absorvido por uma nova empresa que surgiu da fusão do conhecimento da biologia de processo e do controle informatizado de sistemas de telegestão.

A figura 06 mostra o arranjo de um Centro de Operações de Sistema (COS) típico para a função de controle de células de tratamento remotas, ligadas via modem por linha telefônica ou Internet.

Figura 06 - Modelo de centro de operação e supervisão COS



CENTRAL DE OPERAÇÃO E SUPERVISÃO

Num primeiro momento decidiu-se implantar uma estação de tratamento piloto em escala real para atender na primeira etapa uma população de 4.000 habitantes cujo dimensionamento é apresentado a seguir:

## 5.1 Embasamento teórico para dimensionamento do projeto de tratamento de esgoto da Praia Brava

Para dimensionamento de um sistema de tratamento de esgotos, é necessário que seja conhecido e entendido a extensão das trocas que ocorrem no reator através da dinâmica da concentração e da vazão em tais trocas.

As trocas podem ser devido a reação entre materiais, atividade biológica, redução com o tempo e o próprio transporte de massas. A relação no balanço de massa num reator pode estabelecer os componentes específicos do sistema aberto a qual a condição de estabilidade pode ser generalizada pela equação segundo Arceivala S. (1984):

**ENTRADA (+) OU (-) TROCA NO SISTEMA = SAÍDA**

O mecanismo de transporte de massa sob condições estáveis pode ser feito por difusão molecular, dependendo do gradiente de concentração e outros fatores como estabelecido pela primeira lei de Fick.

Muitas reações que ocorrem em sistema de tratamento de esgotos são lentas e as considerações cinéticas são portanto importantes. A equação geral relacionando a razão da troca na concentração com o tempo para reação de concentração das substâncias pode ser expresso por:

$$dC_A/dt = K(C_A)^n \text{ onde:}$$

$C_A$  = Concentração de reação da Substância A

K = razão constante de reação por unidade de tempo

n = Número de ordem da reação

A reação biológica típica em um reator tipo SBR 'r é suportada pela equação de 2<sup>o</sup> ordem  $dC_A/dt = K (C_A)^2$  onde  $K = (1/C_2 - 1/C_1)/(t_2 - t_1)$

A unidade de K ( $t^{-1}$ ) (concentração<sup>-1</sup>)

A teoria anteriormente exposta, pode ser adequada para diferentes fluxos padrões do reator, no caso específico da Praia Brava foi considerado a hipótese de fluxo

denominado “banho” onde o reator tem um ciclo fechado sem vazão contínua. Por outro lado, o conteúdo interno é bastante misturado e garante uma concentração constante em qualquer parte do reator, sendo denominado reator ideal de fluxo completamente misturado.

A mistura ideal completa é obtida quando todos os elementos do afluente são instantaneamente dispersados no reator. Consequentemente, a concentração do MLSS é perfeitamente homogênea em qualquer parte do reator, e por extensão, a concentração do efluente do reator é a mesma interna do sistema, assim:

$$\text{TAXA ENTRADA} + \text{TAXA DE TROCA} = \text{TAXA DE SAÍDA}$$

$$QS_0 - KSV = QS \quad (1) \text{ onde:}$$

V = Volume do reator

Q = Vazão entrada

K = Constante de remoção para um dado processo

S<sub>0</sub> e S = Concentração do substrato na entrada e na saída respectivamente

A equação (1) pode ser reescrita para reatores de mistura completa tipo SBR, permitindo uma estimativa da concentração do efluente sob as seguintes condições:

$$S = S_0 / [1 + K(V/Q)] \text{ ou } S = S_0 / (1 + Kt) \quad \text{onde:}$$

K = constante de remoção de substrato (t<sup>-1</sup>)

t = tempo de tratamento no reator

Os princípios do crescimento biológico são acompanhados pela remoção do substrato e eles são aplicados teoricamente ao dimensionamento de um sistema de tratamento de esgoto tipo SBR. A matéria orgânica suporta micro organismos heterotróficos os quais usam parcialmente o carbono orgânico contido, como fonte de energia e parte como nutriente para produção de novas células. Em biologia aeróbica uma quantidade correspondente de oxigênio dissolvido é necessária para a respiração dos micro organismos. Uma parte das novas células são destruídas por respiração endógena até finalmente uma parcela não degradável celular permanecer como residuária. Em termos de engenharia de processo, a degradação biológica aeróbica pode ser simplesmente mostrada usando-se a expressão “lodo” ao invés de microbiologia sólida, como segue:

## ESGOTO + "LODO" + AR → EXCESSO LODO + PRODUTO FINAL

A relação entre nova produção de células e o substrato solúvel concentrado no reator pode ser expresso por:

$$dx/dt = Y (dS_r/dt) \text{ onde,}$$

$x$  = micro organismo ou concentração massa

$S_r$  = substrato removido (consumido) massa ou concentração  $S_r = (S_0 - S)/t$

$t$  = tempo

$Y$  = coeficiente de crescimento celular

O valor de  $Y$  é virtualmente constante e varia largamente dependendo do tipo de substrato a ser tratado aerobicamente. Isto explica o fato da síntese do protoplasma envolver muitas transformações para que a máxima energia requerida seja virtualmente a mesma, desconsiderada do substrato sendo metabolizado. A síntese é também proporcional a oxidação da matéria orgânica e para substratos solúveis é:

$$Y = 0,39 \text{ g micro organismos sólidos/g DQO removida}$$

$$Y = 0,57 \text{ g micro organismos sólidos/g DBO removida}$$

Particularmente, para estudos de lodos ativados com aeração estendida, é necessário conhecer qual a concentração de micro organismos sólidos estarão no reator em dado momento. Desde que, a hipótese do reator SBR seja o de mistura completa como dito anteriormente, a seguinte consideração pode ser dada. Assim, o balanço de massa é estabelecido para as condições estáveis do reator:

**TAXA LÍQUIDA DE PRODUÇÃO = A TAXA LÍQUIDA DE SÓLIDOS  
DE SÓLIDOS NO SISTEMA QUE DEIXAM O SISTEMA**

$$\text{Assim, } Y(dS_r/dt) - K_d X = \Delta X/\Delta t$$

$$\text{Ou } (\Delta X/\Delta t)/X = Y [(dS_r/dt)/X] - K_d$$

Considerando que, a relação do peso de sólidos no sistema dividido pelo peso de sólidos que saem do sistema é representado por  $\Theta_c$  ou idade do lodo, teremos:

$$1/\Theta = Y [(S_0-S) /Xt] - K_d$$

$$1/\Theta = Y (F/M) - K_d$$

então

$$X = Y(S_0-S)/[1 + K_d\Theta_c](\Theta/t) \text{ e substituindo } t = V/Q, \text{ termos}$$

$XV = [Y\Theta_c(S_0-S)]/(1 + \Theta K_d)$  que é a expressão usada para cálculo do volume do reator.

Para um dado tipo de esgoto, o volume V do reator pode ser calculado desde que se conheça a vazão, a DBO proposta a ser removida (S<sub>0</sub>-S) a constante K o valor de K<sub>d</sub> o adequado valor de Θ<sub>c</sub> e a máxima concentração de MLSS a ser fixado no reator. Uma vez fixado os vários parâmetros a concentração X será diretamente proporcional a DBO a ser removida, ou seja (S<sub>0</sub>-S) .

Desta forma, o dimensionamento proposto para o projeto piloto e o projeto emergencial seguiu esta metodologia teórica proposta por Arceivala (1984) e amplamente utilizada para cálculo biológico e hidráulico em sistema de tratamento tipo SBR.

## 5.2 Levantamento de dados do local

a) população do projeto .....	(temporada)
b) condomínios .....	3.000 habitantes
c) residências .....	240 habitantes
d) total .....	3.240 habitantes
e) população do projeto (fora da temporada) 5% de 3.240 =	162 habitantes
f) consumo de água per cápita .....	200 l/hab.dia
g) vazão .....	7,5 l/s
h) vazão .....	648 m <sup>3</sup> /dia
i) carga orgânica per cápita (DBO <sub>5</sub> ) .....	54 g/hab.dia
j) concentração de DBO <sub>5</sub> .....	270 mg/l
k) carga orgânica .....	175 kg DBO/dia
l) nitrogênio total (N) .....	8 g/hab.dia
m) fósforo (P) .....	2 g/hab.dia

n) temperatura média .....20 ° C

### 5.3 Dados para dimensionamento da estação de tratamento

- a) população adotada .....4.000 habitantes
- b) consumo per capita .....200 l/hab.dia
- c) vazão diária = 800 m<sup>3</sup>/dia = .....9,25 l/s
- d) idade do lodo ( adotado) =  $\Theta_c$  = .....20 dias
- e) fração biodegradável =  $f_b$  = .....0,45
- f) constante de crescimento celular =  $K_d$  = .....0,0856 dia<sup>-1</sup>
- g) constante de remoção de substrato =  $k'$  = .....0,038 mg/l dia
- h) coeficiente de crescimento celular =  $Y$  = .....0,73

### 5.4 Cálculo da eficiência e concentração do efluente final

$$S = 1/(k' \cdot Y) [ (1/\Theta_c) + K_d ]$$

$$S = 4,88 \text{ mg/l}$$

Assumindo que no efluente final (S), o total de SS(sólidos em suspensão) seja igual a 20 mg/l a razão entre sólidos em suspensão voláteis e sólidos em suspensão seja igual a 0,7 (70 %) então (VSS/SS=0,7) e fração biodegradável assumida de 0,45 teremos:

$$\text{DBO}_5 \text{ do VSS efluente} = 0,45 \times 0,70 \times 20 = 6,3 \text{ mg/l}$$

$$\text{DBO}_5 \text{ total} = 4,88 + 6,30 = 11,18 \text{ mg/l}$$

$$\text{DBO}_5 \text{ efluente de entrada} = 270 \text{ mg/l}$$

Cabe salientar que o dimensionamento da presente estação de tratamento recebe o efluente resultante do pré tratamento condominial onde o sistema de fossa/filtro biológico anaeróbio reduz toda DBO sólida em DBO solúvel com eficiência desprezada pelo projeto piloto proposto.

### 5.5 Cálculo da eficiência sobre a DBO solúvel ( $E_{ds}$ )

$$E_{ds} = (S_0 - S) / S_0 = (270 - 4,88) / 270 = 98,19 \%$$

### 5.6 Cálculo da eficiência sobre a máxima redução ( $E_m$ )

$$E_m = (S_0 - S) / S_0 = (270 - 11,18) / 270 = 95,86 \%$$

### 5.7 Cálculo da DBO removida

$$S_r = (S_0 - S) Q \cdot 10^3 / 10^6 = (270 - 4,18) 800 / 10^3 = 212 \text{ kg DBO / dia}$$

### 5.8 Cálculo do volume do reator

Assumido a concentração de 4.000 mg/l no reator, considerando sua operação em regime de mistura completa, em termos de sólidos teremos :

$$4.000 \times 0,70 = 2.800 \text{ mg/l} = X$$

$$XV = [Y \cdot \Theta_c (S_0 - S) Q] / 1 + (K_d \times \Theta_c)$$

$$XV = [0,73 \times 20 \times 800 (270 - 4,88)] / 1 + (0,0856 \times 20) = 1.141.814,75$$

$$V = 1.141.814,75 / 2.800 = 407,79 \text{ m}^3$$

Adotado 02 (dois) reatores de 400 m<sup>3</sup> cada em virtude da operação de descarga do reator exigir um limite máximo da metade do volume do próprio.

Assim teremos as seguintes dimensões do reator:

$$\text{Comprimento} = 10,0 \text{ m}$$

$$\text{Largura} = 10,0 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 4,6 \text{ m}$$

$$\text{Borda livre} = 0,6 \text{ m}$$

Considerando o volume operacional adotado por batelada, o volume útil em termos de renovação hidráulica durante os ciclos será de  $2 \times 200 \text{ m}^3 = 400 \text{ m}^3$

Portanto o tempo de detenção hidráulica (t) será igual a  $t = 400/800 = 12$  horas.



### 5.9 Checagem da relação F/M

$$F/M = [(S_0 - S) Q] / XV = [(270 - 4,18) 800] / 2800 \times 800$$

$$F/M = 0,0949 \text{ kg DBO} / \text{kg MLVSS.dia.}$$

### 5.10 Cálculo de excesso de lodo produzido

$$E_{\text{lodo}} = XV / \Theta_c = (2.800 \times 400) / 2 \times 20 \times 10^3 = 56 \text{ kg/dia}$$

Em termos de sólidos em suspensão a produção de excesso de lodo será:

$$E_{\text{lodo}} = 56 / 0,7 = 80 \text{ kg / dia}$$

### 5.11 Checagem do cálculo da fração biodegradável assumida como 0,45

$$f_b = (Y S_r + K_d X) - [(Y S_R + K_d) - 4 K_d X (0,77 Y S_r)]^{1/2}$$

$$f_b = (345,77 - 169,09) / 383,49 = 0,46$$

### 5.12 Cálculo do lodo líquido

O lodo líquido concentrado a 1 % retirado do reator para o digestor (densidade do lodo aproximadamente 1,0t/m<sup>3</sup>).

$$L_{\text{líquido}} / \text{dia} = 80 \text{ kg} \times 100 / 1 = 8 \text{ m}^3 / \text{dia}$$

### 5.13 Remoção mínima prevista de fósforo

$$P \text{ (kg/dia)} = [(0,026 f_b \Delta x) / 0,77] + [0,01 (0,77 - f_b) \Delta x] / 0,77$$

$$P \text{ (kg/dia)} = (0,026 \times 0,45 \times 56) / 0,77 + 0,01 \times 56 \times (0,77 - 0,45) / 0,77$$

$$P \text{ (kg/dia)} = 1,084 \text{ kg/dia}$$

Considerando a produção per cápita de 2 g fósforo/habitante dia, teremos para a população estudada 8,0 kg de fósforo/dia.

#### 5.14 Cálculo da eficiência de remoção de fósforo

$$E (P) = 1,084 / 8,00 = 13,54 \%$$

#### 5.15 Cálculo da remoção mínima prevista para o nitrogênio

$$N \text{ (kg/dia)} = [(0,123 \times f_b \times \Delta_x) / 0,77] + [(0,07 \times 0,56 (0,77 - 0,45)) / 0,77]$$

$$N \text{ (kg/dia)} = 5,65 \text{ kg N/dia}$$

Considerando a produção per capita de 8 g hab/dia de nitrogênio, teremos para a população estudada 32 kg N/dia.

#### 5.16 Cálculo da eficiência na remoção do nitrogênio

$$E (N) = 5,65 / 32 = 17,66 \%$$

Este valor será o mínimo retirado decorrente da saída do lodo do sistema para o digestor.

Tendo em conta que o sistema operacional do reator por bateladas permite um controle do nível de oxigênio dissolvido, o surgimento das fases anóxicas e o limite de tempo pré estabelecido antes do surgimento da anaerobiose, favorece a atividade biológica da denitrificação, transformando o nitrato em nitrogênio gasoso, liberando-o para a atmosfera pela reação do ciclo de descarga e carga do reator.

#### 5.17 Cálculo do oxigênio requerido

##### 5.17.1 Oxigênio necessário para a demanda carbonácea

$$O_2 = DBO_{(máxima\ removida)} - DBO_{(máxima\ que\ deixa\ o\ sistema)}$$

$$O_2 \text{ (kg/dia)} = 1,47 (212,00 \text{ kg/dia}) - 1,42 (56,00 \text{ kg/dia})$$

$$O_2 \text{ (kg/dia)} = 311,64 - 79,52 = 232,2 \text{ kg } O_2 / \text{dia}$$

$$O_2 \text{ (kg/dia)} = 12,90 \text{ kg } O_2 / \text{hora (18 horas de operação)}$$

### 5.17.2 Oxigênio necessário para demanda de nitrogênio

$$O_2 \text{ (kg/dia)} = 4,33 \text{ TKN} \times 32 \text{ kg N/dia}$$

Oxigênio total

$$O_2 \text{ (kg/dia)} = 138,56 \text{ k N/dia} = 7,70 \text{ kg } O_2/\text{hora (18 horas de operação)}$$

### 5.18 Oxigênio total para o sistema

$$O_2 \text{ (kg/hora)} = 12,90 + 7,70 = 20,60 \text{ kg } O_2/\text{hora}$$

### 5.19 Cálculo da potência requerida para o sistema

Assumindo que a capacidade teórica de oxigenação dos aeradores é igual a 2 kg  $O_2$  / kWh em condições padrão, e que somente 70 % é obtido em condições de trabalho em face a qualidade da mistura do reator, a tensão superficial e presença de surfactantes, teremos:

$$P \text{ (kW)} = (20,60 \text{ kg } O_2/\text{hora}) / 0,70 \times 2 \text{ kg } O_2/\text{kWh} = 14,71 \text{ kW} = 19,57 \text{ CV}$$

Logo será adotado 2 aeradores de 15 CV cada. ( um para cada reator)

### 5.20 Cálculo da verificação da densidade de potência

Para garantir que os sólidos sejam mantidos em suspensão dentro do reator, é necessário que a densidade de potência seja igual ou superior a 2,75 kW/1.000 m<sup>3</sup> do volume do reator.

$$(14,71 \text{ kW} \times 10^3) \text{ é maior do que } 2,75 \text{ kW}/1.000 \text{ m}^3$$

Dessa maneira, a potência instalada garante a perfeita movimentação da massa líquida biológica, evitando a sedimentação indesejável.

### 5.21 Cálculo do digestor aeróbico

$$\text{Excesso de lodo produzido} = 80 \text{ kg/dia}$$

$$\text{Volume do lodo a } 1,0 \% \text{ sólido} = 8,0 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Assumindo:

Conteúdo de sólido na mistura = 97 %

Densidade do lodo = 1,0 ton/m<sup>3</sup>

$K_v = 0,04$  (constante de destruição do VSS) dia<sup>-1</sup>

Redução desejada de VSS = 45 %

Temperatura de operação 20 ° C

Volume de sólidos 3 %.  $80,00/0,03 = 2,70$  m<sup>3</sup>/dia

Concentração VSS =  $X_0 = (56 \times 10^6) / 2,70 \times 10^3 = 20.740$  mg/l

Para redução de 45 % do VSS, a concentração do efluente  $X_e$  será:

$$20.740 \times 0,45 = \mathbf{9.333 \text{ mg/l}}$$

Para o digestor aeróbico, o tempo de detenção hidráulico será igual ao tempo biológico pelo fato de não haver recirculação e saque de lodo, uma vez que o oxigênio ofertado ao sistema será para a respiração endógena, assim teremos:

$$T = (X_0 - X_e) / k_v \times X_e = (20.740 - 9.333) / 0,04 \times 9.333 = \mathbf{30,5 \text{ dias}}$$

## 5.22 Cálculo do volume do digestor

$$2,7 \text{ m}^3 / \text{dia} \times 30 \text{ dias} = \mathbf{81 \text{ m}^3 \text{ aproximado para } 80 \text{ m}^3}$$

Considerando o que foi dito anteriormente para o projeto piloto da Praia Brava onde o pico demográfico acontece durante a temporada, será adotado um volume mínimo do digestor igual a 160 m<sup>3</sup> de sorte a absorver todo o lodo gerado no período.

$$\text{Carga de sólidos} = (80,00 \text{ kg/dia}) / 160 \text{ m}^3 = \mathbf{0,5 \text{ kg/m}^3 \text{ dia}}$$

Para obtermos oxidação total no sistema necessitamos de 2 kg O<sub>2</sub>/kg VSS

Assim teremos:

$$\text{Oxigênio requerido} = 2 \times 0,45 \times 160 = 144 \text{ kg O}_2 / \text{dia}$$

$$\text{Oxigênio requerido} = \mathbf{12 \text{ kg O}_2 / 12 \text{ horas de operação}}$$

### 5.23 Cálculo da potência requerida

$$P \text{ (kW)} = (12) / 0,7 \times 2 = 8,5 \text{ kW} = 12 \text{ CV}$$

### 5.24 Checagem para a mínima potência requerida

$$(8,5 \times 1.000) = 53,12 \text{ kW/1.000}^3$$

53,12 kW / 1.000 m<sup>3</sup> é maior 20 kW / 1.000 m<sup>3</sup> típico para digestão aeróbica.

Como dito, no caso específico da Praia Brava, o esgoto recebido pelo reator implantado sofre um pré tratamento na origem dos condomínios e das residências através de sistema anaeróbico de fossa/filtro.

Com isto, a DBO recebida no reator é somente solúvel dispensando um sistema de gradeamento e tratamento primário.

## CAPÍTULO VI

### 6 TELEGESTÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

As estações de tratamento de água e esgoto, são historicamente grandes usuários de mão de obra, o que encarece os custos operacionais e sobremaneira os de pequeno porte em face da economia de escala.

Até alguns anos atrás, uma das maiores dificuldades encontradas na discriminação do processo de tratamento de esgotos por lodos ativados em regime de bateladas (SBR) era a necessidade de utilização massiva de mão de obra em regime integral para efetuar as operações de controle de válvulas, bombas e aeradores. Como neste processo a combinação dos ciclos hidráulicos e biológico dura cerca de 6 horas, diversas atividades repetitivas precisam ser efetuadas sistematicamente, como por exemplo, o acionamento dos aeradores e aberturas e fechamento de válvulas para drenagem do sobrenadante tratado.

A partir da década de 80, com o advento da miniaturização eletrônica e a entrada no mercado dos controladores lógicos programáveis (CLPs), foi possível minimizar a utilização da mão de obra permanente na tarefa de operação dos sistemas de tratamento de esgotos em regime por bateladas. Mas, apesar de ter contribuído muito para redução de custos, o sistema controlado por CLPs ainda oferecia algumas restrições, se levadas em consideração as atuais necessidades de flexibilização e customização decorrentes da conjuntura sócio econômica e qualificação de pessoal operacional.

Basicamente, os sistemas convencionais de controle utilizando CLPs não são adaptativos, isto é, não têm a capacidade de se adaptarem automaticamente às variações de demanda e da quantidade de esgoto a ser tratado. O sistema aqui proposto tem a grande vantagem de além de ser completamente adaptativo, permite uma redução significativa da necessidade de operadores. Assim, o sistema de tratamento de esgoto, passa a operar somente com sistema de supervisão.

## **6.1 Operacionalização**

As estações convencionais de tratamento de esgoto apesar de poderem ser parcialmente automatizadas, ainda exigem a presença de técnicos no local para manter as condições de funcionamento, e não permitem processo de supervisão a distância.

Assim, para garantir sua funcionalidade, as estações convencionais exigem uma assistência contínua com mão de obra qualificada para controlar a concentração de efluente no reator, regulagem de válvulas e registros, retorno de lodo, excesso de lodo, concentração de oxigênio e medição constante de vazão.

Estas funções, na estação proposta são minimizadas e conduzidas por sensores que uma vez detectada sua função, emitem sinais para a lógica principal do sistema que automaticamente faz ajustes mesmo que a distância, utilizando somente uma linha telefônica.

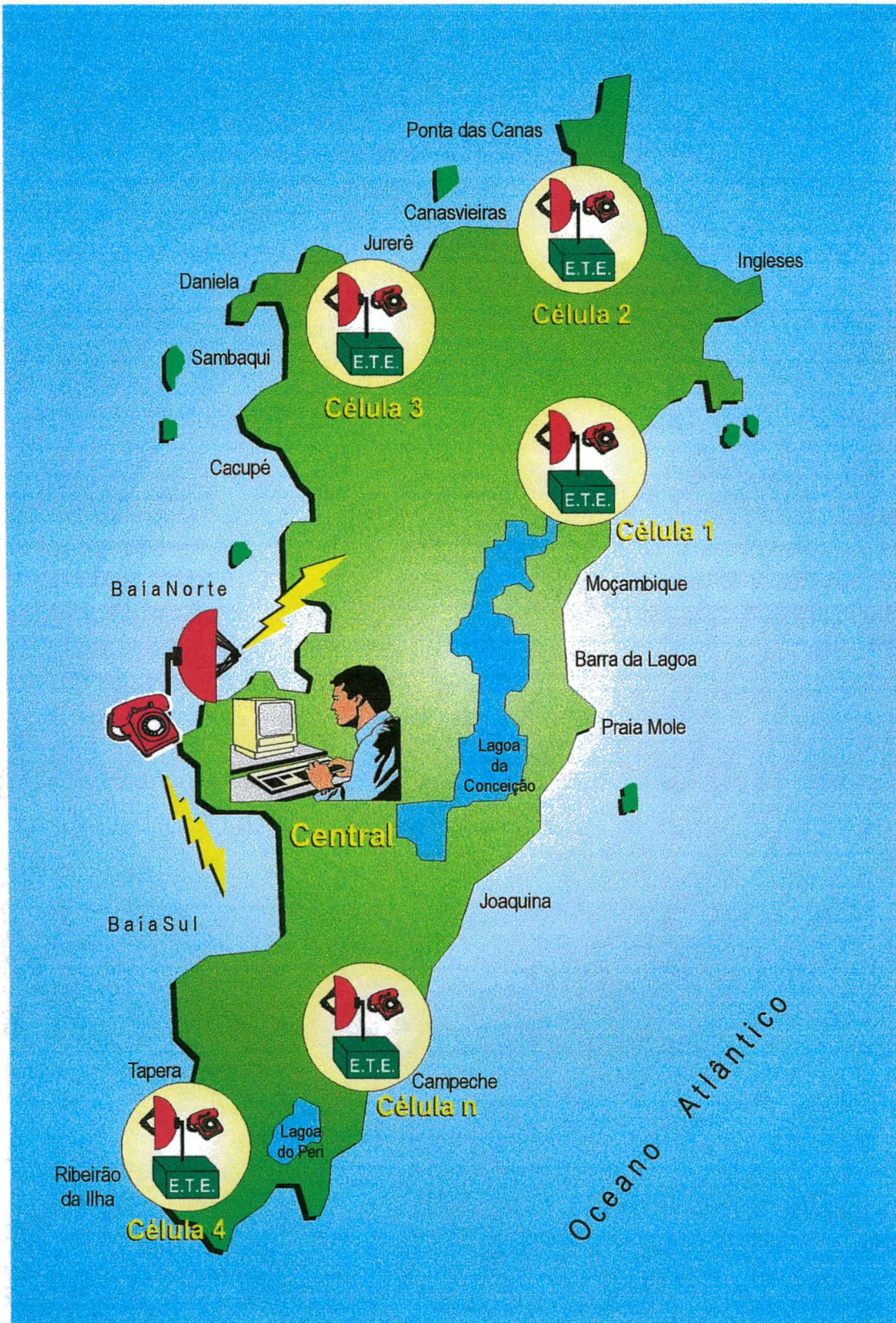
O projeto piloto apresentado propõe um salto bastante expressivo em relação às alternativas existentes. Ele foi concebido levando-se em conta a oferta de tecnologia emergente e a relação custo/benefício, visando suprir os requisitos necessários à adequação do produto aos atuais padrões de exigência tecnológicas. Isto significa dizer que o projeto piloto propõe uma solução de baixo custo operacional pela ausência de mão de obra permanente no local e sobretudo alto índice de flexibilização, além da capacidade de permitir o gerenciamento das diversas funções à distância, de várias estações de tratamento, reduzindo assim, também, o custo operacional.

Esta flexibilização é uma das principais razões para mudança de paradigma no que se refere a implantação de grandes estações e diversos recalques, exigindo investimentos iniciais comparativamente mais altos, principalmente nas obras de infraestrutura de interceptores, redes e elevatórias.

## **6.2 Funcionalidade do sistema**

A filosofia de funcionalidade do sistema de automatização proposto, caracteriza-se pela arquitetura distribuída, com estações interligadas através de uma rede (figura 05). A estrutura propriamente dita é composta de uma central de operação que realiza em tempo real a supervisão e o controle, denominado de CENTRAL DE OPERAÇÃO DE SISTEMA – COS e um conjunto de estações a ela conectada e subordinada, chamadas de estações celulares ou células.

Figura 07 - Modelo arquitetônico de um sistema





Esta solução contempla não só o problema específico de uma dada localidade, como por exemplo a ilha de Santa Catarina mas também o problema de tratamento de esgoto de uma maneira geral, estendendo-se a solução à regiões maiores e com alto grau de complexidade.

A conexão entre COS e as estações celulares localizadas em uma determinada região de cobertura pode ser feita por meio de enlaces de rádio frequência, linhas telefônicas convencionais ou conexão com rede Internet. Este modelo admite inclusive o sistema de comunicação misto, utilizando os recursos de cada região. Isto significa que a área urbana mais central pode utilizar a malha de telecomunicações já instalada e as estações celulares mais distantes sistema de rádio enlace.

Em princípio, o número de estações que podem ser administradas por uma central não possui limitações práticas do ponto de vista do software e hardware. A expansão da rede de gerenciamento e supervisão pode ser efetivada sem maiores dificuldades.

As estações celulares recebem instruções do COS, que, são traduzidas por um interpretador de instruções localizado em cada célula. Estas instruções podem ser de vários tipos, desde paralisação de uma programa que estiver rodando para atualização até a requisição de dados provenientes dos sensores instalados. Como resposta, as células podem enviar os dados e até imagem caso tenham sido requisitados. Um sensor ótico instalado em cada célula poderá realizar trabalhos adicionais de vistorias, inclusive de alarme como por exemplo forte enxurrada que aumenta normalmente a vazão a ser tratada.

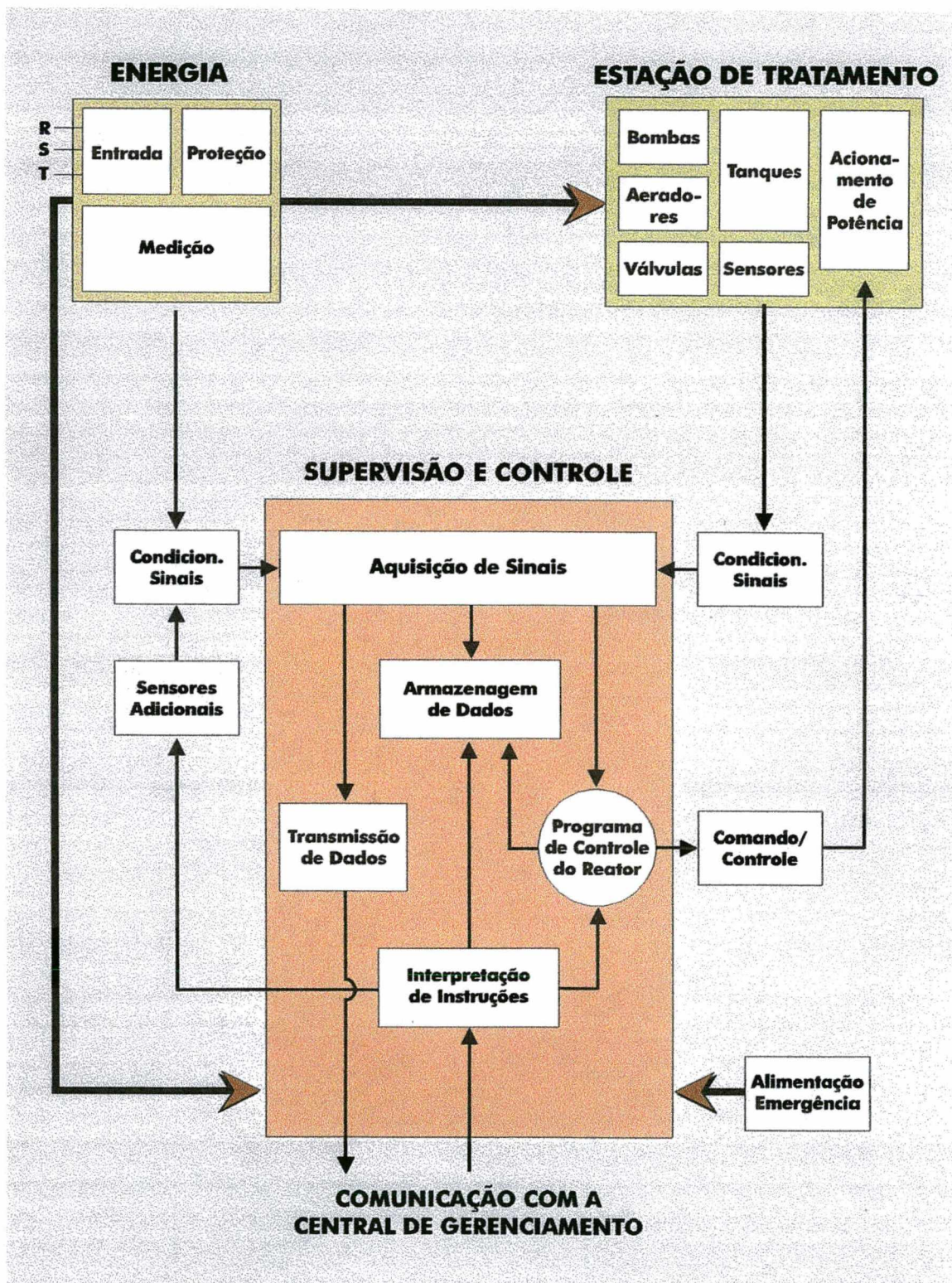
Este serviço dispensa completamente o deslocamento periódico de técnicos às estações, reservando a utilização de pessoal qualificado apenas para os casos de real necessidade.

### **6.3 Estação celular**

Uma estação celular é composta basicamente pelo equipamento a ser controlado que pode ser um reator, estação de recalque, motores, aeradores, válvulas etc.

A figura 08 mostra o diagrama de bloco típico para uma célula de tratamento, controlada por um COS, onde diversas funções são analisadas e auto programadas de acordo com o desenvolvimento do software para cada caso específico.

Figura 08 - Modelo de diagrama de uma célula de tratamento



Assim, uma estação celular pode ser composta por vários módulos que são controlados pelo COS como por exemplo:

#### **6.4 Módulo de energia.**

Este módulo compreende a entrada de energia através da rede pública, a medição da concessionária e os equipamentos eletromecânicos. Também fornece para as fontes de alimentação dos circuitos eletrônicos e os próprios sensores. Neste módulo estão contidos os medidores de corrente e tensão que enviam seus sinais para monitoração e telemetria.

#### **6.5 Módulo da célula.**

Representa o controle da célula propriamente dito, com seus circuitos de acionamento de potência para os equipamentos onde os comandos são enviados pelo módulo de supervisão e controle. Em cada célula poderá ser instalado uma variedade de sensores para fornecimento de dados para telemetria dentre os quais são possíveis:

1. Analisador de amônia
2. Analisador de cloretos
3. Analisador de pH
4. Medidor de temperatura
5. Analisador de turbidez
6. Medidor de vazão
7. Sistema ultra sônico para medição de nível
8. Medidor de concentração de lodo
9. Analisador de oxigênio dissolvido

#### **6.6 Módulo de supervisão e controle**

Este módulo é o principal diferencial entre os existentes no mercado e o desenvolvimento no presente estudo. O módulo de supervisão e controle realiza várias

funções, que, combinadas, reduzem substancialmente os custos de operação, pois permite flexibilidade, automatização e customização com as seguintes funções assim descritas:

#### **6.6.1 Aquisição de sinais**

Esta função recebe os sinais provenientes de todos os sensores e medidores, efetua a crítica para validação dos dados e realiza o condicionamento e coloca-os disponíveis para transmissão, armazenamento e eventual processamento pelo programa de controle do reator.

#### **6.6.2 Programa de controle**

Este programa é o responsável por todo o funcionamento da estação celular e administra a temporização dos ciclos a partir de diretrizes enviados pelo COS e alguns sinais recebidos dos sensores.

#### **6.6.3 Transmissão de dados**

Esta função realiza o encapsulamento dos dados da telemetria em quadros e os transmite mediante requisição do COS. Os dados provenientes de sensores adicionais como o sensor ótico também são compactados e transmitidos por esse caminho. A decisão de adquirir dados partindo do COS possibilita uma otimização no uso de recursos de comunicação e conseqüente redução dos custos.

#### **6.6.4 Armazenamento de dados**

O sistema desenvolvido, conta ainda com algoritmo inteligente para registro de dados que efetuam a compactação dos mesmos. Nestes registros, estão contidos, além dos dados de telemetria e sensores adicionais, as operações executadas pelo programa de controle do reator e todos os comandos enviados para o COS.

Por outro lado, estes dados podem ser disponibilizados na forma de relatórios diários e enviados via Internet para endereços eletrônicos previamente selecionados.

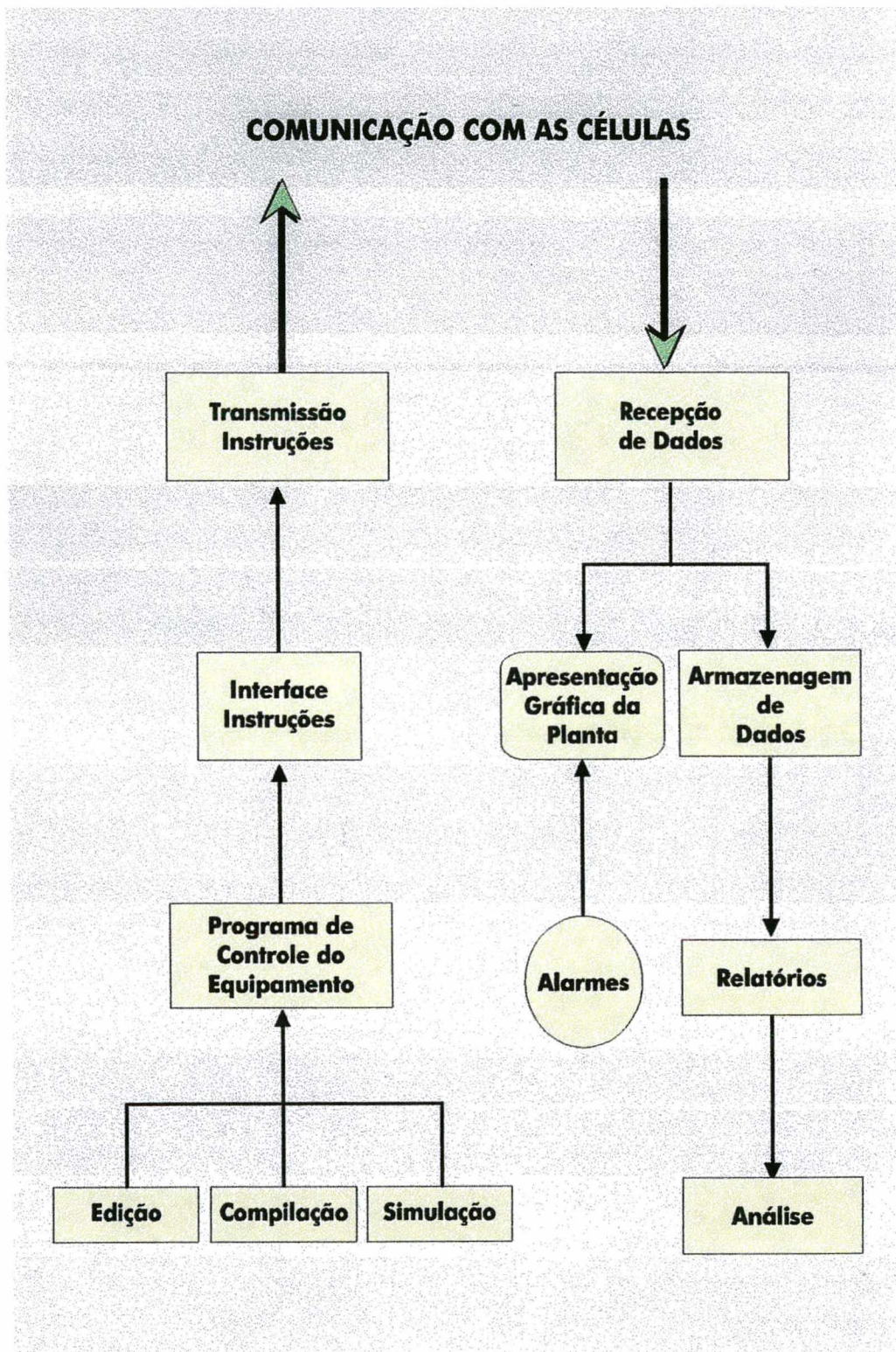
#### **6.6.5 Interpretadores de instrução**

Esta função recebe instrução do COS, verifica sua validade e autenticidade, solicitando uma retransmissão em caso de erro. Constata se o campo de destinatário corresponde ao seu identificador, isto é se a mensagem recebida realmente é endereçada a esta célula. Em caso afirmativo, faz a diferenciação entre os tipos. As instruções podem ser

de 6 tipos, sendo que as três primeiras são consideradas privilegiadas, já que possuem influência decisiva no processo e por isso tem acesso protegido.

- a) Parar o programa de controle do reator - aborta o programa que está sendo executado no momento;
- b) Iniciar o programa de controle do reator - inicia um ciclo, baseado no programa armazenado na memória. Este recurso é utilizado após carregamento de um novo código binário;
- c) Carregar novo programa de controle do reator- carrega a memória com o código que segue este identificador;
- d) Requisição de telemetria – indica que o COS está aguardando informações sobre os sensores da célula;
- e) Requisição de informação adicional – indica que a central esta aguardando informações provenientes dos sensores adicionais ( ex. imagens de vídeo, dados do identificador de presença de invasores);
- f) Atuação direta – age sobre os sensores adicionais ( liga/desliga câmara, aciona e desaciona coleta de amostras)

Figura 09 - Funções da central de gerenciamento



## CAPÍTULO VII

### 7 IMPLANTAÇÃO DO PROJETO PILOTO EMERGENCIAL E ARRANJO INSTITUCIONAL DO DIREITO DE CONCESSÃO

Esse descritivo, sem a pretensão de ser encarado como uma peça determinística dos procedimentos para uma abordagem da privatização do saneamento, busca mostrar as rotinas, legislação e fundamentalmente o arranjo institucional para entendimento do mercado dos serviços de esgoto fora do domínio do Estado, objeto de interesse do presente estudo tendo em conta as particularidades da parceria montada para implantar e operar o sistema isolada da Praia Brava, uma vez consignado o desinteresse da CASAN em assumir os encargos de investimento naquele sítio.

Tal fato se justifica baseado no argumento de que o modelo atual encontra-se esgotado. A necessidade por serviços de água e esgoto continua a crescer pela demanda vegetativa, (100.000 novos habitantes/ano na área urbana) os mananciais estão cada vez mais comprometidos pelo aporte de efluentes não tratados e, o nível de exigência da própria sociedade, com base na visão democrática de seus direitos e cidadania, constroem o Estado, caudário do ineficiente serviço público que atende mal a população.

A falta de água e esgoto e as disponibilidades de recursos por parte do Estado, historicamente não trouxeram nenhum alento no sentido de resolver as questões do saneamento. Muito pelo contrário, o Estado, no papel de prestar esse serviço público, sempre esteve aquém da realidade, e de forma injusta, quando disponibilizado recursos, atendeu sempre o segmento mais privilegiado da sociedade onde a capacidade de mobilização política e institucional é feita nos gabinetes do poder.

Assim, os conceitos a serem apresentados mostram uma sistemática institucional com base nos preceitos legais para que o poder concedente, seja também responsável, dividindo com o capital privado um negócio que, além de gerar novas oportunidades econômicas, por certo resgataria a qualidade de vida das populações, principalmente aquelas marginais aos interesses do poder público.

O arranjo constitucional dos diversos níveis de responsabilidade sobre serviços de água e esgoto está regulamentado pelo artigo 30 do Capítulo IV, da Constituição Federal onde no inciso V estabelece: "*Organizar e prestar, diretamente ou sob regime de*

*concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluindo o de transporte coletivo, que tem caráter essencial”.*

No artigo 175, novamente a referência constitucional da responsabilidade do município sobre serviços de interesse local é explicitado conforme segue: *“Incumbe ao Poder Público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos”.*

No parágrafo único do artigo 175, é remetido à Lei Ordinária que disporá sobre essa base, conforme estabelece os incisos:

- I. O regime das empresas concessionárias e permissionárias de serviço públicos, o caráter especial de seu contrato e de sua prorrogação, bem como as condições de cadencidades, fiscalização e rescisão da concessão ou permissão;
- II. Os direitos dos usuários;
- III. Política tarifária;
- IV. A obrigação de manter serviço adequado.

Com a publicação das Leis 8.987/96 e 9.074/96 ficou bem claro esses preceitos constitucionais. Na prática estabelecem o regime de serviços públicos no Brasil, posteriormente melhor explicitada as competências que regulamentou os processos de concessão de serviços públicos nos três níveis do Estado caracterizando a responsabilidade e direito do município em serviços de interesse local como água e esgoto que é o objeto de discussão.

Embora a Constituição anterior a 1988 já caracterizasse os serviços de água e esgoto como atribuição dos municípios, a constituição atual confirmou e estabeleceu as bases legais para os mecanismos de concessão que, obrigatoriamente terão que seguir processo de concorrência pública e as determinações e preceitos legais da Lei 8.666.

Em 1996, o Senador José Serra entrou no Senado com PL 266/96 que: *“Estabelece as diretrizes para o exercício do poder concedente nos serviços públicos de saneamento”.*

Tal projeto, aprovado na Comissão de Assuntos Econômicos, já foi aprovado também pelo plenário do Senado com substitutivo onde no CAPÍTULO II – DO EXERCÍCIO DO PODER CONCEDENTE, no artigo 4<sup>o</sup>, incisos I, II e III estabelece: O poder concedente dos serviços públicos de saneamento básico, observadas as normas legais



supletivas ou complementares, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios, será exercido:

*I – pelos municípios, quando se tratar da prestação de serviços de interesse local, entendidos como tais aqueles serviços de saneamento básico em cuja execução as instalações operacionais não sejam compartilhadas com outras localidades, bem como não afetem os interesses de outros municípios.*

*II – pelo Distrito Federal quando....*

*III – pelos Estados, quando abrange a prestação de serviços que atendam interesses comuns a dois ou mais municípios integrantes de regiões metropolitanas, aglomerados urbanos e microregiões instituídas como tal mediante lei estadual nos termos do parágrafo 3º do artigo 25 da Constituição Federal.*

A aprovação desta lei pela Câmara Federal, poderá no curto prazo viabilizar ao Estado assumir o direito da concessão dos principais sistemas de saneamento básico em Santa Catarina, permitindo uma flexibilidade legal para parcerias estratégicas nos serviços públicos de água, esgoto, coleta e tratamento de lixo urbano.

Sob o ponto de vista institucional, o atual regime e prestação de serviços de água e esgoto no Estado de Santa Catarina contempla duas situações distintas: uma delas onde o município opera diretamente os serviços através de autarquias e na maioria dos municípios através de permissão mediante convênio com empresa concessionária constituída pelo Estado na década de 70. Assim, face a distinção legal, administrativa e técnica entre estes dois modelos, cabe aqui breve comentário sobre esse fato.

Até a década de 70, os serviços de água/esgoto, como referendado anteriormente, eram responsabilidade do Município.

Com a criação do PLANASA – PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO pelo Governo Federal, baseado na capacidade da União em centralizar todo o plano de desenvolvimento do país, os municípios foram submetidos ao fato de que para desenvolver a base sanitária local, deveriam estar atrelados ao planejamento central estabelecido pelo PLANASA e recursos garantidos pelo Sistema de Financiamento do Saneamento, carteira institucional forte do Banco Nacional da Habitação – BNH.

Como resultado, o Governo Federal determinou a criação das empresas mistas estaduais para tratar as questões de água e esgoto, onde o Município quase que compulsoriamente, pela demanda de recursos, entregaram a permissão de explorar o sistema de água e esgoto através de convênios entre o Estado e o Município.

Por conta desse fato, em Santa Catarina, grande maioria dos municípios de médio e grande porte foram enquadrados e passaram o direito de concessão dos serviços de água e esgoto para a CASAN – Companhia Estadual de Água e Saneamento S.A.

Tal regime pressupunha facilidades para a obtenção de recursos e financiamento junto do Governo Federal que até então estabelecia as metas de cobertura de água e coleta de esgoto, bem como regime tarifário para o serviço que tinha a dimensão do universo brasileiro.

Com raras exceções, alguns municípios não se submeteram ao poder do Governo Federal. Em Santa Catarina, ficaram fora desse modelo municípios como Blumenau, Campos Novos, Herval do Oeste / Joaçaba (operam em conjunto) Gaspar, Brusque, Jaraguá do Sul, São Francisco do Sul e outros de menor porte.

Majoritariamente, a Empresa concessionária criada pelo Estado assumiu a partir de 1970 a exploração dos serviços de água e esgoto, mediante convênio onde a participação do Município seria de 25% nos investimentos de expansão e implantação de água/esgoto por prazo de 30 anos onde o regime tarifário seria definido pelo próprio concessionário, contrariando em muito o que estabelece a Constituição Federal de 1988 conforme exposto anteriormente.

Por outro lado, os municípios que não aderiram ao proposto pela União, ou seja permitir à concessionária estadual explorar seu sistema de água/esgoto, ficaram fora dos recursos do BNH para este fim.

O fato é que, a partir da extinção do BNH em março de 1987, nesses onze últimos anos, o setor ressentiu-se de um planejamento que substituísse o PLANASA. Assumiu essa função a Caixa Econômica Federal no papel de principal financiadora do saneamento no Brasil, agora atendendo indistintamente as empresas de saneamento permissionárias e os Municípios não vinculados à concessionária do Estado.

Curiosamente, esse comportamento divisionista, no Brasil, criou duas correntes distintas na interpretação do setorial saneamento. A corrente municipalista, representada

pela Associação dos Municípios Independentes em parceria com a Fundação Nacional de Saúde, sucessora da Fundação SESP e a AESB – Associação das Empresas Estaduais de Saneamento representando todas as concessionárias estaduais do Brasil.

Em ambos os casos, o modelo não funcionou face ao espírito divisionista e divorciado na sua origem. Os recursos aplicados não tiveram os benefícios da continuidade e o planejamento setorial sempre foi excludente no que se refere aos ganhos tecnológicos, e em muitos casos afundados no puro corporativismo. Atualmente, tanto um quanto outro modelo encontram-se exauridos de recursos, tecnologia e mesmo capacidade cooperativa de reagir à crescente demanda por serviços de água/esgoto.

Nesse aspecto, o estudo *“Saneamento Ambiental e Desenvolvimento Econômico Sustentável”*, do próprio autor, publicado em 1996 pela Comissão de Meio Ambiente e Saúde da Assembléia Legislativa do Estado de Santa Catarina buscou uma visão cristalina do esgotamento do atual modelo e propunha indicativos de como resgatar a atual demanda por serviços nesse setor.

As dificuldades para expansão de sistemas de água e mesmo para a implantação de rede coletora de esgoto na maioria dos municípios ditos autônomo não se realizou, até mesmo por conta da própria política de saneamento básico do Governo Federal.

A baixa remuneração tarifária e o desinteresse dos administradores públicos pelo tema saneamento levou as comunidades urbanas e peri urbanas à baixos níveis de degradação sanitária, social e mais recentemente ambiental, despertando reações de difícil compreensão pela sociedade. Por outro lado as comunidades de melhor nível social situadas ao longo do litoral, pelo fato de disporem com privilégio dos recursos naturais costeiros, quando chamados à responsabilidade de conservação destes sítios que, face a sua beleza cênica oferece aos investidores oportunidades econômicas de retorno garantido, invariavelmente são refratários a participação comunitária para realização da infra estrutura sanitária competente e necessária.

No momento, o exercício da democracia passou a ter novo foco onde as condições ambientes elevam o nível crítico do administrador público face às reações causadas pela crescente degradação do meio ambiente.

Desta forma, as razões das políticas públicas no espaço do município têm que ser revistas, e obrigatoriamente, a função saneamento terá que ser ampliada no âmbito do município como responsabilidade social do poder público.

Como dito anteriormente, poucos foram os municípios que se mantiveram independentes quando da implantação do PLANASA pelo fato de ser objeto de avaliação e estratégia da sustentabilidade econômica local.

O esgotamento do atual modelo tanto de concessionária pública como operação autônoma encontra-se esgotado.

Independentemente das pretensões dos administradores em resgatar a credibilidade e confiabilidade do serviço de água/esgoto, existe a falta de regulamentação (no caso auto-regulamentada) figura difícil de ser exercida pelo próprio Estado. A credibilidade tarifária no ambiente social foi injusta e deletéria pois sempre privilegiou o estrato mais rico da sociedade. Exemplo clássico desse fato é a tarifa universalizada tanto para as comunidades carentes quanto para as praias onde o veraneio sazonal impõe investimentos altos e baixo retorno, pois fora da temporada a tarifa e taxa são cobradas pelo consumo mínimo que muito se assemelha ao consumo social anteriormente citado.

Esse equívoco atinge indistintamente todos os municípios do litoral de Santa Catarina e que, por certo, traz no seu procedimento a real injustiça praticada pelo regime atual de prestação desse serviço essencial para a qualidade de vida e para o ambiente frágil desses sítios. Nesse modelo tarifário equivocados, é impossível o retorno dos recursos investidos onde privilegia uma classe que dispõe de recursos, mas o município atua de forma equivocada no seu papel de fazer justiça social. No caso, a mudança de paradigma é uma obrigatoriedade, criando-se no mínimo uma tarifa diferenciada que remunere o capital pelo uso e atendimento dos serviços de água/esgoto no momento da ponta.

Conforme descrito anteriormente, a decisão de modificar uma determinada situação, em princípio, depende da vontade política do administrador público. Por outro lado, uma vez tomada a decisão, é preciso ter em conta os dispositivos legais e constitucionais que possam não só nortear as idéias, mas sobretudo garantir a sustentabilidade do propósito.

Assim, se um administrador público decide pela mudança e quebra de paradigmas deve ele ter em conta os arranjos institucionais pertinentes e agir na forma da

Lei para sinalizar a conduta correta tanto para o público merecedor do benefício quanto para o capital que venha a se interessar pela oportunidade de fazer negócio.

Como roteiro, seria necessário primeiramente que o administrador público conseguisse do legislativo municipal a autorização para tomada dessa decisão. Para tanto deverá propor *Projeto de Lei* que discipline os procedimentos e regras das mudanças que deseja implementar.

Nessa fase deve estar contemplado os objetivos da proposta, as perspectivas de melhorias, a garantia de controle tarifário, a adequabilidade dos serviços, os direitos do consumidor e sobretudo os elementos que possam garantir o interesse do capital privado, no caso o prazo de concessão, as regras operacionais e de expansão do sistema, e o perfil dos investimentos.

Uma vez ultrapassada com sucesso essa fase, o administrador público deverá conduzir o processo de sorte a ter uma idéia real dos ativos a serem privatizados, abstraindo-se da tendência corporativa de super valorizar esses ativos sob risco de inviabilizar qualquer tipo de interesse no negócio.

De posse do material legal, técnico e patrimonial, entra-se numa fase onde a complexidade administrativa do poder público às vezes se confunde com os interesses externos dele.

É comum a interferência externa nesta fase, às vezes na inconveniência da própria legislação. É também nesse momento que surgem as demandas política/econômica que, quando não encaradas à luz das leis específicas para essa etapa revelam-se desastrosas na tentativa de contemplar todos os interesses no processo.

Não resta a dúvida de que a quebra desse paradigma exige uma excessiva dose de vontade política com reflexos negativos normalmente de curto prazo, daí porque a sobrevivência política do administrador público, nessa hora, quase sempre fala mais alto.

Para o administrador público, decidir por um processo de privatização de um setor de forte conotação social como água/esgoto é extremamente complexo e difícil. As forças contrárias são sempre contundentes e próximas, não dando trégua ao combate que se estabelece por conta da decisão tomada. É preciso muita coragem, mas é preciso sobretudo ter uma visão futura da situação sanitária, principalmente daquelas populações carentes que efetivamente não participam diretamente das decisões, mas infelizmente sempre recebem a

consequência da pior decisão tomada, seja ela se for a privatização ou seja ela manter tudo como está.

Com base nestes preceitos é que a Praia Brava foi escolhida como opção de investimento pelos parceiros privados na proposta de pesquisa em escala real, considerando na prática o retorno dos investimentos realizados e a oportunidade de efetivamente estar fazendo um bom negócio, associando a tecnologia às demandas sanitárias e ambientais daquele sítio.

O projeto piloto proposto para a Praia Brava, tendo em conta os custos de investimento, inviabilizava sua implantação como objeto de pesquisa. Porém, considerando a realidade local da Praia Brava no extremo norte da Ilha de Santa Catarina, e considerando ainda a particularidade daquela praia não contar com serviço público de tratamento de esgotos, esta se apresentava como a mais indicada para o desenvolvimento da pesquisa, dependendo prioritariamente da disponibilidade de recursos privados para investir na proposta de controlar e operar o SBR via sistema informatizado, associando a biologia e informática.

A Praia Brava, teve seu desenvolvimento urbano estabelecido a partir de 1985, e como base, um Plano Diretor específico negociado entre o empreendedor e o poder público de Florianópolis.

No plano da infra estrutura urbana, previu-se sistema independente de água e esgoto para uma população de saturação de até 9.000 habitantes. Não obstante o fato, o empreendedor na oportunidade da instalação da infra estrutura urbana, no que se refere ao esgoto, somente implantou a rede coletora, transferindo aos moradores a responsabilidade de tratamento primário dos efluentes gerados através de sistemas de fossas/filtros anaeróbicos.

Os efluentes gerados pelos condomínios e residências são recolhidos por uma rede coletora implantada e eram descartados numa área de infiltração no lado sul da praia. Com o aumento da população, principalmente no período de temporada, as vazões geradas tornaram-se superiores a capacidade de infiltração das trincheiras, drenando o efluente pré tratado para o corpo receptor e daí até a praia, comprometendo a qualidade de vida do ambiente e inviabilizando o lado sul da Praia Brava própria para banho.

Com vistas neste problema, surgiu a oportunidade de sensibilizar os moradores quanto ao risco submetido à saúde pública e principalmente as perdas patrimoniais decorrentes da impropriedade da Praia Brava para uso balneário.

Com o aumento populacional e as dificuldades de mobilizar capital para investir numa estação de tratamento conforme projeto piloto descrito anteriormente, e ainda sob a demanda da comunidade inconformada com a perda da qualidade e balneabilidade da Praia Brava, surgiu o entendimento entre investidor e moradores interessados em viabilizar uma solução técnica suficiente para resolver os problemas de tratamento dos esgotos gerados, uma vez que a concessionária pública desses serviços declinou de participar.

As dificuldades para convencer a comunidade a participar da solução foram superadas diante da realidade, onde a degradação ambiental era visível pelo excesso de nutrientes lançados. Além do regime anaeróbico imposto pelos efluentes descartados, surgiu a oportunidade de apresentar a pesquisa realizada de controle de sistemas biológicos por telegestão informatizada.

Das negociações com associação dos moradores interessados numa solução de curto prazo para garantir a balneabilidade da praia surgiu uma série de entendimentos, culminando no interesse privado de dar suporte econômico para a pesquisa desde que fosse construído uma unidade piloto em escala real com objetivo claro de atender a emergência constatada pela poluição orgânica em curso.

Desta forma, fundamentado num acordo entre empreendedores da Praia Brava e iniciativa privada, esta última assumiu os custos de investimento para uma planta de tratamento em escala real considerando a DBO<sub>5</sub> de saída dos filtros biológicos anaeróbicos e garantia de que o efluente final fosse adequado ao lançamento no corpo receptor ou galeria pluvial sem prejuízo para a balneabilidade da praia.

O projeto piloto original foi adaptado para um projeto alternativo de emergência com estruturas pré fabricadas e com monitoramento do desempenho para avaliar a performance do sistema em condições reais de campo.

O projeto emergencial, como sistema de tratamento de esgoto por via biológica de lodos ativados com aeração estendida, foi dimensionado na modalidade bateladas ou SBR – “ Sequencing Batch Reactor”.

Desenvolvido em 3 células estruturadas em aço corrugado adaptado de containers tipo marítimo tratado e protegido convenientemente para resistir a agressividade

característica de esgotos doméstico, foi implantado, objetivando atender a demanda do verão 97/98..

As três células, dispostas em paralelo, operam individualmente ou em conjunto dependendo do comando estabelecido pela unidade de controle.

As diferenças operacionais típicas de sistemas convencionais de tratamento de esgotos, associadas à qualificação da mão de obra, somada ao perfil da demanda orgânica determinada pela sazonalidade de verão/inverno da população indicava na verdade que a melhor opção tanto sob o ponto de vista econômico como operacional e biológico recaia sobre um sistema que pudesse atender as sobrecargas, operar a custos variáveis com a demanda, flexibilidade e simplificação de mão de obra, e sobretudo atendesse os requisitos da legislação no que se refere ao descarte de efluente tratado.

Numa atitude convergente entre a Associação dos Moradores da Praia Brava, o interesse privado em oportunizar um negócio e a necessidade de fundamentar na prática toda a teoria desenvolvida para controle de sistemas biológicos, foi ajustada uma parceria tríplice resultando no projeto piloto emergencial para tratar os seus efluentes.

## **7.1 Metodologia do processo para tratamento do esgoto em regime emergencial da Praia Brava**

Conforme descrito no projeto piloto, a tecnologia adotada para tratamento dos efluentes gerados na Praia Brava, baseia-se na biologia aplicada em sistemas de tratamento por lodos ativados em reatores seqüenciais por bateladas – SBR.

Associado à este conhecimento tecnológico da biologia para oxidação da matéria orgânica solúvel e elementos amoniacais, a introdução do controle automatizado e comando informatizado das diversas funções e etapas do ciclo operacional do reator, formam a base metodológica na viabilidade deste sistema de tratamento.

Com estas premissas, considerando a existência do sistema coletor e elevatórias, foi tomada a decisão de instalar emergencialmente 3 containers pré fabricados para que, através de estudos e monitoramento do efluente de entrada e de saída, níveis de controle mediante sensores e demais funções operacionais, fosse obtido dados e elementos para referenciar tanto a biologia do processo quanto ao projeto de desenvolvimento dos controles informatizados e demais funções e parâmetros que o sistema pudesse fornecer.



Considerando a exigência de balneabilidade consignada na Resolução 020/86 do CONAMA, foi tomada a decisão de construir um espelho de água de 350 m<sup>2</sup> para que a atuação da luz solar via ultra violeta funcione como elemento redutor da carga bacteriológica lançada pelo efluente final após polimento na lagoa. As fotografias de 01 a 04 a seguir mostram as instalações físicas do projeto piloto emergencial em escala real implantado no lado sul da Praia Brava no município de Florianópolis.

Foto 01 - Vista dos Reatores e da Lagoa de Polimento na Fase de Pré Operação.



Foto 02 - Vista Parcial da Praia Brava.



Foto 03 - Vista Parcial dos Reatores na Fase Pré Operacional

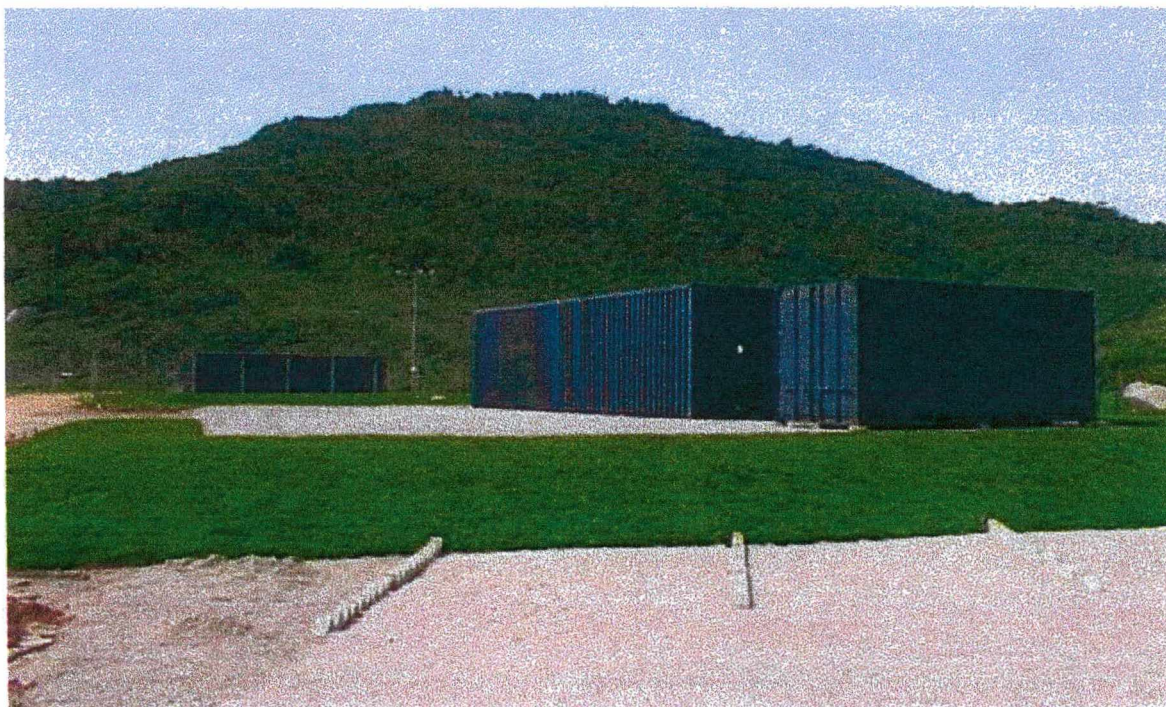


Foto 04 - Vista dos Reatores e da Lagoa de Polimento na Fase Operacional



## 7.2 Embasamento teórico para dimensionamento do projeto emergencial

### 7.2.1 Dados para dimensionamento do projeto emergencial

População de verão 97/98 .....	2.500 habitantes
Consumo per cápita .....	200 l/hab.dia
Vazão diária .....	500 m <sup>3</sup> /dia
Idade do lodo ( $\Theta_c$ ) .....	20 dias
Constante de crescimento celular ( $K_d$ ) .....	0,09 /dia
Coefficiente de crescimento celular ( $Y$ ) .....	0,40
Constante de remoção de substrato ( $k'$ ) .....	0,038 mg/l.h
Relação F/M .....	0,20 kg DBO/kg MLVSS dia
Concentração esgoto pré tratado .....	270 mg/l
Carga orgânica per cápita .....	54 g/hab dia
Carga orgânica per cápita de nitrogênio .....	8 g/hab.dia

### 7.2.2 Cálculo da eficiência

$$S = 1/k' \cdot Y ( 1/\Theta_c + K_d ) = 9,21 \text{ mg/l}$$

Assumindo que SS no efluente final será de 30 mg/l e o VSS = 0,7 e a fração biodegradável da matéria orgânica igual a 0,63 teremos:

$$\text{DBO}_5 \text{ do efluente} = 0,63 \times 0,7 \times 30 = 12,23 \text{ mg/l}$$

$$\text{Assim a DBO}_5 \text{ do efluente final será : } 9,21 + 13,23 = 22,44 \text{ mg/l}$$

### 7.2.3 Cálculo da eficiência biológica teórica

$$(S_0 - S_t) / S_0 = (270 - 9,21) / 270 = 96,59 \%$$

### 7.2.4 Cálculo da eficiência máxima

$$(S_0 - S_m) / S_0 = (270 - 22,44) / 270 = 91,69 \%$$

### 7.2.5 Cálculo da DBO<sub>5</sub> removida no reator ( S<sub>R</sub> )

$$S_R = (S_0 - S_t) Q \cdot 10^3 / 10^6 = [(270 - 9,21) 500] / 10^3 = 130,40 \text{ kg DBO/dia}$$

### 7.2.6 Cálculo do volume do reator

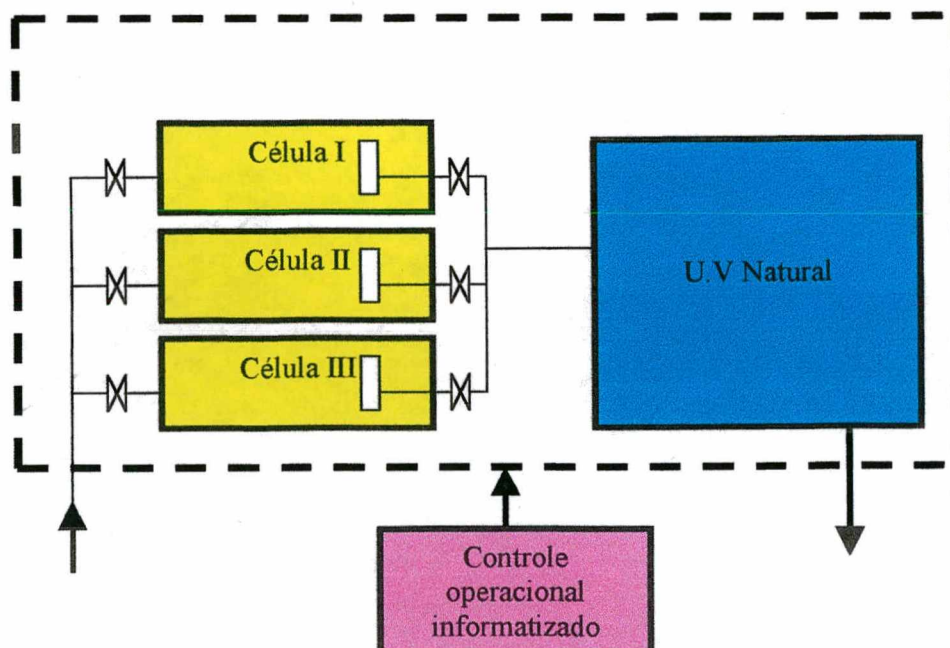
Considerando a concentração do MLSS no reator mantido em 5000 mg/l e considerando ainda a hipótese de cálculo em mistura completa MLVSS = 0,70 x 5.000 mg/l = 3.500 mg/l.

$$XV = [Y \cdot \Theta_c (S_0 - S_t) Q] / 1 + K_d \Theta_c$$

$$3.500 V = [0,40 \times 20 (270 - 9,21) 500] / 1 + (0,09 \times 20) = 165 \text{ m}^3$$

Adotado 3 containers marítimo de 65 m<sup>3</sup> de volume útil cada para operarem como células paralelas controladas por sistema informatizado e automatizado de abertura e fechamento de válvulas, estabelecendo no mínimo 6 horas para cada ciclo durante o verão e até 10 horas em regime intermitente no inverno para controle dos aeradores, conforme apresentado na figura 10.

Figura 10 - Modelo da arquitetura do sistema emergencial da Praia Brava



### 7.2.7 Tempo de detenção

$$T = V / Q = ( 180 \times 24 ) / 500 = \mathbf{8,64 \text{ horas}}$$

### 7.2.8 Cálculo F/M

$$F/M = [(S_0 - S_t) Q] / XV = [(270 - 9,21) 500] / 3.500 \times 180 ]$$

$$F/M = \mathbf{0,207 \text{ kg DBO/kg MLVSS. dia}}$$

### 7.2.9 Oxigênio requerido

#### *Demanda carbonácea*

$$O_2 = 1,47 \times 130,40 = 191,69 \text{ kg } O_2 / \text{ dia}$$

$$O_2 = 191,6/18 \text{ horas/dia} = \mathbf{10,65 \text{ kg } O_2 / \text{ hora}}$$

#### *Demanda da nitrificação*

$$O_2 = 4,33 \times 20 \text{ kg N / dia} = 86,60 \text{ kg } O_2 / \text{ dia}$$

$$O_2 = 86,60 / 18 \text{ horas/dia} = \mathbf{4,81 \text{ kg } O_2 / \text{ hora}}$$

#### *Oxigênio total necessário*

$$O_2 \text{ kg/hora} = 10,65 + 4,81 = \mathbf{15,46 \text{ kg } O_2 / \text{ hora}}$$

#### *Potência requerida*

$$P \text{ ( kW )} = ( 15,46 \text{ kg } O_2 / \text{ h} ) / ( 0,70 \times 2 \text{ kg } O_2 / \text{ kWh} ) = 11,04 \text{ kW}$$

$$P \text{ ( kW )} = \mathbf{14,78 \text{ CV}}$$

No caso do projeto piloto emergencial haverá um excesso de potência de aeração ofertado ao sistema pelo fato de que os aeradores disponibilizados para as células dos reatores já haviam sido adquiridos anteriormente, considerando o projeto piloto original.

### 7.2.10 Excesso de lodo

O cálculo do excesso de lodo para o projeto emergencial não foi realizado propositadamente pelo fato de que considerando a demanda máxima de efluente somente durante 3 meses por ano, desejava-se estudar o comportamento da respiração endógena no período complementar do ano onde a carga orgânica é reduzida e com este pressuposto, todo o excesso de lodo produzido no verão deverá ser absorvido fora da temporada.

Na prática, decorrido 8 meses de operação, ainda não foi retirado excesso de lodo dos reatores, comprovando o pressuposto anterior de que o lodo produzido no período de temporada foi absorvido por respiração endógena após os meses de carga alta conforme apresentado na Tabela 11 e relatórios de desempenho de vazão dos reatores disponibilizado nos anexos, ANEXO I.

### **7.3 Sistema operacional do projeto piloto emergencial da Praia Brava**

O sistema de tratamento de esgoto da Praia Brava, vem operando em escala comercial e monitoramento da qualidade do efluente desde 20 de dezembro de 1997.

A fase de testes operacionais foram realizados de 20 a 31 de dezembro de 1997, entrando o sistema em regime operacional normal a partir de 01 de janeiro de 1998 buscando no período da alta temporada atingir a concentração de MLSS de 3.500 mg/l.

Nesta primeira fase, a prioridade dos estudos e desenvolvimento do projeto foram concentrados no sistema de controle informatizado e metodologia de transferência de dados para o Centro de Operação de Sistema a ser instalado no servidor principal localizado na ACATE, Trindade, Florianópolis.

O objetivo principal neste primeiro momento foi o desenvolvimento e potencial do software e hardware necessário para controlar as múltiplas funções dos equipamentos instalados para regular a operação dos diversos sensores instalados nas células dos reatores.

O esgoto coletado através de uma rede já existente recebe a DBO solúvel dos condomínios e casas, ao chegar na elevatória é recalado para uma das células de tratamento livres. Neste instante o controle eletrônico disponibiliza uma das células para que o esgoto venha a fluir até complementar o volume de carga do reator. Durante esta fase o aerador é acionado garantindo imediata aeração e agitação do líquido a ser tratado.

Quando o tempo de aeração é completado de acordo com o ciclo programado, o aerador é desligado e inicia-se a aglomeração dos flocos e respectiva sedimentação, surgindo na parte superior do reator uma zona clarificada, que, uma vez definida a qualidade do líquido tratado é descartado automaticamente através de um dispositivo hidráulico de coleta com nível variável.

Estas duas últimas etapas do ciclo com 1 hora de duração cada formam o acúmulo de lodo ativado no fundo do reator que permite o novo ciclo de tratamento com abertura automática da válvula de admissão e nova aeração programada.

As válvulas e aeradores de cada reator são acionados automaticamente sem a intervenção humana, ficando registrados todos os tempos, vazões, eficiência energética, desempenho do sistema de proteção elétrica.

Estes registros são apresentados na forma de relatórios disponibilizados também aos interessados determinado pelo sistema através da Internet, e podem ser emitidos diariamente.

Os tipos de relatórios diários emitidos pelo sistema de controle podem ser vistos no anexo.

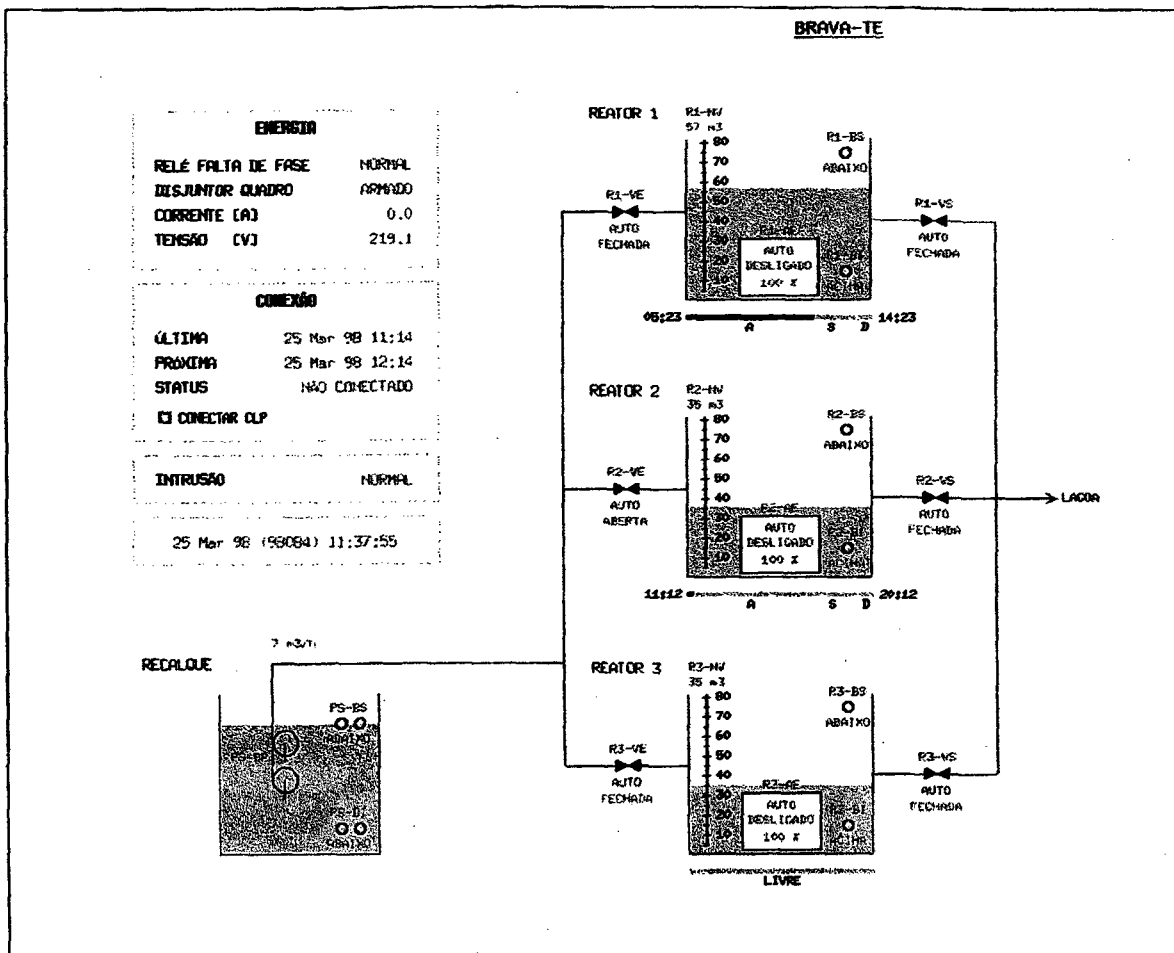
O efluente clarificado descartado do reator é então lançado na lagoa de polimento para ação natural dos raios ultra violeta que assim limitam a carga bacteriológica do efluente final nos níveis do padrão de balneabilidade da Resolução 020/86 do CONAMA.

A interface de comunicação para os comandos de abertura e fechamento de válvulas, controle de nível, tensão elétrica, proteção de fase e mais uma série de controles para apoio ao controle biológico do sistema é realizado por meio de um micro processador instalado junto a unidade de tratamento denominado unidade de supervisão e controle e comunicação ( USCC ) num PC 486 que funciona como central de operação e supervisão , localizado na ACATE, Trindade, Florianópolis.

As ligações entre estes dois processadores podem ser feitas de diversas formas, no caso adotou-se uma linha telefônica privada que transporta todos os sinais necessários entre as duas unidades operacionais automatizadas.



Figura 11 - Tela gráfica do sistema de controle



A figura 11 mostra a tela gráfica do servidor dando as condições operacionais das três células implantadas na Praia Brava indicando o sinal de válvulas abertas ou fechadas, aeradores ligados ou desligados, tensão elétrica, proteções, tempos dos ciclos projetados.

A mesma tela gráfica pode ser apresentada no módulo texto conforme mostrado na figura 12.

Figura 12 - Módulo texto do sistema de controle

25 Mar 98 (98084) 12:12:09		BRAMA-TE 1.2										
<b>REATOR 1</b>	VE VS AER	CIC	BI	BS	NV	INICIO	FINAL	PROGRESSO	EST	ALRM		
AUTO	FE FE DES	100	AC	AB	57	05:23	14:23	409 / 540	SED	0000		
<b>REATOR 2</b>	VE VS AER	CIC	BI	BS	NV	INICIO	FINAL	PROGRESSO	EST	ALRM		
AUTO	AB FE LIG	100	AC	AB	39	11:13	20:13	59 / 540	AER	0000		
<b>REATOR 3</b>	VE VS AER	CIC	BI	BS	NV	INICIO	FINAL	PROGRESSO	EST	ALRM		
AUTO	FE FE DES	100	AC	AB	35	--:--	--:--	--- / ---	IDL	0000		
<b>SUPORTE</b>						<b>CONEXAO</b>						
RFF	DQ	V	I	INTR	VZ	ALRM	ULTIMA		PROXIMA			
NORM	NORM	219	16	NORM	6	0002	25 Mar 98 11:57		25 Mar 98 12:57			

Quanto ao ciclo é possível através de pré programação estendê-lo ou encurtá-lo de acordo com a demanda de esgoto aportado nas células. Desta forma, é sempre possível ajustar-se a oferta de oxigênio para manutenção do processo biológico, compatibilizando a demanda horária ou diária em qualquer período do ano, considerando no caso a sazonalidade demográfica típica das praias da ilha de Santa Catarina.

## CAPÍTULO VIII

### 8 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO ESTUDO PILOTO EMERGENCIAL

Decorridos 8 meses do início da operação comercial da estação de tratamento de esgotos da Praia Brava, os resultados podem ser avaliados por dois aspectos:

1. Eficiência do sistema biológico quanto a remoção da DBO, amônia, nitrato, sólido em suspensão e bactérias no período de temporada ( máxima demanda ) e no período de inverno ( baixa temporada ).
2. Desempenho do sistema de controle informatizado da estação e sua comunicação com o controle central.

#### 8.1 Desempenho hidro biológico

Diferentemente do valor estimado de 270 mg/l da DBO de entrada no sistema de tratamento, na realidade, segundo as análises realizadas pela JL Química Ltda, a DBO efetiva variou de 268,60 mg/l até 432,37 mg/l e com valor médio entre temporada e baixa temporada conforme Tabela 10

Tabela 10 - Resultados fisico químico e biológico do SBR da Praia Brava

Parâmetros	Temporada		Baixa temporada	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída
p H	6,86	7,60	7,11	8,30
Nitrito (mg/l)	N.D.	N.D.	1,19	8,20
Nitrato (mg/l)	0,813	0,975	0,57	4,52
Amônia NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l) <sup>c</sup>	74,91	21,13	27,02	1,36
Fosfato Total (mg/l)	23,75	12,50	1,88	1,66
Sólidos Sedimentares (mg/l)	0,50	0,35	0,10	N.D
Detergentes (mg/l)	1,90	1,30	8,01	1,58
DQO (mg/l)	367,82	105,75	374,81	57,38
DBO <sub>5</sub> (mg/l) <sub>m</sub>	349,43	100,50	350,48	53,96
Oxigênio Dissolvido (mg/l)	0,354	9,10	0,00	12,50
Coliforme Total	>1000	>1000	> 1.000	<1000
Coliforme Fecal	>500	>500	>500	<500
Sólido Susp. Totais (mg/l)	20,50	17,00	57	22,00

Os ensaios realizados nas amostras para determinação dos resultados dos parâmetros apresentados na Tabela 10 foram realizados seguindo o estabelecido no Standard Methods 14<sup>o</sup> Edição.

Na Tabela 10 é preciso destacar que os resultados apresentados para a colimetria e oxigênio dissolvido no efluente final, referem-se ao efluente de saída da lagoa de polimento, pois este era o propósito de redução de coliformes à nível compatível com a Resolução do CONAMA conforme já exposto. Os demais parâmetros referem-se aos resultados das análises de amostras coletadas na entrada e saída dos reatores.

Quanto a DBO<sub>5</sub> de saída do reator, o valor médio obtido no período foi de 79,85 mg/l caracterizando uma eficiência média de 77,18 % contra uma eficiência máxima prevista de 91,69 %.

É preciso ter em conta que, o desempenho do sistema durante o período de alta temporada operou sempre em regime de sobrecarga, e sua estabilização biológica exigiu mais tempo do que o previsto.

Por outro lado, sabendo da baixa demanda com o término da temporada, a expectativa era de que todo o lodo produzido no período pudesse ser digerido pela respiração endógena a partir de março pela diminuição da carga demandada. Isto todavia não aconteceu uma vez que a rede existente, pelas diversas infiltrações de água pluvial, mesmo em período de baixa temporada permitiu vazões altas e de baixa concentração prejudicando sobremaneira a estabilidade do sistema.

Confirmou-se todavia a tese de que para sistemas sazonais onde o pico de carga ocorre na temporada, é perfeitamente factível a redução de lodo no próprio reator durante a baixa temporada, tornando desnecessário a inclusão do digestor para redução aeróbica do excesso de lodo.

O fato do reator receber o esgoto pré tratado em filtros biológicos, facilitou as instalações do tratamento quanto a retirada do lodo primário, porém, a recepção de esgoto séptico cria sob o ponto de vista biológico maior impacto no sistema, requerendo uma adaptação dos micro organismos quase que constante pela intermitência do enchimento dos reatores.

Observa-se também que, na Tabela 10 que a oxidação da amônia foi eficiente, chegando ao valor médio de 1,36 mg/l na baixa temporada no efluente final, comprovando-se a nitrificação e até mesmo a dinitrificação pelo sistema emergencial projetado. No que se refere ao fósforo, o sistema mostrou um bom desempenho dependendo em algumas

circunstâncias das flutuações de vazões provocadas pelas infiltrações pluviais na rede coletora.

A inclusão de uma lagoa de polimento pode ser caracterizada como uma boa medida, principalmente no período fora da temporada onde o tempo de detenção calculado permitiu uma maior permanência do efluente em seu interior aumentando o efeito bactericida provocado pela ação solar.

Por outro lado, a lagoa permitiu a elevação do nível de oxigênio no efluente final próximo da saturação em alguns períodos conforme mostrado na Tabela 10.

Não obstante os resultados biológicos obtidos no sistema de tratamento emergencial, observou-se ao longo do tempo do estudo e das análises que as infiltrações decorrentes de águas pluviais clandestinas provenientes de pátios, telhados e demais contribuições para a rede coletora alteram sobremaneira o funcionamento biológico dos reatores trazendo instabilidade para a biologia do processo tendo em conta as vazões instantâneas afluentes com concentrações totalmente descaracterizadas dos valores estimados no dimensionamento original do projeto piloto emergencial.

No que se refere ao controle de vazão, o sistema mostra em perfil bastante distinto entre o período de temporada e aquela estabelecida pela população fixa. Conforme projeto emergencial, estimou-se um vazão de 500 m<sup>3</sup>/dia o que efetivamente se verificou na temporada. Entretanto, em períodos chuvosos estas vazões chegaram a duplicar, comprometendo sobretudo as operações do sistema só contornados e conhecidos pelo fato de dispor de sensores instalados para este fim.

Isto levou à necessidade de intensificar ao longo do período uma minuciosa investigação de possíveis pontos de conexão de água pluvial dos condomínios com as caixas de ligação e poços de visitas da rede coletora anteriormente implantada.

Foram identificados vários pontos de conexão de água pluvial à rede coletora, porém este é um trabalho de difícil conclusão e pesquisa e deve continuar até que tenhamos um mínimo de infiltração tolerável e compatível com o comprimento da rede e que corresponda a uma vazão que não interfira diretamente no processo hidro biológico do sistema. Ainda com relação ao sistema emergencial, mais especificamente aos reatores, pôde ser observado que, pela escolha do container marítimo, única forma de curto prazo para atender o compromisso de instalação do sistema para o verão 97/98, sua forma retangular alongada contribuiu para diminuir a eficiência de transferência de oxigênio do aerador para a massa líquida do esgoto a ser tratado. A forma geométrica retangular

demonstrou que o volume de oxigênio ofertado a massa de esgoto perdia tempo de contado pela proximidade das paredes laterais do container até porque a altura de lâmina de água no reator também oferecia tempo mínimo de contato das micro bolhas.

Efetivamente, a escolha da estrutura do container marítimo<sup>1</sup>, como célula do reator tinha como razão principal a imediata instalação além da removibilidade para outro local caso o investimento realizado para dotar a Praia Brava de um sistema de tratamento de esgoto se mostrasse inviável economicamente.

O regime de funcionamento do sistema por bateladas, associado ao controle de nível de cada célula permitiu um acompanhamento eficiente das vazões diárias registradas na forma de relatórios por ciclo biológico conforme modelo no anexo IV onde os volumes tratados por reator em cada ciclo são acumulados eletronicamente e disponibilizados aos usuários credenciados através de correio eletrônico. Constatou-se também que a alternativa de tratamento de efluentes por bateladas, considerando as variações de vazões e de carga para períodos distintos de temporada, permitia uma economia operacional não verificada em outra alternativa pelo fato de que as modificações no regime operacional determinado pela sazonalidade eram facilmente adaptáveis desde que os tempos dos ciclos biológicos e hidráulicos pudessem ser rapidamente modificados. Os relatórios de desempenho 01 a 08 no anexo I mostram ao longo do período o registro diário das vazões nos três reatores instalados na Praia Brava.

Tabela 11 - Vazões médias diárias no período

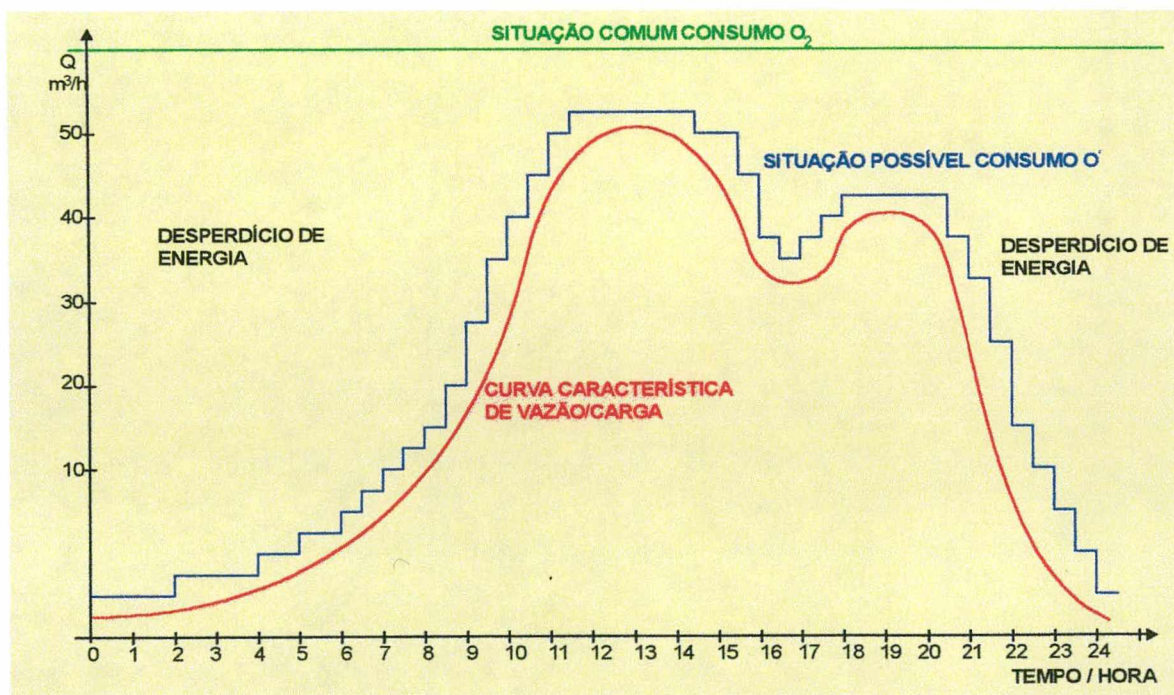
Mês/Ano 98	Vazões Médias Diárias			Média m <sup>3</sup> /dia
	Reator 01	Reator 02	Reator 03	
Janeiro	141,9	127,4	138,7	408,0
Fevereiro	107,6	100,3	118,0	325,9
Março	32,1	30,0	29,7	91,8
Abril	20,8	20,7	19,4	60,9
Maio	5,9	14,6	14,2	34,7
Junho	17,0	25,0	20,2	62,2
Julho	43,4	43,2	45,7	132,3
Agosto	52,4	52,2	50,6	155,2
<b>Médias</b>	<b>52,6</b>	<b>51,7</b>	<b>54,6</b>	<b>158,9</b>

Constata-se que a variação de vazão é bastante significativa entre as temporadas, podendo variar de uma vazão máxima diária de 573,0 m<sup>3</sup>/dia ocorrida em 17 fevereiro para uma vazão mínima de 4,8 m<sup>3</sup>/dia ocorrida em 09 de junho de 1998, mostrando que, o controle operacional do sistema sob o ponto de vista hidro biológico é bastante flexível e aceita a dinâmica das cargas permitindo ajustar a biologia às necessidades do processo. Por outro lado, a flutuação de carga e vazão durante o período estudado exigiu do sistema uma flexibilidade operacional somente possível pela automática mudança nos ciclos hidro biológicos dos reatores, que garante um melhor aproveitamento da energia disponibilizada para oxidação da matéria orgânica.

Considerando somente um período de 24 horas, onde a vazão flutua com picos ao longo do dia, o sistema de controle permite disponibilizar o oxigênio necessário considerando as cargas afluentes associadas a estas flutuações de vazões.

Isto significa dizer que, a curva típica de oferta de energia/oxigênio pode cobrir a demanda real da carga orgânica afluente ao reator conforme curva característica mostrada na Figura 13:

Figura 13 - Curva característica de desempenho energia/carga



A Figura 13 ilustra na prática o que ocorre sobre a oferta de energia para um tratamento em regime contínuo e um sistema por bateladas informatizado onde os volumes registrados permitem um melhor ajuste da curva de cobertura da demanda de oxigênio para o sistema.

Tal figura pode ser associada ao dia 17 de fevereiro de 1998, data em que ocorreu a vazão máxima diária do sistema de tratamento da Praia Brava.

A Tabela 12 onde mostra as vazões mensais e a energia consumida no período comprovam esta otimização permitida pelo sistema de controle informatizado com uma relação de 0,67 kWh/m<sup>3</sup> de esgoto tratado refletindo numa economia de custo que será mostrada no próximo capítulo.

Tabela 12 - Relação vazão/energia consumida no período

<i>Meses em 1998</i>	<i>Vazão em m<sup>3</sup>/mês</i>	<i>Energia kWh/mês</i>
<i>Janeiro</i>	11.423,80	0,0
<i>Fevereiro</i>	8.474,90	100,0
<i>Março</i>	1.652,40	7.300,0
<i>Abril</i>	1.584,50	4.260,0
<i>Mai</i>	1.076,20	3.150,0
<i>Junho</i>	1.554,90	3.090,0
<i>Julho</i>	3.979,20	2.090,0
<i>Agosto</i>	3.414,40	2.220,0
<b>Total</b>	<b>33.151,30</b>	<b>22.210,0</b>

A variação de vazão mensal conforme mostrado na Figura 14, comprovam também a versatilidade do sistema adotado quanto a oferta de oxigênio para o sistema

Da Tabela 12, observa-se que o consumo de janeiro foi nulo. Isto se justifica através da conta de energia apresentada em março e abril que acumulou o consumo no período. Destaca-se ainda o consumo de energia nos meses de abril, maio e junho onde a relação m<sup>3</sup>/mês e energia consumida é bastante inferior aos meses de julho e agosto. Justifica-se no caso, o ajuste feito no software de controle para que o sistema de aeração pudesse operar em regime semi-contínuo, permitindo um melhor aproveitamento da energia disponibilizada para o sistema.



Para tratar os volumes de esgoto gerado no período, foi necessário o consumo de 22.210 kWh conforme mostrado na Tabela 12.

Com isto, o rendimento verificado no período de julho a agosto, no que se refere ao consumo de energia foi otimizado resultando numa melhor relação energia/volume tratado.

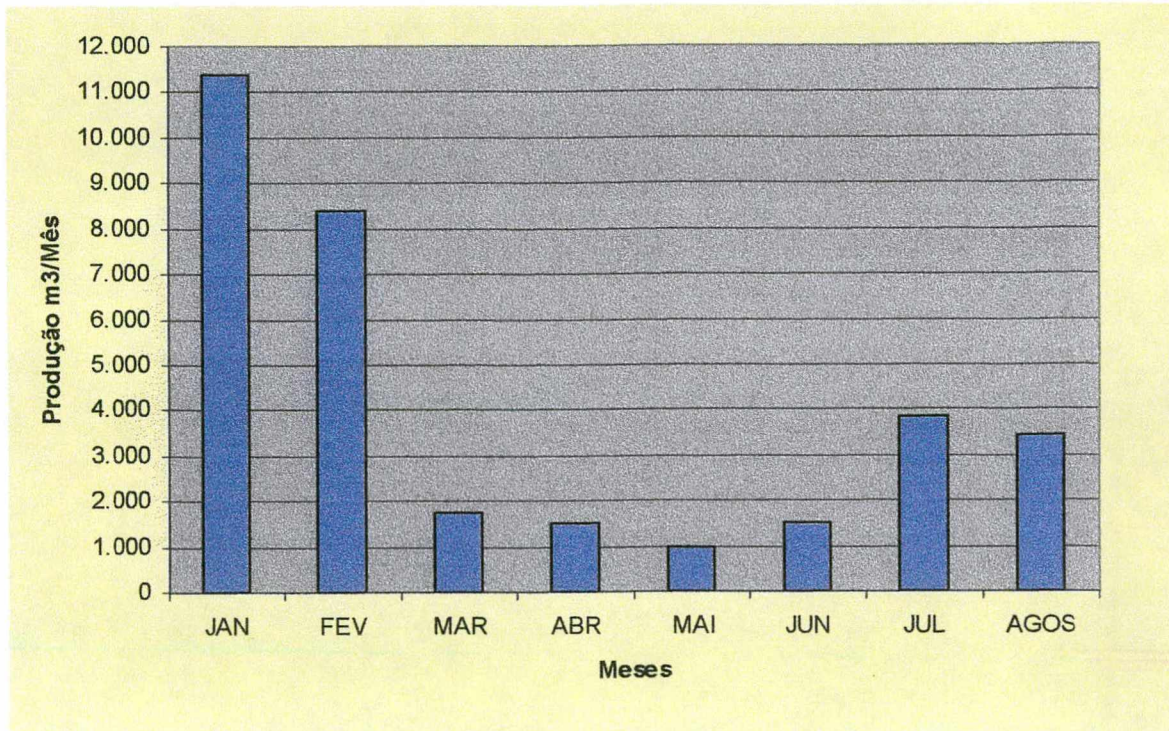
Esta dinâmica operacional somente foi possível no sistema pela informatização, onde o CLP permite a intervenção direta, garantindo um melhor ajuste entre a oferta de energia e a demanda orgânica afluyente no sistema.

Estes valores podem ser melhorados na medida em que se adote novos aeradores dimensionados para o projeto piloto

A eficiência no consumo de energia /DBO removida quando comparada aos estudos de Irvine na planta adaptada de CULVER em junho/julho de 1984, Tabela 06 mostrou-se superior. O rendimento obtido de 2,38 kWh/kg DBO removida foi superior ao obtido em CULVER com valor médio de 2,70 kWh/kg DBO removida.

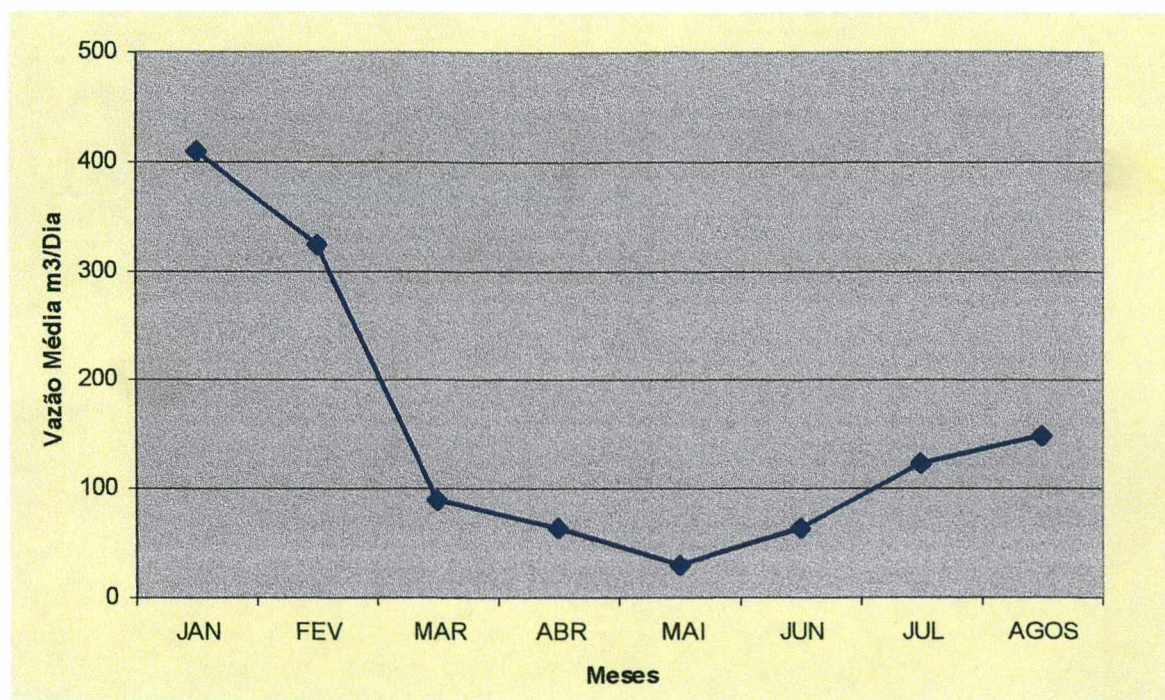
Com este número, considerando o custo de R\$ 0,12920/kWh, preço do fornecimento da energia pela concessionária, obteve-se um custo unitário de R\$ 0,087/m<sup>3</sup> de esgoto tratado.

Figura 14 - Volume de esgoto tratado no período:



Na Figura 15 as vazões médias mensais calculadas no período está associado ao proposto na figura 13 onde a variação de vazão é bastante expressiva, trazendo dificuldades para o controle do nível de oxigênio ofertado ao sistema se considerado como contínuo. A combinação de sistema por bateladas controlado eletronicamente, permite um ajuste maior da curva de energia a ser ofertada para o processo de tratamento.

Figura 15 - Vazões médias diárias/mês no período



## 8.2 Desempenho do sistema informatizado de controle operacional

A mais importante constatação de desempenho do estudo realizado em escala real no projeto piloto emergencial da Praia Brava está vinculado ao sucesso do software desenvolvido para controle das funções necessárias a operação do sistema.

Por razões econômicas e limitações do próprio estudo, utilizou-se o mínimo de sensores de controle do sistema operacional das células dos reatores, neste aspecto, as informações de controle elétrico dos equipamentos tais como abertura e fechamento de válvulas, nível de tensão elétrica, proteção de fase e corrente consumida faziam parte do núcleo central de controle já sistematizado e de uso corrente.

Foi introduzido contudo, o controle de nível do reator e a flexibilização das operações de variação dos ciclos, dando suporte no caso a informações remetidas ao Centro Operacional do Sistema que permitia alterar os tempos, tanto no período de maior carga no verão quanto na baixa temporada.

A disponibilidade deste sensor principal de controle de nível mostrou-se extremamente eficiente e permitiu correlacionar as vazões às cargas orgânicas afluentes ao

sistema, não só ao longo do período do estudo, mas também ao longo do dia, emitindo relatórios conforme modelos no anexo III.

Estes relatórios confirmam a importância do controle informatizado do sistema de tratamento onde a disponibilidade de oxigênio ofertado pelos aeradores tipo submerso cobriam exatamente a demanda da carga orgânica afluente ao tratamento. Este fato relevante permite uma cobertura eficiente na oferta de oxigênio ao sistema com o mínimo de desperdício se comparado a sistemas convencionais conforme mostrado anteriormente na curva característica da Figura 13.

Se considerarmos ainda a flutuação de carga entre o período de alta temporada e baixa temporada, a introdução automática no controle dos níveis de oxigênio ofertado ao sistema passa a ter uma importância fundamental, tanto sob o ponto de vista biológico quanto pela eliminação de perda de energia no sistema.

Neste aspecto, a automatização corrigiu os níveis de oxigênio para o sistema e alterou imediatamente os tempos dos ciclos, aumentando-os ou diminuindo-os conforme a demanda orgânica associada a vazão, tendo em conta a concentração constante do afluente chegando nos reatores.

A informatização e automatização dessas funções de controle do sistema simplificou sobremaneira a operação, dispensando a intervenção humana direta no controle do processo, o acompanhamento laboratorial de difícil resultado, considerando as variações de vazão verificadas não só ao longo do período em estudo, mas sobretudo durante o dia, característica próprias de um regime sazonal típico de um balneário.

Além dos sensores de nível e de controle do sistema eletromecânico o sistema de controle informatizado permite expansão para instalação de outros que venham a interessar o estudo. Outras funções biológicas e físico química podem ser associadas ao software de controle tais como: sensores de amônia, turbidez, pH, temperatura, nitrato, sólidos em suspensão, DQO etc.

Isto permite uma expansão maior ainda para controle dos reatores, dispensando esforço humano para operação de laboratórios e análises que invariavelmente quando apresentam os resultados as condições do meio já são completamente diferentes as intervenções necessárias.

Os modelos de relatórios típicos apresentados em anexo são os resultados imediatos na disponibilidade mínima dos sensores instalados na planta piloto da Praia Brava.

## CAPÍTULO IX

### 9 EXPECTATIVA E POTENCIALIDADE DE USO DA TECNOLOGIA DESENVOLVIDA

#### 9.1 Aplicabilidade

O estado de Santa Catarina, como descrito nos primeiros capítulos apresenta uma baixa cobertura sanitária, sendo portanto, um potencial usuário de tecnologia associadas à coleta e tratamento de esgotos, mais ainda quando a proposta envolve baixo custo operacional e simplificação das funções de controle do sistema.

Neste aspecto, o estudo desenvolvido para a Praia Brava tem a virtude de buscar uma solução para também tratar efluentes domésticos e industriais em escala real, e mais ainda, provar que economicamente é uma alternativa técnica interessante capaz de atrair investimento privado para um novo negócio na área de serviços básicos.

Os investimentos realizados na implantação do projeto emergencial foram feitos com base numa análise econômica de custo/benefício do investidor, considerando o custo marginal da tarifa a ser cobrada com base naquela praticada pela CASAN.

A associação da tecnologia de informática no processo biológico de lodos ativados por bateladas foi o principal fator de atração do investidor no presente estudo, considerando os custos operacionais derivados. Por outro lado, a garantia de que a qualidade ambiental da Praia Brava seria incrementada positivamente tanto pela saúde pública quanto pela valorização patrimonial, foram fatores decisivos para aderência da população aos objetivos do estudo em questão.

Em tese seria fácil explicar o sucesso do projeto piloto emergencial não só pelos ganhos no conhecimento científico/tecnológico de associar a informática a processos biológicos, mas sobretudo pelos resultados práticos obtidos na recuperação ambiental do lado sul da Praia Brava que se encontrava impróprio para o banho em face do descarte de efluentes gerados pela população de temporada.

Não obstante estes aspectos, os conceitos e resultados obtidos na presente pesquisa aplicada, é importante considerar outros aspectos da utilização dessa tecnologia para outros sítios em Santa Catarina.

A disponibilidade de controle de estações de tratamento de esgotos à distância e completamente desassistida, nos permite ampliar sua aplicabilidade prática para diversas situações. Entre elas, como “*sistemas setorizados*”.

### 9.1.1 Sistemas setorizados

A disponibilidade atual de informatizar e controlar sistemas de tratamento de esgotos à distância, permite uma nova visão sobre as demandas do saneamento em Santa Catarina deficitário destes serviços.

A tecnologia desenvolvida admite uma revisão substancial e clara sobre os conceitos clássicos de estações de grande porte centralizadoras do esgoto a ser tratado.

Contrariando esta premissa, a informática associada ao processo incorpora soluções combinadas para coleta e tratamento setorizado, diminuindo a amplitude de atendimento por grandes estações e multiplicando pequenas estações controladas por uma rede informatizada comandadas por uma unidade central de processamento do sistema.

A subdivisão de bacias e mini bacias sanitárias incorporadas a unidades de tratamento específicas tem a virtude de simplificar as técnicas operacionais, diminuir os custos de investimentos e sobretudo, atender a demanda real da população atual. Isto significa dizer que, o investimento é feito em tempo real sem transferir encargos futuros para as obras de primeira etapa necessárias ao final do período do projeto

Com este procedimento, é possível resolver a cobertura sanitária de pequenas, médias e grandes cidades onde a setorização e amplitude dos serviços seriam objeto de análise econômica financeira em função da escala do atendimento e do porte da comunidade.

Outro aspecto relevante no que se refere aos resultados obtidos até o momento no projeto emergencial em estudo diz respeito ao fato de que em Santa Catarina, pelos aspectos turísticos sazonais nas cidades litorâneas, associação da tecnologia de tratamento de esgotos por bateladas controlado por sistemas informatizados apresenta vantagens reais sobre sistemas convencionais de vazão contínuas.

Efetivamente, os resultados demonstram que a adaptabilidade do sistema por bateladas informatizados atendem com maiores vantagens operacionais situações de cidades onde a flutuação de população impõem cargas geradas por diferentes demandas ao longo do ano. Nesse caso, os investimentos em tratamento podem ser melhor dimensionados e adaptados à realidade da situação.

## **9.2 Custos de investimento e custos operacionais para o projeto piloto emergencial da Praia Brava**

Considerando que o projeto piloto implantado na Praia Brava tinha uma dimensão real quanto aos objetivos de garantir a despoluição daquele sítio, por outro lado, tendo em conta as negociações para garantia dos recursos financeiros necessários aos investimentos, houve por conta dos interessados uma análise criteriosa do capital investido e do retorno previsto.

A dimensão da pesquisa em si, não obstante o interesse demonstrado, na realidade, a comunidade e investidores somente entraram no projeto com a garantia de retorno dos seus recursos aplicados.

Assim, no que se refere aos custos do sistema implantado, é possível subdividi-lo em duas partes: Custos de investimento inicial e custos operacionais.

### **9.2.1 Custos de investimentos iniciais**

Os custos de investimentos iniciais foram realizados pela iniciativa privada considerando a viabilidade de tratamento dos esgotos da Praia Brava como um bom negócio.

Tendo em conta a existência da infra estrutura de rede coletora e do sistema de recalque, foi escolhido o local para instalação do projeto emergencial dimensionado, cujo custo segue na tabela 13.

Tabela 13 - Custo de investimento ETE/SBR

<i>Especificações</i>	<i>Custos R \$</i>
3 Estruturas de containers reatores	45.000,00
1 Estrutura de container para controle	6.000,00
1 Estrutura de container para depósito	6.000,00
- Obras civis da lagoa de polimento	10.000,00
- Obras complementares de urbanização	20.000,00
- Instalações elétricas	10.000,00
- Instalações hidro mecânicas	5.000,00
3 Aeradores submersos	36.000,00
- Serviços complementares	5.000,00
- Mão de obra	10.000,00
6 Válvulas automáticas	20.000,00
3 Sensores de nível	1.000,00
- Sistema de controle informatizado	20.000,00
- Desenvolvimento de software	30.000,00
- Custos administrativos	15.000,00
<b>Total</b>	<b>239.000,00</b>

Tendo em conta o valor apropriado do investimento é possível calcular o custo per capita realizado, mesmo considerando uma estação de tratamento de pequeno porte, onde a economia de escala é bastante desfavorável.

No caso, o custo per capita apropriado foi de R\$ 95,60/hab, que comparado a investimentos, como por exemplo o sistema de Florianópolis para 150.000 habitantes com gastos aproximado de R\$ 23.000.000,00, atinge um per capita de R\$ 153,33 /habitante.

Se considerado a economia de escala entre as duas plantas de tratamento, verifica-se toda a oportunidade e viabilidade do sistema implantado na Praia Brava.

No que se refere a custos de instalações de tratamento de esgotos com tecnologia aplicada de SBR, a EPA publicou em 1986 um Summary Report Sequencing Batch Reactor onde apresentava custos comparativos para quatro vazões diferentes, tendo em vista a economia de escala, conforme tabela 014



Tabela 14 - Custos comparativos de SBR levantados pela EPA

		Vazões em m <sup>3</sup> /dia e valor em US			
Item	Unidade do processo/vazão	379	1.893	3.785	18.925
01	Equipamentos	40.000			
02	Estruturas e obras civis	70.000			
03	Micro processador	10.000	10.000	10.000	10.000
04	Conexões e equipamentos elétricos	30.000	59.000	88.000	314.000
05	Supervisão, controle e contingências	45.000	89.000	132.000	471.000
<b>06</b>	<b>Custo de capital instalado</b>	<b>195.000</b>	<b>385.000</b>	<b>571.000</b>	<b>2.041.000</b>
07	Custo anula operação/manutenção	13.000	24.000	40.000	148.000
<b>08</b>	<b>Custo presente</b>	<b>329.000</b>	<b>632.000</b>	<b>983.000</b>	<b>3.564.000</b>
09	Custo/(m <sup>3</sup> /dia)	870	330	260	190
10	População atendida	2.526	12.620	25.233	126.167
<b>11</b>	<b>Custo percápita (US/hab)</b>	<b>130,24</b>	<b>50,08</b>	<b>38,96</b>	<b>28,25</b>

Fonte: Summary Report EPA (1984)

Da tabela 014 observa-se que, na medida em que se aumenta a capacidade da planta em relação a população atendida, os custos percápita diminuem sensivelmente, demonstrando uma efetiva economia de escala, até porque alguns itens dos equipamentos necessários independem da capacidade instalada como por exemplo o micro processador. De mesma forma, o custo por metro cúbico/dia tratado também apresenta a mesma condição da economia de escala.

Por outro lado, a EPA publicou no mesmo Summary Report um custo comparativo para uma planta de 379 m<sup>3</sup>/dia, próxima da vazão do projeto piloto emergencial da Praia Brava. Daí porque a Tabela 015 a seguir mostra comparativamente os custos de um SBR e um valo de oxidação como segue:

Tabela 15 - Custos comparativos entre SBR e Valo Oxidação para 379 m<sup>3</sup>/dia

Unidade do processo	Valo oxidação	SBR	SBR Praia Brava
1- Bomba de esgoto bruto	40.000	40.000	40.000
2- Tratamento primário	24.000	24.000	-
3- Aeração/clarificação	240.000	120.000	75.000
4- Cloração	48.000	48.000	-
5- Lagoa de polimento	-	-	30.000
6- Digestor aeróbico	-	40.000	-
7- Lagoa de lodo	7.000	7.000	-
<b>Sub total</b>	<b>359.000</b>	<b>279.000</b>	<b>145.000</b>
8- Custos diversos, tub/urb/energ	90.000	70.000	54.310
<b>Sub total</b>	<b>449.000</b>	<b>349.000</b>	<b>199.000</b>
9- Engenharia, consul. E contigên.	135.000	105.000	56.000
<b>10- Total custo capital</b>	<b>584.000</b>	<b>454.000</b>	<b>255.310</b>
11- Custo anual manut/operação	65.000	58.000	9.005

Fonte: Summary Report EPA (1984)

Novamente, considerando a população atendida de 2526 habitantes para as três plantas de tratamento apresentadas na Tabela 015, os custos per cápita são apresentados na Tabela 016 a seguir:

Tabela 16 - Custos per cápita de investimento e operação para SBR/Valo Oxidação

Tipo de sistema	Investimento (US/hab)	Operacional (US/hab)
Valo de Oxidação	231,19	0,46
SBR EPA	179,73	0,42
SBR Praia Brava	95,60	0,30

Fonte: Summary Report EPA (1984)

Comparativamente, considerando a população equivalente para a planta da Laurentide Mills, o custo per cápita de investimento foi de US\$ 45,00/habitante,

caracterizando com propriedade o efeito da economia de escala como já demonstrado nos estudos da EPA anteriormente apresentado.

É preciso considerar ainda que, parte dos custos de investimentos na Praia Brava estão vinculados diretamente ao objeto da pesquisa e que sua reprodução numa escala operacional econômica, tais custos tenderão a reduzir, por exemplo a apropriação do desenvolvimento do software.

Outro aspecto importante é a economia de escala, uma vez que, os custos apropriados independem da população atendida, no caso os equipamentos de controle e sensores remotos.

Pelos levantamentos realizados é estimado que, em plantas comerciais com estrutura de concreto e repetição da tecnologia até aqui desenvolvida, que o custo per capita seja reduzido para R\$ 65,00/habitante, ou seja uma redução aproximada de 50 % do custo apropriado no projeto piloto em estudo.

### **9.2.2 Custos operacionais**

A análise dos custos operacionais do sistema piloto implantado em escala real foi feita tendo em conta o período de janeiro a agosto de 1998, apropriando as despesas geradas na manutenção, mão de obra e conservação da estação de tratamento de esgotos. Filosoficamente, e operacionalmente, a idéia de implantar a operação da estação com sistema de telegestão, objetivava reduzir significativamente a aplicação de mão de obra direta no processo.

Na medida em que se agregava tecnologia onerando os investimentos iniciais, era propósito do projeto reduzir os custos operacionais derivados da rotina diária do controle da estação.

Assim, na prática a estação de tratamento é totalmente desassistida operacionalmente. Somente é exercido uma supervisão do controle operacional pelo COS que, em situação de demanda informa o controlador do sistema quanto as providências e intervenção necessária, se de manutenção, ou de alteração do ciclo hidro biológico.

Dentro do escopo, a análise dos custos operacionais foram levantados com os seguintes critérios:

- a) Um supervisor geral que controla o sistema e promove a intervenção direta ou indireta de manutenção quando necessária.

- b) Um veículo para deslocamento do supervisor.
- c) Um operário para manutenção externa da estação e conservação das estruturas metálicas.

Tabela 17 - Custos operacionais do projeto piloto

<i>Tipo de serviços</i>	<i>Custos no período janeiro/agosto 1998 (R\$)</i>
1 - supervisor	400,00
2 - operário manutenção externa	640,00
3 - encargos sociais	1.144,00
4 - custo do transporte	240,00
5 - custo manutenção 3 % invest.	4.780,00
<b>Total</b>	<b>6.964,00</b>

Do custo total apurado no período de janeiro a agosto de 1998, de R\$ 6.964,00, e tendo em conta o volume de esgoto tratado de 33.151,30 m<sup>3</sup>, chega-se a um custo unitário de R\$ 0,2101/m<sup>3</sup>.

Este custo unitário deve ser considerado sob o ponto de vista de que toda as despesas apropriadas estão aplicadas sobre a tecnologia de uma única estação de tratamento e que esta sofre uma significativa queda de vazão fora da temporada.

Na verdade o conceito de automatização desenvolvido permite ratear todos estes custos operacionais de supervisão para diversa plantas. Na prática, o custo operacional tenderá a diminuir na medida em que se aplique o conceito anteriormente apresentado de setorização, onde a tecnologia usada apresenta uma performance operacional importante pela supressão de mão de obra para dar suporte as demandas das plantas.

A tabela 18 mostra os custos unitários finais do SBR da Praia Brava.

Tabela 18 - Custos operacionais unitários médio

<i>Especificações</i>	<i>Valores unitários R\$/m<sup>3</sup></i>
Mão de obra e serviços	0,2101
Energia	0,0870
<b>Total</b>	<b>0,2971</b>

No que se refere ao consumo de energia, mesmo admitindo o super dimensionamento dos aeradores, o desempenho do sistema mostrou-se eficiente, podendo todavia ser otimizado na medida em que os ajustes no software forneçam os comandos necessários para operar os reatores em condições mais favoráveis em termos de rendimento energético.

Mesmo assim, o consumo apurado de 15,74 kwh/habitante ano está no limite inferior dos padrões adotados para sistema de lodos ativados por aeração estendida. (1984) Arceivala.

## CAPITULO X

### 10 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

O experimento conduzido na Praia Brava para tratamento dos esgotos domésticos em escala real além de atender a demanda da população serviu adequadamente aos propósitos da pesquisa conduzida durante os últimos 8 meses.

Os resultados obtidos quanto a qualidade do efluente final garantiu a balneabilidade do sítio e estancou a poluição e comprometimento da saúde pública local, tendo em conta o fato do esgoto anaeróbico pré tratado anteriormente lançado no corpo receptor.

Sob o ponto de vista hidro biológico, a flexibilidade operacional e capacidade de adaptação dos reatores por bateladas às flutuações de carga verificadas no verão e inverno confirmam o acerto na escolha da tecnologia.

O tipo de sistema de tratamento, além de apresentar as vantagens da simplificação operacional, eliminando decantadores secundários, retorno de lodo e demais circuitos e equipamentos auxiliares comum à sistema de fluxo contínuo, permite a múltipla função da biologia de processo num único reator, variando-se os tempos e ciclos biológicos.

Como consequência, o perfil micro biológico do reator pode ser controlado quando comparado a um sistema contínuo que tivesse que suportar a variação de cargas no verão e longo período de inverno com baixa carga.

O sistema adotado permite ainda capacidade de remoção e redução da amônia e fósforo, além do controle de predominância das família das bactérias filamentosas causadoras do "bulking" em sistemas contínuos.

O controle na oferta de oxigênio para respiração micro biológica no reator cria diferenças bem distintas entre as fases aeróbica, anóxica e anaeróbica, fortalecendo a estratégia de controle da cinética do processo. Esta facilidade única é proporcionada pela combinação eficiente entre a disponibilidade de carga orgânica e o efetivo controle na oferta de oxigênio.

O controle informatizado associado ao tempo do ciclo cria ajustes operacionais específicos e vantajosos que favorecem diretamente na remoção do nitrogênio.

Conforme pode ser observado nas análises de desempenho do sistema, a redução de nutriente como o nitrogênio ocorreu quando do alongamento do ciclo e deplecionamento do oxigênio à níveis adequados ao aparecimento das bactérias nitrosomonas e nitrobacter.

Grande parte do nitrogênio em esgoto doméstico, principalmente no afluente anaeróbico da Praia Brava era formado por  $\text{NH}_3\text{-N}$ . A conversão de  $\text{NH}_3\text{-N}$  para  $\text{NO}_x\text{-N}$  por bactéria, acontece sempre em ambiente com nível limitado de oxigênio livre, como já referido anteriormente no estágio anóxico. Esta situação pode ser criada com relativa facilidade em reatores por bateladas, na medida em que se aumente o ciclo biológico e se admita nova carga de esgoto bruto sem que a aeração seja acionada.

Com as cargas médias diárias nos meses de janeiro e fevereiro os resultados na remoção de nitrogênio mostraram-se insuficientes isto porque os tempo do ciclo neste período teve que ser reduzido tendo em conta a carga e vazão afluente.

Analisando o dimensionamento definido como emergencial, onde se dispunha de um volume útil de  $90 \text{ m}^3/\text{ciclo}$ , contra uma vazão média diária de  $408 \text{ m}^3/\text{dia}$  em janeiro e  $325,9 \text{ m}^3/\text{dia}$  em fevereiro, foi necessário reduzir os tempos dos ciclos daí porque o baixo desempenho na redução de nutrientes, onde os ciclos médios variaram de 4 a 5 horas no máximo, contra ciclos de até 10 horas verificado no período fora da temporada.

A flexibilidade operacional dos reatores por bateladas em situação de grande variação de vazão média como verificado na Praia Brava de  $408 \text{ m}^3/\text{dia}$  até  $30 \text{ m}^3/\text{dia}$  associado ao controle informatizado do sistema de tratamento, apresenta uma nova alternativa confiável para equacionamento das demandas de efluentes gerados nesta situação onde os limites extremos são perfeitamente absorvidos e acomodados para reatores dimensionados por bateladas.

A aplicabilidade desta tecnologia tendo em conta os custos de investimento na infra estrutura de coleta e transporte de esgoto com fundamento no conceito de estações setorizadas, representa uma nova oportunidade para equacionamento de diversas cidades balneários do estado de Santa Catarina onde a demanda por esgotos flutue com a sazonalidade da população de verão e inverno.

Os custos operacionais, outro fator de análise quanto a propriedade do estudo piloto, tem a conveniência de usar o mínimo possível de mão de obra, considerada como unidade autônoma onde o controle à distância faz todo o monitoramento físico/químico e até biológico do processo.

Os resultados alcançados na qualidade do efluente final descartado comprovam o desempenho favorável da planta piloto que, pela recuperação verificada no corpo receptor, restituindo os níveis de oxigênio dissolvido, permitiu a recomposição biótica do rio e o reconhecimento da população quanto a melhoria do ambiente e da qualidade de vida local.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCEIVALA, S.J. **Wastewater treatment and disposal: engineering and ecology in pollution control**. New York : Ed. Marcel Dekker , 1984.
- BARROS, Angelo Luiz de. **Tratamento de esgotos tipo SBR**. [S.I. : s.n.],1994.
- COCCI, A A; McCARTHY, P.J.; BROWN, G.J. **Accelerated design and start up of an SBR system for groundwood mill wastewater**. Canadá ADI System Inc., 1997.
- COCCI, A A; GRANT, S.R.; LANDINE, Robert C. et al **Biological nutrient removal from food processing wastewater using SBR technology**. Canadá : ADI System Inc., 1993.
- COURTEMANCHE, Mario; TREMBLAY, Hêlenè; VILLENEUVE, Florent. **Sequencing batch reactor technology : an old technique successfull applied to the treatment of pulp and paper mill effluent containing high residuals of suphite**. Canadá : Stone-Consolidated Corporation, 1997
- E.P.A - **Summary report: Sequencing Batch Reactors – Technology transfer (1986)**
- GRANTS, E.R.; LANDINE, Robert C. McCARTHY, P.J. et al. **The effect of temperature on performance of sequencing batch reactor treating potato processing watewaters**. ADI Systems Inc., 1994.
- GRANT, S. R COCCI, AA; LANDINE, Robert C. **Are you missing you Batch ? : an introduction to SBR technology**. Canada : ADI System Inc. 1993.
- GRANT, S. R.; Wilson, D.R.; COCCI, AA et al. **The impact of high influent anaerobic suspend solids concentration and hydraulic residence time on sequencing batch reactor nitrogen removal performance**. Canadá : ADI Systems Inc. 1994
- IRVINE, Robert L.; KETCHUM, L.H.; BREYFOGLE, R. et al.. **Municipal application of sequencing batch treatment**, *Journal WPCF*, v. 55 n. 5, may 1983.
- IRVINE, Robert L.; KETCHUM, L.H.; ARORA, Madam L. et al. **An organic loading study of full-scale Sequencing Batch Reactors**. *Journal WPCF*, v. 57, n. 8, aug 1985.

IRVINE, Robert L.; MURTHY, D.V.S.; ARORA, Madam L. et al. **A Analysis of full-scale SBR operation at Grundy Center, Iowa.** *Journal WPCF*, Washington, v. 59, n. 3 mar.1987.

LUZ, Edio Laudelino da, **Saneamento ambiental e desenvolvimento econômico sustentado em Santa Catarina.** Florianópolis: Assembléia Legislativa do Estado de S. C., 1996.

McCARTHY P.J.; BROWN, C.J.; BLISS, S. G. **Nitrification/dinitrification of anaerobically pre treated potato processing wastewater using SBR technology.** Canadá: ADI System Inc. 1997

PAGE, I.C.,GRANT, S.R.; LANDINE, R.C. et al. **Abattoir wastewater treatment plant nitrifies at low temperatures: a case study.** Canadá : ADI Systems Inc., 1997.

VIANA, Francisco. **Esforço para universalizar o saneamento. Balanço Anual.** São Paulo: p. 52-56, 1997.

## **ANEXO I**

**Relatórios das vazões apropriadas mensalmente durante período do estudo**

Relatório de Vazão em m<sup>3</sup>/dia reator

Mês		Reator 1	Reator 2	Reator 3	Total
Janeiro					
	01	-	-	-	-
	02	3,0	5,4	1,5	15,9
	03	209,0	154,0	108,0	471,0
	04	142,5	90,9	93,6	327,0
	05	91,5	101,4	133,5	326,4
	06	119,7	101,7	140,1	361,5
	07	147,0	65,1	99,3	311,4
	08	68,7	129,6	86,1	284,4
	09	138,9	114,3	75,3	328,5
	10	127,8	180,3	147,3	455,4
	11	138,0	131,1	175,2	444,3
	12	166,2	126,3	163,8	456,3
	13	133,5	145,2	130,8	409,5
	14	149,4	147,3	137,1	433,8
	15	-	-	-	-
	16	103,5	160,2	171,3	435,0
	17	168,6	180,9	173,4	522,9
	18	175,2	168,3	171,6	515,1
	19	199,8	165,0	157,5	522,3
	20	142,8	132,6	144,6	420,0
	21	-	-	-	-
	22	145,2	120,6	144,0	409,8
	23	145,8	178,2	181,2	505,2
	24	177,3	129,0	153,3	459,6
	25	112,5	124,8	154,8	392,1
	26	161,4	120,9	135,3	417,6
	27	136,5	89,1	131,7	356,3
	28	181,8	112,8	169,5	464,1
	29	145,2	146,1	195,3	486,6
	30	171,0	156,6	131,1	458,7
	31	135,0	130,2	177,9	443,1
Totais	28	3.972,8	3.566,9	3.884,1	11.423,8
Média / dia		141,9	127,4	138,7	408,0

Relatório de Vazão em m<sup>3</sup>/dia reator

Mês Fevereiro	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Total	
01	132,9	117,0	128,1	377,1	
02	132,0	97,2	119,1	348,3	
03	102,3	120,9	79,2	302,4	
04	136,8	86,7	149,4	372,9	
05	104,1	99,6	75,3	279,0	
06	141,3	113,7	130,2	385,2	
07	146,7	108,3	132,6	387,6	
08	90,9	119,1	137,4	347,4	
09	72,3	129,9	103,2	305,4	
10	102,0	80,7	95,4	278,1	
11	100,8	104,1	91,2	296,1	
12	83,4	81,6	65,7	230,7	
13	79,2	92,1	99,6	270,9	
14	112,5	111,0	80,4	303,9	
15	131,4	104,4	157,8	393,6	
16					
17	223,2	149,7	200,1	573,0	
18	121,2	94,2	86,4	301,8	
19	87,3	101,4	69,0	257,7	
20	87,0	88,8	98,7	274,5	
21	107,7	97,5	86,7	291,9	
22					
23	107,4	54,0	53,7	215,1	
24	107,1	143,4	119,7	370,0	
25	135,5	125,4	86,4	347,3	
26	78,6	82,8	94,5	255,9	
27	47,7	71,4	58,8	177,9	
28	27,6	32,7	31,8	122,1	
Totais	26	2.789,9	2.607,6	3.068,4	8.474,9
Media / dia		107,6	100,3	118,0	325,9

Relatório de Vazão em m<sup>3</sup>/dia reator

Mês Março	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Total	
01	57,0	52,5	51,3	160,8	
02	35,1	24,6	42,6	102,3	
03					
04	26,1	18,0	31,5	75,6	
05	34,8	49,2	33,3	117,3	
06					
07					
08					
09					
10					
11					
12					
13					
14					
15	22,5	22,8	22,2	67,5	
16	21,3	19,5	16,5	57,3	
17	15,3	27,0	12,6	54,9	
18	73,2	39,3	50,1	162,6	
19	30,3	56,4	29,1	115,8	
20	30,6	29,1	40,2	99,9	
21	42,0	24,3	29,4	95,7	
22	34,2	31,2	40,8	106,2	
23	35,1	29,1	32,1	96,3	
24	24,6	28,5	20,4	73,4	
25	23,1	26,4	23,7	73,2	
26	25,8	26,4	18,3	70,5	
27	17,7	20,4	20,4	58,5	
28		20,4	20,4	58,5	
29					
30					
31	29,7	14,4	20,4	64,5	
Totais	18	678,4	539,1	1 652,4	
Media / dia		32,1	30,0	29,7	91,8

Relatório de Vazão em m<sup>3</sup>/dia reator

Mês Abril	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Total	
01	29,4	16,8	17,7	63,9	
02	18,9	16,2	17,1	52,2	
03	20,4	18,	15,3	53,7	
04	14,7	19,5	30,3	64,5	
05	26,4	24,6	22,8	73,8	
06	25,2	25,2	13,2	63,6	
07	20,7	27,3	33,9	81,9	
08					
09					
10	33,9	50,4	42,3	126,6	
11	47,1	39,9	48,3	135,3	
12	30,3	24,0	24,6	78,9	
13	11,1	12,0	10,5	33,6	
14					
15	12,6	14,4	9,9	36,9	
16	10,8	12,0	8,7	31,5	
17	7,2	8,7	0,0	15,9	
18	15,0	12,6	22,5	50,1	
19	23,7	18,9	12,6	55,2	
20	18,3	17,4	17,7	53,4	
21	8,1	15,3	13,2	36,6	
22	10,8	3,0	11,4	25,2	
23	11,7	23,4	11,7	46,8	
24	33,6	18,6	48,3		
25	10,5	10,5	18,6		
26	13,5	9,9	7,8	31,2	
27	43,5	25,5	40,5	109,5	
28	23,4	46,2	8,4	78,0	
29	27,3	25,2	31,2	83,7	
30	12,0	13,5	15,0	40,5	
31					
Totais	27	551,1	549,2	523,8	1624,10
Media / dia		20,4	20,3	19,4	60,1

Relatório de Vazão em m<sup>3</sup>/dia reator

Mês Maio	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Total	
01	18,3	15,9	21,9	56,1	
02	19,2	22,2	21,3	62,7	
03	16,2	12,6	18,6	47,4	
04	7,2	8,7	9,9	25,8	
05	3,9	20,1	9,9	33,9	
06	6,9	12,0	7,8	26,7	
07	10,2	4,8	8,7	23,7	
08	9,9	8,7	6,9	25,5	
09	8,4	4,5	10,2	23,1	
10	5,4	4,5	4,2	14,1	
11	5,7	9,0	4,8	19,5	
12	6,0	5,1	11,1	22,2	
13	6,9	7,8	11,4	26,1	
14	3,6	12,0	0,6	16,2	
15	15,3	26,4	21,9	63,6	
16	22,8	42,9	10,9	76,6	
17	8,7	8,4	10,8	27,9	
18	1,8	16,5	45,9	64,2	
19	0,0	12,0	19,5	31,5	
20	0,0	12,9	15,6	28,5	
21	0,0	15,9	2,7	18,6	
22	0,0	19,8	7,8	27,6	
23	0,0	18,3	6,0	24,3	
24	0,0	15,3	12,0	27,3	
25	0,0	7,5	18,9	26,4	
26	0,0	11,1	14,7	25,8	
27	0,0	9,6	14,7	24,3	
28	0,0	8,1	13,2	21,3	
29	0,0	5,4	19,5	24,9	
30	6,6	56,1	46,8	102,9	
Totais	31	183,0	453,0	440,2	1 076,2
Média / dia		5,9	14,6	14,2	34,7



Relatório de Vazão em m<sup>3</sup>/dia reator

Mês Junho	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Total	
01	36,0	19,2	13,5	68,7	
02	10,2	19,8	9,3	39,3	
03	11,4	9,0	9,0	29,4	
04	9,9	9,9	11,4	31,2	
05	7,2	15,0	10,8	33,0	
06	11,7	10,5	12,3	34,5	
07	9,9	6,0	11,4	27,3	
08					
09	0,6	4,2	0,0	4,8	
10	5,1	4,8	6,3	16,2	
11	12,6	7,5	11,7	31,8	
12	12,6	16,8	9,6	39,0	
13	7,5	17,1	19,2	43,8	
14	35,4	49,5	43,2	128,1	
15	10,8	17,1	10,8	38,7	
16	2,7	10,2	12,6	25,5	
17	3,9	5,7	18,6	28,2	
18	42,9	54,3	36,3	133,5	
19	91,5	97,8	107,1	296,4	
20	3,3	55,2	41,4	99,9	
21					
22	0,3	39,3	8,4	48,0	
23	0,9	24,6	12,9	38,4	
24					
25	29,4	13,2	31,5	104,1	
26	30,7	53,1	34,5	118,3	
27					
28					
29	38,4	37,2	23,4	99,0	
30	0,0	28,2	9,6	37,8	
31					
Totais	25	424,9	625,2	504,8	1.554,9
Média / dia		17,0	25,0	20,2	62,2

Relatório de Vazão em m<sup>3</sup>/dia reator

Mês Julho	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Total
01	39,6	45,6	51,3	136,5
02	36,9	32,7	27,3	96,9
03	56,4	40,2	39,9	134,5
04	36,3	50,4	31,5	118,2
05	30,0	29,7	46,5	106,2
06	36,9	35,4	29,1	101,4
07	31,8	36,3	33,6	101,7
08	48,6	67,5	16,8	132,9
09	40,8	17,1	51,6	109,5
10	55,2	53,7	39,0	147,9
11	51,9	37,8	78,6	168,0
12	27,0	36,9	30,9	94,8
13	30,0	36,0	57,9	123,9
14	72,3	42,6	34,5	149,4
15	37,8	66,9	63,0	167,7
16	69,6	39,0	48,3	156,9
17	36,9	58,5	42,9	138,3
18	34,2	39,3	46,5	120,0
19	42,0	29,7	39,0	110,7
20				
21	25,8	23,7	36,0	83,5
22	23,1	27,3	24,9	75,3
23	59,7	48,3	47,4	155,4
24	33,0	26,4	53,4	112,8
25	54,9	38,1	38,7	131,7
26	29,7	22,8	32,7	85,2
27	33,6	39,0	42,9	115,5
28	20,1	65,7	39,6	125,4
29	81,9	81,9	78,3	242,1
30	55,8	75,9	67,5	199,2
31	72,0	50,7	48,6	171,3
Totais 30	1 303,5	1 295,1	1 371,6	3 970,2
Média / dia	43,4	43,2	45,7	132,3

Relatório de Vazão em m<sup>3</sup>/dia reator

Mês Agosto	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Total	
01	60,1	38,7	39,9	138,7	
02	34,5	26,1	2,4	63,0	
03					
04	23,1	24,9	19,5	48,0	
05	52,8	41,1	38,7	132,6	
06	45,0	46,2	39,3	130,5	
07	78,6	63,9	40,8	183,3	
08					
09					
10					
11	36,3	54,9	39,6	130,8	
12	62,7	50,7	63,3	176,7	
13	53,4	30,9	49,8	134,1	
14	8,7	49,2	43,2	101,1	
15					
16					
17	47,4	24,0	31,5	102,9	
18					
19	47,1	45,3	27,0	119,4	
20	52,5	60,6	74,7	187,8	
21	0,9	39,0	46,5	86,4	
22					
23					
24	42,9	48,6	46,8	138,3	
25	57,3	82,8	78,9	219,0	
26	96,6	96,9	76,2	269,7	
27	96,6	77,1	73,2	236,8	
28	83,1	48,9	81,9	213,9	
29	48,0	76,5	76,8	201,3	
30	73,2	53,4	52,8	179,4	
31	51,9	68,4	70,8	191,1	
Totais	22	1 152,7	1 148,10	1 113,6	3 414,4
Média / dia		52,4	52,2	50,6	155,2

## **ANEXO II**

**Resolução 020/86 do CONAMA e Decreto 077/96 da  
Prefeitura Municipal de Florianópolis**

- Classe 1** Água destinada ao abastecimento público sem tratamento prévio ou com simples desinfecção .
- Classe 2** Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário.
- Classe 3** Águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora e à dessedentação de animais.
- Classe 4** Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado ou navegação, à harmonia paisagística e ao abastecimento industrial, à irrigação e a usos menos exigentes.

Por conta desta legislação, a exigência mínima na remoção da DBO<sub>5</sub> é de 80 % desde que o efluente final não ultrapasse a 60 mg/l em termos de DBO.

Por outro lado, em se tratando de corpo receptor classe 1, não é permitido o lançamento de qualquer efluente mesmo que tratado adequadamente. Entretanto, o artigo décimo nono estabelece as características do efluente que poderá ser lançado diretamente ou indiretamente nos corpos receptores de águas interiores, lagunas, estuários e a beira mar desde que obedeçam as seguintes condições:

- I. pH – 6,0 a 9,0
- II. Temperatura inferior a 40<sup>o</sup> C
- III. Materiais sedimentáveis até 1,0 ml/l em teste de 1 hora em cone Imhoff
- IV. Ausência de materiais sedimentáveis, em teste de 1 hora em cone Imhoff para lançamento em lagos cuja velocidade de circulação seja praticamente nula;
- V. Os lançamentos subaquáticos em mar aberto, onde se possa assegurar o transporte e dispersão dos sólidos, o limite para materiais sedimentáveis será fixada em cada caso após estudo de impacto ambiental realizado pelo interessado;
- VI. Ausência de materiais flutuantes visíveis;
- VII. Concentração máxima dos seguintes parâmetros, além de outros a serem estabelecidos:
  - a) óleos minerais ..... 20,0 mg/l
  - b) óleos vegetais e gorduras animais ..... 30,0

c) cromo hexavalente .....	0,1
d) cromo total .....	5,0
e) cobre total .....	0,5
f) cádmio total.....	0,1
g) mercúrio total.....	0,005
h) níquel total .....	1,0
i) chumbo total.....	0,5
j) zinco total.....	1,0
k) arsênio total.....	0,1
l) prata total .....	0,02
m) bário total.....	5,0
n) selênio total.....	0,02
o) boro total.....	5,0
p) estanho.....	4,0 mg/l
q) ferro 2+ solúvel.....	15,0
r) manganês 2+ solúvel .....	1,0
s) cianetos.....	0,2
t) fenóis .....	0,2
u) sulfetos.....	1,0
v) fluoretos.....	10,0
w) substâncias tensoativas que reagem ao azul metileno .....	2,0
x) compostos organo fosforados e carbamatos .....	0,1
y) sulfeto de carbono ,tricloroetileno, clorofórmio, tetracloroeto de carbono dicloroetileno.....	1,0
z) outros compostos organoclorados .....	0,05

No inciso VIII do Decreto 14.250, ainda surgem restrições ao lançamento de efluentes em áreas de lagoas, lagunas e estuários onde os limites são:

a) fósforo total.....	1,0 mg/l
b) nitrogênio total .....	10,0
c) ferro total .....	15,0

Além das restrições aqui apontadas quanto a qualidade do efluente final, na ilha de Santa de Catarina, todos os rios são classificados como classe 1 portanto impedidos de lançamento de efluente de esgoto de qualquer natureza, mesmo que tratado.

Em contra partida, em 1996 a Prefeitura de Florianópolis editou o Decreto 077 que regulamenta a recepção de efluentes domésticos no seu sistema de rede pluvial que modifica a Lei 2.193/85 do Plano Diretor dos Balneários.

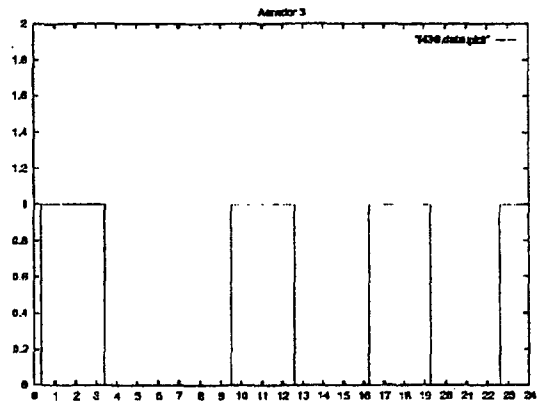
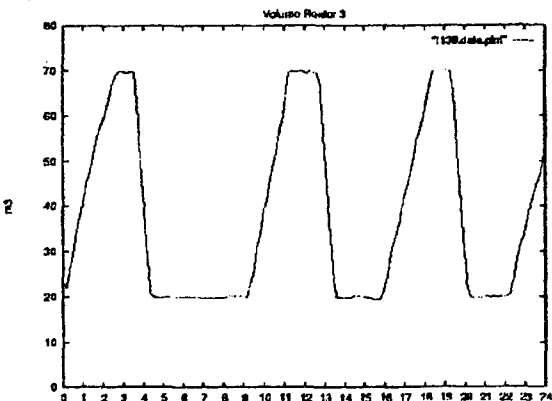
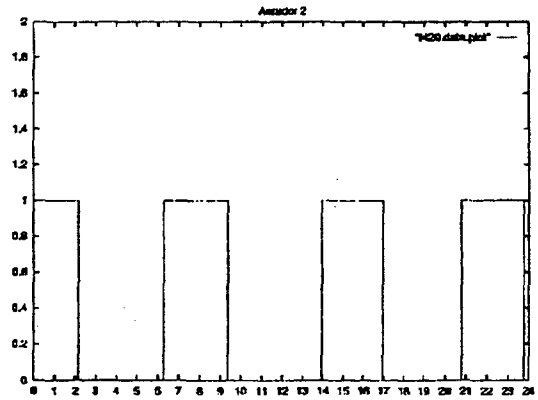
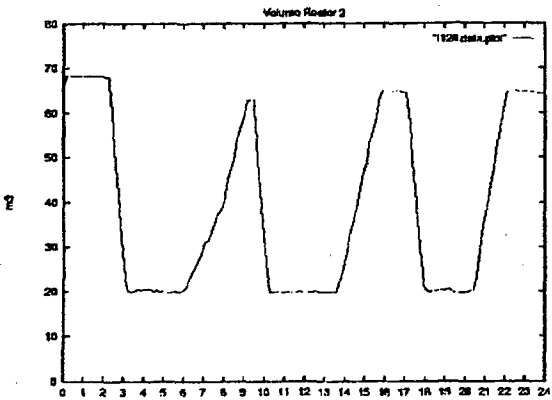
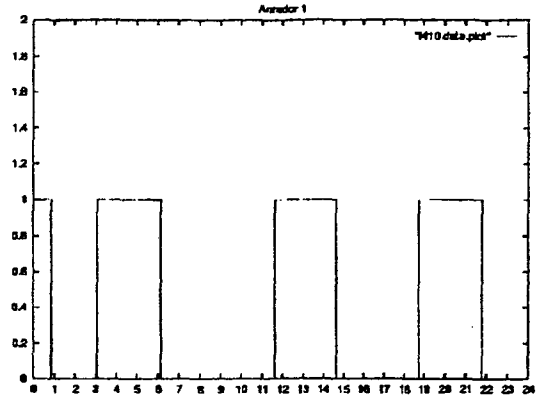
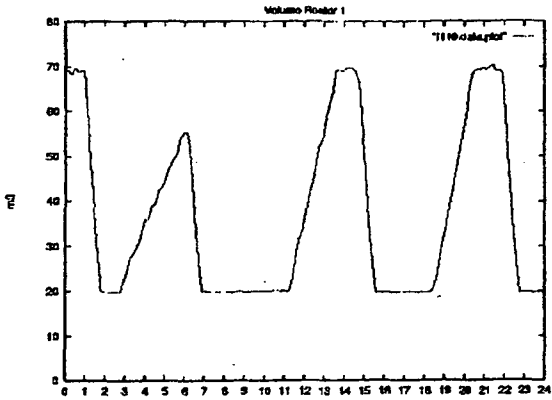
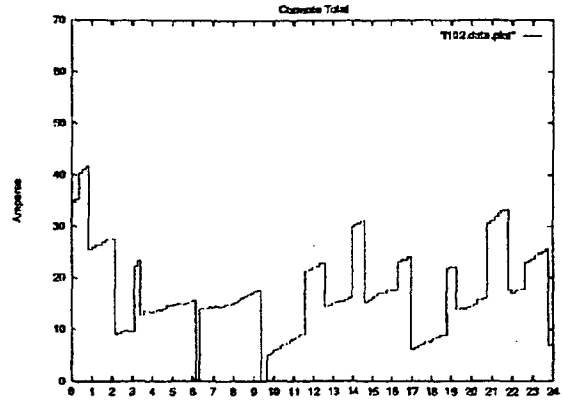
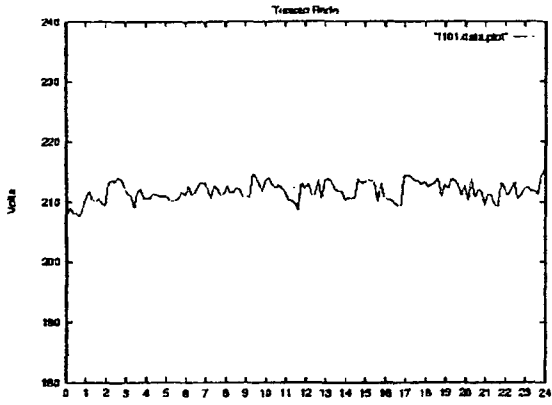
No parágrafo primeiro, é manifestada a exceptualidade quando se trata efluente com os seguintes padrões:

- a) remoção da  $DBO_5$  em no mínimo 90 %
- b) garantia de nitrificação total do nitrogênio contido no efluente
- c) nível positivo de oxigênio
- d) garantia de no máximo 500 coliformes fecais totais por 100 ml da amostra.

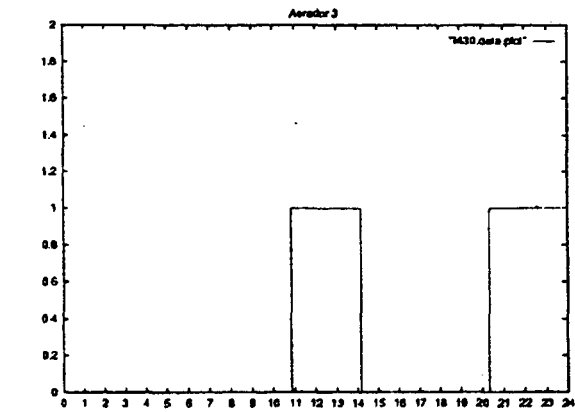
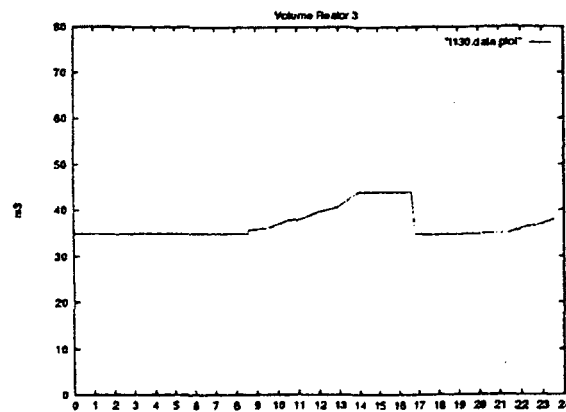
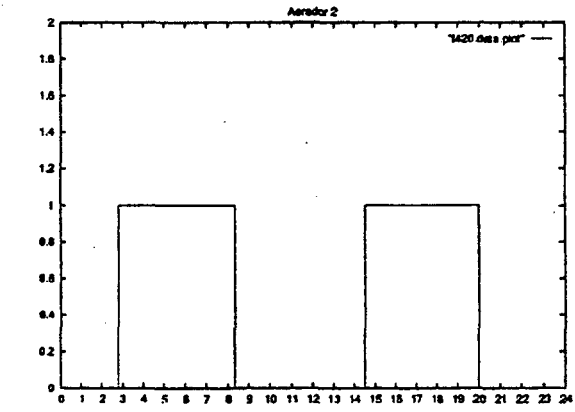
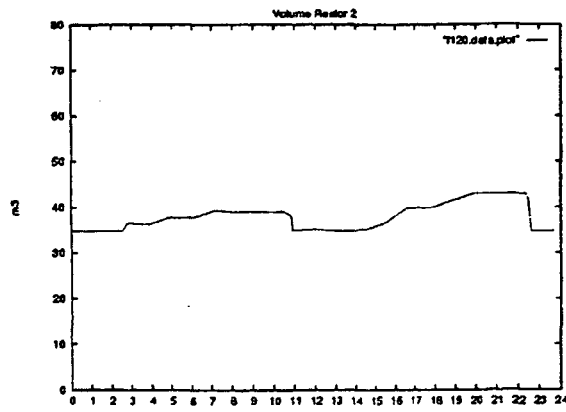
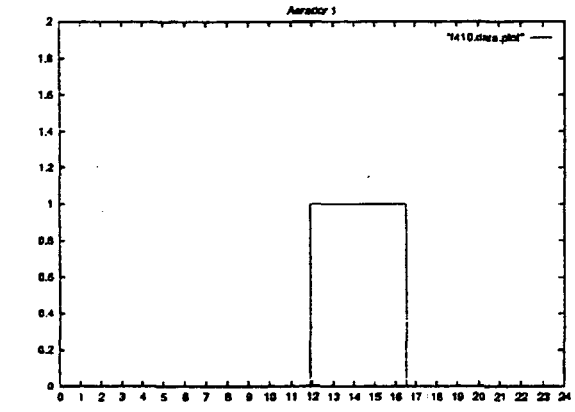
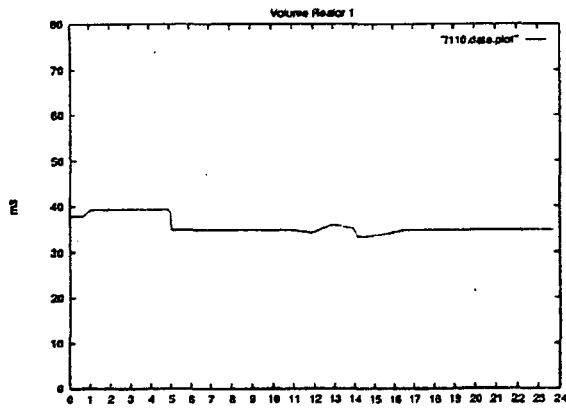
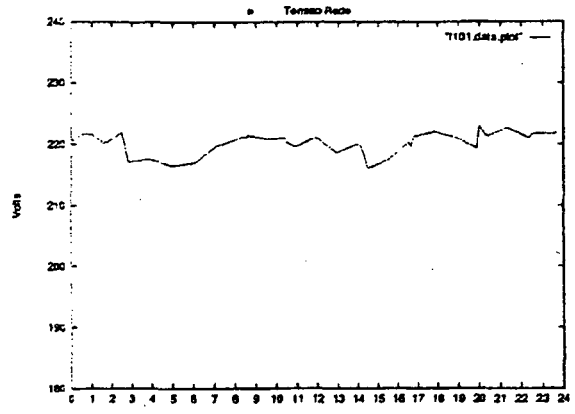
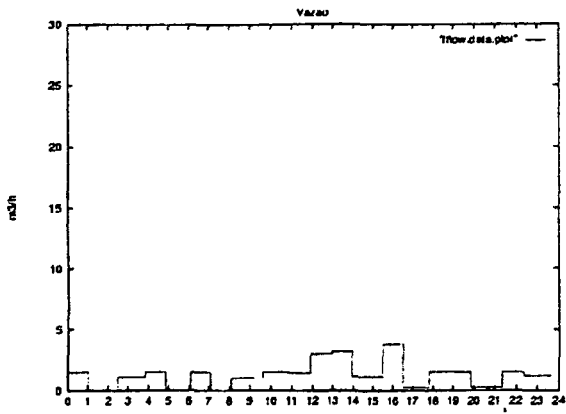
## **ANEXO III**

**Modelo de Relatórios de Vazões diárias por reatores na formatação gráfica**

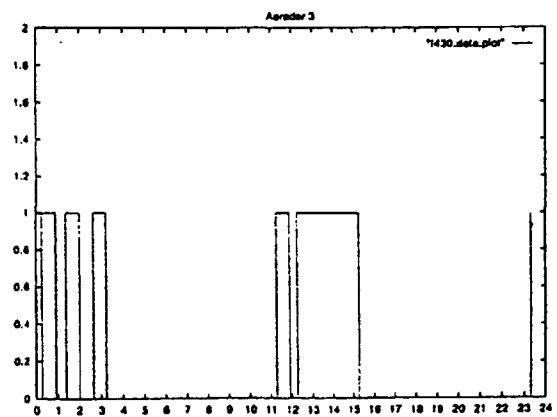
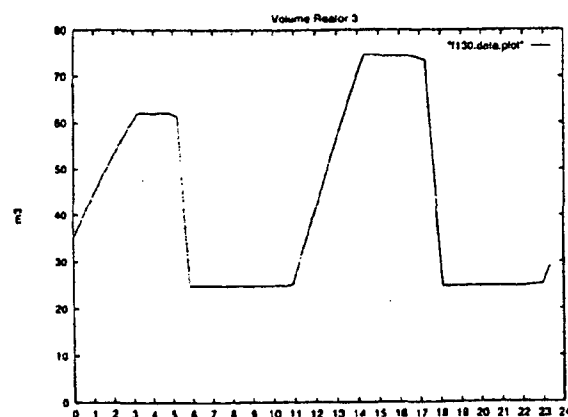
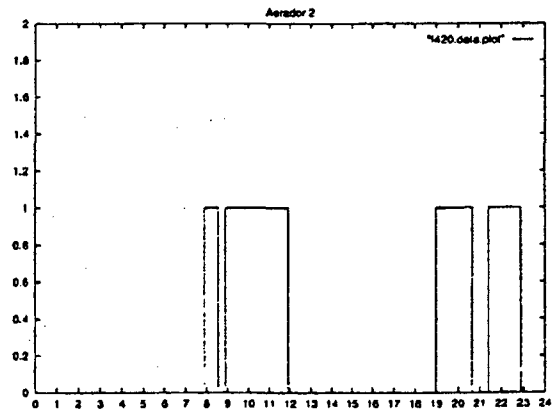
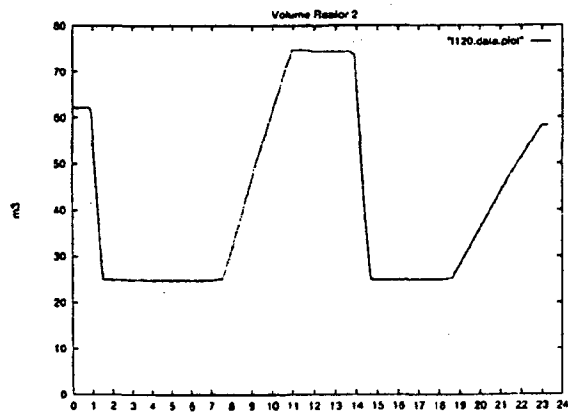
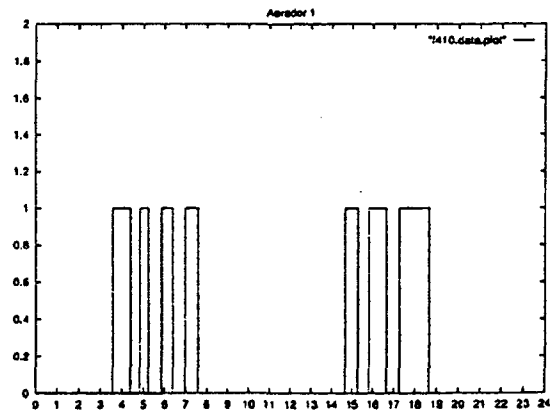
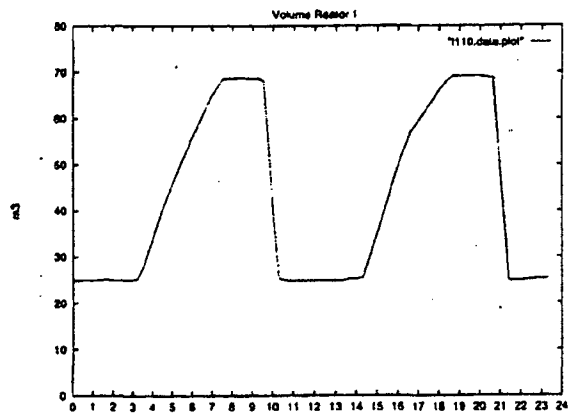
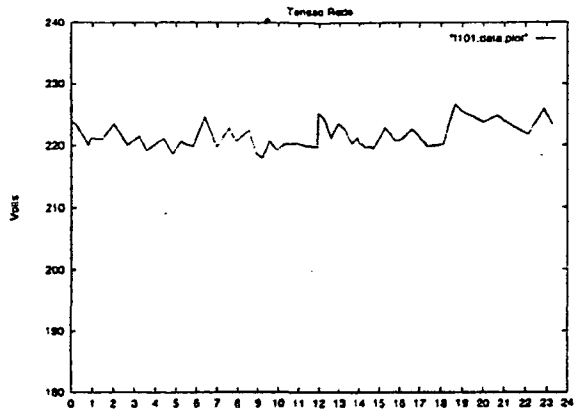
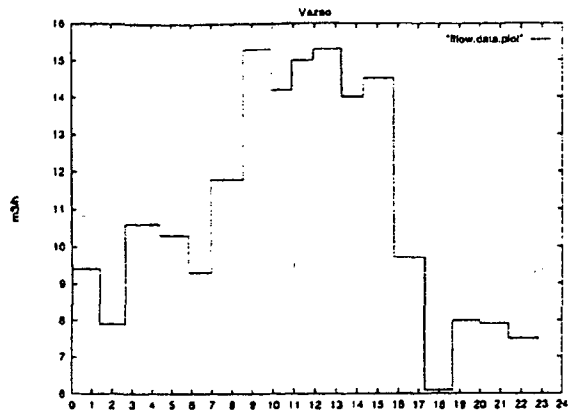




BRAVA-TE Sat 31 Jan 98 (98031)



BRAVA-TE Tue 16 Jun 98 (98167)



BRAVA-TE Thu 24 Sep 98 (98267)

## **ANEXO IV**

**Modelo de Relatório diário emitido pelo COS via E - Mail**

**Estação Tratamento , 08:05 07/02/98 -0, relatório operacional diário**

---

Date: Sat, 7 Feb 1998 08:05:01 -0200  
To: conrado@gyron.com.br, ligia@gyron.com.br, carlos@gyron.com.br,  
antonia.alves@digitro.com.br, daluz@matrix.com.br  
From: Estação Tratamento Esgoto Praia Brava <brava-te@gyron.com.br>  
Subject: relatório operacional diário

Relatório Diário de Operações BRAVA-TE ( 7 Feb 98)

Reator 1:  
Vol processado : 141.3 [ m3 ]  
Tempo aeração : -810.5 [ min ]  
Energia consumida : -148.5 [ kWh ]  
Eficiência energética : -1.047 [ kWh/m3 ]

Reator 2:  
Vol processado : 113.7 [ m3 ]  
Tempo aeração : 431.8 [ min ]  
Energia consumida : 79.0 [ kWh ]  
Eficiência energética : 0.695 [ kWh/m3 ]

Reator 3:  
Vol processado : 130.2 [ m3 ]  
Tempo aeração : -739.7 [ min ]  
Energia consumida : -61.5 [ kWh ]  
Eficiência energética : -0.469 [ kWh/m3 ]

**Estação Tratamento , 08:05 25/02/98 -0, relatório operacional diário**

---

Date: Wed, 25 Feb 1999 08:05:01 -0300  
To: conrado@gyron.com.br, ligia@gyron.com.br, carlos@gyron.com.br,  
antonia.alves@digitro.com.br, daluz@matrix.com.br  
From: Estação Tratamento Esgoto Praia Brava <brava-te@gyron.com.br>  
Subject: relatório operacional diário

Relatório Diário de Operações BRAVA-TE (24 Feb 98)

Reator 1:  
Vol processado : 107.1 [ m3 ]  
Tempo aeracão : 523.1 [ min ]  
Energia consumida : 95.9 [ kWh ]  
Eficiência energética : 0.887 [ kWh/m3 ]

Reator 2:  
Vol processado : 143.4 [ m3 ]  
Tempo aeracão : 670.9 [ min ]  
Energia consumida : 122.8 [ kWh ]  
Eficiência energética : 0.851 [ kWh/m3 ]

Reator 3:  
Vol processado : 119.7 [ m3 ]  
Tempo aeracão : 543.9 [ min ]  
Energia consumida : 45.2 [ kWh ]  
Eficiência energética : 0.376 [ kWh/m3 ]

**Estação Tratamento , 08:05 21/04/98 -0, relatório operacional diário**

---

Date: Tue, 21 Apr 1998 08:05:01 -0300  
To: conrado@acqualan.com.br, carlos@acqualan.com.br, allan@acqualan.com.br,  
marcos@acqualan.com.br, antonia.alves@digitro.com.br,  
daluz@matrix.com.br  
From: Estação Tratamento Esgoto Praia Brava <brava-te@acqualan.com.br>  
Subject: relatório operacional diário

Relatório Diário de Operações BRAVA-TE (20 Apr 98)

Reator 1:

Vol processado : 18.3 [ m3 ]  
Tempo aeração : -67.9 [ min ]  
Energia consumida : -12.3 [ kWh ]  
Eficiência energética : -0.656 [ kWh/m3 ]

Reator 2:

Vol processado : 17.4 [ m3 ]  
Tempo aeração : 573.5 [ min ]  
Energia consumida : 105.0 [ kWh ]  
Eficiência energética : 6.034 [ kWh/m3 ]

Reator 3:

Vol processado : 17.7 [ m3 ]  
Tempo aeração : 498.9 [ min ]  
Energia consumida : 41.5 [ kWh ]  
Eficiência energética : 2.316 [ kWh/m3 ]

Estação Tratamento , 08:05 07/08/98 -0, relatório operacional diário

Date: Fri, 7 Aug 1998 08:05:02 -0300  
To: allan@acqualan.com.br, marcos@acqualan.com.br,  
jose.fernando@digitro.com.br, daluz@matrix.com.br  
From: Estação Tratamento Esgoto Praia Brava <brava-te@acqualan.com.br>  
Subject: relatório operacional diário

Relatório Diário de Operações BRAVA-TE ( 6 Aug 98)

Reator 1:  
Vol processado : 45.0 [ m3 ]  
Tempo aeração : 807.9 [ min ]  
Energia consumida : 147.9 [ kWh ]  
Eficiência energética : 3.267 [ kWh/m3 ]

Reator 2:  
Vol processado : 46.2 [ m3 ]  
Tempo aeração : 496.9 [ min ]  
Energia consumida : 90.9 [ kWh ]  
Eficiência energética : 1.948 [ kWh/m3 ]

Reator 3:  
Vol processado : 39.3 [ m3 ]  
Tempo aeração : 180.8 [ min ]  
Energia consumida : 15.0 [ kWh ]  
Eficiência energética : 0.382 [ kWh/m3 ]