

Distribuição espacial do índice de qualidade da água e a relação com o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Ratoles

Cláudia Weber Corseuil¹
Nayla Campos Libos²
Cristiane Funghetto Fuzinato³
Cátia Regina da Silva de Carvalho Pinto⁴

**^{1,3,4}Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC/ CTC/Depto. Eng. Sanitária e Ambiental
Campus Universitário, Bairro Trindade**

Caixa Postal 476 - 880040-900 Florianópolis - SC, Brasil

¹cwcorseuil@ens.ufsc.br; ³cristianefuzinato@terra.com.br; ⁴catia@ens.ufsc.br

**²Engenheira Sanitária e Ambiental
naylalibos@hotmail.com**

Abstract: This study aimed at examining the soil's use and occupation and its relationship with the Water's Quality Index (WQI) in a catchment area of the city of Florianópolis/SC/Brazil. The main rivers of Ratoles basin were divided in sections for collections of water samples from February to May 2008. Through the results on 9 water quality parameters, it calculated the WQI. The average outcome of the WQI was spatialized through GIS, and then we could make the correlation with the predominant use of soil in the basins of contribution from each sampling point. The quality indicators have shown that the use of soil and the presence of native vegetation are important factors in changes of water quality. The more urbanized sub-basins had a lower WQI when compared to the less urbanized, due to the launch of domestic sewage in nature or with ineffective treatment. Basins with intensive agricultural activities also showed unsatisfactory results, due to the replacement of native vegetation in areas of pasture, which provides the surface rainwater carry animal's dejection, nutrients, among others. It follows that the dynamics of occupation and use the soil of the basin is a determinant factor in the impairment of water quality, and are the major impacts from the deforestation and urbanization on water resources.

Palavras-chave: Soil occupation, water resources, geographic information systems, ocupação do solo, recursos hídricos, sistema de informação geográfica.

1. Introdução

A degradação da qualidade dos corpos hídricos está diretamente relacionada à poluição orgânica. A ocupação e o uso desordenado do solo, associado à falta de implantação dos serviços de saneamento básico, promovem a degradação dos recursos hídricos. Segundo os dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), apenas 38% dos municípios brasileiros promovem a coleta dos esgotos domésticos e um percentual ainda menor, 10 %, realizam o tratamento dos mesmos (SILVA *et al.*, 2003)

Para entender os processos de uso e ocupação do solo, a delimitação da área de estudo é fundamental. É de consenso entre pesquisadores a definição da bacia hidrográfica como unidade de estudo, porque constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso de água e seus afluentes, onde as interações são integradas e, assim, mais facilmente interpretadas (SANTOS, 2004).

Os recursos hídricos sofrem ação direta das atividades desenvolvidas no entorno da bacia e se tornam indicadores potenciais das condições dos ecossistemas.

SPERLING (2005) salienta que a qualidade da água é resultante dos inúmeros processos que ocorrem na bacia de drenagem do corpo hídrico, estando relacionada diretamente com o uso e ocupação do solo, permitindo, muitas vezes, diagnosticar possíveis causas dos impactos ambientais sobre os recursos naturais. Dessa forma, a urbanização, as atividades agrícolas e

pecuárias, o desmatamento e as queimadas, são fatores que contribuem para a diminuição da qualidade dos corpos de água.

Com a crescente urbanização do município de Florianópolis-SC, observou-se que a região da bacia hidrográfica do rio Ratonos também sofre com a ocupação desordenada em seu entorno. Em consequência disso, as áreas de preservação permanente, como as encostas dos morros, manguezais, restingas, matas ciliares e mata atlântica, passam por um processo importante de degradação. Nesse contexto, o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas (SIGs) podem auxiliar nos processos de avaliação ambiental e de gestão desta bacia, permitindo a espacialização e análise conjunta dos fatores ambientais.

Assim, este trabalho teve por objetivo analisar a relação do uso e ocupação do solo sobre o Índice da Qualidade da Água (IQA) dos principais rios da bacia hidrográfica do Rio Ratonos, localizada no município de Florianópolis-SC. Para isto, foram determinadas sub-bacias de contribuição para os pontos amostrados. A partir das sub-bacias foi possível avaliar o uso do solo da bacia do rio Ratonos, bem como realizar uma distribuição espacial do IQA relacionando o valor obtido deste índice, com o uso e a ocupação do solo. Ainda, foram comparados os parâmetros de qualidade de água analisados com os limites preconizados pela legislação vigente.

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Ratonos, localizada no município de Florianópolis-SC, possui uma área de 9.870 ha e está localizada entre as latitudes 27°25'S - 27°32'S e longitudes 48°32'W - 48°25'W.

Na área da bacia está inserida uma unidade de conservação ambiental denominada Estação Ecológica de Carijós (ESEC), que abrange uma área aproximada de 665 ha, e localiza-se entre as latitudes 27°27'S - 27°29'S e longitudes 48°32'W - 48°29'W.

No presente estudo foram utilizados como materiais: o software SIG ARCGIS 9.2 para a elaboração da base de dados espaciais e sobreposição dos planos de informações; uma base cartográfica digital na escala 1:2.000 elaboradas pelo IPUF (Instituto de Planejamentos Urbano de Florianópolis) no ano de 2004; um mapa de uso e ocupação do solo (SILVA, 2005) elaborado a partir de uma imagem Quickbird com resolução de 2,5m do ano de 2004, georreferenciada; GPS de navegação; amostras de água coletadas a campo no período de fevereiro a maio de 2008.

Sobre a base cartográfica digital foram vetorizados os limites da bacia hidrográfica do rio Ratonos. A partir do mapa de uso e ocupação do solo foram calculados, por meio de SIG, os valores das áreas de cada classe de uso e ocupação do solo, estabelecidas para o estudo, que são: agricultura (cultivos anuais e de hortaliças), água, vegetação nativa (compreende a vegetação de mangues, restingas e de Floresta Ombrófila Densa), pastagem (natural e plantada), reflorestamento (pinus e eucalipto), urbanização (edificações e estradas). Assim, a partir deste mapa obteve-se a situação da área de influência dos diferentes usos em cada ponto de coleta de água avaliado.

Os pontos de coleta para análise do IQA foram levantados a campo com GPS de navegação e sobrepostos na base cartográfica digital georreferenciada por meio do SIG. Desta forma, obteve-se a distribuição espacial dos pontos de IQA sobre os cursos d'água da bacia do rio Ratonos. Os critérios para a definição dos pontos de amostragens foram baseados nas condições de acessos e nas características de uso e ocupação das áreas de contribuição para a bacia.

Os rios que tiveram suas águas analisadas foram o Veríssimo e o Ratonos. No rio Veríssimo a coleta da água foi realizada em três pontos (V1, V2, V3) e no Ratonos em quatro pontos (R1, R2, R3, R4), distribuídos ao longo do curso dos rios (Figura 1).

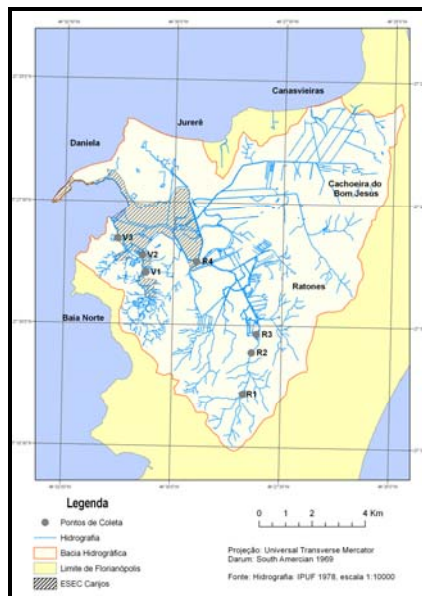


Figura 1. Distribuição dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do rio Ratonés.

Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), o Índice de Qualidade de Água (IQA) é calculado pelo somatório do produto ponderado (w_i) das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, DBO_5 , coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez. No caso de não se dispor de algum destes valores o cálculo do IQA é inviabilizado. É obtido através da Equação 1:

$$IQA = \sum q_i.w_i \quad (1)$$

Onde IQA é o Índice de Qualidade da Água (número entre 0 e 100); q_i é a qualidade parâmetro i obtido através de uma curva média específica de qualidade e w_i o peso atribuído ao parâmetro em função da sua importância na qualidade.

Para avaliação do IQA foram utilizados os resultados das análises das amostras de água superficiais coletadas e classificadas, seguindo o protocolo de classificação utilizado pela CETESB (2008) que estabelece as classes: Excelente ($91 < IQA \leq 100$); Bom ($71 < IQA \leq 90$); Regular ($51 < IQA \leq 70$); Ruim ($26 < IQA \leq 50$), Muito Ruim ($IQA \leq 25$).

As coletas foram realizadas de fevereiro a maio de 2008, e as análises foram realizadas no Laboratório Integrado do Meio Ambiente (LIMA), do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em Florianópolis-SC.

Para possibilitar a avaliação da influência dos diferentes usos e ocupações do solo nos pontos de amostragem, foram estabelecidas, arbitrariamente, as áreas de influência em cada ponto, onde se utilizou como critério, sub-bacias de contribuição. As sub-bacias de contribuição foram vetorizadas em tela, sobre a base cartográfica digital, respeitando a hidrografia à montante dos pontos de coleta e o relevo de entorno, obtendo-se, desta forma, áreas variadas para cada uma delas (Figura 2). Após a delimitação das sub-bacias, efetuou-se uma operação de intersecção, no SIG, entre o mapa de uso e ocupação do solo e os vetores de cada uma, objetivando determinar a influência do uso predominante do solo em cada uma delas nos pontos de determinação do IQA. As áreas das classes de uso e ocupação do solo, em cada sub-bacia, foram determinadas por meio do SIG.

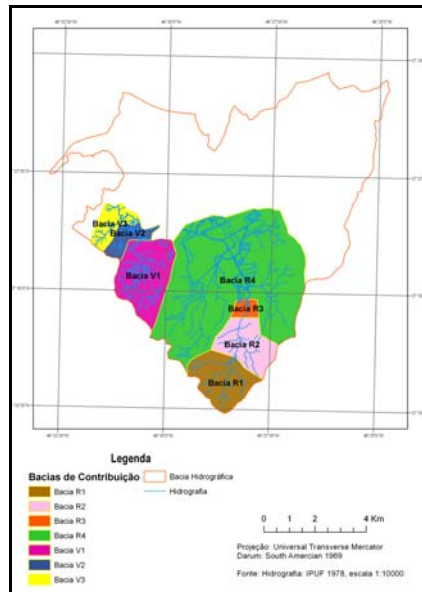


Figura 2. Espacialização das bacias de contribuição em cada ponto de coleta.

3. Resultados e Discussão

Para o público em geral, a informação de valores de concentração de poluentes nos corpos d'água tem pouco significado, devido às complexidades nas interpretações dos resultados (SPERLING, 2005). Por esse motivo, adotou-se o índice de qualidade da água (IQA) para retratar a qualidade da água nos pontos coletados.

Assim, por meio dos resultados do IQA (Figura 3) foi possível comparar a dinâmica da situação dos principais rios da bacia hidrográfica do rio Ratonés, nos diferentes pontos de coleta, a classificação por cores segue o padrão desenvolvido pela CETESB.

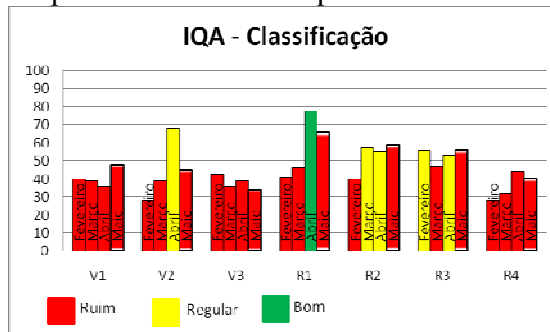


Figura 3. Comparativo do IQA nos meses de análise.

A partir da determinação do IQA é interessante avaliar individualmente o comportamento dos parâmetros que compõem este índice, de forma a identificar as possíveis causas dos resultados obtidos. Os parâmetros físicos, químicos e biológicos utilizados para o diagnóstico da contaminação dos rios da bacia e para a obtenção do IQA, traduzem o potencial poluidor das atividades antrópicas.

Deste modo, para poder comparar o estado atual dos cursos d'água da bacia do rio Ratonés com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), utilizou-se como base os limites admissíveis preconizados para a Classe 2, (classe em que estão enquadrados os rios estudados).

Os parâmetros de qualidade refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionadas por lançamento de esgoto doméstico. Sperling (2005), explica que os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água. A fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microorganismos. A tabela 1 apresenta a média dos resultados obtidos para os 9 parâmetros analisados, necessários para a formulação do IQA.

Tabela 1. Média dos resultados obtidos para cada parâmetro de qualidade nos pontos analisados.

Parâmetro	Valores Médios						
	V1	V2	V3	R1	R2	R3	R4
Coliformes Fecais (NMP/100mL)	376	1.317	3.556	21	211	360	4.321
pH	7,2	7,2	7,3	7,8	7,3	6,5	7,3
DBO ₅ (mg/L)	22	19	25	27	27	18	39
NT (mg/L)	1,6	1,5	7,5	5,3	4,4	1,6	1,2
Fósforo Total (mg/L)	1,18	0,49	1,70	0,62	0,17	0,10	0,78
Temperatura (°C)	22,3	23,0	23,9	21,5	21,1	20,9	22,6
Turbidez (UNT)	10	9	14	6	7	9	13
Sólidos Totais (mg/L)	13.463	30.863	111.028	773	1.170	918	141.485
OD (mg/L)	3,9	4,2	5,4	7,7	6,7	6,3	5,2

O principal efeito ecológico da poluição orgânica, em um curso d'água é o decréscimo de oxigênio dissolvido (OD) causado pela respiração dos microorganismos que se alimentam da matéria orgânica. Observa-se a concentração de OD no rio Veríssimo é variável, tem média insatisfatória para a classe do rio em que está enquadrado e, em momentos mais críticos chega ao valor de 3 mg/L, abaixo do mínimo admissível, até mesmo, para os rios classe 3.

A DBO₅ retrata a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar, por meio de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea presente no meio natural (SPERLING, 2005). A concentração de DBO₅ obtida nos rios está bastante acima do limite permitido pela legislação para rios classe 2, que não pode exceder 5 mg/L, chegando a níveis até 5 vezes superior a este limite. A presença de nitrogênio implica na diminuição de OD no corpo d'água, devido ao consumo requerido nos processos de transformação das formas nitrogenadas. De acordo com BRASIL (2005), a concentração máxima permitida de nitrogênio varia de acordo com o pH, mas, não pode ultrapassar 3,7 mg/L em situações que o pH for inferior a 7,5 e, 1,0 mg/L quando o pH estiver entre 8,0 e 8,5. Desta forma, observou-se que a situação crítica de concentração de nitrogênio limita-se ao ponto V3 do rio Veríssimo.

A presença do fósforo orgânico na água em altas concentrações está relacionada com atividades antrópicas de origem fisiológica e, na forma inorgânica é oriunda de detergentes e produtos químicos domésticos. O fósforo, assim como o nitrogênio, é um nutriente de grande importância para o desenvolvimento de algas podendo conduzir a fenômenos de eutrofização. O máximo permitido os rios classe 2 de fósforo é 0,10 mg/L, para os rios estudados, observou-se que em alguns meses o valor encontrado esteve de acordo com a legislação, porém, as médias e os valores máximos obtidos estão acima do preconizado pela legislação.

Os organismos patogênicos presentes em esgotos domésticos são de difícil identificação, devido à alta diluição que sofrem quando em contato com os corpos hídricos. Apesar disso, trazem grande preocupação e perigo no contato ou ingestão por pessoas e animais. Para auxiliar na identificação da contaminação dos corpos hídricos por material fecal humano e de animais, são comumente utilizados organismos indicadores de contaminação fecal. Nos rios classe 2, a concentração máxima de coliformes fecais limita-se em 1000 NMP/100mL. Nos rios principais da bacia, o valor encontrado esteve acima do permitido em grande parte dos locais amostrados.

O mapa de uso e ocupação de solo possibilitou identificar os tipos de uso e as áreas ocupadas por cada classe na bacia do rio Ratonés (Tabela 2).

Para relacionar o IQA com o uso e ocupação do solo na bacia do rio Ratonés, foram levantadas as áreas de uso e ocupação do solo, predominantes nas áreas de influência dos pontos de coleta, definidas em cada sub-bacia de contribuição (Tabela 3).

Tabela 2 – Áreas, em hectares e em porcentagem das classes de uso e ocupação do solo da bacia.

Uso do Solo	Área da bacia do rio Ratonés	
	ha	%
Águas	662	7
Agricultura	23	0,2
Linha de Costa	29	0,3
Pastagem	1.593	16
Urbanização	1.364	14
Reflorestamento	105	1
Vegetação Nativa	6.079	62
Total	9.855	100

Tabela 3. Áreas, em ha e porcentagem dos usos do solo predominantes em cada sub-bacia de contribuição.

Uso do solo	Área das sub-bacias de contribuição													
	R1		R2		R3		R4		V1		V2		V3	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Agricultura	0,0	0	0,0	0	1,2	2	17,7	1	2,5	0,0	1,0	1	0,0	0
Pastagem	28,4	7	60,58	17	25,2	37	451,2	19	103,0	18	18,3	13	31,4	18
Reflorest.	0,0	0	0,0	0	0,0	0	5,7	0	12,6	2	0,0	0	0,0	0
Urbanização	2,6	1	30,55	9	18,1	27	213,7	0	120,1	21	29,1	21	5,7	3
Veg. Nativa	380,8	92	267,0	75	22,7	34	1694,9	71	335,9	59	88,2	65	136,1	79
TOTAL	411,9	100	358,10	100	67,1	100	2383,2	100	574,1	100	136,5	100	173,2	100

Nas bacias de contribuição, a vegetação nativa ocupa a maioria das áreas próximas às nascentes (R1, R2 e V1). As atividades agrícolas são encontradas principalmente na localidade de Ratonés, onde são cultivadas, em maior parte, hortaliças. As áreas urbanizadas se distribuem por todas as sub-bacias e caracterizam-se por apresentar regiões com densa urbanização e outras regiões pouco urbanizadas.

A bacia de contribuição do ponto de coleta V1, apesar de possuir 59% de suas áreas ocupadas com vegetação nativa, possui 18% e 21% de áreas ocupadas com pastagem e urbanização, respectivamente. Juntas essas duas classes, que são as mais impactantes aos recursos hídricos da bacia, abrangem 39% da área total da bacia de contribuição do ponto V1. Dessa forma, a ocupação intensa por urbanização e pastagem ao longo da bacia, pode justificar a média do IQA ter indicado qualidade ruim para o rio Veríssimo.

A bacia V2 compreende a localidade Barra do Sambaqui, região densamente urbanizada que possui grandes áreas de pastagem. Por esse motivo, recebe influência direta das ações antrópicas na qualidade dos seus corpos hídricos e, conseqüentemente, nos valores do IQA. O manguezal da ESEC Carijós está à montante do ponto de coleta e, a contribuição da área urbanizada da bacia V2, influi diretamente sobre ele. Desta forma, nem mesmo os 65% de vegetação nativa, que abrange a bacia e a área de manguezal protegido da ESEC Carijós, protegem a qualidade dos rios da bacia V2, que neste local apresentou na média IQA ruim.

A bacia de contribuição do V3 é densamente ocupada por vegetação nativa, que chega a 79%. Porém, apresenta 18% de sua área ocupada com pastagem e as margens do ponto de coleta

existe uma área significativa ocupada com urbanização. Portanto, a urbanização e a atividade agropecuária próxima esse ponto podem justificar um IQA ruim para este local no rio Veríssimo.

O local do ponto R1 está próximo à nascente do rio Ratoles, em propriedade particular, com vegetação nativa bem preservada, ocupando 92% da área total da bacia. A bacia é pouco urbanizada (1%), apresentando pastagens (7%), se concentram próximas ao ponto de coleta. O IQA no ponto R1, por estar próximo à nascente do rio Ratoles e se tratar de uma região com predomínio de vegetação nativa, não apresentou os resultados esperados. As áreas de pastagens e a pequena área de urbanização que se concentram ao redor do ponto de coleta sugerem serem as responsáveis por um IQA regular.

A sub-bacia de contribuição do ponto de coleta R2 ainda preserva 76% de sua área nativa. Entretanto, as atividades agropecuárias e a urbanização estão presentes na bacia e ocupam, aproximadamente 25% da área, o que pode indicar um IQA regular para esse ponto. Na bacia de contribuição do ponto R3 a urbanização ocupa 27% da área, a pastagem ocupa 37% da área total dessa sub-bacia. Dessa forma, tem-se que as classes de uso do solo, que implicam nos fatores mais impactantes de contaminação, compreendem 64% da área de toda bacia de contribuição R3.

A bacia de contribuição do ponto R4 é a maior de todas as sub-bacias estudadas e sofre influência de todas as atividades ocorridas ao longo do rio Ratoles, descritas nas sub-bacias R1, R2 e R3. Essa bacia apresenta 71% da sua área coberta por vegetação nativa, 19% com pastagem e 9% de área urbana. Por ser a maior das bacias de contribuição, se torna a mais complexa para avaliar a qualidade dos corpos hídricos e sua relação com o uso predominante do solo. A qualidade ruim obtida na média do IQA é proveniente de toda contribuição que recebe a montante, intensificada por uma área densamente urbanizada a jusante do ponto R3. Como agravante da poluição dos rios, a bacia R4 localiza-se às margens da rodovia SC-402 que é bastante movimentada.

A Figura 4 mostra o mapa de uso e ocupação do solo com as sub-bacias de contribuição dos quatro pontos de amostragem de água da bacia hidrográfica do Rio Ratoles.



Figura 4. Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do rio Ratoles.

4. Conclusão

A urbanização e as atividades agropecuárias são potenciais fontes de poluição. A predominância destas classes de uso do solo nas sub-bacias pode justificar os baixos índices de qualidade da água (IQA), obtidos nos pontos de amostragem.

O estudo mostra que a vegetação nativa, representa uma proteção efetiva aos cursos d'água, tendo em vista, que as bacias com maiores áreas de vegetação natural, apresentaram melhores resultados que as bacias com predominância de pastagem e urbanização. Comprovando os resultados obtidos com as análises do IQA que demonstram que as ações antrópicas são as responsáveis pelo estado atual de baixa qualidade das águas da bacia.

As altas concentrações de coliformes termotolerantes, DBO₅ e nitrogênio encontradas, e a presença, nem sempre satisfatória de oxigênio dissolvido, nos diversos pontos dos rios, são fatores que indicam a contaminação dos corpos hídricos da bacia do rio Ratonés, por lançamento de esgoto doméstico e dejetos de animais.

O uso do e ocupação do solo demonstrou refletir na qualidade ambiental da área e, conseqüentemente, nos recursos hídricos. Portanto, é essencial uma fiscalização rigorosa quanto a retirada da vegetação nativa para o desenvolvimento de atividades de agricultura e pastagem, bem como para o estabelecimento de áreas urbanas na região. Além disso, devem-se estabelecer medidas mitigadoras, com o intuito de reduzir a poluição hídrica e possibilitar a recuperação e preservação dos recursos naturais inseridos não somente na bacia hidrográfica em questão, como no seu entorno.

5. Referências Bibliográficas

BRASIL. CONAMA. Resolução n. 357 de 17 de março de 2005 - Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e condições e padrões para o lançamento de efluentes. Brasília. 2005

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Índice de qualidade da água - conceitos e definições**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 15 mar. 2008.

SANTOS, R.F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184p.

SILVA, C.E.; CORADINI, M.; HOPPE, A.E; GRÄBIN T.F.; NEVES T. M. **Avaliação da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena** – Município de Santa Maria-RS. In: 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Joinville-SC. 2003.

SILVA, R.B.A. Instrumental para definição de zonas de amortecimento de unidades de conservação: o Caso da Estação Ecológica de Carijós-IBAMA, Florianópolis/SC. 140p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte-MG, Nova Edição, 2005. v.1, 452 p.