

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL**

Gabriel Balparda Fasola

**PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DA INTEGRIDADE
DE CURSOS D'ÁGUA EM ÁREAS URBANAS A PARTIR DA
ANÁLISE DE VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E BIOLÓGICAS
DA ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina para Conclusão do
Curso de Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Cesar A. Pompêo
Co-orientador : Dr. José C. Simonassi

Florianópolis
2011

Gabriel Balparda Fasola

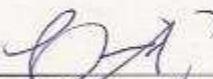
**PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DA INTEGRIDADE
DE CURSOS D'ÁGUA EM ÁREAS URBANAS A PARTIR DA
ANÁLISE DE VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E BIOLÓGICAS
DA ÁGUA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental e aprovado em sua forma final pela banca examinadora.

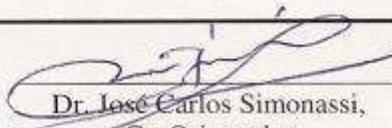
Florianópolis, 08 de dezembro de 2011.

Prof. Henrique de Melo Lisboa,
Coordenador do Curso

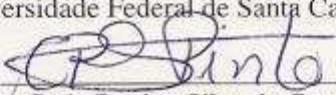
Banca Examinadora:



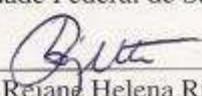
Prof., Dr. Cesar Augusto Pompêo,
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Dr. José Carlos Simonassi,
Co-Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Profa., Dra. Catia Regina Silva de Carvalho Pinto,
Universidade Federal de Santa Catarina



Profa., Dra. Rejane Helena Ribeiro da Costa,
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais! Que sempre souberam, na medida certa, me apoiar. A eles que com muito esforço deram a educação que me fez tornar quem sou.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial a Taiana Gava, minha namorada, companheira e amiga. Que este seja o primeiro agradecimento de muitos outros trabalhos que virão.

Ao meu orientador, Prof. Cesar Augusto Pompêo, que com parcimônia e sabedoria soube indicar o caminho mais adequado e proveitoso para este trabalho.

Ao Co-orientador, Dr. José Carlos Simonassi que auxiliou sobremaneira e soube equalizar as diferenças de formação em favor da multidisciplinaridade.

Aos laboratórios parceiros LIMA e NEMAR que disponibilizaram materiais e técnicos para auxiliar na coleta e análise. A Técnica Tuti que também ajudou nas análises. Ao GESAD e NEA que também disponibilizaram equipamentos e materiais. A estes muito obrigado, pois sem sua colaboração parte significativa da pesquisa não seria factível.

Aos familiares que mais próximo ou distante acompanharam toda esta trajetória e aguardam ansiosos o novo membro da família com ensino superior. Esta vitória também se dirige a eles.

Aos amigos de infância e atuais, com os quais construí nestes cinco anos momentos bons os quais ficarão marcados para toda a vida e que também ficam marcados neste trabalho.

Não menos importante, agradeço ao povo brasileiro que dignamente custeou parte dos meus estudos em uma universidade “pública e de qualidade”.

RESUMO

O processo de urbanização sem planejamento ambiental vem acarretando diversas perturbações nos ecossistemas. Um reflexo desta interferência é o forte estágio de degradação dos cursos de água em áreas urbanas. Os rios são componentes importantes da natureza, regulam uma série de fenômenos e assumem papel direto no cotidiano das pessoas, pois estão ligados a qualidade de vida da população. Em virtude disso, há uma crescente necessidade por soluções alternativas que incorporem os rios novamente à paisagem das cidades. Apresenta-se neste sentido um conceito mais amplo que é a revitalização, ou seja, recuperar os aspectos bióticos e abióticos a níveis próximos ao de integridade ou primitivo. Entretanto, isto não ocorre sem um método de avaliação da integridade dos rios, premissa básica para realizar qualquer atividade relativa a recuperação destes ambientes. Com esta finalidade surge recentemente os Protocolos de Avaliação Rápida (PAR), onde entre os parâmetros abordados nestes PARs está a qualidade da água. Neste tramo o presente estudo, realizado no rio Córrego Grande em Florianópolis – SC tem por objetivo estabelecer um grupo de variáveis de qualidade da água a serem seguidos no protocolo de avaliação rápida de integridade dos cursos d'água em áreas urbanas para o processo de revitalização. Para atingir o objetivo proposto foi necessário aplicar uma metodologia participativa sendo necessária uma revisão da literatura específica e consulta à especialistas de diferentes áreas. Com esta metodologia se estabeleceu estágios de integridade para enquadramento dos rios em função dos resultados nas análises de qualidade da água. Paralelamente verificou-se a aplicabilidade do Índice de Estado Trófico (IET) como segunda alternativa. Como resultado da pesquisa foi possível determinar como variáveis mais relevantes o oxigênio dissolvido, a demanda bioquímica de oxigênio, o potencial hidroeônico, coliformes fecais e a turbidez. Com a aplicação do protocolo obteve-se como resultados que o rio Córrego Grande encontra-se, pela alternativa 1, com integridade desejável nos trechos 8 e 7, integridade moderada nos trechos 6, 5, e 3 e integridade ruim nos trechos 4, 2 e 1. Pela alternativa 2 o rio encontra-se em nível oligotrófico no trecho 7, em nível mesotrófico no trecho 6, em estado supereutrófico nos trechos 5, 4 e 3 e por fim, encontra-se em estado hipereutrófico nos trechos 2 e 1.

Palavras-chave: Integridade. Protocolo de Avaliação Rápida. Rios Urbanos. Qualidade da Água. Revitalização.

ABSTRACT

The urbanization process without environment planning has been resulting in various disturbances in ecosystems. A reflect of this interference is the strong degradation degree of courses of water in urban areas. Rivers are important nature components, they regulate a series of phenomena and they assume direct role on people daily, because they are linked with life quality of populations. As a result, there is a growing need for alternative solutions that incorporate the rivers back on city landscapes. Presents itself in this sense a broader concept that is the revitalization, or recover biotic and abiotic aspects near to primitive and integrity level. However, it doesn't occur without a rivers assessing integrity method, it's a basic premise to perform any activity relating to recovery of these environments. The Rapid Assessment Protocols (RAP) appear with this finality, among the parameters approached on the RAPs is the water quality. In this context the present study realized in Córrego Grande river on Florianópolis – SC aims to establish a group of water quality variables to be followed on RAPs rivers integrity on urban areas for the revitalization process. To reach the aim proposed it was necessary to apply a participative methodology, where it was necessary a specific literature review and consultation with experts from different fields. With this methodology it established integrity stages for framing rivers in function of water quality analysis results. Parallel it was verified the applicability of Trophic Index (TRIX) as a second alternative. As a result of the research it was possible to determine the most relevant variables such as water quality variable: Dissolved Oxygen, Biochemical Oxygen Demand, Hydrogen Potential, Fecal Coliforms and Turbidity. With the implementation of the protocol it was obtained as a result to Córrego Grande river, that it is, for the alternative 1, with integrity desirable on stretch 8 and 7, moderate integrity on stretch 6, 5, 3 and bad integrity on stretch 4, 2 and 1. For the alternative 2 the river level is oligotrophic on stretch 7, mesotrophic level on stretch 6, the supertrophic level on stretch 5, 4 and 3 and finally, is hypereutrophic level on stretch 2 and 1.

Key-words: Integrity. Rapid Assessment Protocols. Urban Rivers. Water Quality. Revitalization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama esquemático mostrando a distinção entre restauração, reabilitação e remediação.	37
Figura 2 - Fluxograma da pesquisa.	57
Figura 3 - Localização da Bacia Hidrográfica do Itacorubi.	58
Figura 4 - Mapa de localização dos bairros da Bacia do Itacorubi.	59
Figura 5 - Bacia do Itacorubi com suas sub-bacias e áreas.	60
Figura 6 - Hipsometria da Sub-bacia do Córrego Grande.	63
Figura 7 – Ocupação do solo na Sub-bacia do Córrego Grande.	65
Figura 8 – Limites de área de preservação e pressão urbana na Sub-bacia do Córrego Grande.	67
Figura 9 – Localização dos trechos e dos pontos de coleta.	75
Figura 10 – Oxímetro utilizado na pesquisa.	81
Figura 11 – Equipamento para análise de coliformes utilizado na pesquisa.	81
Figura 12 – Equipamento para análise de DBO ₅ utilizado na pesquisa.	82
Figura 13 – Equipamento para análise de turbidez utilizado na pesquisa.	82
Figura 14 – pHmetro utilizado na pesquisa.	83
Figura 15 – Fotografia aérea do trecho 1 com o ponto de coleta.	96
Figura 16 – Foto1: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 1.	97
Figura 17 – Foto2: Vista a jusante do ponto de coleta – trecho 1.	97
Figura 18 – Fotografia aérea do trecho 2 com o ponto de coleta.	99
Figura 19 – Foto3: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 2.	100
Figura 20 – Foto 4: Vista a jusante do ponto de coleta - trecho 2.	100
Figura 21 – Fotografia aérea do trecho 3 com o ponto de coleta.	102
Figura 22 – Foto5: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 3.	103
Figura 23 – Foto6: Vista a jusante do ponto de coleta – trecho 3.	103
Figura 24 – Fotografia aérea do trecho 4 com o ponto de coleta.	105
Figura 25 – Foto7: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 4.	106
Figura 26 – Foto8: Vista a jusante do ponto de coleta – trecho 4.	106
Figura 27 – Fotografia aérea do trecho 5 com o ponto de coleta.	108
Figura 28 – Foto9: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 5.	109
Figura 29 – Foto10: Vista a jusante do ponto de coleta – trecho 5.	109
Figura 30 – Fotografia aérea do trecho 6 com o ponto de coleta.	111
Figura 31 – Foto11: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 6.	112
Figura 32 – Foto 12: Vista a jusante do ponto de coleta – trecho 6.	112
Figura 33 – Fotografia aérea do trecho 7 com o ponto de coleta.	114
Figura 34 – Foto13: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 7.	115
Figura 35 – Foto14: Vista a jusante do ponto de coleta – trecho 7.	115

Figura 36 – Fotografia aérea do trecho 8 com o ponto de coleta.	117
Figura 37 – Foto15: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 8...	118
Figura 38 – Foto16: Vista a jusante do ponto de coleta – trecho 8.	118
Figura 39 – Condições climáticas nos dias anteriores a coleta.	121

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fatores de degradação e suas consequências.	31
Quadro 2 - Principais agentes poluidores das águas.	34
Quadro 3 - Termos utilizados em revitalização.....	38
Quadro 4 - Categorias e atributos para avaliação rápida da zona ripária.	41
Quadro 5 - Abordagem da concepção no tratamento de rios.	45
Quadro 6 - País, rio, programa ou projeto e fonte bibliográfica das experiências em revitalização.....	46
Quadro 7 - Variáveis de qualidade da água.....	50
Quadro 8 - Localização e comprimento dos trechos de pesquisa do rio Córrego Grande.	74
Quadro 9 - Indicador Poluição e seus parâmetros.	76
Quadro 10 – Novo indicador Poluição para aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de integridade de rios.	80
Quadro 11 – Métodos utilizados na pesquisa segundo análise realizada.	83
Quadro 12 - Variáveis destacadas a partir da revisão bibliográfica para compor o PAR.....	86
Quadro 13 - Variáveis em comum e divergente entre o Quadro 12 e Tabela 10.....	88
Quadro 14 - Grupo final de variáveis da qualidade da água.	89
Quadro 15 - Faixas de concentração limite para a variável Oxigênio Dissolvido (OD).	93
Quadro 16 - Faixas de concentração limite para a variável Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅).	94
Quadro 17 - Faixas de concentração limite para a variável Coliformes Fecais (CF).	94
Quadro 18 – Faixas de concentração limite para a variável Turbidez (Tu).....	94
Quadro 19 - Faixas de concentração limite básico e ácido para a variável Potencial Hidrogeiônico (pH).	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coliforme fecal como parâmetro de qualidade da água e seus limites segundo grau de impacto.	53
Tabela 2 - Escala qualitativa e quantitativa de integridade de cursos d'água em áreas urbanas.	71
Tabela 3 - Níveis tróficos segundo concentração de Fósforo Total, Clorofila <i>a</i> e IET.	72
Tabela 4 - Escala qualitativa e quantitativa de integridade de rios, baseado no IET.	73
Tabela 5 - Presença de resíduos sólidos depositados nas margens ou no leito menor do curso d'água.	77
Tabela 6 - Lançamento de efluentes, conexões de esgotos.	77
Tabela 7 - Lançamento de águas pluviais urbanas.	78
Tabela 8 - Alternativa 1 para avaliação do parâmetro Qualidade da Água no novo indicador Poluição.	79
Tabela 9 - Alternativa 2 para avaliação do parâmetro Qualidade da Água no novo indicador Poluição.	79
Tabela 10 - Variáveis selecionadas pelos especialistas.	87
Tabela 11 – Resultado das análises de qualidade da água para todos os trechos.	120
Tabela 12 – Aplicação do protocolo – alternativa 1.	128
Tabela 13 – Resultado final da aplicação do protocolo – alternativa 1.	129
Tabela 14 – Aplicação do protocolo – alternativa 2.	130
Tabela 15 – Resultado final da aplicação do protocolo – alternativa 2.	131
Tabela 16 – comparativo entre graus de impactos obtidos no rio para as duas alternativas.	135

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMC – Área Mista Central
AMJA – Associação de Moradores Jardim Albratroz
AMOGER – Associação de Moradores Jardim Germânia
ANA – Agência Nacional de Águas
APL – Área de Preservação Limitada
APP – Área de Preservação Permanente
ARE – Área Residencial Exclusiva
BHI – Bacia Hidrográfica Itacorubi
BMP – Best Management Practices
CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiental
ECS-WCC – Eastern Canada Soil and Water Conservation Centre
ENS – Engenharia Sanitária e Ambiental
EPA – Environmental Protection Agency
GPS – Global Position System
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IET – Índice de Estado Trófico
IQA – Índice de Qualidade de Água
NEA – Núcleo de Estudo da Água
NMP – Número Mais Provável
NSF – National Sanitation Foundation
PAR – Protocolo de Avaliação Rápida
RAP – Rapid Assessment Protocol
RBP – Rapid Bioassessment Program
SIG – Sistema de Informação Geográfica
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
USEPA – United Nation Environmental Protection Agency
WQI – Water Quality Index
WSUD – Water Sensitive Urban Design

CF – Coliformes Fecais
CL – Clorofila a
COT – Carbono Orgânico Total
CT – Coliformes Totais
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO – Demanda Química de Oxigênio
NH₃ – Amônia

NO₂ – Nitrito
NO₃ – Nitrato
NTK – Nitrogênio Kjeldahl Total
pH – Potencial Hidrogeiônico
PT – Fósforo Total
SDF – Sólidos Dissolvidos Fixos
SDT – Sólidos Dissolvidos Totais
SDV – Sólidos Dissolvidos Voláteis
SSed – Sólidos Sedimentáveis
SSF – Sólidos Suspensos Fixos
SST – Sólidos Suspensos Totais
SSV – Sólidos Suspensos Voláteis
ST – Sólidos Totais
STF – Sólidos Totais Fixos
STV – Sólidos Totais Voláteis
T – Temperatura

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 OBJETIVOS	27
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	29
3.1 COMPONENTES DO SISTEMA FLUVIAL	29
3.2 IMPACTOS AMBIENTAIS DE FONTE ANTRÓPICAS	30
3.3 REVITALIZAÇÃO DE CURSOS D'ÁGUA	36
3.3.1 Metodologias para Revitalização.....	39
3.3.2 Experiência Internacional e Nacional	45
3.4 QUALIDADE DA ÁGUA.....	49
3.4.1 Índice de Qualidade da Água e Índice de Estado Trófico	51
3.4.2 Variáveis de Qualidade da Água Utilizadas para o Processo de Revitalização	52
3.5 PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO RÁPIDA.....	54
4 METODOLOGIA	57
4.1 LOCAL DE ESTUDO	58
4.1.1 O Rio Córrego Grande	61
4.2 CONSTRUÇÃO DO GRUPO DE VARIÁVEIS DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	69
4.2.1 Critérios para Escolha das Variáveis de Qualidade da Água	69
4.2.2 Escala das Variáveis de Qualidade da Água.....	70
4.3 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO.....	71
4.4 COLETA E ANÁLISE DA ÁGUA	73
4.5 ESTABELECIMENTO DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA: INDICADOR POLUIÇÃO.....	76
4.6 MATERIAIS E MÉTODOS	80
4.6.1 Materiais.....	80
4.6.2 Método	83
5 RESULTADOS.....	85

5.1 VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA ÁGUA: REVISÃO	
BIBLIOGRÁFICA	85
5.2 VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA ÁGUA: RESPOSTA DOS ESPECIALISTAS	86
5.3 GRUPO FINAL DE VARÁVEIS DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA O PAR	88
5.3.1 Limites entre Graus de Integridade das Variáveis Escolhidas	93
5.4 RESULTADOS DAS ANÁLISES	95
5.5 APLICAÇÃO DO PROTOCOLO.....	127
5.5.1 Alternativa 1.....	127
5.5.2 Alternativa 2.....	130
5.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	132
5.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	138
6. CONCLUSÃO	141
7. RECOMENDAÇÕES	143
REFERÊNCIAS.....	145
APÊNDICE A – Resumo enviado aos especialistas antes da aplicação do questionário	151
APÊNDICE B – Questionário enviado aos especialistas.	153
APÊNDICE C – Questionário respondido pelos especialistas. ...	155
APÊNDICE D – Orçamento das análises de água realizadas na pesquisa.....	159
ANEXO A – Ficha de caracterização de degradação ambiental.	161
ANEXO B – Indicadores e parâmetros.....	163
ANEXO C – Parâmetros medidas de revitalização.....	165

1 INTRODUÇÃO

O desequilíbrio dos ecossistemas pode ser causado por meio de duas situações distintas: a ação de fenômenos naturais (vendavais, terremotos, enchentes, furacões, entre outros) e a ação antrópica (desmatamentos, degradação de mananciais, impermeabilização das superfícies, canalização dos rios, poluição atmosférica e dos corpos d'água, retirada da mata ciliar, etc.) (DALLA COSTA, 2008).

Sobre o desequilíbrio dos ecossistemas causados pela ação antrópica o Brasil possui grandes desafios no aspecto de conservação dos rios, sobretudo nos centros urbanos. Pompêo, (2000) afirma que as enchentes em centros urbanos são derivadas do desmatamento, substituição da cobertura vegetal, parcelamento do solo, impermeabilização de grandes superfícies, ocupação de áreas ribeirinhas, obstrução de canalizações e obras de drenagem sem harmonia e integradas aos sistemas naturais.

Este crescimento dos centros urbanos a qualquer custo reflete no cenário atual de alta degradação dos recursos hídricos. Devido a grande disponibilidade de água de algumas regiões do Brasil, de modo geral, a sociedade deixou de lado a preocupação com a possível contaminação dos rios e do meio ambiente. A sociedade visualizou apenas o uso deste recurso nas atividades humanas sem considerar seu valor dentro do equilíbrio ecológico ou até mesmo seu valor social como conservação de uma cultura local, por exemplo.

Ao discutir as causas da ação antrópica nos rios têm-se a necessidade de refletir sobre a forma como ocorre a ocupação do solo. É possível definir a estrutura espacial urbana como o resultado dos processos interdependentes por quais se apresentam em lugares específicos, primeiro as construções e depois as atividades (MARTIN; MARCH; ECHEBIQUE, 1975).

Em um conceito moderno e abrangente tem-se que o espaço de uma grande cidade capitalista constitui-se, em primeiro momento, de sua apreensão no conjunto de diferentes usos da terra justapostos entre si. Tais usos definem áreas, como centro da cidade, local de concentração de atividades comerciais, de serviços e de gestão, áreas industriais, áreas residenciais distintas em termos de forma e conteúdo social, de lazer e, entre outras, aquelas de reserva para futura expansão. Este complexo conjunto de usos da terra é, na realidade, a *organização espacial* da cidade ou, simplesmente, o espaço urbano, que aparece assim como espaço fragmentado (CORRÊA, 1993).

O processo de urbanização das cidades brasileiras já é fato constatado e previsto para continuar nos próximos anos, sobretudo nas cidades litorâneas. Como mostra o IBGE (2010) 84% da população brasileira vive em centros urbanos. De fato este processo deve progredir, espera-se em contrapartida que ocorra um planejamento sustentável das cidades, ou seja, um planejamento integrando sociedade e suas atividades ao meio ambiente no âmbito local e regional.

Os rios possuíam relevância significativa para sociedade, podendo ser constatada historicamente como viabilizador da fixação de populações de diversas espécies, inclusive a humana, é regulador do ciclo ecológico (biótico e hidrológico). Posteriormente o rio foi fazendo parte crucial nas atividades desenvolvidas nas cidades, desde a geração de alimentos, fabricação de produtos à limpeza de roupas, recreação e eliminação de resíduos (humanos e fabris).

Atualmente os rios continuam tendo importância no cotidiano das populações, mas sua relevância foi diminuindo ao ponto do seu “sepultamento”, ou seja, os contraditórios tamponamentos. Uma solução ainda Higienista do século XVIII que pouco traz benefícios.

Muitos destes impactos cometidos podem ser eliminados com ações não estruturais (prevenção da poluição, educação, fiscalização e outros) e também com ações estruturais como obras de engenharia (tratamento de efluentes, drenagem pluvial, revitalização e outros). A exemplo pode-se citar o WSUD (Water Sensitive Urban Design) elaborado na Austrália, que possui a premissa da gestão sustentável do ciclo urbano da água, e o BMP (Best Management Practices) estabelecido pelo órgão ambiental dos Estados Unidos da América EPA (Environmental Protection Agency), que estabelece uma lista de atividades práticas de gestão para prevenir e reduzir a descarga de poluentes nos corpos hídricos receptores.

Mediante esses fatos surge a necessidade de devolver ao espaço urbano a importância dos rios, não somente pelo aspecto ambiental de conservação do meio, mas também da inserção da relevância dos rios no cotidiano das pessoas.

A partir dos anos 80 se estabelece o conceito de revitalização dos cursos d'água urbanos, o que segundo Cardoso (2008) são tecnologias de intervenção que visem à preservação e à recuperação das condições naturais dos rios. Ou ainda a restauração da forma e processo do canal para a condição definida pelo estado natural de referência (SEAR; *et al.*, 2009).

Os objetivos da revitalização atingem os níveis físicos, bióticos e antrópicos (DALLA COSTA, 2008). No que tange os aspectos físicos

existem três características importantes no rio: hidrológica, geomorfológica e qualidade da água. Neste último, assim como nos outros, encontra-se uma relevância muito grande para o processo de revitalização, pois diz respeito particularmente aos poluentes, que tanto podem ser físicos quanto químicos. As finalidades da revitalização, e este trabalho também vêm ao encontro, são:

- Manter o equilíbrio ecológico e proteger os ecossistemas de rios;

- Combater a poluição;
- Proteger as margens contra a erosão;
- Valorizar as paisagens dos rios e das zonas de inundação;
- Proteger as pessoas e os bens contra as inundações.

A qualidade da água é a variável mais característica da saúde do curso d'água, sendo fator limitante da abundância e diversidade de espécies do sistema ecológico dos rios e também indicador de possibilidade de uso para recreação (PAUL & MEYER, 2001 *apud* FINDLAY & TAYLOR, 2006). Os parâmetros de qualidade da água já são largamente empregados em estudos de caracterização de um líquido, seja ele pluvial, industrial, fluvial, doméstico ou outro. Os parâmetros expressam o resultado de fenômenos naturais e/ou atuação do homem direta ou indiretamente na água com o meio abiótico e biótico (VON SPERLING, 2005). Através deles o gestor monitora, avalia e toma decisões.

O processo de revitalização bem como a construção dos parâmetros de qualidade da água não são possíveis sem um conceito maior que é o de indicadores. Estes constituem variáveis que transmitem informação sobre o estado e/ou tendência dos atributos (qualidade, características, propriedades) de um sistema (SOARES, 2011). No contexto ambiental, indicadores são parâmetros representativos, concisos e fáceis de interpretar utilizados para ilustrar as principais características de um determinado ambiente (MATTAR NETO, 2009).

Juntando a construção de indicadores ambientais, o processo de revitalização e a qualidade da água, se atinge a finalidade maior que é instituir um índice que possa fornecer ou avaliar a integridade dos rios. Medir a integridade dos rios seria segundo Minatti-Ferreira & Beaumord (2004) avaliar o nível de influência humana no rio, ou seja, mensura se o rio apresenta em todos seus aspectos suas melhores condições.

Atualmente metodologias para medir a integridade vêm sendo construídas, ou melhor adaptadas por agências internacionais de proteção ambiental, como os Protocolos de Avaliação Rápida (PAR). Segundo Rodrigues & Castro, (2008) os PARs foram criados para

fornecer dados básicos sobre a vida aquática, para fins de qualidade da água e gerenciamento dos recursos hídricos. A utilização dos PARs já são métodos tradicionais em alguns países, mas no Brasil ainda é incipiente e geralmente está ligada a atividades de pesquisa. Neste sentido este trabalho vem contribuir nesse aspecto.

Este trabalho é a continuidade de uma linha de pesquisa montada no Núcleo de Estudos da Água (NEA) no departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no qual já constam uma dissertação de mestrado e três trabalhos de conclusão de curso, sendo respectivamente realizados por Dalla Costa (2008), Freitas Filho (2010), Henriques Neto (2010) e Rigotti (2010). Por isso e pelo que foi exposto acima este trabalho justifica sua elaboração com o objetivo de estabelecer um grupo de variáveis de qualidade da água a serem seguidos no protocolo de avaliação rápida de integridade dos cursos d'água em áreas urbanas para o processo de revitalização.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é estabelecer um grupo de variáveis de qualidade da água a serem seguidos no protocolo de avaliação rápida de integridade dos cursos d'água em áreas urbanas para auxiliar o processo de revitalização.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São objetivos específicos desta pesquisa:

1. Identificar as variáveis de qualidade da água existentes, mais relevantes para a caracterização de integridade de rios em áreas urbanas;
2. Verificar a aplicabilidade do Índice de Estado Trófico na avaliação de integridade de rios em áreas urbanas;
3. Ajustar o indicador Poluição estabelecido por Freitas Filho (2010) na Ficha de Caracterização de Degradação Ambiental.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo pretende abordar a revisão bibliográfica da pesquisa reunindo o maior número de informações relevantes para fundamentação do trabalho ao leitor e da metodologia a ser aplicada. Neste capítulo são descritos temas como caracterização do funcionamento de um rio, os impactos ambientais provocados pelas atividades humanas e os impactos destas no sistema fluvial. Além disto, é mostrado o conceito de revitalização de rios e a experiência no âmbito nacional e internacional. Também é exposto o assunto variáveis de qualidade da água e como eles vêm auxiliando no processo de revitalização, na construção de indicadores e na indicação de integridade dos cursos d'água.

3.1 COMPONENTES DO SISTEMA FLUVIAL

Para concretizar o objetivo do trabalho se faz necessário inicialmente analisar os rios, entender as características morfológicas e os processos que integram o sistema fluvial e são responsáveis pela configuração natural dos rios.

Segundo Schwarzbold (2000) os rios possuem os seguintes componentes abióticos: hidrologia, clima e geomorfologia. Hidrologicamente o rio é um sistema aberto, com um fluxo contínuo da nascente a foz, cujo vetor é determinante das características de cada unidade fluvial e da continuidade biótica que a constitui. O clima é o condicionante básico da tipologia, sobretudo da variável precipitação, que se definem as condições hidrológicas e ecológicas. Geomorfologicamente um rio é visto como etapa ou elo do ciclo hidrológico, como um lócus de erosão, transporte e deposição do material dissolvido, suspenso ou carregado. Desta variável depende diretamente a dinâmica do rio ou o efeito da força da água, modificando o leito por erosão ou acumulação.

Com base nessas colocações tem-se uma percepção primária das características que serão encontradas nos rios, conforme a localização do trecho na bacia hidrográfica. Este dado contribui para a caracterização da área e a avaliação do grau da degradação do ri, segundo Rigotti, (2010).

Ainda Schwarzbold (2000) afirma que no Brasil a maioria dos rios são do tipo *eureico*, ou seja, localizados em zonas úmidas em toda a sua extensão. Os rios desta tipologia apresentam algumas características comuns como vazão sem intermitência e com picos de

cheias, todos apresentam foz localizada em área fixa, suas águas não salinizam, o escoamento ocorre pela calha do rio, mas nos trechos inferiores há a tendência de formação de meandros e o escoamento através da planície de inundação.

Ruppenthal; Nin & Rodrigues (2007) também afirmam que o rio é um sistema aberto relacionado aos processos ecológicos da bacia hidrográfica. Os mesmos autores propõem que o ecossistema dos cursos d'água apresenta um ambiente de extraordinária dinâmica, diversidade e complexidade, resultado das interações entre o meio biótico e abiótico, o qual é representado por trocas multidirecionais em cinco dimensões longitudinal, transversal, vertical, com a atmosfera e por último a temporal.

Com a sucinta descrição do estudo da limnologia fica mais claro entender que as alterações nos rios não somente interferem no regime hidrológico do mesmo, mas também no micro clima local ou no clima de uma região atual ou futura e na sua geomorfologia. Alterações estas que serão abordadas no item a seguir.

3.2 IMPACTOS AMBIENTAIS DE FONTE ANTRÓPICAS

É coerente iniciar este item definindo um impacto ambiental, que segundo a Resolução 001/1986, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) é:

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais” (CONAMA, 1986).

Em várias partes do mundo os sistemas de rios têm sido dramaticamente alterados em suas características. Essas alterações têm sido provocadas diretamente pela construção de represas, reservatórios, retificação e canalização de rios. Indiretamente pelo uso continuado e inadequado do solo que vem provocando o aumento de carga de poluentes através da drenagem difusa, sem contar a descarga de regiões mais populosas e/ou industrializadas (SCHWARZBOLD, 2000).

Dos impactos mais significativos na alteração destaca-se a remoção da mata ciliar e a impermeabilização de grandes áreas. Quando elas ocorrem sobrepostas, ou seja, ocorre a ocupação e impermeabilização da faixa ripária ou área maior, as consequências são ainda piores. Estes são elementos importantes no ciclo hidrológico, pois a remoção da mata ciliar causa erosão, assoreamento, diminuição da retenção da água, perda dos nutrientes do solo e perda da biodiversidade. Por conseguinte, a impermeabilização proveniente do processo de urbanização eleva o escoamento superficial, eleva o pico de descarga máxima e diminui o tempo de retenção, a taxa de infiltração e recarga de águas subterrâneas e redução do escoamento básico. Essas constatações podem ser verificadas nos trabalhos de Kobiyama, *et al.* (2008), Pompêo (2000), Tucci & Montenegro (2005) e Canholi (2005).

O Quadro 1, realizado por Dalla Costa (2008), reúne as causas e consequências das ações antrópicas nos rios.

Quadro 1 - Fatores de degradação e suas consequências.

Fator de degradação	Consequências (meio físico, biótico e antrópica)
Degradação e/ou remoção da mata ciliar	• Instabilidade das margens causando erosão e assoreamento
	• Aumento das inundações
	• Diminuição da biodiversidade da região (fauna e flora)
Erosão das margens	• Fenômenos de sedimentação e assoreamento preenchendo o volume original dos rios, contribuindo assim para a ocorrência de enchentes
	• Morte da fauna e da flora no fundo dos rios e lagos por soterramento
	• Turbidez das águas dificultando a ação da luz solar no processo de fotossíntese, importante para a purificação e oxigenação das águas
	• Deslocamentos repentinos de grandes massas de terra e rochas que desprendem do talude

Fator de degradação	Consequências (meio físico, biótico e antrópica)
Assoreamento da seção transversal	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição da capacidade de escoamento dos condutos, rios e lagos urbanos
Obstrução ao escoamento	<ul style="list-style-type: none"> • Reduz a capacidade de escoamento
	<ul style="list-style-type: none"> • A obstrução é causada por construções que diminuem o espaço para a drenagem
	<ul style="list-style-type: none"> • A obstrução por aumento de sedimentos e lixo além de contribuir para o mau funcionamento do sistema de drenagem piora as condições ambientais.
Retificação da seção transversal, corte de meandros e canalizações	<ul style="list-style-type: none"> • Alteração dos ecossistemas e eliminação das áreas naturais de inundação
	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da erosão
	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento do risco de extravasamento das calhas dos rios em consequência da diminuição da retenção natural
	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da vazão de pico e da velocidade do escoamento
	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento do risco de inundações a jusante
Pontes (indicar em que estado encontra-se a seção transversal)	<ul style="list-style-type: none"> • Geralmente são construídas sem a utilização de critérios de projeto compatíveis com as necessidades de escoamento, podendo auxiliar na ocorrência de enchentes.
Presença de sedimentos e material sólido	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição da qualidade estética e paisagística
	<ul style="list-style-type: none"> • Perda ou diminuição dos habitats naturais (terrestres ou aquáticos)
	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação das águas pluviais devido ao transporte de poluentes agregado ao sedimento

Fator de degradação	Consequências (meio físico, biótico e antrópica)
Lançamento de efluentes	• Processo de eutrofização
	• Odores
	• Deposição de sólidos sedimentáveis
Edificações nas margens	• Impermeabilização do solo e consequente aumento na frequência de inundações
	• Aumento da poluição devido ao esgoto sanitário e o lixo gerado pelos moradores
	• Degradação das margens (erosão e sedimentação)
	• Diminuição da seção transversal

Fonte: Adaptado DALLA COSTA, (2008).

A qualidade de um curso d'água pode ser entendida como um resultado de todas as interferências citadas no quadro anterior e que definirão um estágio de integridade ou um grau de poluição.

É importante expor o conceito de poluição das águas, que segundo Von Sperling (2005) significa: “*a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos*”. Portanto, pode-se relacionar que os componentes presentes na água terão relação direta e indireta com o uso desta que em geral podem ser doméstico, rural e industrial.

Para Finotti, et. al, (2009) os principais processos que interferem na qualidade da água nas áreas urbanas são: a drenagem urbana, o lançamento de esgotos e industriais e a contaminação inadequada por resíduos sólidos e a supressão de mata ciliar. O Quadro 2 mostra as fontes antrópicas relacionadas com seu possível efeito poluidor, o parâmetro que melhor à representa e uma escala de importância.

Quadro 2 - Principais agentes poluidores das águas.

Possível efeito poluidor	Fonte				Principais parâmetros representativo	Constituinte
	Águas residuárias		Águas pluviais			
	Urbanas	Industriais	Urbanas	Agricultura e pastagem		
Problemas estéticos; Depósito de lodo; Adsorção de poluentes; Produção de patogênicos.	xxx	< >	xx	x	Sólidos em suspensão totais.	Sólidos em suspensão
Crescimento excessivo de algas; Toxicidade aos peixes; Doença em recém nascidos; Poluição da água subterrânea.	xxx	< >	xx	x	Nitrogênio; Fósforo.	Nutrientes
Toxicidade; Espumas; Redução da transferência de oxigênio; Biodegradabilidade reduzida ou inexistente; Maus odores.	xx	< >	xx	xx	Pesticidas; Alguns detergentes; Produtos farmacêuticos; Outros.	Matéria orgânica não biodegradável

Possível efeito poluidor	Fonte				Principais parâmetros representativo	Constituinte
	Águas residuárias		Águas pluviais			
	Urbanas	Industriais	Urbanas	Agricultura e pastagem		
Consumo de oxigênio; Mortandade de peixes; Condições sépticas.	xxx	< >	xx	x	Demanda bioquímica de oxigênio.	Matéria orgânica biodegradável
Doenças de veiculação hídrica	xxx	< >	xx	x	Coliformes.	Organismos patogênicos
Toxicidade; Inibição do tratamento biológico dos esgotos; Problema da disposição do lodo na agricultura; Contaminação da água subterrânea.	xx	< >	x		Elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn e outros).	Metais
Salinidade; Toxicidade de plantas; Problemas de permeabilidade do solo.	xx	< >		x	Sólidos dissolvidos totais; Condutividade elétrica.	Sólidos inorgânicos dissolvidos

x: pouco xx: médio xxx: muito < > variável em branco: usualmente não importante

Fonte: Adaptado VON SPRLING, (2005)

Duncan (1999) *apud* Landson (2004) realizou uma revisão em 150 artigos técnicos relacionados com a interferência antrópica na qualidade da água e concluiu que a urbanização traz o aumento da concentração de:

- Sólidos em suspensão;
- Fósforo total;
- Nitrogênio total;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO);
- Demanda Química de Oxigênio (DQO);
- Número de Coliformes Totais e Fecais;
- Chumbo, Zinco e Cobre;
- Temperatura.

Com o que foi visto anteriormente pode-se dizer que o aspecto qualidade da água nos rios urbanos diz respeito particularmente aos poluentes, que tanto em termos físicos quanto químicos, é a variável mais característica da saúde do curso d'água, sendo fator limitante da abundância e diversidade de espécies no sistema ecológico dos rios e também indicador de possibilidade de uso para abastecimento, recreação e outros (PAUL & MEYER, 2001 *apud* FINDLAY & TAYLOR, 2006). Conclui Dalla Costa (2008) sobre este tema que é importante notar que a reabilitação da qualidade da água é essencial para retomar os fatores como a recreação e a ecossistema.

3.3 REVITALIZAÇÃO DE CURSOS D'ÁGUA

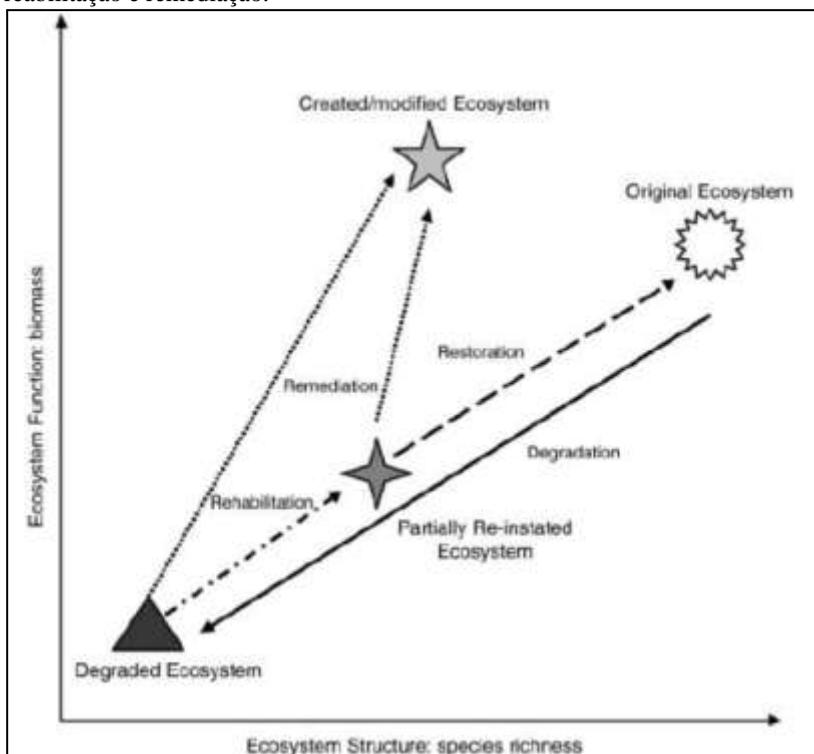
A idéia de reintroduzir no ambiente urbano a estrutura e função do corpo d'água começou a emergir a partir da década de 80, trazendo a conservação e a recuperação de rios e córregos como prioridade para uma série de países, onde uma grande variedade de ações têm sido propostas e discutidas (MANUELZÃO, 2010).

Se faz necessário uma breve exposição dos termos utilizados e conceitos usados nas diversas pesquisas realizadas, como renaturalização, revitalização, reabilitação, recuperação e restauração. Dalla Costa (2008) identificou que o termo renaturalização é mais utilizado na Europa, restauração ecológica ou restauração nos Estados Unidos e Austrália, e como prática e conceito, começa a ser discutido no Brasil o termo revitalização.

De acordo com Findlay & Taylor (2006) o termo **restauração** descreve o retorno de um ecossistema natural inteiramente recuperado. Já o termo **reabilitação** refere-se a uma condição ao longo de alguns

vetores da restauração onde elementos do sistema biofísico natural são retomados, mas nem todos. Outro termo apresentado é a **remediação**, o qual significa a melhoria do ambiente através da modificação do ecossistema em uma determinada área e não do retorno ao ecossistema original. A distinção entre os termos apresentados acima é mostrada na Figura 1.

Figura 1 - Diagrama esquemático mostrando a distinção entre restauração, reabilitação e remediação.



Fonte: Adaptado de FINDLAY & TAYLOR, (2006).

Há aspectos interessantes para se discutir sobre a figura acima. A discussão inicia com a pergunta; Que nível de integridade se quer devolver ao rio? Se a resposta for; Deseja-se alcançar níveis originais do ecossistema, o caminho mais adequado é a restauração. Embora, alguns pesquisadores defendam a idéia de que uma vez alterado não é possível chegar a níveis do ecossistema natural.

Existem ainda duas opções, se a resposta for; Deseja-se alcançar um ambiente no qual as condições são próximas ao estado natural. A primeira opção depende dos objetivos intermediários, pois se pode privilegiar a diversidade de espécies aumentando a estrutura do ecossistema, onde o caminho mais rápido é a reabilitação, de uma ou mais estruturas. Ou quando se deseja privilegiar a quantidade das espécies existentes com uma taxa maior que a diversidade, neste caso o caminho adequado seria a remediação, sendo esta a segunda opção.

Por fim, a resposta pode ser; Deseja-se alcançar partes do sistema natural ou alcançar um estágio intermediário do sistema natural. Assim a metodologia possivelmente mais correta é a reabilitação.

Outros julgamentos ainda podem ser feitos como a impossibilidade de se alcançar um ecossistema original a partir de um sistema criado, ou remediado. A restauração passa obrigatoriamente pela reabilitação e, portanto, pode-se dizer que a reabilitação faz parte da restauração.

Sear *et. al.* (2009) mostra em sua metodologia os termos usados na definição da estratégia de restauração, como visto a seguir no Quadro 3.

Quadro 3 - Termos utilizados em revitalização.

Termos	Definição
Restauração	Restauração da forma e processo do canal para a condição definida pelo estado natural de referência.
Reabilitação	Modificação física para a forma do rio recriar suas características físicas dos habitats do estado natural de referência.
Melhoria	Adicionar elementos estruturais para melhorar a diversidade física do habitat.
Assistência a recuperação natural	Ampliar os processos existentes para encorajar a recriação de habitats físicos.
Proteção e monitoramento	Proporcionar a proteção legal para o local e monitorar as mudanças na classificação.
Conservação e monitoramento	Proteger o local contra maior degradação não necessariamente com a legislação e monitorar a mudança na classificação.

Fonte: Adaptado SEAR *et. al.*, (2009).

Revitalização é um conceito mais realista, não pretende retornar o rio ao seu estado natural como renaturalização ou restauração, pois isto é questionável quando se trata o rio como um sistema aberto numa bacia hidrográfica. Revitalização, portanto trata da recuperação das funções hidráulicas, hidrológicas e ecológicas dos cursos d'água e sua área de influência (RIGOTTI, 2010). Revitalização é um processo que envolve os aspectos físicos, bióticos e antrópicos no sentido da conservação e recuperação das funções destes aspectos ao seu nível de equilíbrio ou integridade.

Segundo Dalla Costa (2008) os objetivos da revitalização abrangem aspectos físicos, bióticos e antrópicos que prevêm e promovem a conservação do ecossistema.

3.3.1 Metodologias para Revitalização

Existe atualmente um número cada vez maior de metodologias de revitalização, entretanto todas têm como finalidade determinar um conjunto de ações ou medidas para definitivamente recuperar a integridade dos rios. Isto gera a necessidade de um diagnóstico da situação deste ecossistema, onde para a restauração será necessário um estudo abrangente e o mais completo possível. Para a revitalização se faz necessário um estudo abrangente, mas mais simplificado que para a restauração. Para a reabilitação será necessário um estudo específico completo daquela característica que se deseja reabilitar.

A avaliação da degradação ou integridade, dependendo de como é a metodologia, proporciona o diagnóstico do ecossistema. Entre as metodologias mais utilizadas estão as fichas de caracterização da degradação ambiental que envolve vários aspectos bióticos e abióticos. Dentre essas fichas encontram-se as de método expedito que requer apenas visitas à campo ou as tradicionais que requerem avaliações laboratoriais ou outras análises complementares que auxiliem na valoração do impacto e preenchimento da ficha.

Cardoso (2008) estabeleceu o seguinte método para revitalização em um curso d'água: Etapa 1 - Delimitação e diagnóstico do trecho do curso a sofrer intervenção; Etapa 2 - Identificação das alternativas de intervenção; Etapa 3 - Avaliação das alternativas de intervenção e Etapa 4 - Comparação entre as alternativas de intervenção.

Etapa 1. A divisão dos trechos deve ser homogênea não em distância, mas em características de uso do solo. No tocante ao diagnóstico, devem ser caracterizadas as condições geomorfológicas, ambientais, sanitárias, hidrológicas, hidráulicas e de uso e ocupação do

solo em que se encontram o curso de água a sofrer intervenção, de forma a auxiliar a avaliação de impactos das alternativas de projeto.

Etapa 2. Mediante os objetivos da intervenção será possível a identificação de alternativas. Uma alternativa deverá ser estabelecida dentro da premissa de buscar a manutenção do curso de água nas condições mais naturais possíveis, de forma realista e compatível com as alterações já produzidas na bacia hidrográfica.

Etapa 3. Construção de indicadores que visam avaliar de forma qualitativa os impactos e atribuir-lhes de graus de interferência. Estudos mais aprofundados deverão ser realizados em etapas subseqüentes, após aprovadas as alternativas de intervenção.

Etapa 4. As alternativas deverão ser comparadas com a solução considerada desejável para a real condição do curso de água. A situação diagnosticada no local deve ser considerada como referência e base de comparação para as demais alternativas, sendo que, para ela, todos os indicadores receberão pontuação equivalente a zero.

Minatti-Ferreira & Beaumord (2004) utilizaram uma metodologia de avaliação rápida da integridade ambiental com o intuito de identificar e interromper os processos de degradação da bacia hidrográfica do rio Itajaí-Mirim no município de Brusque. Esse protocolo avaliou os atributos:

- Substrato de fundo;
- Complexidade do hábitat submerso;
- Qualidade dos remansos;
- Estabilidade e proteção dos barrancos e;
- Grau de proteção fornecido ao ambiente pela cobertura vegetal das margens.

Tais fatores foram selecionados, uma vez que características físicas positivas e qualidade da água desejável suplementam a sobrevivência biológica. A cada um dos itens foram atribuídos os valores: 20, para a situação ótima; 15, para a situação boa; 10, para a situação razoável; e 5, para a situação ruim, caracterizando-se assim cada parâmetro.

A metodologia segundo as autoras repercutiu em bons resultados, atendendo os objetivos para qual foi proposto. Entretanto, as autoras não forneceram o tempo que levou a aplicação da metodologia. Além disto, a avaliação dos atributos foi feita por ajuda de especialistas como explicou a autora na metodologia “*Cinco avaliadores devidamente treinados aplicaram o material em cinqüenta pontos georreferenciados [...]*” (MINATTI-FERREIRA & BEAUMORD, 2004).

A metodologia postulada por Taylor *et. al* (2004) é pautada em uma avaliação rápida da zona ripária. A primeira etapa é separar o rio em trechos conforme três características: Continuidade da zona ripária, largura da zona ripária e ocupação do solo. Realizada esta etapa deve-se analisar as características do rio segundo categorias e atributos, mostrados no Quadro 4. Então se avalia cada um dos atributos valorando de -10 a 10, onde -10 é um atributo gravemente prejudicial para o sistema e 10 quando o atributo é substancialmente positivo para a preservação do sistema. A ponderação de qual tem maior impacto de um atributo sobre o outro é de avaliação do gestor e das características do rio.

A avaliação final é feita mediante o somatório dos atributos e o número encontrado é enquadrado dentro de umas das seis faixas de valores padrão. Estes faixas vão de um ambiente excelente até severamente degradado. Os autores ainda complementam o número de pontos de análise dos atributos segundo a distância dos trechos:

- Trechos < 600m: 1 ponto de amostragem aproximadamente no meio do trecho.
- Trechos 600m - 2500m: 2 pontos de amostragem com igual distância dentro do trecho.
- Trechos > 2500m: 3 pontos de amostragem com igual distância dentro do trecho.

Quadro 4 - Categorias e atributos para avaliação rápida da zona ripária.

Categoria	Tributo
Características Locais	Uso do solo
	Extração de água
	Escavação do leito
	Resíduos
	Esgoto doméstico
	Odores
	Turbidez
Características do Canal	Forma
	Lagos ou cascatas
	Meandros
	Largura dos troncos carregados pelo rio

Categoria	Tributo
Assoreamento	Bancos de areia
	Ilhas
	Barragem
Erosão	Exposição das rochas do fundo
	Erosão da parte inferior das margens
	Deslizamento das margens
	Mudança da seção transversal
	Ravina/Sulcos
Vegetação Ripária	---
Avaliação da Estrutura Vegetal	---

Fonte: TAYLOR *et.al.*, (2004).

Calisto et. al., (2002) propuseram a partir da metodologia de Hannford et. al., (1997) avaliar o grau de deterioração dos ecossistemas aquáticos baseadas em sistemas de referências. A metodologia também se baseia na avaliação visual com dois quadros, cujo primeiro possui 10 categorias e o segundo 12 categorias. A avaliação também é feita através de um simples somatório caracterizando como um sistema de pontuação, no qual varia de 0 a 100, onde 0 a 40 são trechos impactados, de 41 a 60 são trechos alterados e 61 ou mais são trechos naturais.

A pesquisa consistiu em aplicar a metodologia com dois grupos de avaliadores, com e sem treinamento prévio nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. A pesquisa concluiu que não houve diferenças consideráveis nos dois grupos, o que consistiu uma boa ferramenta de gestão.

Fernandez & Sander, (2006) também aplicaram a mesma metodologia proposta por Calisto et. al., (2002) 13 trechos aleatórios da bacia hidrográfica do igarapé Caxangá, Boa Vista – RR. Estes autores tiveram resultados similares aos de Calisto et. al., (2002) e concluíram ainda que este protocolo pode ser utilizado como instrumento de educação ambiental.

Como apresentado na introdução, este trabalho é a continuidade de uma linha de pesquisa. Os trabalhos desenvolvidos também seguiram uma metodologia de caracterização ambiental e vêm se aproximando de uma avaliação rápida ou de um PAR. O primeiro trabalho, o de Dalla

Costa (2008) estabeleceu a Ficha de Caracterização de Degradação Ambiental (FCDA), mostrada no Anexo A. Concomitantemente foram realizados outros estudos, o de Freitas Filho (2010) e o de Henriques Neto (2010). O primeiro validou e melhorou a proposta de indicadores de degradação em rios e o segundo validou e melhorou a proposta de medidas revitalizadoras de rios, os indicadores podem ser observados no Anexo B e as medidas de revitalização no Anexo C. Rigotti (2010) foi o último trabalho, ela aplicou e avaliou a metodologia anterior numa bacia hidrográfica em Joinville – SC, já utilizando fotografias aéreas auxiliando na avaliação.

Como visto a zona ripária aparece em todas as metodologias como uma variável importantíssima tanto na avaliação da degradação quanto fator crucial para revitalização. ECS-WCC, (2011) faz uma revisão crítica no que tange o estabelecimento da zona ripária, sua importância, pontos críticos, taxas de remoção de poluentes, técnicas de plantio e tipos de plantas adequadas e a relação direta com a qualidade da água dos rios com a mata ciliar.

Há também outras metodologias que não somente a ficha de degradação ambiental. Atualmente se têm utilizado muito as ferramentas SIG (Sistema de Informação Global), principalmente as fotogrametrias para avaliação da intervenção humana no solo. Contudo, esta ferramenta vem sendo utilizada para uma avaliação histórica dos meandros do rio e do desenvolvimento da bacia hidrográfica ao longo do tempo. Nos trabalhos de Rigotti (2010) e Benigno *et.al* (2003) e na revitalização do rio Tâmisia (Manuelzão, 2010) ambos começaram analisando fotos da bacia hidrográfica.

Outra metodologia utilizada recentemente é escoar parte das águas do rio em eventos chuvosos e/ou no escoamento básico para tratamento em *wetlands*¹. Em Landson (2004) foram analisadas a qualidade da água de dois rios que passaram por *wetlands*. Concluiu-se com a pesquisa que os *wetlands* são muito efetivos na redução de sólidos totais, nitrogênio total e fósforo total no momento da chuva, mas em escoamento básico a carga de poluentes aumenta segundo o autor. O problema está em que no momento da chuva o *wetland* possui elevada

¹ Wetland - termo inglês traduzido literalmente como terra úmida, Pode ser definido como um ecossistema de transição entre ambientes terrestres e aquáticos. São áreas inundáveis (zonas úmidas) onde inúmeros processos e agentes (animais, plantas, solo, luz solar...) interagem, recebendo, doando e reciclando nutrientes e matéria orgânica, continuamente. Estes nutrientes servem de suporte a uma abundância de macro e micro espécies de organismos fotossintéticos que convertem compostos inorgânicos em compostos orgânicos (biomassa vegetal), utilizada direta ou indiretamente como alimento para animais e microrganismos (PHILIPPI &SEZERINO, 2004).

eficiência retendo a maior parte dos poluentes. Entretanto, quando a vazão do rio retorna ao escoamento básico, os poluentes retornam ao rio, pois a velocidade de remoção pelas plantas não é rápido. Em suma o sistema de *wetlands* funciona como retenção e não como remoção da carga poluente.

Outra metodologia também interessante de prevenção e proteção do meio ambiente ripário e hídrico, diferente da revitalização, são os parques lineares. Estes focam mais na recuperação natural do ambiente e na preservação do que já existe. Para Friedrich (2007) o parque linear torna-se atualmente um objeto estruturador de programas ambientais em áreas urbanas, sendo muito utilizado como instrumento de planejamento e gestão das áreas marginais aos cursos d'água, buscando conciliar tanto os aspectos urbanos e ambientais presentes nestas áreas como as exigências da legislação e a realidade existente.

Em geral todas as pesquisas e estudos de caso são feitas em um rio especificamente, mas remetem que para a completa caracterização da degradação e revitalização deve-se trabalhar na escala da bacia hidrográfica. Hillman & Brierley (2005) apontam essa deficiência nas metodologias sobre uma concepção de engenharia quando deveria ser ecossistêmica para reabilitação de rios, como assim utiliza o termo o autor (Quadro 5).

Quadro 5 - Abordagem da concepção no tratamento de rios.

Abordagem baseada na concepção da engenharia	Abordagem baseada na concepção de ecossistema
Propósito único	Objetivos múltiplos
Determinístico	Probabilístico
Especialista em engenharia	Interdisciplinaridade
Foco na construção	Intervenções contínuas
Escala de trechos	Escala de bacia
Escala de tempo hidráulica	Escala de tempo geomorfológica
Monitoramento externo	Monitoramento interno
Responsabilidade limitada	Compromisso de longo prazo
Manutenção separada do projeto	Manutenção na atividade de gestão
Agência governamental/ <i>top-down</i>	Participação/ <i>bottom-up</i>
Busca por estabilidade	Busca pela variabilidade natural
Desejo por resultados certos	Reconhecimento da incerteza

Fonte: Adaptado WILLIAMS, (2001) *apud* HILLMAN & BRIERLEY (2005).

3.3.2 Experiência Internacional e Nacional

Apesar de ser uma tendência nova já existem algumas experiências reconhecidas internacionalmente na busca da revitalização como Austrália, Inglaterra e França e no Brasil em Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. A seguir apresenta-se um quadro, Quadro 6, com os países que já realizaram algum tipo de ação nesse sentido, o rio em questão e a fonte bibliográfica.

Quadro 6 - País, rio, programa ou projeto e fonte bibliográfica das experiências em revitalização.

País	Rio	Programa ou Projeto	Fonte
Alemanha	Lech	- ¹	(Saunders; Rezende, 2007 <i>apud</i> Dalla Costa, 2008)
	Vils	-	
Inglaterra	Tâmisa	-	
França	Orge	Ille de France	(LEZY-Bruno; Oliveira, 2007 <i>apud</i> Dalla Costa, 2008)
Brasil - RJ	Aldeia Velha	-	(Saunders; Rezende, 2007)
Brasil - RJ	São João	-	(Benigno; Saunders; Wasserman, 2003)
Brasil - MG	Das Velhas	Manuelzão	(Manuelzão, 2010)
Brasil - RJ	Vargem Pequena	PLANÁGUA SEMADS/GTZ	(Dalla Costa, 2008)
Brasil - SP	Tijuco	Pró-Tijuco	(Peres; Mendiondo, 2004)
Canadá	-	Grand River Conservation Authority	(Hillman; Brierley, 2005)
	-	Fraser Basin Council	
França	-	Plan Loire Grand Nature	
Inglaterra	-	Mersey Basin Campaign	
Estados Unidos	-	Chesapeake	
Austrália	-	Murray-Darling Basin Commission	
	-	Hunter Catchment Management Trust	

País	Rio	Programa ou Projeto	Fonte
Brasil – SP	Tietê	-	(Manuelzão, 2010)
Brasil – MG	Mosquito		
França	Sena		
Alemanha	Isar		
Polônia	Socolowka		
Suíça	Reno		
França			
Alemanha			
Holanda			
Coréia do Sul	Cheonggy-cheon		
União Européia	Danúbio		
Estados Unidos	Anacostia		

¹ Não possui nome ou não foi encontrado.

Fonte: Autoria própria.

Destaca-se do artigo de Hillman & Brierley (2005) que este fez uma revisão crítica dos programas nos países por ele pesquisado e, portanto é possível saber como os programas se originaram, seus objetivos, se houve envolvimento da sociedade e quais esferas governamentais participaram.

Destaca-se entre os projetos importantes no cenário nacional o Projeto Manuelzão que visa a preservação de um dos principais rios do semiárido brasileiro, o rio São Francisco (Seu Chico) e o de recuperação do rio Tietê em São Paulo – SP e seus afluentes. A experiência no rio Tietê não se deve tanto pelo programa que ainda não está bem instaurado, mas pelo volume de investimentos feitos em ampliação do sistema de tratamento e coleta de esgotos sanitários, evitando o lançamento de mais de um bilhão de litros de esgoto por dia no rio. O programa para a cidade de São Paulo está organizado em três etapas que dura desde 1990 e previsão até 2015 com um aporte total esperado de R\$ 2,4 bilhões investidos (Manuelzão, 2010).

Outro exemplo interessante é o processo de revitalização do rio Mosquito cuja particularidade interessante, é a característica rural da população. Neste projeto de revitalização, 40% do valor total foi

investido em sensibilização, não somente para conservação do rio, mas também para que a população compreendesse a valia das obras que seriam executadas. Em todas as comunidades urbanas do rio Mosquito foi desenvolvido o programa de implantação, limpeza e recuperação das margens, programa de coleta lixo e a construção de um aterro sanitário, inserção de peixes nativos na tentativa de restabelecimento da cadeia trófica e consenquente redução da incidência de esquistossomose. O interessante do programa é que este surgiu por necessidade sanitária da população, já que esta cidade de apenas 30 mil habitantes mantinha relação próxima com o rio e por seus hábitos contaminavam-se por sua poluição (Manuelzão, 2010).

Na maioria dos projetos de revitalização citados no Quadro 6 os peixes foram considerados como fatores de controle da qualidade ambiental do rio e justamente um dos objetivos é o seu retorno em quantidade, qualidade e diversidade. Em praticamente todos os projetos o aspecto qualidade da água no rio e salubridade foram os mobilizadores das campanhas de revitalização, como é mostrado nos programas abordados por Hillman & Brierley (2004) e em Manuelzão (2010).

No rio Isar na Alemanha o objetivo principal foi a recuperação de habitats possibilitando o ressurgimento de espécies de peixes, mamíferos, répteis, insetos e aves que haviam reduzido ou desaparecido principalmente pela remoção do contato terra-água com as canalizações e retificações dos rios em canais (Manuelzão, 2010).

Na Polônia no rio Sokolowka o projeto também tinha o intuito de restituir habitats naturais, e com isso iniciou a construção e restituição dos reservatórios naturais, remediação dos solos contaminados por metais pesados e depois a criação de um grupo de “alianças de aprendizados” para promover a troca de experiências e definição das ações futuras. A maior dificuldade foram os conflitos ecológicos e econômicos das áreas (Manuelzão, 2010).

O rio Reno também passou por um grande processo de revitalização que envolveu quatro países (Suíça, França, Alemanha e Holanda). O sucesso do programa passou principalmente por aspectos gerenciais que foram capazes de identificar os tipos de usos e conflitos, os objetivos que se queria alcançar e as estratégias para alcançar os objetivos, para que então fosse efetivamente implantado o plano. Entre as intervenções feitas no Reno esteve o intercâmbio de conhecimento sobre o rio, estabelecimento de uma regulamentação comum para uso do rio através de uma comissão internacional, investimento altos para controle da poluição doméstica e industrial e plano de controle das enchentes. Surpreendentemente nos EUA os programas de revitalização

mobilizaram outro programa, o de remoção de barragens (Manuelzão, 2010).

Muito conhecida também foi a revitalização do rio Cheonggyecheon na Coreia do Sul que conseguiu superar os mais difíceis obstáculos como remoção de vias e edificações em áreas ribeirinhas, além da recuperação de parte da mata ciliar e despoluição da água. Um projeto audacioso que trouxe o rio novamente ao cotidiano dos habitantes de Seul (Manuelzão, 2010).

3.4 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água se traduz em um estado ou um estágio e é representada por um índice, que por sua vez está ligado a uma ou mais variáveis. Estas variáveis podem ser separadas conforme sua funcionalidade que pode ser física, química, biológica ou patogênica.

São várias as variáveis indicadoras de qualidade, no Quadro 7 estão listados aquelas mais relevantes ou reconhecidas. A American Water Works Association (AWWA) é reconhecida pela instituição de métodos e processos laboratoriais de análise de água mais utilizado mundialmente o Standard Methods.

Quadro 7 - Variáveis de qualidade da água.

Característica	Parâmetro	Sigla	Característica	Parâmetro	Sigla
Físico	Cor	-	Químico	Ferro	Fe
	Turbidez	-		Manganês	Mn
	Sabor	-		Cloretos	Cl-
	Odor	-		Nitrogênio Total Kedjhal	NTK
	Temperatura	T		Nitrito	-
	Sólidos Totais	ST		Nitrato	-
	Sólidos Voláteis Totais	SVT		Nitrogênio Amoniacal	NH ₃ ²⁺ NH ₄ ⁺
	Sólidos Totais Fixos	STF		Fósforo	P
	Sólidos Dissolvidos Totais	SDT		Oxigênio Dissolvido	OD
	Sólidos Dissolvidos Voláteis	SDV		Demanda Bioquímica de Oxigênio	DBO
	Sólidos Dissolvidos Fixos	SDF		Demanda Química de Oxigênio	DQO
	Sólidos em Suspensão Totais	SST		Carbono Orgânico Total	COT
	Sólidos em Suspensão Voláteis	SSV		Metais Pesados	Metal analisado
	Sólidos em Suspensão Fixos	SSF		Sulfatos	-
Químico	pH	-	Biológico	Coliformes Totais	CT
	Alcalinidade	-		Coliformes Fecais	CF
	Acidez	-	Toxicológicos	Cianobactérias	-
	Dureza	-		Crônico	-
			Agudo	-	

Fonte: Autoria própria.

3.4.1 Índice de Qualidade da Água e Índice de Estado Trófico

Entre os índices existentes para determinar a qualidade da água, um dos mais utilizados é o WQI (Water Quality Index), desenvolvido em 1970 pela NSF (National Sanitation Foundation) nos Estados Unidos. Este índice selecionou os seguintes parâmetros de água para compor seu grupo:

- Oxigênio Dissolvido;
- Coliforme Fecal;
- pH;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio;
- Temperatura;
- Fósforo Total;
- Nitrogênio Total;
- Turbidez e;
- Sólidos Totais.

O WQI foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Em 1975 passou a ser utilizado pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) como IQA (Índice da Qualidade da Água). Entretanto, as mudanças foram poucas se restringindo ao peso dos parâmetros. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos (ANA, 2011). Entre as críticas ao método é que ele exclui parâmetros de contaminação muito importantes como os metais pesados.

O cálculo do IQA ou do WQI é feito por meio do produto ponderado pelos pesos dos nove parâmetros. A soma indicará a qualidade da água analisada em questão, onde:

- 80 – 100 – Ótima;
- 52 – 79 – Boa;
- 37 – 51 – Aceitável;
- 20 – 36 – Imprópria para tratamento convencional;
- 0 – 19 – Imprópria para consumo humano.

Mesmo o WQI, sendo um método reconhecido mundialmente ainda não foi encontrado nenhuma aplicação deste índice com o objetivo de subsidiar a revitalização de um rio.

Outro índice também muito utilizado é o IET (Índice de Estado Trófico), o objetivo deste índice é classificar o rio segundo o grau de eutrofização do corpo hídrico. A eutrofização pode ser definida como o

processo de enriquecimento por nutrientes de um corpo d'água, seja por processo natural ou induzido pelo homem (LAMPARELLI, 2004).

Esta abordagem de classificação tipológica consistia em conferir a diferentes lagos uma categoria de estado trófico, variando em oligotrófico (baixa concentração de nutrientes e baixa produtividade primária) a eutrófico (alta concentração de nutrientes e alta produtividade primária). Este índice se desenvolveu justamente porque o enriquecimento das águas por nutrientes ocasionava episódios de desenvolvimento excessivo de algas, as quais podem prejudicar uma série de atividades como o abastecimento, produção de energia, recreação, pesca, navegação, custo no tratamento e deterioração do curso d'água.

O IET possui algumas concepções de cálculo, classificações e variáveis de qualidade da água como entrada, mas o amplamente utilizado em monitoramentos da qualidade da água é o de Carlson (1977) *apud* Lamparelli (2004) baseado na biomassa fitoplantônica presente em um determinado corpo d'água. Este índice adota a Clorofila *a*, Fósforo Total e Transparência como variáveis de qualidade da água.

Entretanto, existem restrições ao método, sobretudo quanto ao estado de circulação da água (lóticos ou lênticos), pois as variáveis de qualidade de água apresentam diferenças substanciais em cada um destes ambientes e, por conseguinte os limites entre graus de trofia também devem ser diferentes. Alguns estudos vêm evoluindo em estabelecer limites, parâmetros e métodos adequados a estes dois tipos ambientes.

O IET ainda requer muito estudo, tanto na aplicação em corpos lênticos como em lóticos, pois implícito ao índice existe uma condição biológica que está susceptível a outras variáveis como clima, região, vento, disponibilidade de nutrientes entre outros.

3.4.2 Variáveis de Qualidade da Água Utilizadas para o Processo de Revitalização

No que tange o uso dos parâmetros qualidade da água na revitalização pode-se citar poucas experiências, uma delas a de Freitas Filho (2010), onde lança duas alternativas para medir a qualidade da água, uma visual que é basicamente a constatação visual do observador se há a contribuição de efluentes domésticos ou pluviais e a segunda é a utilização da variável Coliforme Fecal. O autor ainda atribui graus de impactos diferentes, segundo o número de coliformes encontrado como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Coliforme fecal como parâmetro de qualidade da água e seus limites segundo grau de impacto.

Limite de Coliforme Fecal NMP/100 mL	Impacto
Até 250 considerada própria e de excelente qualidade.	0
De 250 a 500 considerada própria e de muito boa qualidade.	1
De 500 a 1000 considerada própria e de qualidade satisfatória.	2
Acima de 1000 considerada imprópria.	4
Acima de 5000.	5

Fonte: FREITAS FILHO, (2010).

As variáveis que possibilitam estabelecer medidas de revitalização ainda não são consenso. Na Bacia do rio Sena na França destaca-se a rede de monitoramento mantida no rio para monitorar e subsidiar tomadas de decisão para revitalização, onde a rede conta com quinze parâmetros de qualidade da água, sendo que os indicadores de qualidade vão de excelente a muito ruim. No rio Tâmis são monitorados automaticamente a cada quinze minutos parâmetros como oxigênio dissolvido, temperatura, amônia, nitratos, fósforo e outros (Manuelzão, 2010).

Na metodologia adotada por Taylor & Findlay (2005) os parâmetros de água utilizados para medir a qualidade da água foram Nitrogênio Total, Fósforo Total e Coliforme Fecal. Entretanto, os resultados não foram satisfatórios porque para o mesmo ponto o parâmetro de Fósforo, Nitrogênio ou Coliforme Fecal apresentaram dados bastante dispersos com coeficiente de correlação R^2 igual a 0,4245 para Coliforme Fecal; R^2 igual a 0,2363 para Fósforo Total e R^2 igual a 0,3885 para Nitrogênio Total.

Contrariamente a outros autores estes concluem que os resultados não são significativos o suficiente para permitir que estes parâmetros de qualidade da água sejam utilizados nas RRAs (Rapid Riparian Assessment).

Ainda é recente o uso de parâmetros de qualidade da água que auxiliem no processo de revitalização. Existe uma barreira muito grande entre tempo, resposta confiável do parâmetro e o custo das coletas e análises destes parâmetros.

Barbour et. al., (1999) recomenda para avaliar o habitat dos rios parâmetros que representariam fatores limites para o desenvolvimento

da biota como pH, temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido e turbidez.

Landson (2004) utilizou a variação da taxa de macroinvertebrados em cursos d'água de Melbourne - Austrália, para saber em qual característica do rio, hidrológica, geomorfológica ou da qualidade da água uma medida de revitalização realmente traz melhoria significativa, ou como usa o autor traz um “incremento da saúde ao rio”. O autor utiliza este grupo de bioindicadores, pois considera que esta comunidade de espécies são as mais sensíveis às alterações.

A EPA (2011) define que integridade de rio são as relações entre os gradientes de Condição Biológica e Perturbação Humana, quanto maior a perturbação humana mais o gradiente de condição biológica se aproxima do limite inferior (sem vida). Entretanto, quanto menor a perturbação humana mais o gradiente de condição biológica se aproxima do limite superior (primitivo).

As metodologias de avaliação ainda se baseiam muito na observação de um especialista ou de um grupo no campo. Quando pensamos em avaliar a integridade do rio de maneira expedita isto se torna ainda mais difícil para o gestor dos recursos hídricos. Em geral estes parâmetros para medir integridade passam por análises toxicologias, testes crônicos ou agudos com espécies de controle ou como Landson (2004) mede-se a variedade e a concentração da fauna bentônica do rio.

A grande variabilidade dos indicadores de qualidade da água em cada local reafirma a noção de que a qualidade da água em si, não é um indicador suficiente de saúde geral do rio (Walsh, 2000 *apud* Taylor & Findlay, 2005).

3.5 PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO RÁPIDA

O termo protocolo tem um significado bastante amplo, identificando-se diretamente com o próprio procedimento. Por extensão de sentido, protocolo significa também um trâmite a ser seguido para alcançar determinado objetivo.

Um protocolo é um método *standard* que permite replicar resultados ou aplicar a mesma metodologia em contextos diferentes. Os protocolos de avaliação de integridade de cursos d'água visam permitir através de um método expedito e simplificado um diagnóstico da integridade do rio, riacho ou córrego. Segundo Minatti-Ferreira & Beaumord, (2006) o sucesso de programas para preservação ou a recuperação de ecossistemas de rios e riachos precisa de um diagnóstico

ambiental objetivo e de baixo custo, porém sem perda de qualidade de informação.

Os PARs são ferramentas úteis no auxílio a programas de gestão dos recursos hídricos e na tomada de decisão. Auxilia também a entidade que deseja obter uma avaliação ou o acompanhamento dos recursos hídricos, mas não tem possibilidade de instalar uma rede de monitoramento. Entre os aspectos positivos elencados por Rodrigues & Castro, (2008) da utilização dos PARs são primeiramente a aplicação por pessoas que não necessariamente entendem do assunto ou do método, e que este pode ser aplicado por qualquer segmento social bastando apenas um treinamento prévio. Outro aspecto citado é que os PARs são ferramentas que permitem a formação de grupos de monitores ambientais voluntários nas comunidades. Outro fator primordial, que já foi citado aqui, é a redução de custos na avaliação ambiental.

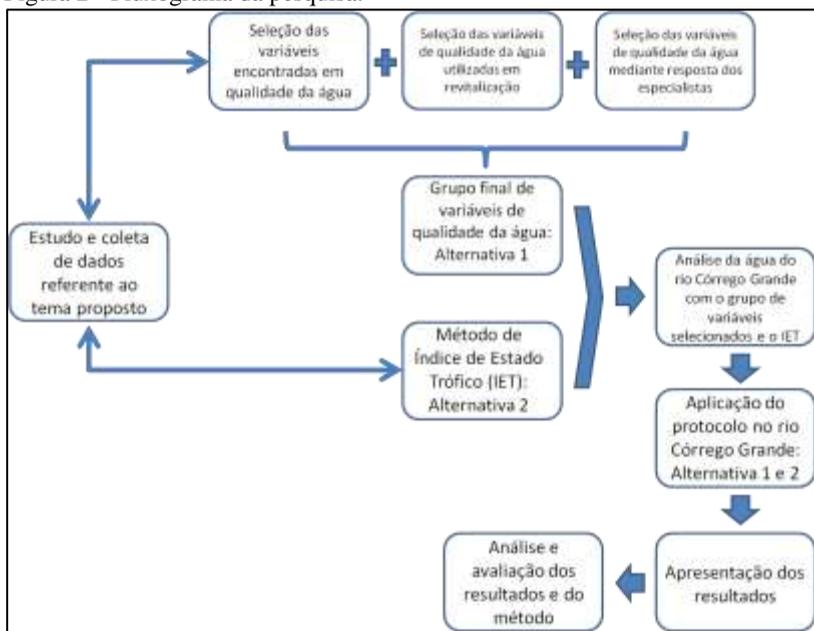
Este mecanismo ainda é recente com seus primeiros registros de aplicação pela agência norte americana de proteção ambiental, mas que ainda possui potencial a ser explorado. Os primeiros registros deste mecanismo de avaliação parte da construção de Matrizes de condições do habitat, as quais foram desenvolvidas nos Rapid Bioassessment Protocols (RBPs) de Plafkin et. al., (1989) baseadas em Stream clasification guidelines for Wiscosin Ball, (1982) *apud* Minatti-Ferreira & Beaumord, (2006). Mecanismo similar também foi desenvolvido pelo Methods of evaluating stream, riparian and biotic condition (Platts et. al., (1983) *apud* Minatti-Ferreira & Beaumord, (2006) e aplicadas pela United States Environmental Protection Agency (USEPA) primeiramente em Environmental Monitoring and Assessment Program e no National Water-Quality Assessment Program.

Em resumo os protocolos são um conjunto de métodos de avaliação do ecossistema de rios como hidrologia, geomorfologia, fauna e flora. Abrange não somente a qualidade da água, mas todas as áreas do conhecimento das ciências naturais. Destaca-se algumas iniciativas brasileiras como a de Calisto et. al., (2002), Minatti-Ferreira & Beaumord, (2004), Minatti-Ferreira & Beaumord, (2006), Dalla Costa, (2008) e Freitas Filho (2010).

4 METODOLOGIA

Neste trabalho são propostas duas alternativas para avaliação da integridade de cursos d'água a partir de variáveis de qualidade da água. Para tanto este capítulo se propõe mostrar a metodologia utilizada para alcançar o objetivo traçado. Primeiramente se faz a delimitação do local de estudo contendo as características relevantes para a pesquisa. Depois é explicado como foi feita a seleção do grupo de variáveis de qualidade da água (alternativa 1) e a escolha do IET mais adequado (alternativa 2). Prossegue-se com explicação dos procedimentos para coleta e análise de água. Em seguida é descrito como foi feita a construção do indicador Poluição que faz parte do PAR. E por fim, como procedeu a sua aplicação na bacia hidrográfica de estudo. O fluxograma a seguir, Figura 2, ilustra as etapas da pesquisa.

Figura 2 - Fluxograma da pesquisa.



Como descrito sucintamente na introdução este trabalho é uma sequência de uma linha de pesquisa que iniciou com a dissertação de Mestrado: “Estudo da viabilidade de revitalização de curso d’água em área urbana: estudo de caso no rio Córrego Grande em Florianópolis,

Santa Catarina”, realizada por Simone Dalla Costa e apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFSC. Além deste, outros três trabalhos de conclusão de curso dos alunos Daniel Henriques Neto, Maurício David de Freitas Filho e Jucimara Andreza Rigotti. Estas pesquisas têm sua origem na UFSC dentro do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental no Núcleo de Estudos da Água (NEA), entretanto já vêm englobando professores de outros departamentos interessados no assunto.

4.1 LOCAL DE ESTUDO²

A Bacia do Itacorubi está localizada em Florianópolis, na região centro-oeste da Ilha de Santa Catarina, entre as coordenadas 27°34'07" - 27°37'57" L.S. e 48°28'25" - 48°33'00" L.O. (Figura 3). Possui área de drenagem de 26,58 km² e é composta pelos bairros Santa Mônica, Córrego Grande, Parque São Jorge, Itacorubi e Trindade como apresentado na Figura 4.

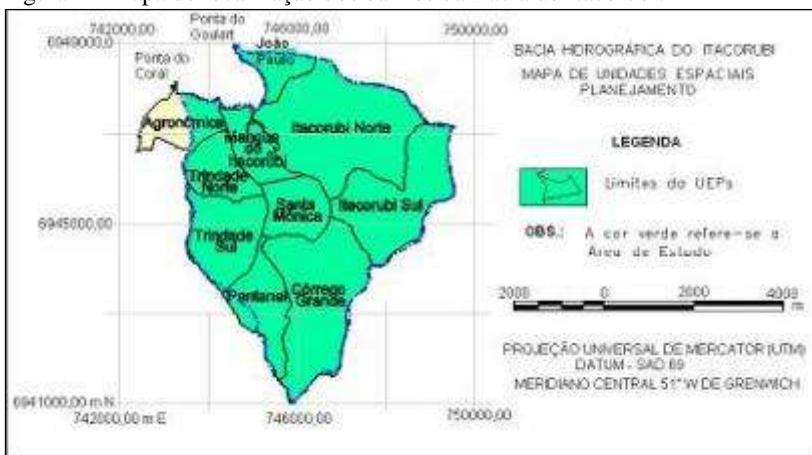
Figura 3 - Localização da Bacia Hidrográfica do Itacorubi.



Fonte: DALLA COSTA, (2008).

² Este item foi extraído e adaptado da dissertação de mestrado da Simone Dalla Costa, (DALLA COSTA, 2008).

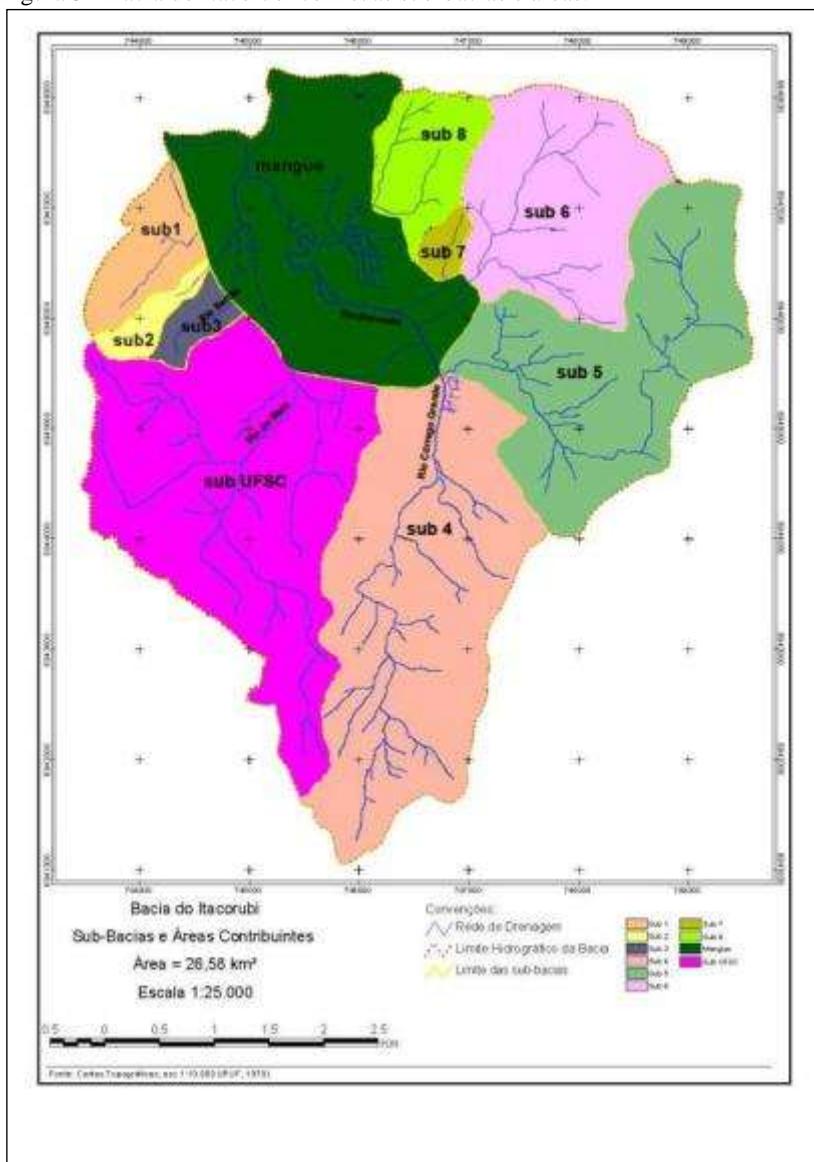
Figura 4 - Mapa de localização dos bairros da Bacia do Itacorubi.



Fonte: VIEIRA, (2007) *apud* DALLA COSTA, (2008).

A Bacia Hidrográfica do Itacorubi é constituída por nove sub-bacias, das quais fazem parte os seguintes rios principais: rio do Meio, Sertão, Serrinha, Córrego Grande e Itacorubi como pode ser vista na Figura 5. É importante destacar que em algumas das sub-bacias apresentadas na Figura 5, a exutória é definida no limite do Manguezal do Itacorubi.

Figura 5 - Bacia do Itacorubi com suas sub-bacias e áreas.



Fonte: DALLA COSTA, (2008).

4.1.1 O Rio Córrego Grande

Conforme a divisão das sub-bacias apresentada na Figura 5, a sub-bacia 4 – Córrego Grande - é a maior sub-bacia da BHI com 5,749km² de área de drenagem, compreendendo em sua maior parte Área de Proteção Ambiental (APP e APL). Seu curso d'água principal é o **Córrego Grande**, o qual possui 5,23 km de comprimento sendo também o rio de maior extensão da bacia. Sua nascente é na cota 345,8m e a exutória na cota 3,8m. A altitude máxima é de 446,00m e a mínima de 3,8m, a Figura 6 ilustra a hipsometria da sub-bacia.

O Córrego Grande possui sua nascente no Parque Municipal do Maciço da Costeira, criado em 1995 com o objetivo de proteger os recursos naturais (fauna, flora, manancial) e utilizá-lo como local para o desenvolvimento de atividades educativas, de pesquisas acadêmicas, lazer e recreação.

Além da utilização da água para abastecimento público, o *Poçoão*, apresenta enorme potencial para melhoria da qualidade de vida dos habitantes, por meio da recreação e prática de esportes ao ar livre, uma vez que conta com uma cachoeira e uma piscina natural formada pelas águas do Córrego Grande e, para chegar até lá se percorre uma trilha de vinte minutos em meio a Mata Atlântica.

Nas regiões baixas a ocupação urbana é composta basicamente por edifícios, condomínios e loteamentos. Em se tratando de equipamentos públicos a sub-bacia do Córrego Grande apresenta: escola municipal, posto de saúde, conselhos comunitários e associações de moradores, subestação da CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina), estação de tratamento de esgoto da CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento) e parte do campus da Universidade Federal de Santa Catarina. A ocupação do solo pode ser visto através da fotografia aérea de 2009 da área, apresentado na Figura 7, onde também se destaca a pressão que esta área já sofre (Figura 8) com a urbanização chegando aos limites do espaço edificável.

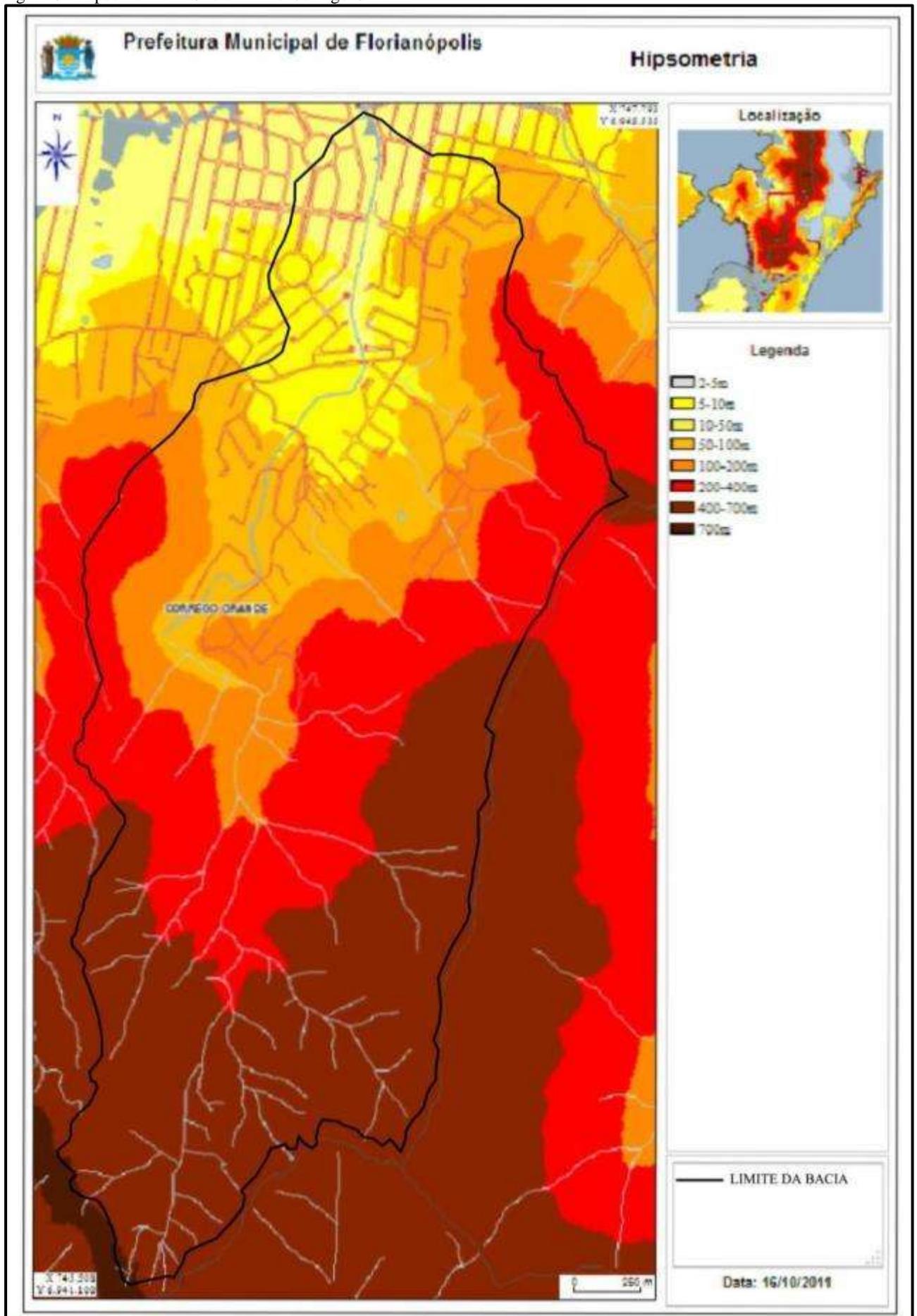
Nas regiões mais altas onde ainda há poucos fragmentos de floresta ombrófila densa nativa, existe uma forte especulação imobiliária. Estas situações evidenciam a necessidade de um planejamento que busque a garantia da qualidade ambiental a curto e longo prazo.

Com relação à preservação e recuperação dos recursos naturais, a sub-bacia conta com ações e propostas por parte do conselho comunitário e associação de moradores do Jardim Germânia (AMOGER) e Jardim Albatroz (AMJA), junto ao desenvolvimento do

plano diretor participativo, o qual está em andamento, para a criação de um parque linear.

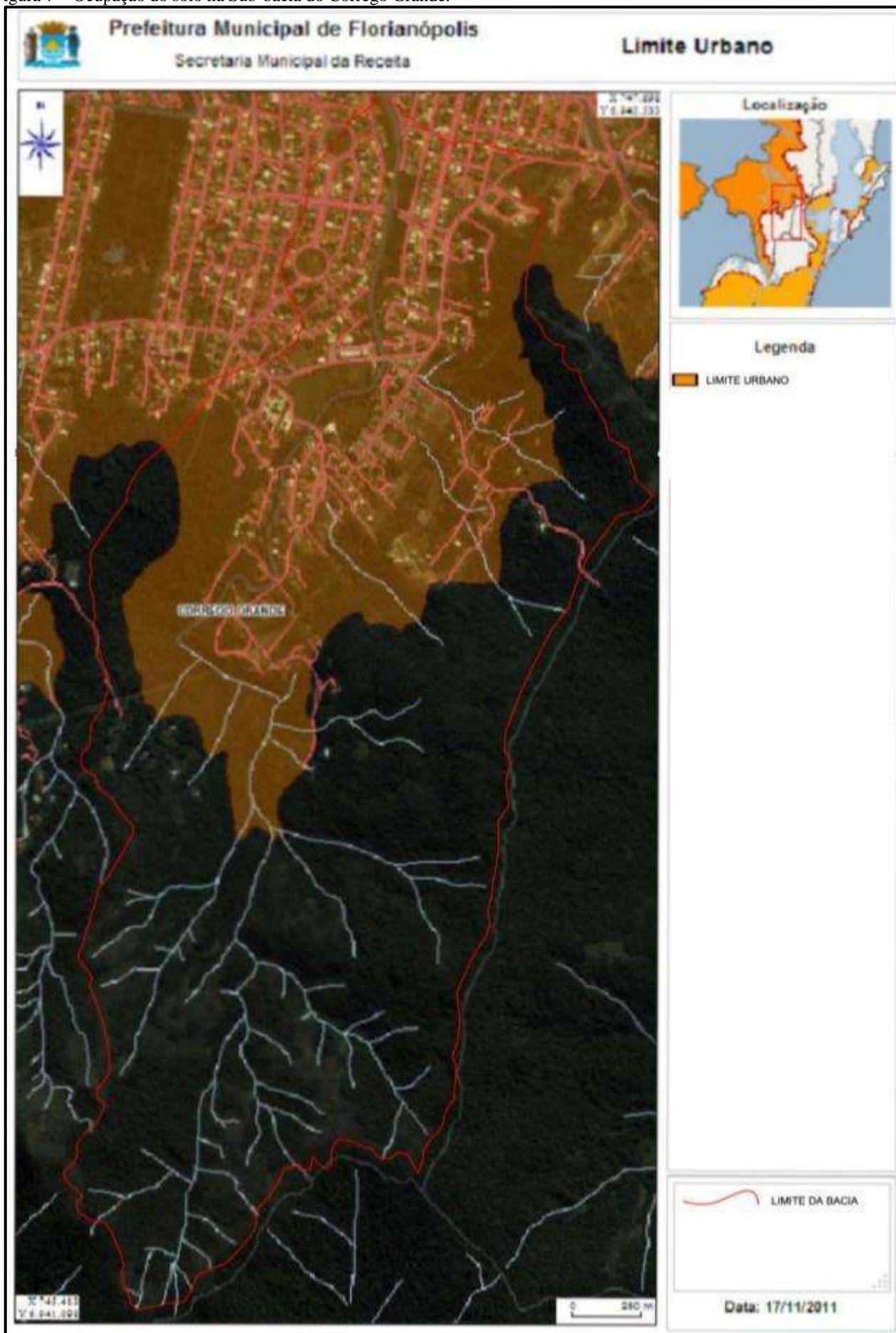
Quanto ao zoneamento municipal (Lei nº001/97) a maior parte da sub-bacia, zonas mais elevadas, compreende Área de Proteção Ambiental (APP e APL), seguido de ARE (Área Residencial Exclusiva) e AMC (Área Mista Central) nas regiões mais baixas.

Figura 6 - Hipsometria da Sub-bacia do Córrego Grande.



Fonte: Adaptado PMF, (2011).

Figura 7 – Ocupação do solo na Sub-bacia do Córrego Grande.



Fonte: Adaptado PMF, (2011).

Figura 8 – Limites de área de preservação e pressão urbana na Sub-bacia do Córrego Grande.



Fonte: Adaptado PMF, (2011).

4.2 CONSTRUÇÃO DO GRUPO DE VARIÁVEIS DA QUALIDADE DA ÁGUA

A escolha de um grupo de variáveis (alternativa 1) tem como finalidade auxiliar o técnico na avaliação da degradação ambiental do curso d'água no aspecto da qualidade da água.

Buscando obter um melhor resultado e construir um grupo de variáveis que representem a qualidade do ecossistema através de análises de água foi adotado um método participativo. Portanto, se fez uma intersecção entre revisão bibliográfica e indicação de especialistas.

Foram adotadas aquelas variáveis mais relevantes após revisão na literatura específica de qualidade da água, na literatura de protocolos de avaliação rápida e na literatura de revitalização dos cursos d'água em áreas urbanas.

Por entender que a experiência técnica dos profissionais da área é premissa básica dos PARs, para obter destes as variáveis mais relevantes foi realizado um questionário. Se fez então um levantamento de quais profissionais poderiam auxiliar na pesquisa, respondendo ao questionário, e se chegou a um total de 13 especialistas de diferentes áreas do conhecimento como geografia, biologia e engenharia sanitária e ambiental.

O procedimento de aplicação do questionário consistiu em contatá-los para uma explanação breve sobre o assunto e convidá-los a responder o questionário por meio eletrônico. Quando o especialista não era encontrado ou não tinha disponibilidade de um contato pessoal a explanação era feita por telefone.

Antes de responder o questionário elaborou-se um texto resumido, de apenas uma página, contendo informações sobre a linha de pesquisa, o que é a revitalização de cursos d'água, qual seu objetivo, sua finalidade, para que posteriormente fosse respondido a única pergunta do questionário. O Apêndice A apresenta o texto enviado por e-mail e no Apêndice B o modelo do questionário.

4.2.1 Critérios para Escolha das Variáveis de Qualidade da Água

Entre os objetivos desta proposta inicial de um protocolo de avaliação rápida esta justamente sua praticidade e agilidade na obtenção da avaliação, sem perda de resultados confiáveis e representativos. Portanto, das variáveis resultantes do item 4.2 foram selecionadas apenas cinco variáveis. Esta eleição ocorreu mediante processos e critérios pré-estabelecidos como os descritos a seguir:

1. Ser uma variável física, química ou biológica da qualidade a água;
2. Ter sido listada nos dois métodos de seleção: revisão bibliográfica e grupo de especialistas;
3. Aquelas variáveis que tiverem maior número de indicações, ou seja, que maior número de vezes for citada por especialistas diferentes, terá preferência;
4. Possuir método de análise reconhecido e que ofereça resultado em curto prazo, e;
5. Baixo custo.

4.2.2 Escala das Variáveis de Qualidade da Água

Este item é extremamente importante, pois é através do resultado da análise de água que o técnico interpreta o resultado e enquadra o trecho como íntegro ou impactado. Portanto, é necessário estabelecer uma escala para cada variável, ou seja, valores que irão caracterizar estágios importantes de graus de integridade do curso d'água.

Neste sentido, para permanecer com uma ferramenta ampla e participativa decidiu-se estabelecer além de valores quantitativos crescentes do estágio de integridade, adotar também graus qualitativos de integridade. Para estabelecer estes valores o método utilizado baseou-se nas referências bibliográficas consultadas, na legislação brasileira pertinente a qualidade da água e no auxílio de especialistas com o intuito de conhecer os valores típicos para rios em cada variável eleita.

Sendo assim, são propostos cinco estágios 0, 2, 3, 4, e 5. Nesta escala o valor zero indica concentrações típicas encontradas em rios e os valores para 2, 3, 4, e 5 são concentrações diferentes do valor típico para mais ou para menos, dependendo da variável em questão. Então para resultados com concentração menor ou igual ao valor típico de concentração atribui-se valor zero e para resultados acima da concentração típica atribui-se progressivamente 2, 3, 4, ou 5.

Como são cinco variáveis é provável que elas difiram umas das outras em graus de impacto. Assim, para se estabelecer um grau único realiza-se a soma dos índices obtidos para cada variável, que é a maneira mais simples. Com esta metodologia ter-se-ia a possibilidade de encontrar valores entre 0 e 25 pontos, então quando a soma for igual a zero o ambiente está **íntegro**, quando a soma estiver entre 1 e 7 o ambiente está com **integridade desejável**, quando a soma estiver entre 8 e 13 o ambiente está com **integridade moderada**, quando a soma estiver entre 14 e 19 o ambiente está com **integridade ruim** e quando a

soma estiver entre 20 e 25 o ambiente está **impactado**. Na Tabela 2 é possível visualizar os índices elaborados.

Tabela 2 - Escala qualitativa e quantitativa de integridade de cursos d'água em áreas urbanas.

Estágio de Integridade	Grau de Impacto
Integro	$\sum = 0$
Integridade desejável	$1 \leq \sum \leq 7$
Integridade moderada	$8 \leq \sum \leq 13$
Integridade ruim	$14 \leq \sum \leq 19$
Impactado	$20 \leq \sum \leq 25$

Para facilitar o entendimento criou-se o Exemplo 1, com valores simulados para as variáveis.

Exemplo 1:

	Impacto
Variável 1	2
Variável 2	1
Variável 3	0
Variável 4	2
Variável 5	4
Soma	9

Pela soma dos resultados individuais de cada variável teríamos no aspecto geral que o rio em questão se enquadraria em integridade moderada.

4.3 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO

Outro método adotado em paralelo ao proposto anteriormente para avaliar o grau de integridade do curso d'água a partir de variáveis de qualidade da água foi utilizar o Índice de Estado Trófico (IET), (alternativa 2). Como discutido o IET é um índice bastante sensível a variações, sobretudo quando simplesmente transferido de um ambiente lóticos, no qual a base de cálculos e os limites foram concebidos para ambientes lênticos.

O que se propõe é utilizar o método de cálculo do IET proposto na tese de doutorado de Lamparelli, (2004). Esta autora fez vasta

pesquisa bibliográfica e analisou os resultados de IET da rede de monitoramento de qualidade da água superficiais do estado de São Paulo, monitorados pela da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB) durante 1996 a 2001 e adaptou o método de cálculo e os limites para obter resultados reais de trofia em ambientes lóticos no Brasil.

Estes novos índices foram testados com os dados de 2001, 2002 e 2003 e apresentaram maior sensibilidade e maior coerência entre os índices calculados através das concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total do que a metodologia anterior apresentada em seu trabalho. O IET, que também será adotado aqui, proposto por Lamparelli, (2004) é regido pelas equações de IET (Cl), que representa o índice de estado trófico para Clorofila *a*, e IET (PT), que representa o índice de estado trófico do Fósforo Total. As equações são apresentadas a seguir.

$$\text{IET (Cl)} = 10.(6 - ((-0,70 - 0,60.(\ln\text{Cl}))/\ln 2)) - 20 \quad \text{Equação 1}$$

$$\text{IET (PT)} = 10.(6 - ((0,42 - 0,36.(\ln\text{PT}))/\ln 2)) - 20 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

IET (Cl) é o índice de estado trófico para Clorofila *a*;

Cl é a concentração da Clorofila *a* em µg/L;

IET (PT) é o índice de estado trófico para Fósforo Total;

PT é a concentração de Fósforo Total em µg/L.

Os níveis tróficos propostos para ambientes lóticos por Lamparelli, (2004) são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Níveis tróficos segundo concentração de Fósforo Total, Clorofila *a* e IET.

Nível Trófico	Fósforo Total	Clorofila <i>a</i>	IET
	(µg/L)	(µg/L)	
Ultraoligotrófico	FT ≤ 13	Cl ≤ 0,74	IET ≤ 47
Oligotrófico	13 < FT ≤ 35	0,74 < Cl ≤ 1,31	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	35 < FT ≤ 137	1,31 < Cl ≤ 2,96	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	137 < FT ≤ 296	2,96 < Cl ≤ 4,70	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	296 < FT ≤ 640	4,70 < Cl ≤ 7,46	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	FT > 640	Cl > 7,46	IET > 67

Fonte: LAMPARELLI, (2004).

Sendo assim, para integrar o protocolo de avaliação rápida para cada nível trófico foi atribuído um segundo valor, como foi feito na proposta anterior, sendo 0 para Ultraoligotrófico e 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente Oligotrófico, Mesotrófico, Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico. A Tabela 4 facilita a visualização da metodologia.

Tabela 4 - Escala qualitativa e quantitativa de integridade de rios, baseado no IET.

Nível Trófico	Grau de Impacto
Ultraoligotrófico	0
Oligotrófico	1
Mesotrófico	2
Eutrófico	3
Supereutrófico	4
Hipereutrófico	5

4.4 COLETA E ANÁLISE DA ÁGUA

A fase de coleta e análise é extremamente importante, pois nela incorrem muitos erros que podem comprometer os resultados, implicando em retrabalho. Para evitar tais erros adotou-se um guia prático de coleta e análise de água recomendado pelo Ministério Público de Santa Catarina, disponível no site do órgão através do *link* (http://portal.mp.sc.gov.br/portal/conteudo/cao/cme/atividades/recursos_hidricos/manual_coleta_%C3%A1gua.pdf).

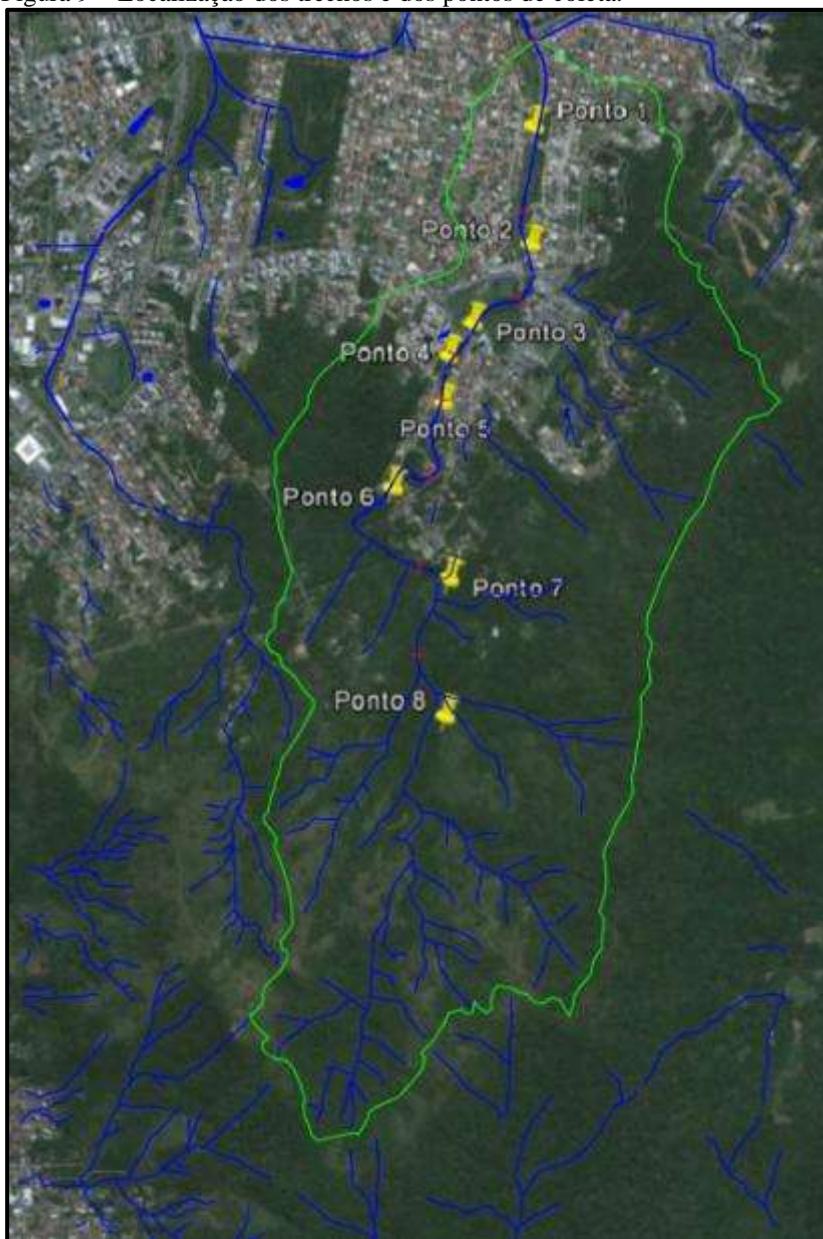
Para localização dos pontos de coleta adotaram-se os mesmos trechos identificados por Dalla Costa, (2008), pois se pretende comparar os resultados do indicador Poluição de cada trecho encontrados pela autora em sua pesquisa. A coleta foi realizada no ponto médio de cada trecho ou aquele mais próximo ao ponto médio levando em consideração o acesso. Ao todo a autora separou o rio Córrego Grande em oito trechos, os quais são descritos no Quadro 8. Neste trabalho os pontos de coleta foram marcados com um aparelho de localização geográfica os quais podem ser vistos na Figura 9 juntamente com os a divisão dos trechos.

Quadro 8 - Localização e comprimento dos trechos de pesquisa do rio Córrego Grande.

Trecho	Comprimento (m)	Ponto de coleta	Localização do trecho	
		UTM	Início	Final
T1	720	746679mE	Av. Buriti	Final da Rua Berlin
		6945066mS		
T2	360	746648mE	Ponto anterior	115m após a ponte da Rua João Pio Duarte
		6944590mS		
T3	360	746404mE	Ponto anterior	92m após a ponte da Rua Sebastião L. da Silva
		6944284mS		
T4	180	746303mE	Ponto anterior	92m após a ponte da Rua Manoel Rosa dos Santos
		6944156mS		
T5	360	746272mE	Ponto anterior	35m após a próxima ponte que corta o curso d'água em Rua sem nome.
		6943966mS		
T6	720	746057mE	Os trechos 6, 7 e 8 encontram-se localizados em Área de Preservação Permanente impossibilitando a indicação de pontos de referência.	
		6943632mS		
T7	540	746272mE		
		6943260mS		
T8	1928	746236mE		
		6942716mS		

Fonte: Adaptado DALLA COSTA, (2008).

Figura 9 – Localização dos trechos e dos pontos de coleta.



Em cada trecho foi coletada apenas uma amostra, pois pretende-se verificar a consistência dos dados e aplicabilidade do protocolo. As análises foram feitas no Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA) do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental e no Laboratório do Núcleo de Estudos do Mar (NEMAR).

O registro dos dados foi através de tabela impressa e depois transferida para uma eletrônica. O armazenamento dos dados será em planilha eletrônica no *software* BrOffice.Org. A apresentação dos dados será através de gráficos e tabela comparativa entre os pontos para a mesma variável.

4.5 ESTABELECIMENTO DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA: INDICADOR POLUIÇÃO

No intuito de contribuir com os estudos já realizados foi feito um aprimoramento da Ficha de Caracterização de Degradação Ambiental (FCDA) proposta por Dalla Costa, (2008) Anexo A, e atualizada por Freitas Filho, (2010) como mostra o Anexo B. Neste sentido este trabalho se propõe a estabelecer um novo método de avaliação do indicador Poluição.

Na última proposta o indicador poluição tinha três parâmetros de avaliação, com graus de impactos diferentes que eram obtidos através da análise do observador. O Quadro 9 demonstra quais parâmetros compunham o indicador Poluição e as Tabelas 5, 6 e 7 mostram como era avaliado cada parâmetro segundo grau de impacto.

Quadro 9 - Indicador Poluição e seus parâmetros.

Indicador	Parâmetro
Poluição: visa retratar a magnitude de poluentes liberados, por diferentes atividades, ao longo do curso d' água.	Presença de resíduos sólidos depositados nas margens ou no leito menor do curso d' água: retrata a quantidade de resíduos, provenientes de atividades antrópicas, ao longo do curso d' água.
	Lançamento de efluentes, conexões de esgotos: retrata a intensidade de despejos de efluentes ao longo do curso d' água.
	Lançamento de águas pluviais urbanas: retrata a intensidade com que ocorre o escoamento de águas pluviais no curso d' água.

Fonte: FREITAS FILHO, (2010).

Tabela 5 - Presença de resíduos sólidos depositados nas margens ou no leito menor do curso d'água.

Item	Impacto
Ausência ou quantidade insignificante de resíduos.	0
Resíduos sólidos com pequenas dimensões, com possibilidade de remoção manual (sacolas, embalagens, garrafas <i>pet</i> e dimensões semelhantes).	1
Resíduos sólidos com grandes dimensões, sendo necessário o uso de maquinário para remoção (mobiliários, eletrodomésticos, pneus e dimensões semelhantes).	3
Resíduos diversos contaminados (Lixo doméstico com possibilidade de produção de chorume, embalagens com produtos químicos entre outros).	5

Fonte: FREITAS FILHO, (2010).

Tabela 6 - Lançamento de efluentes, conexões de esgotos.

Item - Alternativa 1	Impacto
Não foram verificados pontos de lançamento em todo o curso d' água.	0
Presenças de poucos pontos pontuais de lançamento de efluentes domésticos, com pequena vazão em relação ao curso d' água.	3
Presença de diversos pontos de lançamento; pontos com vazões consideráveis em relação ao curso d' água; atividades comerciais; atividades indústrias com lançamento de efluentes no corpo receptor.	5

Item (Limite de Coliforme Fecal NMP/100mL) - Alternativa 2	Impacto
Até 250 considerada própria e de excelente qualidade.	0
De 250 a 500 considerada própria e de muito boa qualidade.	1
De 500 a 1000 considerada própria e qualidade satisfatória.	2
Acima de 1000 considerada imprópria.	4
Acima de 5000.	5

Fonte: FREITAS FILHO, (2010).

Tabela 7 - Lançamento de águas pluviais urbanas.

Item	Impacto
Não foi visualizado despejo de esgoto em conjunto com a água pluvial.	0
Fica evidente o lançamento de efluente doméstico em conjunto com a água pluvial.	5

Fonte: FREITAS FILHO, (2010).

Apesar de que uma das diretrizes de um PAR é ser de fácil mensuração, buscou-se propor um método de avaliação para o indicador que não fosse baseado somente na simples observação, possibilitando mesmo com reconhecida experiência, gerar erros nos resultados. Para este indicador, assim como serão para os demais, em trabalhos futuros, uniu-se ferramentas técnicas ao potencial do aplicador.

O novo indicador Poluição leva em consideração apenas dois aspectos: Presença de resíduos sólidos e Qualidade da água. Neste trabalho não será sugerido nenhuma alteração no método de avaliação e nos graus de impactos do parâmetro Presença de resíduos sólidos.

Para o parâmetro Qualidade da água foram criadas duas alternativas de avaliação, as quais se pretende verificar a aplicabilidade, uma baseada na metodologia do grupo de variáveis e outra baseada no IET. O novo parâmetro também possui discriminadas as características de cada grau de impacto para facilitar a compreensão e análise do aplicador do PAR e também um valor de impacto facilitando uma quantificação do impacto. O novo parâmetro com as alternativa 1 e alternativa 2 é apresentado na Tabela 8 e Tabela 9, respectivamente.

Tabela 8 - Alternativa 1 para avaliação do parâmetro Qualidade da Água no novo indicador Poluição.

Item	Impacto
Qualidade da água em estado íntegro, sem interferências visuais antrópicas, soma igual a zero.	0
Qualidade da água em estado de integridade desejável, sem interferências visuais antrópicas diretas, soma entre 1 e 7.	2
Qualidade da água em estado de integridade moderada, com interferências visuais antrópicas indiretas, mas sem comprometimento do ecossistema, soma entre 8 e 13.	3
Qualidade da água em estado de integridade, ruim com interferências visuais antrópicas diretas, com perdas da diversidade do ecossistema original, soma entre 14 e 19	4
Qualidade da água em estado de integridade impactada, com interferências visuais antrópicas drásticas, com perdas da diversidade do ecossistema original, soma entre 20 e 25	5

Tabela 9 - Alternativa 2 para avaliação do parâmetro Qualidade da Água no novo indicador Poluição.

Item	Impacto
Ultraoligotrófico $IET \leq 47$	0
Oligotrófico $47 < IET \leq 52$	1
Mesotrófico $52 < IET \leq 59$	2
Eutrófico $59 < IET \leq 63$	3
Supereutrófico $63 < IET \leq 67$	4
Hipereutrófico $IET > 67$	5

Para obter um IET único deve-se considerar a média do IET de Clorofila α e IET de Fósforo total.

Sendo assim o indicador Poluição aprimorado fica como apresentado no Quadro 10, abaixo.

Quadro 10 – Novo indicador Poluição para aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de integridade de rios.

Indicador	Parâmetro
<p>Poluição: visa retratar o estágio de integridade do curso d'água através de variáveis físico-químicas e biológicas de qualidade da água e a quantidade de resíduos liberados por diferentes atividades.</p>	<p>Presença de resíduos sólidos depositados nas margens ou no leito menor do curso d'água: Retrata a quantidade de resíduos, provenientes de atividades antrópicas, ao longo do curso d'água.</p>
	<p>Qualidade da água: Retrata o estágio de integridade do curso d'água, mensurados a partir de variáveis físico-químicas e biológicas da água.</p>

4.6 MATERIAIS E MÉTODOS

Para que outros pesquisadores possam replicar o estudo e também melhor entendimento dos resultados é importante expor os materiais e os métodos utilizados na pesquisa. Esta parte da metodologia foi elaborada após a obtenção do grupo de variáveis para ambas as alternativas. Este grupo de variáveis é apresentado no capítulo de resultados.

4.6.1 Materiais

Para realizar a coleta se fez necessário uma série de itens, os quais podem ser separados em coleta e análise.

Coleta:

Um GPS para registrar as coordenadas geográficas do ponto de coleta (Modelo: eTrex; Marca: Garmin).

Uma máquina fotográfica, para registrar a montante e jusante do ponto de coleta (Modelo: Cyber-Shot DSC-S730, 7.2 Mega Pixels; Marca: SONY).

Oito frascos de 1,5L para coletar a amostra de cada ponto.

Oito frascos esterilizados de 300mL para coletar a amostra para a análise de coliformes fecais.

Além disto, ainda foram necessárias duas caixas térmicas para conservar as amostras até o momento das análises, jaleco, luvas, haste

para coleta, álcool, papel absorvente, panos, etiqueta, relógio, caneta, tesoura e botas plástica.

Análise:

OD: Oxímetro de campo (Modelo: AT 130; Marca: Alfakit).

Figura 10 – Oxímetro utilizado na pesquisa.



Coliformes Fecais: (Modelo: Quanti-Tray*/2000; Marca: IDEXX).

Figura 11 – Equipamento para análise de coliformes utilizado na pesquisa.



DBO: Oito frascos de 500mL, geladeira e equipamento para análise (Modelo: BODTrack; Marca: HACH).

Figura 12 – Equipamento para análise de DBO_5 utilizado na pesquisa.



Turbidez: Turbidímetro (Modelo: 2100N Turbidimeter; Marca: HACH).

Figura 13 – Equipamento para análise de turbidez utilizado na pesquisa.



pH: pHmetro de bancada (Modelo: Q400M2; Marca: Quimis).

Figura 14 – pHmetro utilizado na pesquisa.



Clorofila α e Fósforo Total: Espectrofotômetro (Modelo: DR2000; Marca: HACH).

4.6.2 Método

Para simplificar uma explicação de cada método criou-se o Quadro 11 contendo segundo cada tipo de análise o método utilizado.

Quadro 11 – Métodos utilizados na pesquisa segundo análise realizada.

Variável	Método de análise
Oxigênio Dissolvido	Sonda – Célula de Clark
Potencial Hidrogeiônico	Potenciométrico - Sensor
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Manométrico
Coliformes Fecais	Número Mais Provável - IDEXX Quanti-Tray
Turbidez	Nefelométrico
Clorofila α	Colorimétrico
Fósforo Total	Colorimétrico

Vale ressaltar que no método utilizado para obtenção dos coliformes fecais também se obtêm concomitantemente os valores de coliformes totais. Entretanto, como esta variável não fez parte do grupo final de parâmetros, os resultados não serão apresentados.

5 RESULTADOS

O presente capítulo apresenta os resultados da pesquisa, onde é possível observar o Quadro 11 com as variáveis pertinente destacadas na revisão bibliográfica. Na Tabela 10 é possível observar as variáveis que os especialistas destacaram como importantes para o processo de revitalização de cursos d'água. Por fim, no item 5.3 já é apresentado o grupo final de parâmetros selecionados juntamente com os limites entre graus de impacto. No item 5.5 são apresentados os resultados das análises e no item 5.6 é apresentado o resultado da aplicação do parâmetro Poluição para as duas alternativas proposto no Protocolo de Avaliação Rápida (PAR).

5.1 VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA ÁGUA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Após revisão na literatura de qualidade da água onde todos, isoladamente ou em complementação a outra variável, são pertinentes para medir a integridade do curso d'água, selecionou-se aquelas variáveis nas quais o processo de urbanização fosse mais evidenciado. Assim destaca-se os indicados por Duncan, (1999) *apud* Landson, (2004) e por Finotti, (2009) capítulo 4.

As variáveis físico-químicas são instrumentos menos utilizados como método de avaliação em PAR ou em processos de revitalização de rios. De maneira geral as variáveis encontradas remetem a avaliações físicas como granulometria de fundo, transparência, oleosidade, odor, qualidade e extensão do remanso, ou seja, variáveis que podem apresentar mudanças sensíveis de um rio a outro. Os destacados aqui são indicados por Freitas Filho, (2010), Taylor & Findlay, (2006), Manuelzão, (2010) e Barbour et. al., (1999)

Na revisão da literatura de integridade de cursos d'água a partir de variáveis de qualidade da água foram encontrados apenas estudos que consideraram a diversidade de espécies como bioindicadores. Os mais utilizados são a ictiofauna, macroinvertebrados ou deste a fauna bentônica especificamente. O Quadro 12 especifica as variáveis destacadas como possíveis integrantes do grupo de parâmetros a compor o protocolo final.

Quadro 12 - Variáveis destacadas a partir da revisão bibliográfica para compor o PAR.

Variáveis	
Sólidos em suspensão (SS)	Cobre (Cu)
Fósforo total (PT)	Temperatura (T)
Nitrogênio total (NT)	Potencial Hidrogeiônico (pH)
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Nitrato (NO ₃)
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Amônia (NH ₃)
Número de Coliformes Totais	Condutividade
Número de Coliformes Fecais	Turbidez
Chumbo (Pb)	Bioindicadores:
Zinco (Zn)	- Ictiofauna
	- Macroinvertebrados

5.2 VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA ÁGUA: RESPOSTA DOS ESPECIALISTAS

Ao todo foram selecionados treze especialistas, nove especialistas responderam o questionário, dois não responderam, um não foi encontrado e apenas um não quis participar. A Tabela 10 mostra os parâmetros julgados pelos especialistas como importante para a avaliação de integridade do rio, onde também se pode observar o número de vezes (coluna indicação) em que a variável foi escolhida pelos especialistas. As respostas por especialista bem como as justificativas podem ser vistas no Apêndice C.

Tabela 10 - Variáveis selecionadas pelos especialistas.

Parâmetro	Indicação
Oxigênio dissolvido (OD)	8
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	6
Coliformes Termolatentes ou Fecais	4
Nitrogênio total (NT)	3
Teste toxicológico: crônico e agudo	3
Turbidez	3
Potencial Hidrogeiônico (pH)	3
Coliformes totais	2
Carbono orgânico total (COT)	2
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	2
Fósforo total (PT)	2
Temperatura (T)	2
Condutividade	1
Nitrato (NO ₃)	1
Nitrito (NO ₂ ⁻)	1
Organoclorados	1
Ortofosfato	1
Organismos invertebrados	1
Peixes	1
Sólidos totais	1
Surfactantes	1

Vale destacar que em alguns casos o especialista elegeu mais de quatro variáveis como o *especialista 5*, mesmo assim foram considerados todos os por ele indicado, a fim de aproveitar o maior número de informações. Alguns escolheram variáveis que não eram físico-químicas ou biológicas como o *especialista 2*, nestes casos foram descartadas as variáveis que não compreendiam ao escopo estabelecido. Alguns colocaram uma justificativa geral para a escolha das variáveis ou não justificaram como o *especialista 5 e 6*, respectivamente.

5.3 GRUPO FINAL DE VARÁVEIS DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA O PAR

Neste item é apresentado segundo a metodologia proposta as cinco variáveis finais que irão compor os grupo final para estabelecimento do indicador Poluição no Protocolo de Avaliação Rápida.

Realizando uma intersecção entre o Quadro 12 e a Tabela 10 percebe-se que muitas das variáveis se encontram nos dois quadros. Assim no Quadro 13, ter-se-ia na primeira coluna as variáveis que estão em concordância e na segunda coluna aquelas variáveis que não estão.

Quadro 13 - Variáveis em comum e divergente entre o Quadro 12 e Tabela 10.

Variáveis em comum	Variáveis divergentes
Oxigênio dissolvido (OD) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) Coliformes termotolantes ou Fecais Nitrogênio total (NT) Turbidez Potencial Hidrogeiônico (pH) Coliformes totais Demanda Química de Oxigênio (DQO) Fósforo total (PT) Temperatura (T) Condutividade Nitrato (NO ₃ ⁻) Organismos invertebrados Peixes	Quadro 12
	Sólidos em suspensão (SS) Chumbo (Pb) Zinco (Zn) Cobre (Cu) Amônia (NH ₃)
	Tabela 10
	Teste crônico ou agudo Carbono orgânico total (COT) Nitrito (NO ⁻) Organoclorados Ortofosfato Surfactantes Sólidos totais

Como se pode perceber existem 14 variáveis em comum e 12 variáveis que divergem. Seguindo os critérios estabelecidos têm-se no Quadro 14 as cinco variáveis que compõem o grupo final do indicador Poluição. Vale destacar que existem quatro variáveis que se enquadraram no mesmo patamar de importância, sendo elas: Nitrogênio total, Turbidez, pH e Testes crônicos ou agudos, mas pelos critérios curto prazo para obtenção do resultado e baixo custo, se sobressaíram as variáveis Turbidez e pH.

Quadro 14 - Grupo final de variáveis da qualidade da água.

Variável
Oxigênio Dissolvido (OD)
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)
Coliformes Termolactentes ou Fecais
Turbidez
Potencial Hidrogeiônico (pH)

Com o grupo de variáveis definindo cabe uma breve explicação da importância de cada uma na avaliação da integridade do rio.

Oxigênio Dissolvido

Oxigênio dissolvido é a medida da concentração de oxigênio dissolvido na água. É dependente da temperatura, salinidade, turbulência, atividade fotossintética de algas e plantas e da pressão atmosférica. A solubilidade do oxigênio diminui com o aumento da temperatura e da salinidade. Em águas doces varia de 15mg/L em 0°C a 9mg/L em 25°C e por isso se encontra em menor concentração no verão (PAIVA, 2001 *apud* FINOTTI, 2009).

Do ponto de vista ecológico, o oxigênio dissolvido é uma variável extremamente importante, pois é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático. Uma adequada provisão da quantidade de oxigênio dissolvido é essencial para manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais. Esta variável também é importante, pois como justifica o *especialista 1* “*Ele mede reflexos diretos de um corpo receptor poluído ou não*” ou como destaca o *especialista 9* “[...] *fácil medição*”.

Geralmente o oxigênio dissolvido se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico, em certos efluentes industriais, ou outros. Os resíduos orgânicos despejados nos corpos d’água são decompostos por microorganismos que se utilizam do oxigênio na respiração. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos organismos aquáticos, inclusive os peixes. Neste mesmo sentido justifica o *especialista 2* “[...] *por ser um elemento indispensável a muitos organismos aquáticos, torna-se indicador muito bom, pois a medida que o ambiente se mostra alterado, as quantidades de oxigênio dissolvido diminuem em decorrência da explosão populacional de certos organismos como bactérias, algas ou macrófitas que consomem muito oxigênio[...]*”. Além disto, caso o

oxigênio seja totalmente consumido tem-se condições anaeróbias, onde entre as consequências está a geração de maus odores (VON SPERLING, 2005).

Em um corpo d'água eutrofizado o crescimento excessivo de algas pode "mascarar" a avaliação do grau de poluição de uma água, quando se toma por base apenas a concentração de oxigênio dissolvido. Sob este aspecto, águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, enquanto que as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas. No entanto, um corpo d'água com crescimento excessivo de algas pode apresentar, durante o período diurno, concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C, caracterizando uma situação de supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos de baixa velocidade da água, nos quais podem se formar crostas verdes de algas na superfície (CETESB, 2011).

Em resumo, as principais consequências da redução na concentração de oxigênio dissolvido no meio são: mortandade de organismos aeróbios (também relacionado pelo *especialista 8* "A redução do oxigênio na água pode levar o peixe a uma situação de hipóxia."), solubilização de compostos químicos, aumento da toxicidade no ambiente, geração de maus odores e inconvenientes estéticos (FINOTTI, 2009).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumida para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia, durante um determinado período de tempo (5 dias), numa temperatura de incubação específica (20°C), por isso frequentemente é referida como DBO_{5,20°}. A DBO é um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água (SPERLING, 2005).

Os maiores aumentos em termos de DBO num corpo d'água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica, como também indica o *especialista 4* "Indica o nível de poluição devido as substâncias orgânicas". A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando os efeitos danosos ao meio aquático como já abordados anteriormente.

Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis. A DBO retrata de forma indireta, a concentração de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo

d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial consumo do oxigênio dissolvido (CETESB, 2011). Este potencial de consumo de oxigênio medido através da DBO₅ também é relacionado pelo *especialista 8* que ainda destaca outro efeito danoso da redução de oxigênio, “*A introdução de matéria orgânica pode levar a diminuição da quantidade de oxigênio e a um aumento na quantidade de ácido sulfídrico no ambiente.*”

Pelo fato de a DBO somente medir a quantidade de oxigênio consumida num teste padronizado, ela não indica a presença de matéria não-biodegradável, nem leva em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais sobre a atividade microbiana (PHILIPPI *et al*, 2004). Contudo, destaca-se na justificativa do *especialista 5* que a DBO₅, assim como o oxigênio dissolvido, “[...]expressam claramente o grau de poluição e não mostram padrões confusos ou conflitantes.”

Coliformes Termolatentes ou Fecais

O grupo de coliformes totais constitui um número de bactérias que inclui os gêneros: *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e enterobactérias (FINOTTI, 2009).

Em laboratório, a diferença entre coliformes totais e fecais é feita através da temperatura (os coliformes fecais continuam vivos mesmo a 44°C, enquanto os coliformes totais têm crescimento a 35°C). Outra diferença entre os coliformes fecais e totais é que os coliformes totais podem existir no solo e nos vegetais, diferentemente das bactérias fecais que são restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente (CETESB, 2011).

As bactérias do grupo coliformes fecais são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal, são expressos em número de organismos por 100 ml de água. A determinação da concentração dos coliformes termolatentes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, como febre tifóide, desintéria bacilar e cólera (PHILIPPI *et al*, 2004) como também salienta o *especialista 3* “[...], bem como com problemas de saúde pública.”

Portanto, quando em concentrações elevadas é uma medida direta que houve lançamento de efluentes domésticos, agropecuários, ou de abatedouros conforme também justifica o *especialista 7* “*A presença de bactérias que denotam o contato da água com esgoto humano, aponta para uma água poluída e para a falta de saneamento mínimo da urbanização de entorno.*”, podendo comprometer a integridade dos

cursos d'água e da biota existente, além do potencial causador de doenças.

Potencial Hidrogeiônico (pH)

O pH é definido pelo negativo logaritmo da concentração de íon hidrogênio, onde pode variar de 0 (muito ácido) a 14 (muito básico) e valor igual 7 indica neutralidade. Águas naturais apresentam usualmente valores de pH na faixa de 4 a 9, e muitas são levemente básicas devido á presença de bicarbonatos e carbonatos. O pH é fator decisivo na distribuição de peixes, que em geral suportam valores de pH entre 5 a 9 (FINOTTI, 2009).

Este parâmetro define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução e tem grande importância em virtude de vários organismos aquáticos estarem geralmente adaptados as condições de neutralidade e em conseqüência, alterações bruscas do pH de uma água podem acarretar o desaparecimento de grupos de organismos nela presentes. Este aspecto é elucidado pelo *especialista 2* em consonância com outras variáveis, “[...]ao se registrar variações bruscas destas medidas, as condições ambientais estão alteradas, gerando modificações em toda comunidade aquática.” Ou como também justifica o *especialista 4* a sua escolha dizendo que, “Por representar a concentração do íon hidrônio na água e estar associado a acidez e alcalinidade. Estes parâmetros são responsáveis pelo equilíbrio químico aquático em águas naturais. A alteração do pH pode indicar um desequilíbrio ecológico.”

Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental. A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, em determinadas condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes (CETESB, 2011).

Normalmente a condição de pH que corresponde à formação de um ecossistema mais diversificado e a um tratamento mais estável é a neutralidade, tanto em meios aeróbios como anaeróbios (CETESB, 2008 *apud* FINOTTI, 2009).

Turbidez

A turbidez da água é a atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra, devido ao espalhamento e adsorção a luz incidente (PAIVA & PAIVA, 2001 *apud* FINOTTI, 2009).

Esse parâmetro tem relação direta com a transparência da água e depende da concentração de materiais em suspensão como silte, argila, partículas finas de matéria orgânica e inorgânica, compostos orgânicos solúveis, plâncton e outros microrganismos (FINOTTI, 2009).

Um alto grau de turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e de algumas algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente o uso doméstico, o industrial e o recreacional de uma água (PHILIPPI *et al*, 2004). Estes dois aspectos: aparência e fotossíntese também foram destacados pelo *especialista 3* “*Eu relacionaria a turbidez com a aparência da água do local. A transparência da água é um fator importante, principalmente para a fotossíntese.*”

O *especialista 8* destaca outro efeito indireto medido através da turbidez, “*Pode afetar no crescimento pela presença de alimento na água. Quando for causado por argila, por exemplo, pode dificultar na respiração (obstrução das brânquias); visualização de presas [...]*”, o que destaca sua relevância como variável de qualidade da água,

5.3.1 Limites entre Graus de Integridade das Variáveis Escolhidas

Com o grupo de variáveis definido é possível estabelecer os limites entre um grau de integridade e outro, como pré-estabelecido no item 4.2.2. De acordo com o estudado e utilizando como base a literatura e a legislação CONAMA 357 de 2005 apresentam-se nos Quadro 15 ao Quadro 19 os limites entre um estágio de integridade e outro para cada uma das variáveis componentes do grupo final.

Quadro 15 - Faixas de concentração limite para a variável Oxigênio Dissolvido (OD).

Faixa de concentração limite	Estágio de integridade	Impacto
$OD \geq 7$ mg/L	Íntegro	0
$5 \leq OD < 7$ mg/L	Integridade desejável	2
$4 \leq OD < 5$ mg/L	Integridade moderada	3
$2 \leq OD < 4$ mg/L	Integridade ruim	4
$OD < 2$ mg/L	Impactado	5

Quadro 16 - Faixas de concentração limite para a variável Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅).

Faixa de concentração limite	Estágio de integridade	Impacto
DBO ≤ 3 mg/L	Integro	0
3 < DBO ≤ 10 mg/L	Integridade desejável	2
10 < DBO ≤ 20 mg/L	Integridade moderada	3
20 < DBO ≤ 50 mg/L	Integridade ruim	4
DBO > 50 mg/L	Impactado	5

Quadro 17 - Faixas de concentração limite para a variável Coliformes Fecais (CF).

Faixa de concentração limite	Estágio de integridade	Impacto
CF ≤ 50 NMP/100mL	Integro	0
50 < CF ≤ 75 NMP/100mL	Integridade desejável	2
75 < CF ≤ 200 NMP/100mL	Integridade moderada	3
200 < CF ≤ 1000 NMP/100mL	Integridade ruim	4
CF > 1000 NMP/100mL	Impactado	5

Quadro 18 – Faixas de concentração limite para a variável Turbidez (Tu).

Faixa de concentração	Estágio de integridade	Impacto
Tu ≤ 4 UNT	Integro	0
4 < Tu ≤ 6,5 UNT	Integridade desejável	2
6,5 < Tu ≤ 28 UNT	Integridade moderada	3
28 < Tu ≤ 53 UNT	Integridade ruim	4
Tu > 53 UNT	Impactado	5

Quadro 19 - Faixas de concentração limite básico e ácido para a variável Potencial Hidrogeiônico (pH).

Faixa de concentração		Estágio de integridade	Impacto
Limite Básico	Limite Ácido		
6,5 ≤ pH ≤ 7,5	6,5 ≤ pH ≤ 7,5	Integro	0
7,5 < pH ≤ 8,5	5,5 ≤ pH < 6,5	Integridade desejável	2
8,5 < pH ≤ 9,5	4,5 ≤ pH < 5,5	Integridade moderada	3
9,5 < pH ≤ 11,0	3,0 ≤ pH < 4,5	Integridade ruim	4
pH > 11,0	pH < 3,0	Impactado	5

5.4 RESULTADOS DAS ANÁLISES

Como explicado na metodologia o rio Córrego Grande foi dividido em oito trechos segundo a divisão realizada por Dalla Costa, (2008) para avaliação da degradação ambiental. Portanto, será apresentado uma breve descrição de cada trecho, uma figura (foto aérea com registro em janeiro de 2011) extraída do programa GoogleEarth e trabalhada no programa AutoCad 2007, além de duas fotos tiradas no dia da coleta com vista de montante e jusante do ponto de coleta. No final é apresentado o resultado das análises de qualidade da água ponto a ponto.

Trecho 1

O trecho 1 é o trecho mais a jusante, localiza-se em uma região plana, onde a taxa de ocupação é a mais intensa do que nos outros trechos, onde segundo análise dos mapa de ocupação e uso do solo feita por Dalla Costa, (2008) as edificações são especialmente de natureza residencial, com a incidência de algumas comerciais e de prestação de serviços. A autora também destaca como um dos fatores mais agravantes para este trecho a remoção da mata ciliar. A Figura 15 mostra o trecho 1 com o ponto de coleta e na Figura 16 e 17 está o registro fotográfico com a visão de montante primeiramente e depois de jusante.

Figura 15 – Fotografia aérea do trecho 1 com o ponto de coleta.

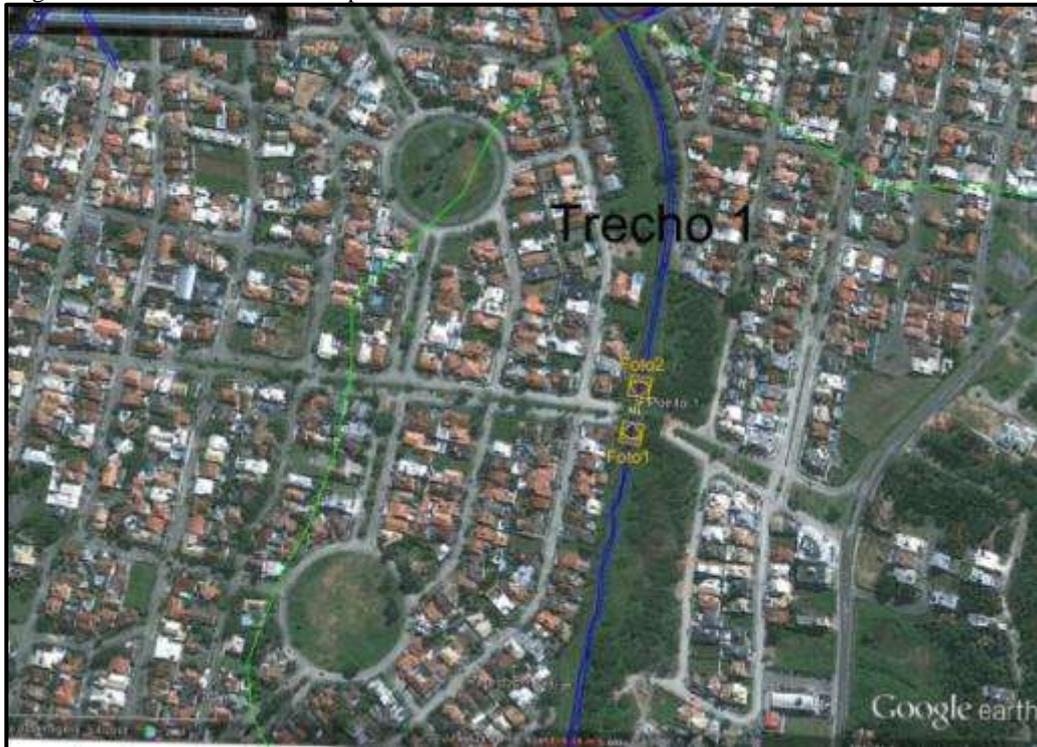


Figura 16 – Foto1: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 1.



Figura 17 – Foto2: Vista a jusante do ponto de coleta – trecho 1.



Trecho 2

O trecho 2 como o trecho anterior localiza-se e região plana, apresenta alta taxa de ocupação, entretanto, como afirma Dalla Costa, (2008) na ocupação do solo encontram-se mais edificações comerciais e usos para serviços públicos como o parque municipal do Córrego Grande, praças e uma estação de tratamento de esgoto. A remoção de mata ciliar e a presença de lançamento de efluentes também foram verificados nesse trecho. A Figura 18 mostra o trecho 2 com o ponto de coleta e na Figura 19 e 20 está o registro fotográfico com a visão de montante primeiramente e depois de jusante.

Figura 18 – Fotografia aérea do trecho 2 com o ponto de coleta.



Figura 19 – Foto3: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 2.



Figura 20 – Foto 4: Vista a jusante do ponto de coleta - trecho 2.



Trecho 3

Este trecho localiza-se na *zona de transferência* do curso d'água e apresenta-se urbanizado com predomínio de edificações residenciais. Existem pontos de pastagem para gado. Sobre a situação física da calha de escoamento Dalla Costa, (2008) observou que o rio começa a apresentar uma característica mais natural, com pedras de variadas granulometrias, vegetação em diferentes estágios nas margens e uma ponte que nos trechos a jusante não tinham. A Figura 21 mostra o trecho 3 com o ponto de coleta e na Figura 22 e 23 está o registro fotográfico com a visão de montante primeiramente e depois de jusante.

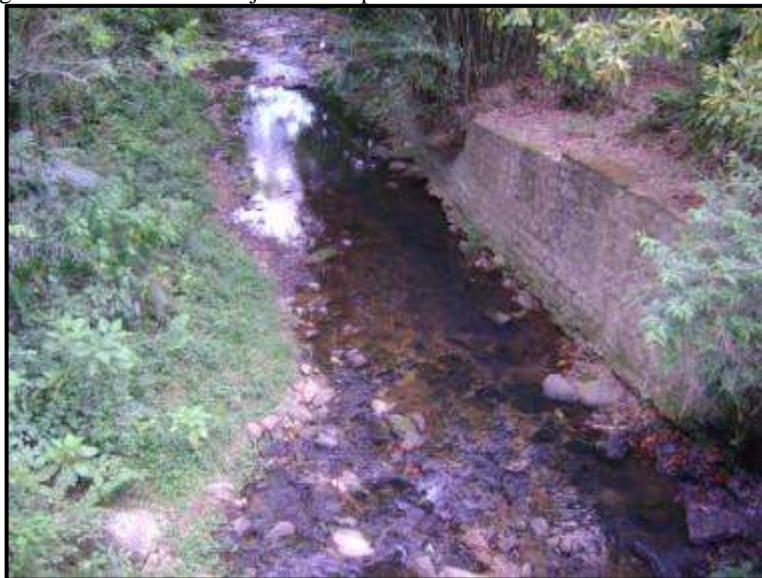
Figura 21 – Fotografia aérea do trecho 3 com o ponto de coleta.



Figura 22 – Foto5: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 3.



Figura 23 – Foto6: Vista a jusante do ponto de coleta – trecho 3.



Trecho 4

O trecho 4 continua com as mesmas características de ocupação e uso do solo que o trecho 3 apresentou. Os impactos encontrados também são os mesmos como remoção da mata ciliar, lançamento de efluente doméstico ou pluvial e redução da seção transversal do rio causada pela instalação de outra ponte. A Figura 24 mostra o trecho 4 com o ponto de coleta e na Figura 25 e 26 está o registro fotográfico com a visão de montante primeiramente e depois de jusante.

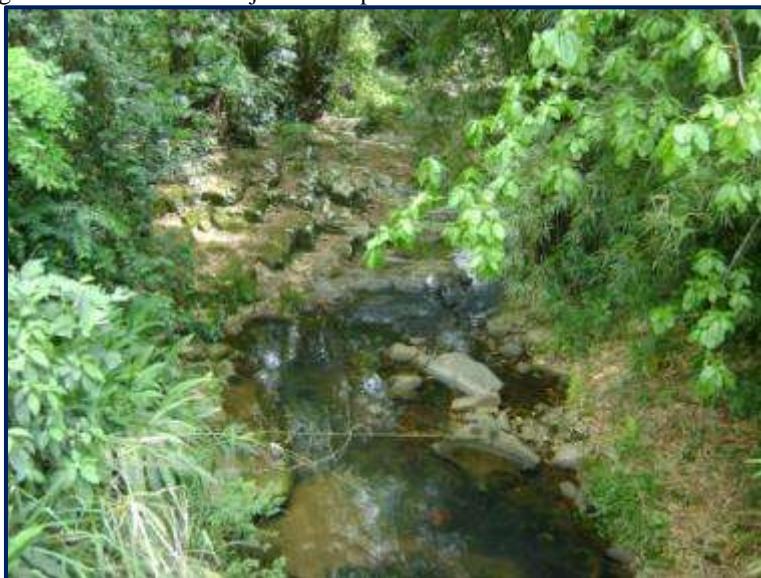
Figura 24 – Fotografia aérea do trecho 4 com o ponto de coleta.



Figura 25 – Foto7: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 4.



Figura 26 – Foto8: Vista a jusante do ponto de coleta – trecho 4.



Trecho 5

No trecho 5 inicia a mudança de declividade para uma levemente acentuada. Ainda a taxa de ocupação é elevada, retornando o padrão exclusivamente residencial ao contrário dos trechos 2 e 3. Os impactos se repetem, mas a presença de mata ciliar ocorre com maior intensidade e como agravante ocorre neste trecho acúmulo de galhos e pedregulhos. A Figura 27 mostra o trecho 5 com o ponto de coleta e na Figura 28 e 29 está o registro fotográfico com a visão de montante primeiramente e depois de jusante.

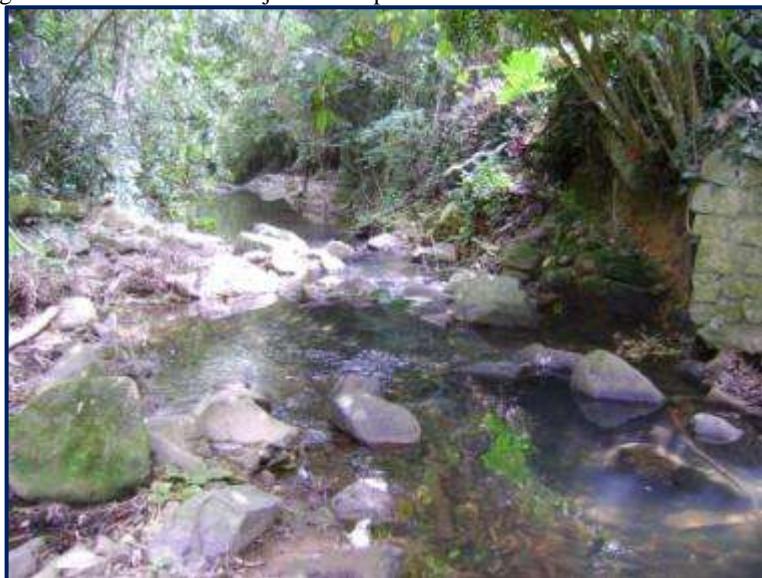
Figura 27 – Fotografia aérea do trecho 5 com o ponto de coleta.



Figura 28 – Foto9: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 5.



Figura 29 – Foto10: Vista a jusante do ponto de coleta – trecho 5.



Trecho 6

No trecho 6 o rio Córrego Grande já apresenta características favoráveis a preservação como mata ciliar presente em praticamente todo o trecho, ocupação e uso do solo com menor impacto, ou seja, com menor taxa de ocupação, além disto já não foram verificados nos pontos de coleta contribuições de águas pluviais e efluentes domésticos.

A Figura 30 mostra o trecho 6 com o ponto de coleta e na Figura 31 e 32 está o registro fotográfico com a visão de montante primeiramente e depois de jusante.

Figura 30 – Fotografia aérea do trecho 6 com o ponto de coleta.

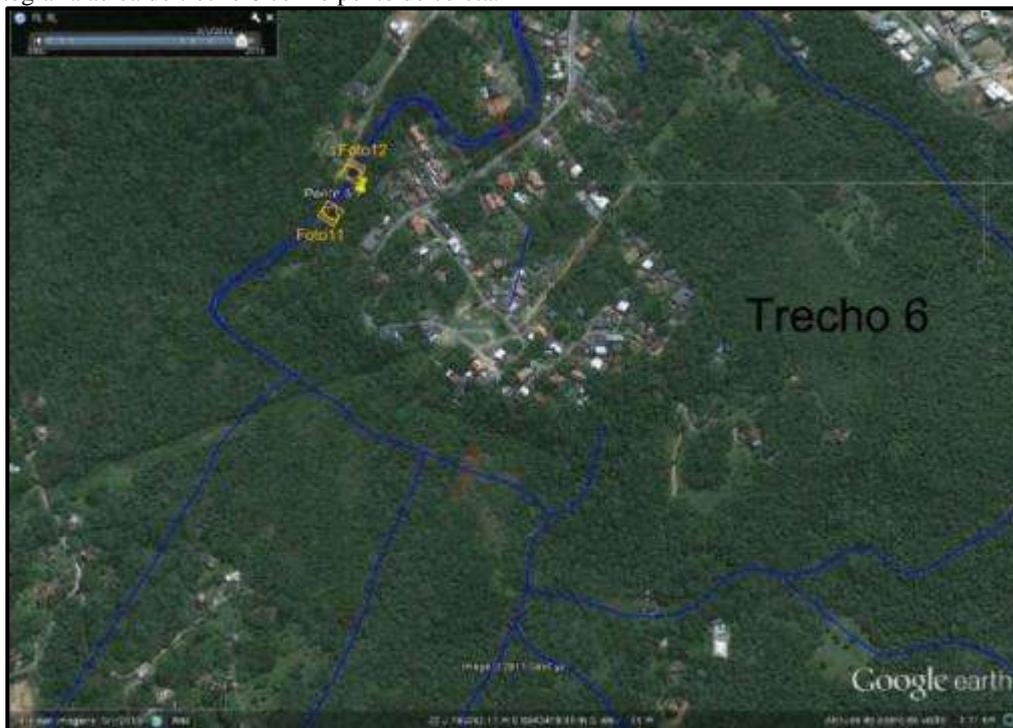


Figura 31 – Foto11: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 6.



Figura 32 – Foto 12: Vista a jusante do ponto de coleta – trecho 6.



Trecho 7

Este trecho está bem preservado, sem contribuições de efluentes domésticos ou pluviais. Não existe ocupação neste trecho e a mata ciliar está bem preservada, exceto pelo fato de haver uma trilha as margens do rio que segue até a cachoeira do poção onde é um local de lazer para a comunidade. A Figura 33 mostra o trecho 7 com o ponto de coleta e na Figura 34 e 35 está o registro fotográfico com a visão de montante primeiramente e depois de jusante.

Figura 33 – Fotografia aérea do trecho 7 com o ponto de coleta.



Figura 34 – Foto13: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 7.



Figura 35 – Foto14: Vista a jusante do ponto de coleta – trecho 7.



Trecho 8

O último trecho do rio, trecho 8, o mais a montante que vai até a nascente, encontra-se muito similar ao trecho 7. Existem algumas captações de água individuais e a trilha fica mais “fechada”. Neste trecho o ponto de coleta foi registrado através do GPS a 200m da cachoeira do Poção com precisão de 24m no momento de marcação do ponto.

A Figura 36 mostra o trecho 8 com o ponto de coleta e na Figura 37 e 38 está o registro fotográfico com a visão de montante primeiramente e depois de jusante.

Figura 36 – Fotografia aérea do trecho 8 com o ponto de coleta.

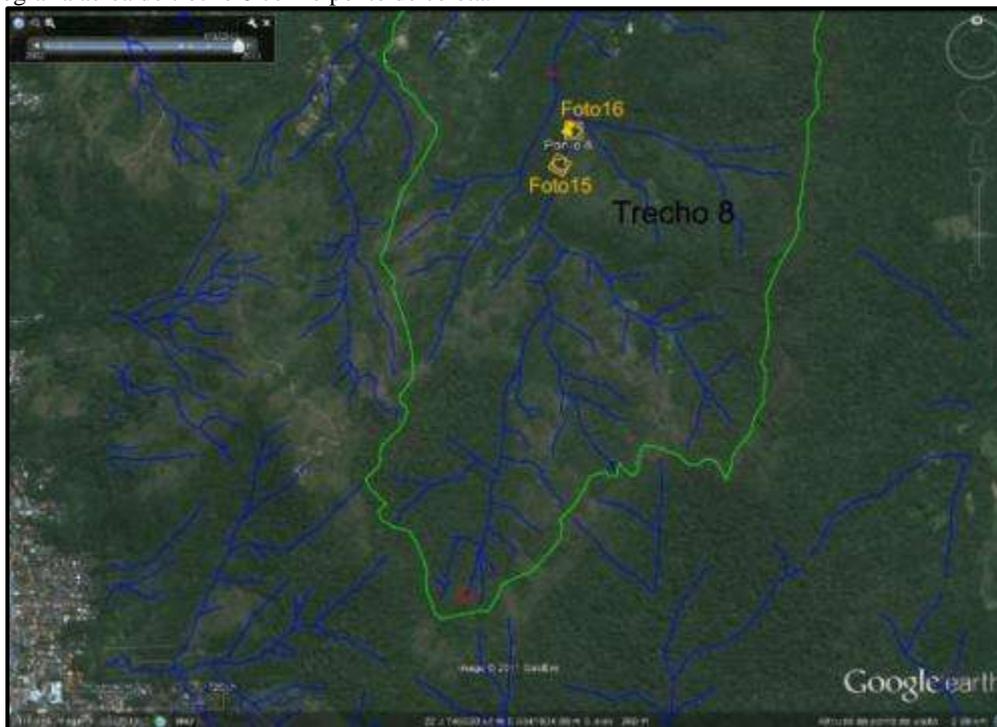
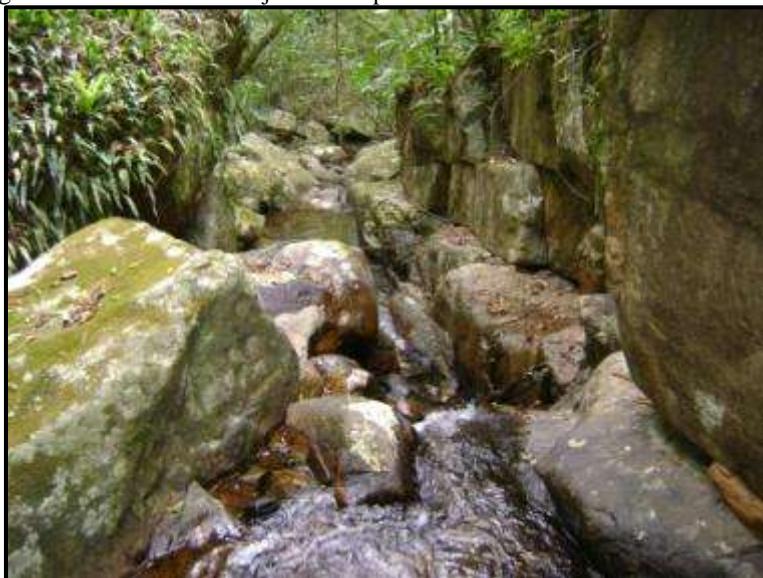


Figura 37 – Foto15: Vista a montante do ponto de coleta – trecho 8.



Figura 38 – Foto16: Vista a jusante do ponto de coleta – trecho 8.



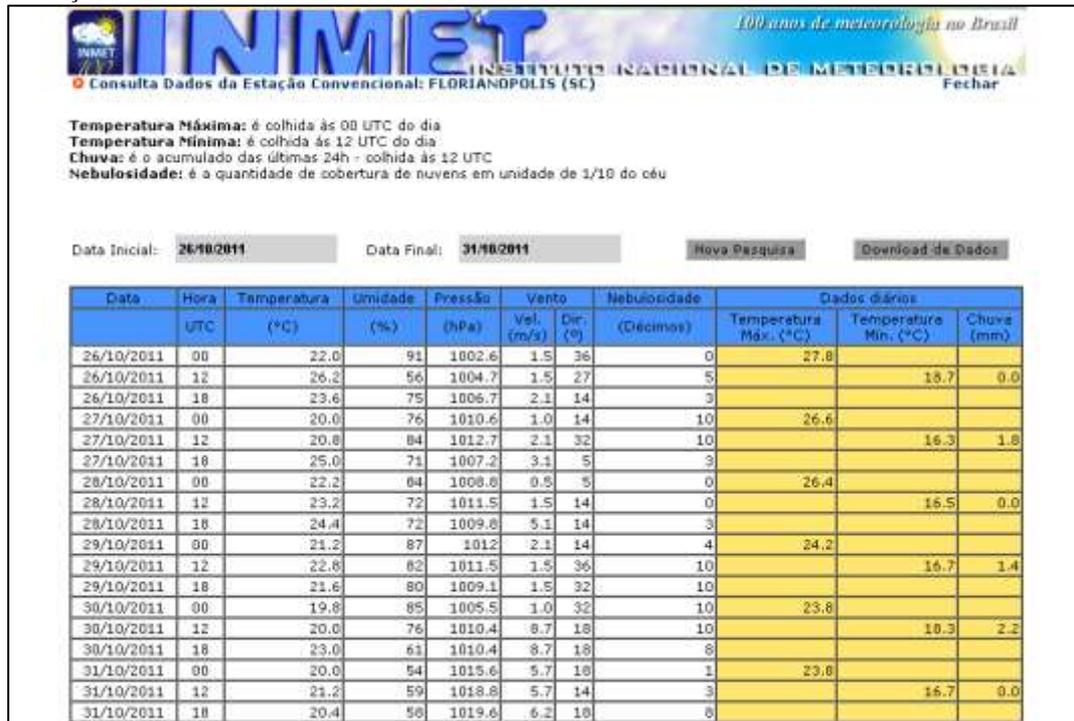
A Tabela 11 mostra os resultados das análises de qualidade da água realizada nos pontos. As condições de coleta foram boas e acredita-se que o rio estava em regime de escoamento básico, pois não ocorreu precipitação intensa nos dias anteriores e também não ocorreu um longo período sem chuva. A Figura 39 ilustra as condições do tempo nos quatro dias anteriores a coleta e no dia da coleta (31/10/2011).

Tabela 11 – Resultado das análises de qualidade da água para todos os trechos.

Trecho	Oxigênio Dissolvido (mg/L O₂)	pH	DBO₅ (mg/L O₂)	Coliformes Fecais (NMP/100mL)	Turbidez (UNT)	Clorofila α (µg/L)	Fósforo Total (µg/L)
1	4,6	8,11	3,4	> 2.419,2	9,74	5,13	398
2	5,2	8,21	15,2	> 2.419,2	9,66	4,82	624
3	5,2	8,66	3,2	> 2.419,2	3,98	3,45	191
4	5,6	8,85	4,6	> 2.419,2	4,12	4,59	154
5	6,3	8,91	5,6	> 2.419,2	3,64	4,22	114
6	6,7	9,18	8,6	> 2.419,2	1,58	2,44	59
7	7,8	8,96	1,6	547,5	1,05	1,49	11
8	7,1	9,00	1,6	4,1	0,59	1,68	--- ¹

¹ Amostra não analisada.

Figura 39 – Condições climáticas nos dias anteriores a coleta.



Fonte: INMET, (2011).

Fazendo uma análise geral da qualidade da água é possível analisar que nos trechos os valores de oxigênio dissolvido aumentam no sentido de montante onde a poluição é menor e o fluxo do córrego é mais turbulento devido a pequenas quedas ocasionando maior aeração.

Para a variável pH obteve-se um valor mais alcalino já no trecho 1, mas dentro da normalidade. Entretanto, este valor aumenta consideravelmente no sentido da montante. A hipótese é que este valor esteja ligado ao tipo de solo da região, mas isto teria que ser confirmado através de uma análise do solo e do tipo de rocha ali existente.

A variável Turbidez também segue uma tendência natural de ir aumentando no sentido de jusante, devido a intervenção antrópica na remoção da mata ciliar e na contribuição de efluentes domésticos e pluviais, os quais contêm muitos sólidos em suspensão.

A DBO₅ foi uma das variáveis que não seguiu o padrão normal de bacias hidrográficas urbanizadas de aumentar no sentido de jusante. A DBO₅ apresentou valores variáveis e que não estão diretamente ligados aos de oxigênio dissolvido como se espera. Mesmo escolhendo pontos que não fossem diretamente afetados pelas contribuições de efluentes pluviais e domésticos, ou seja, que não fossem na zona de mistura, provavelmente os valores obtidos estão ligados a contribuições localizadas. Destaca-se que nos pontos mais a montante, trecho 7 e 8, os valores de DBO₅ são inferiores aos demais o que auxilia na avaliação dos resultados.

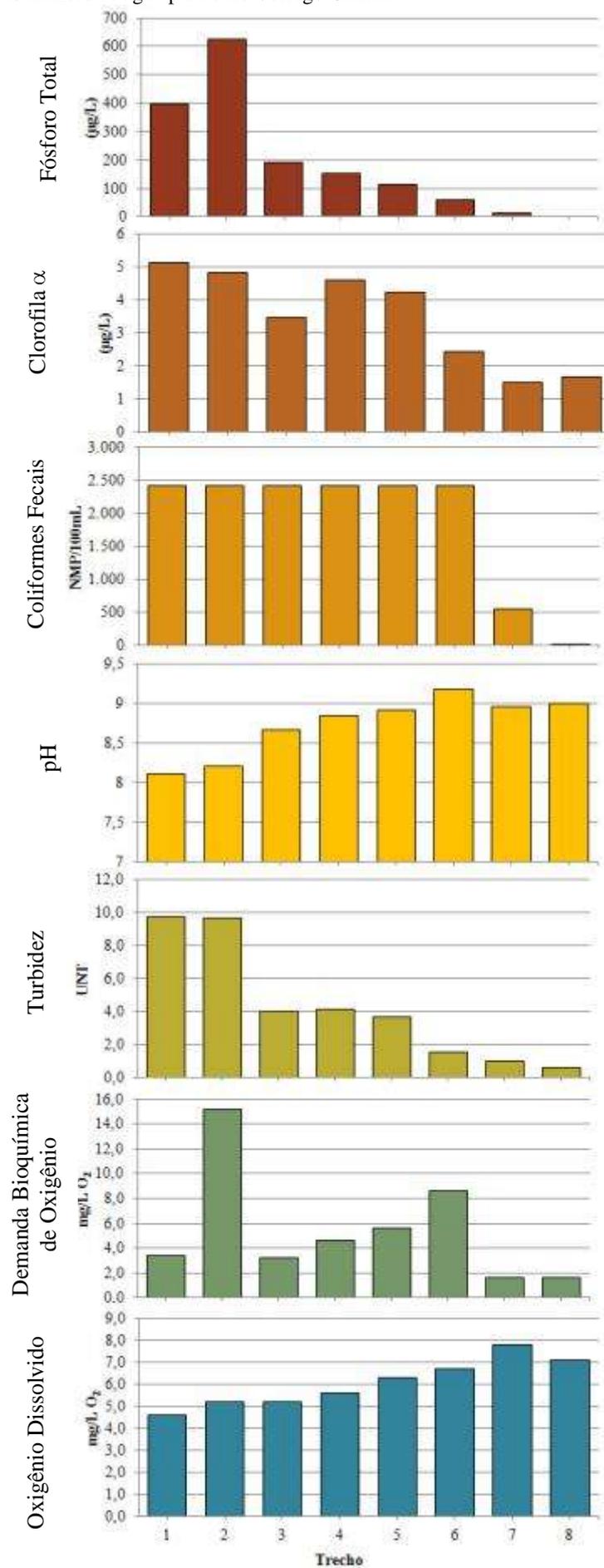
Os resultados obtidos para a variável Coliformes Fecais mostra o quanto o rio vem recebendo efluentes domésticos, diretamente ou através de ligações clandestinas na drenagem urbana. Para os trechos 1 ao 6, todos os valores estiveram acima do limite de quantificação do método. Neste caso o recomendado é que se repita a análise com um fator de diluição, entretanto, como o método de avaliação do protocolo caracteriza o rio como impactado para valores de Coliformes Fecais acima de 1000 NMP/100mL, este procedimento não foi necessário. Também se destaca os trechos 7 e 8, que assim como a DBO₅, apresentaram valores muito inferiores aos demais trechos.

A variável Clorofila α apresentou um decaimento geral no sentido da montante, exceto para o trecho 4 onde ocorreu um aumento da concentração. A clorofila α indica maior ou menor concentração de biomassa fitoplantônica que por sua vez está ligada a três fatores: nutrientes, oxigênio e luminosidade. No trecho 6 existe disponibilidade de nutriente que é metabolizada nos trechos seguintes que aliada aos outros dois fatores reflete o aumento da clorofila.

Por fim, para a variável Fósforo Total também se observou um acréscimo dos resultados de montante para jusante, como é esperado para as características do rio Córrego Grande, haja vista que as interferências no solo e na água são mais acentuadas no trecho médio-final do rio. O resultado da análise de Fósforo Total para o trecho 8 não está disponível devido a problemas no processo analítico em laboratório.

Para melhor visualizar o comportamento das variáveis de qualidade da água analisadas no rio Córrego Grande criou-se o Gráfico 01.

Gráfico 1 – Resultado das análises de água para o rio Córrego Grande.



5.5 APLICAÇÃO DO PROTOCOLO

A aplicação do protocolo consiste em classificar cada trecho segundo os graus de impacto estabelecidos na metodologia no item 5.3.1 e por fim, aplicar o somatório como explica o item 4.5. A seguir separadamente são apresentados os resultados obtidos com as duas alternativas.

5.5.1 Alternativa 1

A Tabela 12 mostra os resultados derivados da aplicação da alternativa 1 e realizando o somatório para cada variável chega-se ao resultado final de integridade do trecho apresentado na Tabela 13.

Tabela 12 – Aplicação do protocolo – alternativa 1.

Trecho	Oxigênio Dissolvido		Potencial Hidrogeiônico		Demanda Bioquímica de Oxigênio		Coliformes Fecais		Turbidez	
	Grau de integridade	Imp acto	Grau de integridade	Imp acto	Grau de integridade	Imp acto	Grau de integridade	Imp acto	Grau de integridade	Imp acto
1	Moderada	3	Desejável	2	Desejável	2	Impactado	5	Moderada	3
2	Desejável	2	Desejável	2	Moderada	3	Impactado	5	Moderada	3
3	Desejável	2	Moderada	3	Desejável	2	Impactado	5	Integro	0
4	Desejável	2	Moderada	3	Desejável	2	Impactado	5	Desejável	2
5	Desejável	2	Moderada	3	Desejável	2	Impactado	5	Integro	0
6	Desejável	2	Moderada	3	Desejável	2	Impactado	5	Integro	0
7	Integro	0	Moderada	3	Integro	0	Ruim	4	Integro	0
8	Integro	0	Moderada	3	Integro	0	Integro	0	Integro	0

Tabela 13 – Resultado final da aplicação do protocolo – alternativa 1.

Trecho	Somatório	Grau de integridade
1	15	Ruim
2	15	Ruim
3	12	Moderada
4	14	Ruim
5	12	Moderada
6	12	Moderada
7	7	Desejável
8	3	Desejável

Analisando a Tabela 12 linha por linha, ou seja, cada trecho isoladamente nota-se que no trecho 1 obteve-se estágios de integridade intermediários com mediana igual a 3 (integridade moderada). O trecho 2 obteve resultados similares ao trecho 1, apenas diferindo nos parâmetros oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio, mas no geral permaneceu com valores também intermediários com mediana igual a 3. O trecho 3 apresentou sensível melhora sobretudo em turbidez o que gerou mediana igual 2 (integridade desejável). Os trechos 4, 5, e 6 também melhoraram no geral, mas permaneceram com mediana igual 2. Os últimos dois trechos 7 e 8 apresentaram quase todos os resultados próximos a integridade, exceto para a variável pH que obteve-se integridade moderada e a variável Coliformes Fecais no trecho 7 que obteve-se integridade ruim, mas no geral os dois trechos obtiveram mediana 0 (integro).

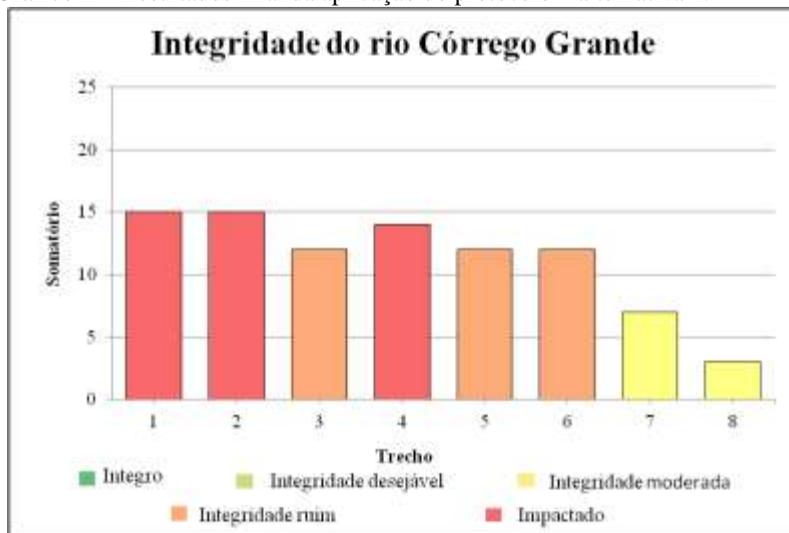
Analisando a Tabela 13 onde se apresenta o resultado final, ou seja, avaliando o conjunto de variáveis para o trecho obteve-se para os trechos 1, 2, e 4 integridade ruim, para os trechos 3, 5 e 6 integridade moderada e para os trechos 7 e 8 integridade desejável. No geral o rio apresenta melhoria da integridade no sentido de montante, mas pontualmente no trecho 4 o rio, que já estava com integridade moderada, retorna a apresentar condições desfavoráveis e obteve-se integridade ruim.

Analisando esta descontinuidade nota-se que isto ocorre devido a turbidez que mudou de estágio no trecho 3 para o 4. Verificando o resultado da análise o valor de turbidez foi igual a 3,98 UNT para o trecho 3 e 4,12 UNT para o trecho 4, ou seja, muito próximos, mas

justamente acima do limite do estágio de integro para integridade desejável, que é 4 UNT. Isto fez com que o valor final altera-se o grau de integridade.

O Gráfico 2 representa os resultados da Tabela 13 de forma gráfica para melhor visualização dos resultados.

Gráfico 2 – Resultados final da aplicação do protocolo – alternativa 1.



5.5.2 Alternativa 2

Assim como para a alternativa 1 primeiramente será analisado os resultados da aplicação do protocolo individualmente para as variáveis Clorofila α e Fósforo Total, mostrados na Tabela 14 e na Tabela 15 é apresentado o resultado final, ou seja, o IET médio.

Tabela 14 – Aplicação do protocolo – alternativa 2.

Trecho	Estado trófico	IET	Impacto	Estado trófico	IET	Impacto
1	Supereutrófico	64	4	Supereutrófico	65	4
2	Supereutrófico	64	4	Supereutrófico	67	4
3	Eutrófico	61	3	Eutrófico	61	3
4	Eutrófico	63	3	Eutrófico	60	3
5	Eutrófico	63	3	Mesotrófico	59	2

Trecho	Estado trófico	IET	Impacto	Estado trófico	IET	Impacto
6	Mesotrófico	58	2	Mesotrófico	55	2
7	Mesotrófico	54	2	Ultraoligotrófico	46	0
8	Mesotrófico	55	2	--- ¹	---	---

¹ Amostra não analisada.

Tabela 15 – Resultado final da aplicação do protocolo – alternativa 2.

Trecho	IET médio	Estado Trófico	Impacto
1	64,64	Supereutrófico	4
2	65,54	Supereutrófico	4
3	61,02	Eutrófico	3
4	61,70	Eutrófico	3
5	60,55	Eutrófico	3
6	56,48	Mesotrófico	2
7	49,92	Oligotrófico	1
8	--- ¹	---	---

¹ Cálculo não realizado, devido a amostra 8 não ter sido analisada para a variável Fósforo Total.

Analisando as duas variáveis por trechos percebe-se através dos IETs calculados que os trechos 1 e 2 estão com níveis de trofia elevados próximo a situação mais crítica Hipereutrófico. Os trechos 3 e 4 apresentaram grau de trofia mesotrófico. No trecho 5 os resultados obtidos pra IET classificam as variáveis em graus de trofia diferentes. O trecho 6 apresentou melhora no grau de trofia para a variável Clorofila α e continuidade para a variável Fósforo Total, sendo que ambas resultaram em grau de trofia igual a mesotrófico. No trecho 7 ocorreu a mesma situação do trecho 5, onde os resultados classificaram as variáveis em graus de trofia diferente, sendo que com grau melhor para a variável Fósforo total. No trecho 8 é possível apenas analisar a variável Clorofila α , já que não foi realizada a análise da variável Fósforo total. Neste último trecho a variável Clorofila α não apresentou melhora, mesmo sendo um trecho com características melhores que os demais. Mesmo sem um valor real é possível esperar através de uma análise geral dos resultados que para a variável Fósforo total, neste

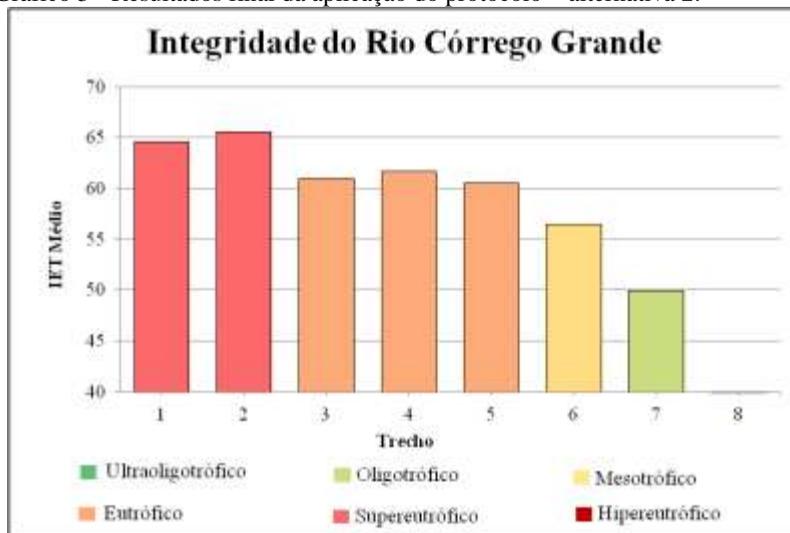
último trecho, o grau de trofia fosse igual ao anterior, Oligotrófico, ou até mesmo Ultraoligotrófico.

No geral o rio apresentou melhoria do grau de trofia nas duas variáveis no sentido de montante. Apenas para a variável Clorofila α os valores do IET não apresentaram a mesma continuidade, reflexo da própria variação do resultado como pode ser visto na Tabela 11.

Analisando a Tabela 15 onde é obtido o grau de trofia a partir do IET médio das duas variáveis é possível perceber a melhora dos graus de trofia no sentido de montante. Destaca-se que naqueles trechos, 5 e 7, onde os graus de trofia diferiram na análise individual, a sensibilidade do método adaptou-se aquilo visualizado em campo. Sendo que para o trecho 5 o resultado ficou com grau de trofia mesotrófico ao contrário de eutrófico e para o trecho 7 o grau de trofia resultante foi oligotrófico, ou seja, um estágio intermediário entre os resultados obtidos individualmente.

O Gráfico 3 representa os resultados da Tabela 15 de forma gráfica para melhor visualização dos resultados.

Gráfico 3 - Resultados final da aplicação do protocolo – alternativa 2.



5.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Findada a aplicação do protocolo já é possível discutir a respeito da metodologia, dos resultados obtidos e realizar comparativos.

Seguindo como uma rede de interação este item discute isoladamente cada alternativa, posteriormente realiza um comparativo entre as alternativas, depois um comparativo dos resultados obtidos neste trabalho com os resultados obtidos por Dalla Costa (2008), uma análise acerca do novo indicador Poluição e por fim um comparativo das alternativas com outras metodologias destacadas na revisão bibliográfica.

A alternativa 1 (grupo de variáveis) apresentou resultados positivos. As variáveis que compuseram o grupo final estiveram dentro daquilo que era esperado conforme a revisão na literatura, por exemplo, todas as variáveis utilizadas são abordadas no método de avaliação do IQA e duas variáveis são relacionadas no trabalho de Duncan, (1999).

Analisando os resultados da aplicação do protocolo, no que tange a avaliação da integridade a partir da qualidade da água, o método mostrou consistência, sem variações significativas do resultado para cada variável, Tabela 12, o que torna a análise mais fácil. A análise geral, ou seja, o somatório das integridades individuais, mostrados na Tabela 13, mostra a sensibilidade do método ao observar que no trecho 4 existe o decaimento da qualidade da água.

Com a aplicação do protocolo também foi possível notar que a variável pH necessita de maior estudo dos limites entre estágios de integridade estabelecidos no item 5.3.1. Mesmo se baseando na literatura e na legislação brasileira os resultados da aplicação do protocolo não foram satisfatórios, pois desde o primeiro trecho o pH já era elevado e seguiu aumentando conforme à montante. Como destacado na análise dos resultados o pH elevado possivelmente é uma característica primária do rio, influenciada pelo tipo de solo. Neste sentido o protocolo atuou de forma contrária, onde o pH era elevado caracterizado como integridade desejável ou íntegro, para o rio Córrego Grande, a aplicação classificou-o como um estado de integridade moderada.

Mesmo não sendo um dos objetivos desta pesquisa os graus de impactos conferidos aos estágios de integridade e os graus de impacto do somatório apresentaram boa resposta.

Tratando de dois aspectos importantes do PAR, custo e tempo de resposta, a alternativa 1 mostrou resultados também razoáveis. Por serem variáveis comuns ou rotineiras dos ambientes de laboratórios, as cinco variáveis possuem métodos simples e de baixo custo para sua medição. O custo pode ser visto no Apêndice D onde é apresentado o orçamento de duas empresas de Florianópolis para realização das análises. O tempo resposta ficou em cinco dias, tempo necessário para

obtenção do resultado de DBO_5 . Em se tratando de análise laboratorial este tempo é longo, mas pensando na realização de um protocolo este tempo é bem diminuto.

A Alternativa 2 (IET) também mostrou resultados positivos. Ainda que a alternativa 2 já possuísse as variáveis definidas a variável Fósforo total também foi considerada importante pelos especialistas e encontrada em várias pesquisas.

Esta alternativa ao contrário da primeira já possui uma base de cálculo e os limites de trofia bem definidos através da tese de doutorado de Lamparelli, (2004), o que confere maior segurança no resultado obtido. Além disto, o método é mais sensível, pois possui um grau de impacto a mais, (nível 1), que a alternativa 1. É importante destacar que para muitos pesquisadores o nível Eutrófico indica que corpo hídrico apresenta condições ruins de qualidade da água. Entretanto, para os níveis propostos por Lamparelli, (2004) ocorre uma atenuação do termo e das condições no rio, uma vez que existem dois níveis tróficos acima, Supereutrófico e Hipereutrófico.

Analisando os resultados da aplicação do protocolo, no que tange a avaliação da integridade a partir da qualidade da água, o método também mostrou consistência, sem variações significativas do resultado para cada variável, Tabela 14. No cálculo do IET médio para avaliação da integridade geral do trecho, resultados apresentados na Tabela 15, a alternativa mostra o potencial de adaptação do método, o que na realidade é esperado já que a média possui essa característica de buscar um resultado intermediário. Entretanto, para o rio Córrego Grande este efeito da média foi ao encontro das condições observadas em campo.

Avaliando os aspectos custo e tempo de resposta, esta alternativa é ainda melhor, pois apresentou custo baixo, Apêndice D, e tempo de resposta de algumas horas, o que já era esperado pelo tipo de método de análise adotado.

Comparando as duas alternativas, primeiramente sobre o aspecto de avaliação da integridade do rio, objetivo específico deste trabalho, a alternativa 2 se mostrou suficiente. Porque mesmo com apenas duas variáveis o enquadramento do rio segundo o impacto esteve praticamente no mesmo nível em quase todos os trechos, como mostra a Tabela 16.

Tabela 16 – comparativo entre graus de impactos obtidos no rio para as duas alternativas.

Trecho	Grau de impacto	
	Alternativa 1	Alternativa 2
1	4	4
2	4	4
3	3	3
4	4	3
5	3	3
6	3	2
7	2	1
8	2	---

Porém, comparando sobre o aspecto de um resultado que auxilie no processo de revitalização, objetivo geral da pesquisa, a alternativa 1 é mais efetiva. Pois contempla um número maior de variáveis, o que ajuda de forma mais segura na tomada de decisão por qual medida revitalizadora adotar no rio.

No que diz respeito ao custo e tempo de resposta, a alternativa 2 se sobressai, já que o custo de análise cai para apenas duas variáveis e o tempo de análise fica em apenas algumas horas, pois não há a necessidade de aguardar cinco dias para obtenção do resultado de DBO₅.

Para ambas as alternativas se esperava que o trecho 8 apresentasse estágio de integridade “íntegro”. Isto esteve bem próximo de fato de acontecer. Através da Tabela 11 percebe-se que apenas o pH não obteve este grau de integridade, resultado que poderia ser diferente caso o limite dos níveis de integridade fosse ajustado à característica do rio, como comentado anteriormente. Para a alternativa 2 isto também não ocorreu devido ao resultado de Clorofila α .

Sendo assim, para alternativa 1 pode-se concluir que um ajuste no limite de pH seria suficiente, mas para a alternativa 2 somente a realização de mais análises no mesmo ponto ou um ponto mais a montante poderiam indicar se o estágio “íntegro” seria alcançado.

Finalizando o comparativo entre as alternativas é possível comparar os resultados aqui obtidos com os resultados da autora Dalla Costa, (2008) que aplicou a FCDA, como já descrito, no rio Córrego Grande. Nesta ficha existe um quadro de avaliação com o parâmetro P2 – Lançamento de efluentes – que tem por objetivo avaliar a qualidade da água. À este parâmetro é atribuído três graus de impactos distintos 0

(inexistente), 2 (médio impacto) e 3 (alto impacto). Nos trechos 1 ao 5 a autora avaliou como médio impacto, no trecho 6 não foi realizada a avaliação e nos trechos 7 e 8 foi atribuído impacto inexistente.

Como é possível observar a metodologia proposta neste trabalho é mais sensível, pois divide a escala de impacto em maior número de graus. Focando apenas no resultado é possível destacar que as duas alternativas observaram melhoria do trecho 1 (jusante) até o trecho 5 (montante) no aspecto qualidade da água, enquanto os resultados de Dalla Costa, (2008) classificou os trechos no mesmo estágio de integridade.

Para os dois últimos trechos os resultados foram iguais, ou seja, o rio se encontra em bom estágio integridade. Entretanto, o parâmetro P2 de Dalla Costa, (2008) leva em consideração apenas a contribuição de efluentes pluviais e/ou domésticos. Neste caso as alternativas aqui propostas poderiam apresentar resultados mais próximos a realidade, pois elas conseguem mensurar outros impactos do uso do solo que não somente o lançamento de efluentes.

Quando se analisa o indicador de Poluição proposto com o anterior é possível fazer as seguintes ponderações. No método proposto ocorre uma simplificação positiva, haja vista que não é necessário realizar a avaliação nas duas margens do rio, como prevê o método anterior. Além disto, especificamente para o parâmetro Qualidade da Água do PAR não é necessário percorrer todo o rio para identificação dos pontos de lançamento de efluentes, basta escolher adequadamente os pontos de análise.

Também se ressalva que o método de avaliação proposto para o indicador evita incertezas como “poucos ou diversos lançamentos de efluentes” no caso da avaliação do parâmetro lançamento de efluentes no indicador anterior. Ainda elimina a incerteza de na visita em campo não ser observado pontos não visíveis de lançamento de efluentes, mascarando assim o resultado.

Mesmo assim não se deve descartar o indicador anterior, pois na falta de recurso financeiro para análise laboratorial, este método pode ser empregado oferecendo bons resultados como destacado por todos os pesquisadores que aplicaram o método. Não é possível comparar a consistência dos resultados obtidos a partir da aplicação dos dois métodos, pois não foi aplicado o método anterior.

Em contraposição existem dois aspectos que dificultam a aplicação do método de avaliação aqui proposto para o método anterior, são eles: Limite de quantificação do método de análise laboratorial e Interferências na análise. No primeiro é necessário estar atento quanto

ao limite de quantificação do método ou do aparelho a ser utilizado. Pois muitas vezes, dependendo do rio em análise é necessário realizar diluição da amostra como, por exemplo, para análise de Coliformes Fecais ou ainda saber qual curva de calibração do aparelho utilizar como, por exemplo, para análise de DBO₅. No segundo é importante estar atento as interferências, porque elas são as mais variadas e podem ocorrer desde o momento de coleta como acondicionamento incorreto, até o momento de divulgação dos resultados ao expressar uma unidade incorretamente.

É muito importante ter estes aspectos em consideração antes de realizar a análise laboratorial, pois sem as medidas de prevenção adequadas talvez seja necessário realizar todo o processo analítico novamente, implicando em tempo e custo.

Agora para avaliação final é necessário confrontar o método com outros métodos destacados na metodologia iniciando pelo tipo de avaliação adotada nesta pesquisa. Como já explicado adotou-se um método expedito (PAR). Este tipo de avaliação vai de encontro a maioria dos outros métodos como os observados em Minatti-Ferreira & Beaumord (2004), Taylor et.al., (2004), Calisto (2002) e a própria Dalla Costa (2008).

A proposta também foi similar na forma da quantificação através de pontos, também adotada por Minatti-Ferreira & Beaumord (2004), Taylor et.al., (2004) e Calisto (2002). Entretanto, nenhuma pesquisa foi similar quanto a nomenclatura dos estágios de integridade. O que demonstra que ainda não há um consenso sobre qual palavra melhor representa o estado qualitativo do rio, e que também varia conforme o idioma do país onde a pesquisa é realizada.

No que tange as variáveis é possível observar que muitos autores adotaram ou recomendam as variáveis aqui analisadas. Barbour et. al., (1999) por exemplo, recomenda para avaliação do habitat, entre outras, três variáveis utilizadas nesta pesquisa: pH, Oxigênio Dissolvido e Turbidez. As variáveis aqui utilizadas também se encontram no método analítico do IQA. Além disto, para aquelas metodologias que prevêm a análise da água há sempre pelo menos umas delas levada em consideração. Entretanto, não é consenso de sua efetividade no resultado como apontou Taylor & Findlay, (2005) ao avaliar a integridade de um rio a partir das variáveis Nitrogênio total, Fósforo total e Coliformes fecais, onde concluiu que estas variáveis não apresentaram bons resultados.

Contudo, parte expressiva dos métodos de avaliação não leva em consideração variáveis físico-químicas ou biológicas e sim aspectos

geomorfológicos, estruturais ou outros como nas propostas de Minatti-Ferreira & Beaumord (2004), Taylor et.al., (2004) e Calisto (2002). Ainda no outro extremo, estão os autores que descartam estas variáveis, pois não representam o real estágio de conservação do rio e adotam variáveis bióticas como ictiofauna, macroinvertebrados ou testes ecotoxicológicos.

Apesar de todas considerarem como importante os aspectos custo e tempo de aplicação do protocolo, são poucas as que mensuram. Não é possível afirmar que o método de avaliação proposto possui menor custo que as demais, pois para afirmar isto há que se considerar várias atividades que implicam na aplicação de um método ou outro. Entretanto, as alternativas ficam em desvantagem, porque em geral as demais metodologias prevêem apenas análises visuais do problema em campo, sendo assim não existe o ônus da coleta e análise da água.

5.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É consenso geral que não existem soluções simples para os problemas ambientais, mesmo que a procura por métodos simplificados e de baixo custo seja um objetivo sempre a ser alcançado nas pesquisas, não se pode abrir mão de métodos analíticos para reverter o quadro de degradação em que se encontra o meio ambiente. Neste sentido o trabalho conclui apresentar resultados satisfatórios, pois acrescenta no Protocolo de Avaliação Rápida um método analítico da avaliação de integridade dos cursos d'água.

O procedimento para obtenção das variáveis mais significativas se mostrou apropriado, muito embora, vale comentar que a análise é parcial, sendo necessários outros trabalhos que abordem as demais propriedades de um curso d'água.

Em muitos aspectos as alternativas de avaliação aqui propostas vão ao encontro com o proposto em outras metodologias e em outras há diferenças significativas. Dois aspectos devem ser alvo de melhoria, sendo que para a alternativa 1 deve-se estabelecer novos limites para a variável pH e para a alternativa 2 deve-se explorar melhor os novos índices de trofia estabelecido em Lamparelli, (2004).

Em suma o método é efetivo e sua aplicação apresentou resultados positivos, mas é sempre possível trabalhar no sentido da melhoria contínua do protocolo de avaliação rápida. Neste como em trabalhos futuros deve-se estabelecer graus de impactos que não sejam dúbios ou paradoxos uma vez que se têm impacto zero, mas a qualidade também fica zero, quando deveria ser 10.

Com todos os objetivos traçados, alcançados. Conclui-se através desta pesquisa que ainda com todo o esforço realizado em propor métodos de avaliação da integridade e medidas de revitalização de rios, as intervenções mais efetivas continuam sendo as de caráter preventivo ou não estrutural, isto é educação e planejamento.

6. CONCLUSÃO

Pode-se concluir da pesquisa dois aspectos relevantes:

1. O procedimento para obtenção das variáveis mais significativas se mostrou apropriado, porque não houve diferenças significativas nas variáveis apontadas na revisão bibliográfica com os especialistas e entre os especialistas.

2. Antes de adotar uma metodologia é importante estabelecer os objetivos que se quer alcançar a partir do método de avaliação. Sendo assim, conclui-se que a alternativa 2 é indicada para uma avaliação preliminar da integridade do rio e a alternativa 1 é indicada quando o objetivo é revitalizar o rio.

7. RECOMENDAÇÕES

Visando a melhoria dos resultados, bem como complementar esta pesquisa, recomenda-se para trabalhos futuros:

- Testar a aplicabilidade do método de avaliação em outros rios com diferentes características, a fim de validar o método;
- Aperfeiçoar os demais índices da FCDA no que tange seu método analítico, assim como foi feito para o indicador Poluição;
- O estabelecimento de um PAR contempla demais áreas de estudo e, portanto, deve-se seguir adiante para estabelecimento do PAR final;
- Melhorar e testar a escala de graus de impactos proposto para rios;
- Testar a aplicabilidade do método de avaliação: sistemas de referências. O qual prevê indicar um estado padrão para o rio e a partir deste avaliar comparativamente outros trechos do rio com este estado padrão;
- Utilizar outros índices na avaliação de integridade:
 - Índice de Qualidade da Água (IQA);
 - Índices de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas (IVA).

REFERÊNCIAS

BARBOUR, M.T., J. GERRITSEN, B.D. SNYDER, and J.B. STRIBLING. 1999. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish**, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.

BENIGNO,E; SAUNDERS, C; WASSERMAN, J.C. **Estudo dos Efeitos da Revitalização no Regime Hídrico do Baixo Curso do Rio São João**. Departamento de Análise Geoambiental e PGCA – Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2003. Disponível em: <<http://www.uff.br/remadsuff/BibVirtual/Sao%20Joao%202002.pdf>>. Acesso em: 24 de jun. 2010.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W.R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PRETUCIO, M. Aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em Atividades de Ensino e Pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 14, n. 1, p. 91-98. 2002.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CARDOSO, A.S. **Desenvolvimento de metodologia para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água em áreas urbanas**. 2008. 183 f. Dissertação (Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis de qualidade da água**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/109-variaveis-de-qualidade-das-aguas#>>. Acesso em: 03 Ago. 2011.

CORRÊA, Roberto Lobato. **O espaço urbano**. 2. ed. São Paulo: Editora Ática, 1993. 94p.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Resolução n. 001, de 17 de fevereiro de 1986.

DALLA COSTA, S. **Estudo da viabilidade de revitalização de curso d'água em área urbana: estudo de caso no rio córrego grande em Florianópolis, Santa Catarina.** 2008. 83f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). - Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ECS-WCC. Eastern Canada Soil and Water Conservation Centre. **Buffer Strips and Water Quality: A Review of the Literature.** Canadá. _____. Disponível em: < <http://www.ccse-swcc.nb.ca/index2.cfm?title=4&lg=en>>. Acesso em: 25 jun. 2011.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Key Concepts for Using Biological Indicators.** Premise 4. Disponível em: < <http://www.epa.gov/bioiweb1/html/premise4.html>>. Acesso em: 24 abr. 2011.

FERNANDEZ, O.V.Q.; SANDER, C. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, VI, 2006, Goiania – GO. **Anais.** _____. p.1-7.

FINDLAY, Sophia J.; TAYLOR, Mark P. **Why rehabilitate urban river systems?**. Department of Physical Geography, Mcquarie University, NSW 2109, Australian, 2006.

FINOTTI, A R; FINKLER, R.; SILVA, M D; CEMIN, G. **Monitoramento de Recursos Hídricos em Áreas Urbanas. Caxias do Sul:** EDUCS, 2009.

FREITAS FILHO, M.D. **Indicadores de degradação de cursos d'água em áreas urbanas.** 2010. 112p. Monografia (conclusão de curso Engenharia Sanitária e Ambiental). - Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina.

FRIEDRICH, D. **O parque linear como instrumento de planejamento e gestão das áreas de fundo de vale urbanas.** 2007. 137f.. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional). - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

HENRIQUES NETO, D. **Proposta de Metodologia para Avaliação de Alternativas de Revitalização de Cursos D'água Urbanos.** 2010. 165p. Monografia (conclusão de curso Engenharia Sanitária e

Ambiental). - Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina.

HILLMAN, Mick; BRIERLEY, Gary. A critical review of catchment-scale stream rehabilitation programmes. **Progress in Physical Geography**, 29p. 50-70. 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. **Censo 2010**.

Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1766>. Acesso em 20 jun. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Consulta de dados da estação convencional: Florianópolis (SC)**. Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/sim/sonabra/dspDadosCodigo.php?ODM4OTc=>>>. Acesso em: 01 nov. 2011.

KOBIYAMA, M.; MOTA A. A.; CORSEUIL, C.W. **Recursos hídricos e saneamento**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2008. 160p.

LADSON, Tony. **Optimising Urban Stream Rehabilitation Planning and Execution**. Cooperative Research Center for Catchment Hydrology. Melbourne, Austrália: CRC. 2004. 43p.

LAMPARELLI, Marta Condé. **Grau de trofia em corpos d'água no estado de São Paulo – avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 119 f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) _____. São Paulo, 2004.

MANUELZÃO. **Revitalização de Rios no Mundo: América, Europa e Ásia** / Org.: Antônio Thomáz Gonzaga da Matta Machado, Apolo Henriger Lisboa, Carlos Bernardo Mascarenhas Alves, Danielle Alves Lopes, Eugênio Marcos Andrade Goulart, Fernando Antônio Leite, Marcus Vinícius Polignano. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 2010. 344p.

MARTIN, L.; MARCH, L.; ECHEBIQUE, M. **La estructura del espacio urbano**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A., 1975. 377p. Capítulo 8 249-308.

MATTAR NETO, J. *et al.* Análise de indicadores ambientais no reservatório do Passaúna. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. São Paulo, v. 14, n.2, 205-214, Abril/Junho 2009.

MINATTI-FERREIRA, D. D.; BEAUMORD, A. C. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: Aspectos físicos. **Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal**, v. 7, n. 1, 39-47, Junho 2006.

MINATTI-FERREIRA, D. D.; BEAUMORD, A. C. Avaliação rápida de integridade ambiental das sub-bacias do rio Itajaí-Mirim no município de Brusque, SC. **Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal**, v. 5, n. 2, 21-27, Dezembro 2004.

PHILLIP, R., P.; MALLMANN, G.; BITENCOURT, M., F.; SOUZA, E., R.; SOUZA, M.,M.,A.; LIZ, J., D.; WILD, F.; ARENDT, S.; OLIVEIRA, A., S.; DUARTE, L.; RIVERA, C., B. & PRADO, M. **Caracterização Litológica E Evolução Metamórfica Da Porção Leste do Complexo Metamórfico Brusque, Santa Catarina**. Rev. Brás. de Geoc. Vol.: 34(1): 21-34, março de 2004.

PHILIPPI, L. S.; SEZERINO, P. H. **Aplicações de Sistemas tipo Wetland no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com Macrófitas**. ed. do Autor. _____. Florianópolis, 2004. 144 p.

POMPÊO, C.A. **Drenagem urbana sustentável**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, n. 1, jan/mar 2000, p. 15-24.

RIGOTTI, J.A. **Estudo da degradação em cursos d'água: Bacia hidrográfica do futuro campos da UFSC, Joinville**. 2010. 264p. Monografia (conclusão de curso Engenharia Sanitária e Ambiental). - Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina.

RODRIGUES, A.S.L; CASTRO, P.T.A. Protocolos de Avaliação Rápida: Instrumentos Complementares no Monitoramento dos Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de recursos hídricos**, Porto Alegre, v. 13, n.1, p. 161-170, jan/mar. 2008.

RUPPENTHAL, Eduardo L.; NIN, Cecília S. RODRIGUES, Gilberto G. A Mata Ciliar/Cursos d'água é um Ecossistema Único? Revista Brasileira de Biociência, Porto Alegre, v.5, p. 525-527, julho, 2007.
SCHWARZBOLD, A. O que é um rio? **Ciência & Ambiente**. Santa Maria - RS, 21, 57-68, Julho/Dezembro, 2000.

SEAR, David; NEWSON, Malcolm; HILL, Christopher; OLD, Jo; BRANSON, Julia. A method for applying fluvial geomorphology in support of catchment-scale river restoration planning. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, 19, p. 506-519. 2009.

SOARES, S.R. **Apostila de Gestão Ambiental, 2011**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

TAYLOR, Mark Patrick; FINDLAY, Sophia Jane; FLETCHER, Amylia. A Rapid Riparian Assessment tool for local council urban creek assessment: Ku-ring-gai Council, Sydney, NSW. In: Fourth Australian Stream Management Conference, Launceston, 2004, Launceston. **Anais...** p. 1-6.

TUCCI, Carlos E. M.; MONTENEGRO, Marcos H. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Gestão do Território e Manejo Integrado das Águas Urbanas**. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Vol.1. Belo Horizonte: Imprensa universitária da UFMG, 2005. 452p.

APÊNDICE A – Resumo enviado aos especialistas antes da aplicação do questionário

Avaliação da integridade de cursos d'água em áreas urbanas a partir de parâmetros de qualidade da água para o processo de revitalização.

Graduando: Gabriel Balparda Fasola | **Orientador:** Cesar Augusto Pompêo

O desequilíbrio dos ecossistemas pode ser causado pela ação de fenômenos naturais ou pela ação antrópica. Sobre o desequilíbrio dos ecossistemas causados pela ação antrópica o Brasil possui grandes desafios no aspecto de conservação dos cursos d'água, sobretudo nos centros urbanos. Pompêo (2000) afirma que as enchentes em centros urbanos são derivadas do desmatamento, substituição da cobertura vegetal, parcelamento do solo, impermeabilização de grandes superfícies, ocupação de áreas ribeirinhas, obstrução de canalizações e obras de drenagem sem harmonia e integradas aos sistemas naturais.

Devido a grande disponibilidade de água de algumas regiões do Brasil, a sociedade deixou de lado a preocupação com a possível contaminação do rio e do meio ambiente. A sociedade visualizou apenas o uso deste recurso nas atividades humanas sem raciocinar no seu valor dentro do equilíbrio ecológico ou até mesmo no seu valor social como conservação de uma cultura local. Atualmente o rio continua tendo importância no cotidiano das populações, mas sua relevância foi diminuindo ao ponto do seu “sepultamento”, ou seja, os contraditórios tamponamentos. Uma solução ainda Higienista do século XVIII que pouco traz benefícios.

Mediante esses fatos surge a necessidade de devolver ao sítio urbano a importância dos cursos d'água, não somente pelo aspecto ambiental de conservação do meio, mas também da inserção da relevância do rio sobre o cotidiano das pessoas. Então a partir dos anos 80 se estabelece o conceito de revitalização dos cursos d'água urbanos. Segundo Cardoso (2008) revitalização são tecnologias de intervenção que visem à preservação e à recuperação das condições naturais dos cursos de água. Ou ainda a restauração da forma e processo do canal para a condição definida pelo estado natural de referência (SEAR; *et al.*, 2009).

Os objetivos da revitalização atingem os níveis físicos, bióticos e antrópicos (DALLA COSTA, 2008). No que tange os aspectos físicos existem três características importantes no rio, hidrológica, geomorfológica e qualidade da água. Neste último assim como nos outros encontra-se uma relevância muito grande para o processo de revitalização, pois diz respeito particularmente aos

poluentes, que tanto podem ser físicos quanto químicos. A qualidade da água é a variável mais característica da saúde do curso d'água, sendo fator limitante da abundância e diversidade do sistema ecológico do rio e também indicador de possibilidade de uso para recreação (PAUL; MEYER, 2001 *apud* FINDLAY; TAYLOR, 2006).

Os parâmetros de qualidade da água já são largamente empregados em estudos na caracterização de um meio hídrico, seja ele pluvial, industrial, fluvial, doméstico ou outro. Os parâmetros expressam o resultado de fenômenos naturais e/ou atuação do homem direta ou indiretamente na água com o meio abiótico e biótico (VON SPERLING, 2005). Com eles o gestor monitora, avalia e toma decisões.

A finalidade maior é instituir um índice que possa fornecer ou avaliar a integridade do rio. Medir a integridade do rio seria segundo Minatti-Ferreira & Beaumord (2004) avaliar o nível de influência humana no rio, ou seja, mede se o rio apresenta em todos seus aspectos suas melhores condições.

Esta área de pesquisa ainda é incipiente e paulatinamente vem ganhando espaço no âmbito acadêmico, por sua vez este trabalho quer contribuir nesse aspecto. Não somente por isso, mas pelo que foi exposto acima este trabalho justifica sua elaboração com o objetivo de reunir um grupo de parâmetros de qualidade da água que auxiliem na avaliação de integridade do rio e no processo de revitalização dos cursos d'água em áreas urbanas.

Contato

e-mail: gabrielbalparda@gmail.com | Fone: +55 (48) 9915-0308

APÊNDICE B – Questionário enviado aos especialistas.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

NÚCLEO DE ESTUDOS DA ÁGUA

Sr(a).

Esta pesquisa como explicado se trata de variáveis de qualidade da água como ferramenta de auxílio ao processo de revitalização de cursos d'água em áreas urbanas. Mediante o exposto responda a seguinte pergunta:

Você está mediante um projeto de revitalização de um rio em área urbana, e tem a possibilidade de usar quatro variáveis de qualidade da água para avaliar a integridade do curso d'água. Quais variáveis você utilizaria e sua justificativa para a escolha?

Variável 1. _____

Justificativa 1. _____

Variável 2. _____

Justificativa 2. _____

Variável 3. _____

Justificativa 3. _____

Variável 4. _____

Justificativa 4. _____

Agradeço sua colaboração. Estarei disponível para qualquer esclarecimento ou futuras consultas sobre a pesquisa através:

e-mail: gabrielbalparda@gmail.com

Fone: + 55 (48) 9915-0308

APÊNDICE C – Questionário respondido pelos especialistas.

<p><u>Especialista 1</u></p> <p>Variável 1: Oxigênio dissolvido.</p> <p>Justificativa 1: Ele mede reflexos diretos de um corpo receptor poluído ou não.</p> <p>Variável 2: DBO₅.</p> <p>Justificativa 2: Mede concentrações de matérias orgânica. Se o rio esta revitalizado/recuperado pode-se comprovar com este parâmetro e o OD e confrontando- se com a classificação do CONAMA.</p> <p>Variável 3: Sólidos.</p> <p>Justificativa 3: Medirá a recuperação através das diferenças de suas concentrações na água antes a após as melhorias nas margens. Menos sólidos das margens escoarão para o corpo receptor.</p> <p>Variável 4: Variável toxicológica/ecotoxicológica.</p> <p>Justificativa 4: Medirá as reduções riscos ambientais da água em função das implantações das medidas de recuperação/revitalização.</p>
<p><u>Especialista 2</u></p> <p>Variável 1: Presença de peixes.</p> <p>Justificativa 1: Peixes são animais indicadores da qualidade da água, dependendo da presença destes animais, posso inferir sobre a qualidade da água.</p> <p>Variável 2: Presença de outros organismos aquáticos: invertebrados, algas, macrófitas.</p> <p>Justificativa 2: De modo semelhante a peixes, outros animais como invertebrados, micro algas, etc se presentes, apontam para um ambiente mais preservado, mais íntegro. De modo semelhante a ausência destes organismos, pode mostrar ambientes alterados.</p> <p>Variável 3: Parâmetros da água como oxigênio, pH, temperatura, condutividade, turbidez.</p> <p>Justificativa 3: oxigênio por ser um elemento indispensável a muitos organismos aquáticos, torna-se indicador muito bom pois a medida que o ambiente se mostra alterado, as quantidades de oxigênio dissolvido diminuem em decorrência da explosão populacional de certos organismos como bactérias, algas ou macrófitas que consomem muito oxigênio ou em decorrência de outros processos que são impactantes e consomem grandes proporções de oxigênio. Com relação ao pH , condutividade, temperatura da água e turbidez, são todos parâmetros que apresentam certa amplitude de variação, sendo que ao se registrar variações bruscas destas medidas, as condições ambientais estão alteradas, gerando modificações em toda comunidade aquática.</p> <p>Variável 4:¹ Presença de vegetação marginal (mata ciliar)</p> <p>Justificativa 4: a vegetação ciliar tem efeito de proteção do corpo d'água, evitando assoreamentos, contendo as margens em situações de enchentes, provendo a entrada de matéria orgânica no sistema aquático, contribuindo para a manutenção da temperatura da água, fornecendo alimento para muitas espécies aquáticas, assim se um ambiente esta sem esta proteção, isto já é um indicio de</p>

alteração.

¹Variável desconsiderada, pois não caracteriza uma variável físico-química ou biológica da água, apesar da relação direta com a qualidade da água e mata ciliar.

Especialista 3

Variável 1: OD.

Justificativa 1: Importante para existência da biota no local.

Variável 2: Coliformes Termotolerantes.

Justificativa 2: Esses organismos presentes nesses locais sempre estão relacionado aos odores ruins, bem como com problemas de saúde pública.

Variável 3: Turbidez.

Justificativa 3: Eu relacionaria a turbidez com a aparência da água do local. A transparência da água é um fator importante, principalmente para a fotossíntese.

Variável 4: Fósforo e Nitrogênio.

Justificativa 4: Importante, pois o excesso desses nutrientes tem relação direta com a eutrofização.

Especialista 4

Variável 1: pH.

Justificativa 1: Por representar a concentração do íon hidrônio na água e estar associado a acidez e alcalinidade. Estes parâmetros são responsáveis pelo equilíbrio químico aquático em águas naturais. A alteração do pH pode indicar um desequilíbrio ecológico

Variável 2: Oxigênio dissolvido.

Justificativa 2: Mostra o nível de oxigenação do corpo d'água. Concentração baixa de OD pode alterar a biocenose.

Variável 3: DBO.

Justificativa 3: Indica o nível de poluição devido as substâncias orgânicas.

Variável 4: Teste de toxicidade crônico com *Daphnia magna*.

Justificativa 4: Para estabelecer a Concentração de Efeito não Observado (CENO).

Especialista 5

Variável 1: Testes de toxicidade.

Variável 2: Nutrientes inorgânicos dissolvidos.

Variável 3: Surfactantes.

Variável 4: AOX.

Variável 5: Oxigênio dissolvido.

Variável 6: Matéria orgânica (preferencialmente TOC mas pode ser também DBO₅).

Justificativa Geral: Essas variáveis expressam claramente o grau de poluição e não mostram padrões confusos ou conflitantes.

Os testes de toxicidade são especialmente convenientes por que refletem efeitos generalizados e históricos de poluentes, mas não estabelecem a origem dos poluentes.

Nutrientes inorgânicos mostram o risco de eutrofização e se a poluição é recente ou contínua, ao se comparar a proporção de NH_4 e NO_3/NO_2 . Os surfactantes podem ser considerados como marcadores de poluição urbana, pois são oriundos fundamentalmente de residências e certas indústrias, apresentando elevada toxicidade e baixa degradabilidade. O AOX (compostos organohalogenados adsorvíveis) constitui um parâmetro de soma para poluentes de elevada toxicidade e baixa degradabilidade, resultantes da atividade industrial e da reação do cloro com matéria orgânica. Seu valor elevado também indica em um córrego urbano, que a qualidade de água do manancial de água, na sua captação é baixa, necessitando mais cloração e também evidenciando elevado residual de MO dissolvida após tratamento de convencional da água. Ambos, AOX e surfactantes, são poluentes bem conservativos, que recebem pouca interferência analítica em água doce, mas não podem ser utilizados para água salgada ou salobra. Oxigênio dissolvido é uma das variáveis de mais fácil e rápida determinação e que mais evidenciam a presença de matéria orgânica em excesso. Dados de DBO_5 por sua vez, podem sofrer interferências relacionadas com a toxicidade das amostras, sendo a análise por TOC, apesar de cara, a mais indicada para matéria orgânica. Obviamente, a determinação de todas essas variáveis deve vir acompanhada pela medição de variáveis físicas e químicas (vazão, nível de água, salinidade, pH, condutividade...), especialmente em zonas costeiras onde padrões complexos de circulação relacionados à maré estão presentes.

Especialista 6

Variável 1: oxigênio dissolvido;

Justificativa 1²: NC

Variável 2: Demanda bioquímica e química de oxigênio.

Justificativa 2: NC.

Variável 3: Análise microbiológica.

Justificativa 3: NC.

Variável 4: Nutrientes inorgânicos dissolvidos (N-amoniaco, nitrato e ortofosfato).

Justificativa 4: NC.

² NC – Nada Consta, ou seja, o especialista não justificou a escolha.

Especialista 7

Variável 1¹: Nascente e curso de água natural, com presença de vegetação ripária, em todo seu percurso, até encontrar o corpo receptor.

Justificativa 1: A presença de vegetação nas margens do curso de água aponta para uma água de melhor qualidade, inclusive prevenindo a erosão e o aumento de turbidez da água.

Variável 2¹: Presença de bioindicadores na água.

Justificativa 2: Bioindicadores (fauna e/ou flora) são importante parâmetros para medir a qualidade de um ambiente pois podem ser indicadores de contaminação, quebra de cadeia alimentar, etc. Para cada ambiente deve se

eleger o bioindicador mais apropriado.

Variável 3: Presença de bactérias (E.coli e Enterococos) dentro dos padrões de qualidade de água expressos na legislação.

Justificativa 3: A presença de bactérias que denotam o contato da água com esgoto humano aponta para uma água poluída e para a falta de saneamento mínimo da urbanização de entorno.

Variável 4: NC ²

Justificativa 4: NC

¹ Variável desconsiderada, pois não caracteriza uma variável físico-química ou biológica da água, apesar da relação direta com a qualidade da água e mata ciliar.

² NC – Nada Consta, ou seja, o especialista não justificou a escolha.

Especialista 8

Variável 1: Temperatura.

Justificativa 1: Com aumento da temperatura, ocorre diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido na água, aumentando a taxa metabólica do peixe, que leva ao aumento do consumo de oxigênio. O aumento do metabolismo também se relaciona ao crescimento do peixe. O fotoperíodo também pode influenciar, por exemplo na desova de algumas espécies, na alimentação, na gametogênese.

Variável 2: Oxigênio Dissolvido.

Justificativa 2: A redução do oxigênio na água pode levar o peixe a uma situação de hipóxia. E está relacionado a temperatura.

Variável 3: Presença de Matéria Orgânica.

Justificativa 3: A matéria orgânica degradada por microrganismos, consome oxigênio. A introdução de matéria orgânica pode levar a diminuição da quantidade de oxigênio e a um aumento na quantidade de ácido sulfídrico no ambiente.

Variável 4: Turbidez.

Justificativa 4: Pode afetar no crescimento pela presença de alimento na água. Quando for causado por argila, por exemplo, pode dificultar na respiração (obstrução das brânquias); visualização de presas.

Especialista 9

Variável 1: Oxigênio Dissolvido.

Justificativa 1: Índice de qualidade das águas; relaciona a presença de vida aeróbia no meio; fácil medição.

Variável 2: pH.

Justificativa 2: Índice de qualidade das águas; relaciona possíveis reações de óxido-redução que estão ocorrendo no meio; fácil medição.

Variável 3: DBO₅.

Justificativa 3: Índice de qualidade das águas; mede o consumo de oxigênio pelos microorganismos para degradar a matéria orgânica presente no meio líquido; fácil medição.

Variável 4: Coliformes totais e fecais.

Justificativa 4: Índice de contaminação das águas; fácil medição.

APÊNDICE D – Orçamento das análises de água realizadas na pesquisa.

Variável	Empresa 1	Empresa 2¹
Oxigênio Dissolvido	R\$ 10,00	---
Potencial Hidrogênico	R\$ 10,00	---
Demanda Bioquímica de Oxigênio	R\$ 60,00	---
Coliformes Fecais	R\$ 30,00	---
Turbidez	R\$ 5,00	---
Clorofila a	R\$ 120,00	---
Fósforo Total	R\$ 30,00	---
Valor total	R\$ 265,00	R\$ 223,00

¹ A empresa 2 orçou o valor total da análise.

ANEXO A – Ficha de caracterização de degradação ambiental.

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL INCIDENTE NO CURSO D'ÁGUA		
<p>TRECHO: <i>Data:</i> Comprimento: Classificação:</p>		
FATOR DE DEGRADAÇÃO	Margem Esquerda	Margem Direita
1. REMOÇÃO DA MATA CILIAR		
1.1 Descrever a situação da cobertura vegetal na zona de proteção legal, verificação da presença e magnitude de mata ciliar remanescente.		
1.2 Se houver substituição da mata nativa, descrever as características da vegetação incidente.		
2. EROÇÃO DAS MARGENS		
2.1 Relatar a situação das margens quanto à presença de ponto de erosão.		
3. ASSOREAMENTO DA SEÇÃO TRANSVERSAL		
3.1 Descrever a condição do leito do curso d'água quanto à presença de sedimentos, e, se estes são ou não significativos.		
4. OBSTRUÇÃO DA SEÇÃO TRANSVERSAL		
4.1 Observar e expor a ocorrência de obstruções que venham a diminuir a capacidade do escoamento no leito menor do curso d'água.		
5. MODIFICAÇÃO DO CURSO D'ÁGUA		
5.1 Relatar se a seção transversal do leito menor sofreu retificação ou se o eixo longitudinal foi modificado (corte de meandros).		
5.2 Identificar que tipos de obras de macrodrenagem foram implantadas no curso d'água - canalização, tamponamento através de galerias, revestimento das margens ou do fundo.		
6. EXISTENCIA DE PONTES		
6.1 Descrever em que situação encontram-se as pontes e travessias, ou seja, se foram construídas de forma a garantir o escoamento sem obstruções.		
7. POLUIÇÃO DO LEITO E DAS MARGENS		
7.1 Indicar se houver a presença de resíduos sólidos depositados nas margens, descrevendo qual a natureza.		
7.2 Indicar se houver a presença de material sólido no leito menor do curso d'água, descrevendo qual a natureza		

7.3 Relatar se existe lançamento de efluentes no leito do curso d'água, e qual a sua natureza (doméstico comercial ou industrial).		
8. OCUPAÇÃO DO SOLO NA FAIXA DE PROTEÇÃO LEGAL DO CURSO D'ÁGUA		
8.1 Relatar se há presença de edificações privadas na faixa de proteção legal e qual a sua natureza (comercial industrial ou residencial).		
8.2 Relatar se há edificações públicas na faixa de proteção legal e que natureza (infra-estrutura viária ou equipamentos públicos).		
8.3 Identificar se o uso do solo atende a Legislação Municipal incidente (Lei de Uso e Ocupação do solo nº001/2007).		
8.4 Identificar se uso do solo atende a Legislação Federal incidente – Código Florestal.		
9. PRESERVAÇÃO E CONSERVAÇÃO DO CURSO D'ÁGUA		
9.1 Listar as ações ou medida relacionada à conservação, preservação, manutenção ou revitalização do curso d'água incidentes no trecho analisado.		
10. IMPRESSÃO DO PESQUISADOR		

ANEXO B – Indicadores e parâmetros.

Indicadores	Parâmetros
<p>1. Mata ciliar: visa retratar o estado e a formação vegetal presente nas margens dos cursos d' água.</p>	<p>1.1. Corte ou remoção da vegetação: retrata a integridade da vegetação nas margens do curso d' água.</p>
	<p>1.2. Substituição parcial da vegetação natural por espécies exóticas: retrata a formação vegetal existente nas margens do curso d' água.</p>
<p>2. Erosão e assoreamento: visa retratar as condições do leito do curso d' água e seu entorno, quanto à presença de sedimentos e pontos de erosão.</p>	<p>2.1. Processos erosivos visíveis nas margens: demonstra processos de erosão verificados visualmente que colocam em risco a estabilidade das margens do curso d' água.</p>
	<p>2.2. Presença de sedimentos nas margens: representa a magnitude de sedimentos presente nas margens do curso d' água e em seu entorno.</p>
	<p>2.3. Obstruções do leito por acúmulo de sedimentos: evidencia alterações causadas no leito do curso d' água devido ao acúmulo de sedimentos.</p>
<p>3. Modificação do curso d' água: visa retratar as formas e intensidades das alterações realizadas nas secções e ao longo do curso d' água.</p>	<p>3.1. Retificação da seção transversal: retrata alterações na forma da secção do curso d' água, demonstrando a retificação nos diferentes sentidos do perfil transversal.</p>
	<p>3.2. Mudança de revestimento da seção transversal: retrata modificações realizadas através da observação da natureza dos materiais utilizados no recobrimento dos diferentes sentidos do perfil transversal.</p>
	<p>3.3. Canalização ou tamponamento do trecho: retrata a forma com que o curso d' água está sendo conduzido ao longo do trecho.</p>
	<p>3.4. Corte de meandros: retrata alterações nas sinuosidades do curso d' água.</p>
	<p>3.5. Retirada da água sem modificação estrutural do curso d' água: retrata a forma com que a água é removida desse curso, sem causar modificação em sua estrutura, utilizando condutos coletores ou bombeamento.</p>
	<p>3.6. Retirada da água com modificação estrutural do curso d' água: retrata as alterações estruturais desse curso, como desvios, realizadas para a retirada de água.</p>

Indicadores	Parâmetros
	<p>3.7. Obstruções por pontes e travessias inadequadas: retrata a intensidade com que estas obras obstruem o curso d' água.</p>
<p>4. Poluição: visa retratar a magnitude de poluentes liberados, por diferentes atividades, ao longo do curso d' água.</p>	<p>4.1. Presença de resíduos sólidos depositados nas margens ou no leito menor do curso d' água: retrata a quantidade de resíduos, provenientes de atividades antrópicas, ao longo do curso d' água.</p>
	<p>4.2. Lançamento de efluentes, conexões de esgotos: retrata a intensidade de despejos de efluentes ao longo do curso d' água.</p>
	<p>4.3. Lançamento de águas pluviais urbanas: retrata a intensidade com que ocorre o escoamento de águas pluviais no curso d' água.</p>
<p>5. Edificações: visa retratar a natureza e quantidade das diversas formas de construções no entorno do curso d' água.</p>	<p>5.1. Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais ou da administração pública: retrata a quantidade e natureza das edificações localizadas no entorno do curso d' água.</p>
	<p>5.2. Presença de áreas de esporte, lazer ou infraestrutura pública – quadras poliesportivas, praças urbanas, vias públicas marginais, terminais de transporte, estações elevatórias de esgotos, sistema de telecomunicações ou de distribuição de energia: Retrata a quantidade e natureza dessas estruturas localizadas no entorno do curso d' água.</p>

ANEXO C – Parâmetros medidas de revitalização.

Impacto	Ação de revitalização (Indicadores)
1.1. Corte ou remoção da vegetação	Recomposição da mata ciliar
	Implantação de corredores verdes
1.2. Substituição parcial da vegetação natural por espécies exóticas	Restauração da mata ciliar
	Implantação de corredores verdes
2.1. Processos erosivos visíveis nas margens	Recomposição da mata ciliar
	Implantação de espalhador de nível nos aportes artificiais ao curso d'água – promoção de descarga uniforme sobre o plano inclinado (margem) e em baixa velocidade
	Fixação das margens com uso de gabiões ou enrocamento
2.2. Presença de sedimentos no leito	Plantio de vegetação herbácea e arbustiva nativa nas margens
	Implantação de sistemas de decantação e/ou filtração nas redes de drenagem preliminarmente ao lançamento no curso d' água (caixas de areia)
	Implantação de programa de varrição sistemática de vias públicas, limpeza e desobstrução de sistemas de drenagem
2.3. Obstruções do leito por acúmulo de sedimentos	Dragagem periódica
	Plantio de vegetação herbácea e arbustiva nativa nas margens
	Implantação de programa de varrição sistemática de vias públicas, limpeza e desobstrução de sistemas de drenagem
3.1. Retificação da seção transversal	Alargamento e reconfiguração da seção transversal e do leito quando possível e desejável
	Recomposição da mata ciliar – para ajudar a estabilização das margens

Impacto	Ação de revitalização (Indicadores)
3.2. Mudança de revestimento da seção transversal	Alargamento e reconfiguração da seção transversal com remoção do revestimento quando possível e desejável
	Configuração da seção transversal com uso de gabiões
3.3. Canalização ou tamponamento	Reabertura das seções transversais
	Criação de zonas de amortecimento (alargamento para criação de retenções em locais definidos) para reconfiguração natural de meandros
3.4. Corte de meandros	Recuperação de meandros
	Criação de zonas de amortecimento (alargamento para criação de retenções em locais definidos) para reconfiguração natural de meandros
3.5. Retirada da água clandestinamente sem modificação estrutural do curso d'água – condutos coletores ou bombeamento	Identificação e eliminação das ligações para retirada de água do curso d'água – necessária avaliação do impacto da retirada sobre a descarga natural
	Implantação de programa de abastecimento de água da bacia
3.6. Retirada da água clandestinamente com modificação estrutural do curso d'água – desvios	Reconstituição da interferência criada
	Programa de fiscalização e educação ambiental junto às escolas e comunidade
4.1. Presença de resíduos sólidos depositados nas margens e no leito menor do curso d'água	Ampliação de área de abrangência e frequência na coleta de resíduos sólidos domésticos
	Implantação de coleta de resíduos de grande porte
	Implantação de sistemas de demarcação e sinalização de áreas de mata ciliar

Impacto	Ação de revitalização (Indicadores)
4.1. Presença de resíduos sólidos depositados nas margens e no leito menor do curso d'água	Programa de educação ambiental junto às escolas e comunidade
4.2. Lançamento de efluentes, conexões de esgotos	Instalação de interceptores de esgotos
	Identificação e eliminação das ligações clandestinas de esgoto na rede pluvial.
	Reestruturação das conexões provenientes de sistemas de drenagem
	Construção de sistemas de esgotos para as áreas ocupadas que estejam próximas ao curso d'água
4.3. Lançamento de águas pluviais urbanas	Identificação e eliminação das ligações clandestinas de esgoto na rede pluvial.
	Reestruturação das conexões provenientes de sistemas de drenagem
5.1. Presença de edificações residenciais, comerciais, industriais, ou da administração pública	Desapropriação e remoção
	Implantação de jardins com vegetação nativa
	Uso de pavimentos permeáveis
	Definição de muros e cercas com permeabilidade para flora e fauna em perímetros limítrofes ao curso d'água
5.2. Presença de áreas de esporte, lazer ou infra-estrutura pública – quadras poliesportivas, praças urbanas, vias públicas marginais, terminais de transporte, estações elevatórias de esgotos, sistema de telecomunicações ou de distribuição de	Estabelecimento de impostos progressivos para área impermeabilizada da superfície
	Remoção dos edifícios
	Implantação de jardins com vegetação nativa
	Uso de pavimentos permeáveis
	Criação de áreas de infiltração para águas de chuva

Impacto	Ação de revitalização (Indicadores)
energia.	<p data-bbox="582 213 931 331">Definição de muros e cercas com permeabilidade para flora e fauna em perímetros limítrofes ao curso d'água</p> <p data-bbox="582 331 931 450">Implantação de sistemas de tratamento de águas de chuva provenientes de estacionamentos e vias internas</p>