



XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM DIFERENTES CONDIÇÕES HIDROMETEREOLÓGICAS NO RIO INFERNINHO/SC

Franciele Zanandrea ¹; Benício Emanuel Omena Monte ² & Héctor Raúl Muñoz Espinosa ³

RESUMO – Bacias hidrográficas de pequeno porte normalmente possuem ausência de dados devido à pequena área territorial, no entanto, seu raio de influência pode ir além de sua escala espacial, produzindo problemas à sociedade e ao meio ambiente ao redor, muitas vezes, por falta de informação fidedigna para resolução de problemas e/ou ações. Este trabalho destina-se a colaborar com dados e informações hidrológicas e de qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Inferninho (SC). Foram mensuradas vazões a fim de se obter uma curva chave, com maior abrangência de dados, em uma seção do rio principal, além de coletas e análise de amostras de água em seis pontos para diferentes meses do ano, em diferentes condições hidrometeorológicas. Posteriormente, obteve-se as respectivas cargas orgânicas e a concentração de ferro na água. As principais fontes de cargas orgânicas encontradas foram os lançamentos de esgoto das comunidades rurais e de atividade pecuarista. Os resultados podem subsidiar análises de pedido de outorga de diluição de efluentes nessa bacia e uma melhor percepção da hidrologia ambiental da mesma.

ABSTRACT– Small river basins usually have no water quality and quantity data; however, his influence radius can go beyond their spatial scale, producing problems at society and the environment

1) Engenharia Ambiental – Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH)/Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS. tel. 3308-6327. franciele.zanan@gmail.com.

2) Geógrafo – Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH)/Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS. tel. 3308-6327. benicio_monte@hotmail.com.

3) Laboratório de Modelagem Ambiental (CTTMar)/Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI, Itajaí, SC. hrmunoz@th.com.br.

around, and often per a lack of reliable information troubleshooting and or actions. This work is designed to work with data and hydrological information and water quality in the river basin Inferninho (SC). Discharges were measured in order to obtain a discharge curve, with more comprehensive data in a section of the main river, and collecting and analyzing water samples in 6 points for different months of the year, in different hydro meteorological conditions. Subsequently, there was obtained the corresponding organic loads and iron concentration in water. The main sources of organic loads were found at the sewage releases of rural communities and livestock. The results can support application for analysis of effluent dilution grant this basin and a better understanding of environmental hydrology of the same.

Palavras-Chave – Curva-chave; Aspectos qualitativos; Hidrologia ambiental

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos elementos fundamentais para o desenvolvimento humano e para a manutenção do meio ambiente, entretanto a sociedade, constantemente, modifica o espaço em que vive, e os recursos hídricos não estão a salvo dessas transformações. Essas mudanças causam alterações na qualidade e na quantidade dos recursos hídricos, aspectos que são inter-relacionados, porém têm sido tratados de forma separada desde da metade do século XX (MUÑOZ-ESPINOSA, 2000), o que prejudica a gestão integrada das águas. A hidrologia ambiental se define como aquela que trata do monitoramento, análise, modelagem e gerenciamento da qualidade e da quantidade das águas (PORTO *et al.* 1991). O objetivo desse trabalho refere-se ao levantamento de dados qualitativos e quantitativos para caracterização hidrológica ambiental em uma pequena bacia hidrográfica de Santa Catarina, denominada de rio Inferninho. Essa bacia possui propriedades rurais com atividades voltada para pecuária, além de possuir um aterro sanitário nos seus limites geográficos. Esse levantamento pode subsidiar possibilidades de outorga de uso para diluição dos lançamentos de efluentes.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Inferninho possui uma área de 147 km², contida nos municípios de Biguaçu, Governador Celso Ramos e Tijucas, localizada na vertente atlântica de Santa Catarina,

(Figura 1). Às áreas mais altas se aproximam de 900 metros de altitude, e sua foz ocorre no mar. A geologia é formada por rochas magmáticas e sedimentares (SANTA CATARINA, 1986), e os solos predominantes são o Argissolo Vermelho Álico e o Cambissolo Háplico (BARNETCHE, 2006 e SANTA CATARINA, 2006). O clima, segundo a classificação Köppen-Geiger, é subtropical mesotérmico úmido de verão quente (Cfa). A precipitação anual na bacia varia entre 1500 mm a 1700 mm (EPAGRI, 2002), com as maiores precipitações ocorrendo nos meses de verão.

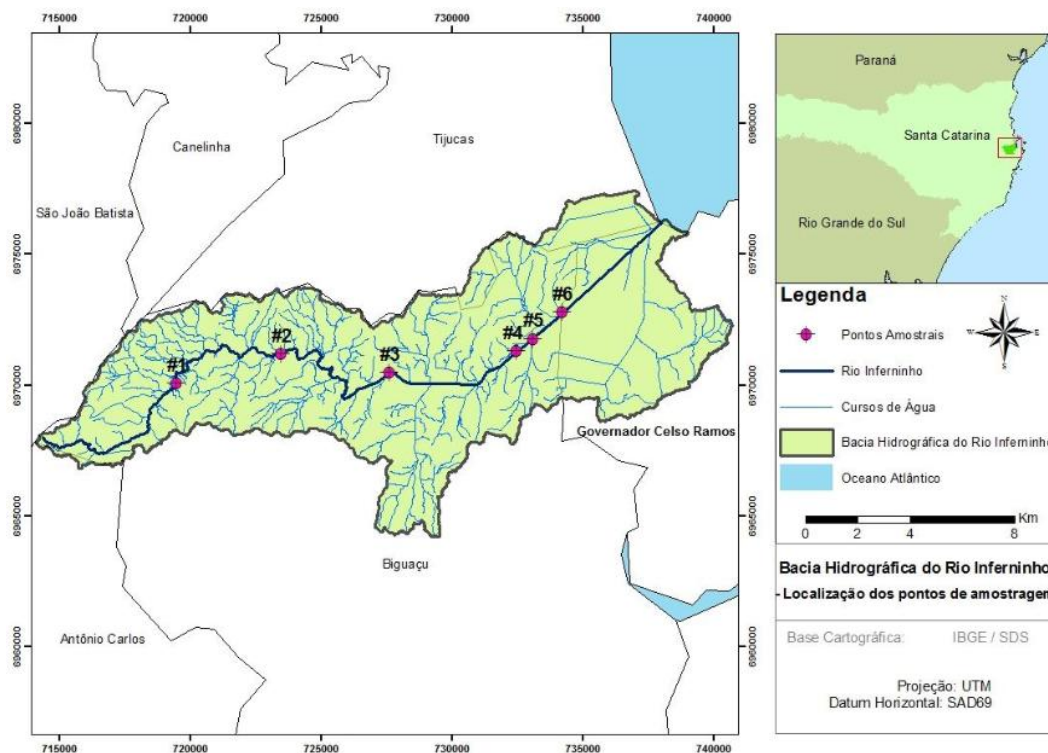


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Inferninho-SC.

O tempo de concentração é de 4 horas e a bacia é bem drenada, e apresenta pouca sinuosidade, influenciada também por retificações que ocorreram no rio principal (ZANANDREA, 2012). O uso e cobertura do solo são predominantemente mata nativa, ocorrendo a presença de gramíneas e agricultura de culturas cíclicas nas áreas planas, com destaque ao arroz, e a carcinicultura na foz (ZANANDREA, 2012).

2.2. Obtenção de dados em campo

Seis pontos amostrais foram definidos ao longo da bacia no rio principal, que apresenta uma zona ritral e potamal bem definidas, além de uma área plana nos 20 km iniciais (sentido foz para nascentes) (ZANANDREA, 2012). Os pontos foram selecionados de acordo com o maior aporte de cargas orgânicas de lançamento e se aproximam dos pontos do estudo de Barnetche (2006). Dados de precipitação, da altura e da condição da maré para as datas foram levantados (Tabela 1).

Tabela 1. Dados de precipitação, altura e condição da maré, no dia e horário da coleta

Data (ano 2012)	Precipitação diária (mm)	Altura da maré (m)	Condição de Maré
02 de março	25 a 40	0,6	Vazante
30 de março	0	0,5	Vazante
04 de maio	0	1,1	Vazante
01 de junho	0	1	Vazante
06 de julho	0	0,1	Vazante
30 de julho	40 a 70	1	Enchente
05 de setembro	0	0,4	Enchente

Foram feitas medições *in loco* de concentrações de oxigênio, salinidade, condutividade, pH e temperatura, com o uso do multianalisador de água Hidrolab DS5 nos seis pontos. Seguindo métodos de preservação e armazenamento, foram coletadas amostras de água em garrafas de plástico, para análise de DBO_{5,20} realizada no laboratório LAMA da Univali.

No ponto #2, realizaram-se medições de vazão e de nível de rio utilizando um fluxômetro FlowTracker®, que é o medidor de vazão com Velocímetro Acústico Doppler (VDA). A seção foi definida sobre um leito de rocha sã, em que não há variações do processo de erosão-deposição. A partir desses dados obtidos e de dados anteriores do trabalho de Barnette (2006), foi possível gerar uma curva chave para o ponto #2. As vazões nos demais pontos foram estimadas por meio de vazão específica multiplicada pela área de drenagem até os pontos seguintes.

2.3. Análises de laboratório

Para os seis pontos, foram feitas medições *in loco* das concentrações de oxigênio dissolvido, salinidade, condutividade, pH e temperatura, com o uso da sonda multiparâmetros de água Hidrolab DS5. As análises de concentração de DBO_{5,20} foram realizadas por meio do método manométrico, que mede o consumo de oxigênio dissolvido ao longo dos cinco dias de incubação a 20°C. Além dessas análises, foram necessárias análise de DQO e de ferro total em alguns pontos, utilizando a metodologia do Kit Merck específico para cada uma das análises, cuja leitura é feita por meio do espectrofotômetro NOVA60. As análises laboratoriais de todos os parâmetros monitorados foram realizadas conforme metodologias propostas em *Standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 2005). A determinação da carga orgânica - fluxo de massa orgânica - foi estimada pelo correspondente produto da vazão e concentração de DBO_{5,20} em cada ponto amostral.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Vazão e curva-chave

Os resultados das medições de vazão no ponto #2 apresentam-se na Tabela 2, junto à altura da lâmina da água e à velocidade do rio para cada dia de coleta. Houve erro no fluxômetro no dia 30 de julho, sendo então descartado este dado.

Tabela 2. Valores de vazão, velocidade e altura de lâmina d'água na seção de controle.

Data	Altura da lâmina (m)	Vazão (m³/s)	Velocidade (m/s)
02 de março	1,35	0,36	0,64
30 de março	1,40	0,41	0,73
04 de maio	1,50	0,52	1,15
01 de junho	1,25	0,24	0,72
06 de julho	1,26	0,16	0,51
30 de julho	1,60	n.d.	n.d.
05 de setembro	1,25	0,20	0,53

Observação: n.d. (não detectado)

A curva-chave para o rio Inferninho na seção do ponto #2 é apresentada pela Equação 1, sendo uma equação potencial, em que o h_0 (altura 0) para esta foi o 0 real, ideal para esse tipo de equação, em que altura 0 é uma vazão nula. Essa equação é comparada com a equação de Barnette (2005) polinomial, sendo que, neste trabalho, foram encontrados valores de vazão mais baixos que os obtidos em 2005, aumentando a variação das cotas extremas observadas, fator importante na precisão do traçado da curva-chave, além do número de pontos, como afirma Chevallier (2001).

O coeficiente de determinação obteve um bom resultado ($R^2 = 0,9625$), e essa relação explica-se pela condição da seção transversal sobre leito rochoso, com poucas alterações. Além de existir um estreitamento do canal no local de medição (#2), o que faz aumentar a velocidade, dificultando a deposição de sedimentos, não ocorrendo processos erosivos e nem a mobilidade de materiais.

$$Q = 0,0515h^{5,9221} \quad (1)$$

3.2. Parâmetros físico-químicos

Em termos de oxigênio dissolvido (OD), quase todos os pontos analisados encontram-se acima do mínimo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2000 para rios classe 2 (5 mg/L). A exceção é o ponto #5, local onde se encontra o aterro sanitário e uma beneficiadora de osso. Em termos de estações climáticas, os meses mais frios apresentaram maiores concentrações do que nos meses quentes, pois a solubilidade do OD varia de acordo com a temperatura, que, quando maiores, diminui a solubilidades de gases (VON SPERLING, 2007).

Coerentemente, as temperaturas apresentaram maiores valores em março (verão) e menores em junho e julho (inverno), já os pontos de coleta mais altos os menores valores, e os maiores valores nos pontos mais próximos da foz. Temperatura e concentração de DBO possuem relação, por causa dos valores da temperatura sobre os processos biológicos e das reações químicas da água na DBO.

As análises de $DBO_{5,20}$ não puderam ser realizadas nos dias 2 e 30 março. No dia 30 de julho houve problemas na determinação de DBO, e apenas o ponto #5 apresentou um valor relevante. Essa situação, provavelmente, foi devido aos altos volumes de pluviosidade no dia da coleta e no dia anterior. Nos dias 4 de maio, 01 de junho e 5 de setembro não foi possível determinar concentrações no ponto #3; e, no dia 01 de junho, no ponto #6, por motivos não identificados.

Os Pontos #1 e #2 só tiveram um dia de concentração superior a 5 mg/L, que é o limite permitido pela legislação CONAMA 357/2005, já o ponto #3, com sua única leitura, ficou dentro dos padrões. Todas as coletas dos pontos #4 e #6 (exceto uma no ponto #4) ficaram acima do permitido pela legislação. Os piores resultados ficaram por conta do ponto #5, em que todas as medições ficaram acima do permitido pela legislação. A correlação com a temperatura é perceptível nos pontos #1, #2 e #4, pois a DBO é mais alta nos meses quentes. Não há como usar a mesma afirmativa para os pontos #5 e 6#, pois o primeiro depende da eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do aterro sanitário, e o ponto #6 é influenciado pela sua localização estar a jusante do ponto #5.

Outro parâmetro analisado foi o pH, que pode ser influenciado pela geologia da região ou por fontes de poluição. Os resultados apresentam relativa estabilidade em todos os pontos, e mantendo-se dentro dos limites de 6 a 9, como o estabelecido pela legislação do CONAMA 357/2005.

A salinidade foi obtida a partir do ponto #4 em todas as coletas, em marés vazantes ou de enchentes, o que indica influência nos primeiros 10 km à jusante, com contribuições devido à retificação e à pouca declividade do rio nessa faixa. Os maiores resultados de salinidade ocorrem no ponto #5, provavelmente devido aos compostos químicos utilizados na ETE do aterro sanitário.

Dados de salinidades são diretamente proporcionais aos de condutividade, pois indicam a concentração total de íons, ou seja os sais na água, o que pode estar relacionado à concentração de poluentes. Os pontos #1 e #2 possuem baixa condutividade, o mesmo ocorre com os pontos #3 e #4, apresentando valores maiores que os pontos a montante, possivelmente por estarem em regiões agrícolas. O ponto #5 tem o maior valor encontrado, provavelmente devido ao lançamento do efluente da ETE do aterro sanitário. O ponto #6 também apresentou altos valores devido à influência do ponto #5 a montante e pelo efeito da maré. As estatísticas dos resultados são apresentadas na Tabela 3.

A partir da necessidade de obter melhor precisão do teor de matéria orgânica, foram realizadas medições de Demanda Química de Oxigênio (DQO), nos dias 6 de julho e 5 de setembro. Na última saída, houve levantamento de Ferro Total, no intuito de investigar os valores mais elevados de DQO encontrados, baseando-se na constituição e na coloração do solo da bacia (Tabela 4). A relação de variáveis DBO e DQO indica o teor de matéria orgânica não biodegradável (valores inferiores a 0,4 de DBO/DQO indicam baixa fração orgânica biodegradável), e no caso das coletas observou-se que os valores são inferiores a 0,2, o que demonstra que as substâncias orgânicas possuem dificuldades para continuar sua degradação (MATINS; CASTILHOS JÚNIOR; COSTA, 2010; GOMES, 2005).

Tabela 3. Estatísticas dos valores dos parâmetros físico-químicos nos pontos amostrais.

	OD [mg/L]	Temperatura água [°C]	DBO _{5,20} [mg/L]	pH	Salinidade [ppt]	Condutividade [µs/cm]
Ponto #1						
Média	9,58	18,20	3,13	6,54	0	25,25
Desvio padrão	0,47	3,12	2,38	0,45	0	0,91
Mínimo	8,78	13,8	1,06	6,09	0	23,45
Máximo	10,1	23,5	7,1	7,07	0	26,01
Nº de amostras	7	7	5	6	7	7
Ponto #2						
Média	9,96	17,2	3,61	6,57	0	27,28
Desvio padrão	0,43	2,73	2,36	0,41	0	1,35
Mínimo	9,42	14,1	1,92	6,02	0	27,0
Máximo	10,7	22,8	7,1	7,28	0	28,2
Nº de amostras	7	7	4	7	7	7
Ponto #3						
Média	9,37	20,2	4,3	6,46	0	36,63
Desvio padrão	0,40	3,20	0	0,30	0	2,36
Mínimo	8,2	15,1	4,3	5,96	0	32,85
Máximo	9,8	24,8	4,3	6,86	0,01	39,35
Nº de amostras	7	7	1	7	7	7
Ponto #4						
Média	8,70	20,1	6,3	6,70	0,01	42,91
Desvio padrão	0,42	3,43	1,04	0,33	0	2,81
Mínimo	7,9	15,4	5,1	6,13	0,01	38,8
Máximo	9,26	26,1	7,6	7,09	0,01	46,7
Nº de amostras	7	7	4	7	7	7
Ponto #5						
Média	1,61	20,2	12,34	6,48	0,65	1235,85
Desvio padrão	0,93	3,20	6,12	0,20	0,33	608,52
Mínimo	0,79	16,1	7,1	6,27	0,24	479,4
Máximo	3,53	26,8	20,2	6,85	1,08	2020,3
Nº de amostras	7	7	5	7	7	7
Ponto #6						
Média	8,19	20,4	8,53	6,72	0,03	85,54
Desvio padrão	0,44	3,46	2,73	0,31	0,01	23,73
Mínimo	7,53	15,4	5,4	6,28	0,01	54,55
Máximo	8,9	26,4	10,4	7,11	0,05	114,65
Nº de amostras	7	7	3	7	7	7

Os dados de Ferro Total encontrados nos pontos #1, #2 e #3 estão dentro dos limites do CONAMA 357/2005 de 0,3 mg/L, já, nos demais pontos, excedem-se os limites. Nos pontos #2 e #4, a explicação, provavelmente, advém da geoquímica dos solos da região, onde o ferro apresenta-se como substrato inconsolidado. O ponto #3 está numa zona de transição desse substrato para um

substrato rochoso. No ponto #5, os valores de ferro encontrados podem ter origem, além do solo, nos efluentes lançados. Teores altos de ferro podem ser tóxicos (NAVAS-PEREIRA et al. apud RODRIGUEZ, 2001). A concentração de OD diminui do ponto #1 para o #6, já o ferro aumenta nessa direção, assim como a DQO, que pode ter seu valor elevado pela oxidação desse ferro. Esses resultados são condizentes, pois a relação de OD é inversamente proporcional a de Ferro Total na água (MIRANDA; PEREIRA ALVES e OLIVEIRA, 2009).

Tabela 4. Valores de Ferro total, DBO_{5,20} e DQO nos pontos amostrais.

	Ponto #1	Ponto #2	Ponto #3	Ponto #4	Ponto #5	Ponto #6
06/07/2012						
DBO_{5,20} [mg/L]	2,7	2,7	4,3	6,0	17,5	5,4
DQO [mg/L]	n.d	n.d	138	202	208	134
Relação DBO/DQO	-	-	0,03	0,03	0,08	0,04
05/09/2012						
DBO_{5,20} [mg/L]	7,1	2,7	n.d	5,1	20,2	10,4
DQO [mg/L]	96,2	n.d	n.d	100	166	n.d
Relação DBO/DQO	0,074	-	-	0,051	0,122	-
Ferro Total [mg/L]	0,08	0,08	0,23	1,08	0,9	1,09

3.3. Carga orgânica

As cargas orgânicas calculadas para cada ponto amostral encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Valores de carga orgânica para os pontos amostrais.

Data	Pontos	DBO _{5,20} [mg/L]	Q [L/s]	Carga Orgânica [mg/s]
04/maio	#1	3,2	214,7	687,2
	#2	7,1	520,0	3692,0
	#3	n.d	845,9	n.d
	#4	7,6	1355,9	10305,2
	#5	9,8	5,6	54,9
	#6	9,8	1609,7	15775,3
01/junho	#1	1,6	99,1	158,6
	#2	1,92	240,0	460,8
	#3	n.d	390,4	n.d
	#4	6,5	625,8	4067,8
	#5	7,1	5,6	39,8
	#6	n.d	746,0	n.d
06/julho	#1	2,7	66,1	178,4
	#2	2,7	160,0	432,0
	#3	4,3	260,3	1119,2
	#4	6	417,2	2503,3
	#5	17,5	5,6	98,0
	#6	5,4	499,2	2695,6
05/setembro	#1	7,1	83,4	592,3
	#2	2,7	202,0	545,4
	#3	n.d	328,6	n.d
	#4	5,1	526,7	2686,3
	#5	20,2	5,6	113,1
	#6	10,4	628,7	6538,9

As cargas orgânicas foram calculadas apenas nos pontos onde as concentrações de $\text{DBO}_{5,20}$ apresentaram o menor número de falhas em conjunto com as vazões encontradas para os respectivos pontos.

Ressalta-se que o ponto #5 é um canal artificial, e o valor de vazão é a média estimada para o canal de lançamento do aterro. A carga orgânica a partir do ponto #3 apresenta aumento de montante para jusante, demonstrando uma relação da carga orgânica com a influência antrópica. Houve maior valor de carga orgânica no ponto #2 no dia 4 de maio, quando a concentração de $\text{DBO}_{5,20}$ foi alta, devido à interferência humana pontual. A menor carga orgânica encontrada foi no ponto #5, apesar de ter a maior concentração de $\text{DBO}_{5,20}$; a pequena quantidade de lançamento da ETE demonstra ter uma carga mais baixa que em outros pontos.

4. CONCLUSÕES

A falta de dados e de informação em pequenas bacias hidrográficas é um fator diferencial que pode implicar problemas ambientais e sociais, prejudicando o equilíbrio socioambiental na bacia e até em outras regiões que possuem conexão com esse corpo hídrico. A bacia hidrográfica do rio Inferninho teve seus parâmetros físico-químicos analisados nesse trabalho, e os resultados além de fornecerem um diagnóstico do cenário atual quanto sua hidrologia ambiental, também podem subsidiar o estabelecimento de futuros critérios de outorga e de metas a serem estabelecidas no Plano de Bacia do rio Tijucas.

Para monitoramento de vazões, recomenda-se uma estação fluviométrica no posto #3, onde não há mais influência da maré, e com medições horárias devido ao tempo de concentração da bacia. Essas medições, além de contribuir com dados de vazão, auxiliam no controle de cargas poluentes. As comunidades que se encontram entre os pontos #3 e #4 necessitam que seus efluentes sejam tratados, a fim de não comprometerem, futuramente, a qualidade da água do rio Inferninho. Em relação aos efluentes lançados no ponto #5, entende-se que, além de análises frequentes de DBO e OD, devem ser monitorados outros parâmetros de relevância, como metais pesados para o caso de efluentes tratados de aterros sanitários.

5. BIBLIOGRAFIA

APHA/AWW/WEF. (2005). “*Standard methods for the examination of water and wastewater*”. American Public Health Association/American Water Works/Water Environment Federation, Washington D.C.

- BARNETCHE, D. (2006) “*Hidrologia das águas superficiais da bacia do rio Inferninho, Biguaçu-SC*”. Dissertação (Mestrado), UFSC, Florianópolis-SC.
- CHEVALLIER, P. (2001). “*Aquisição e processamento de dados*”, in *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Org. Tucci, C.E.M., ABRH, ed. 2º, Porto Alegre - RS, pp. 485-523.
- EPAGRI. (2002). “*Atlas climatológico do estado de Santa Catarina*”. Florianópolis-SC, CD-ROM.
- MIRANDA, R.G.; PEREIRA, S.F.P.; ALVES, D.T.V.; OLIVEIRA, G.R.F. (2009). “*Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia – rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos*. Ambi -Água 4(2), pp. 75-92.
- MUÑOZ-ESPINOSA, H.R (2000). “*Razões para um debate sobre as interfaces da gestão de recursos hídricos no contexto da lei de águas de 1997*”, in *Interfaces da gestão de recursos hídricos: Desafios da Lei de Águas de 1997*. Org. Muñoz, H.R., Secretaria de Recursos Hídricos, ed. 2º, Brasília-DF.
- PORTO, M.F.A.; BRANCO. S.M.; LUCA, S.J.D. (1991). “*Caracterização da qualidade da água*”, in *Hidrologia Ambiental*. Org. Porto, R.L.L. Editora da Universidade de São Paulo, ABRH, São Paulo-SP, pp. 27-65.
- RODRÍGUEZ, M.P. (2001). “*Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio Monjolinho) através das variáveis físicas, químicas e biológicas*”. Tese (Doutorado), USP, São Carlos-SP.
- SANTA CATARINA. (1986). “*Atlas de Santa Catarina*”. Aerofoto Cruzeiro, Rio de Janeiro-RJ.
- VON SPERLING, M. (2007). “*Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*” Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, Belo Horizonte - MG.
- ZANANDREA, F. (2012). *Estudos de hidrologia ambiental na bacia hidrográfica do rio Inferninho – Santa Catarina*. 2012. 121 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, CTTMar, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí.