



## **Estudo da capacidade de suporte de carga do Rio Ressaca em relação ao lançamento de efluente de uma indústria alimentícia**

**Marcela Valles Lange<sup>1</sup>, Pricila Ader Escher<sup>2</sup>, Marcelo Real Prado<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná (marcela\_lange@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná (priader@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná (mrealprado@utfpr.edu.br)

### **Resumo**

O presente trabalho foi aplicado ao Estudo de Capacidade de Suporte de Carga do corpo receptor Ressaca para assimilar o efluente gerado por uma indústria alimentícia situada na Região Metropolitana de Curitiba. Os parâmetros físico-químicos avaliados foram: pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO5) e temperatura do efluente e do corpo receptor. Os dados obtidos foram utilizados para aplicação no Modelo Matemático de Qualidade da Água proposto pelos estudiosos Streeter e Phelps (1925) e também para a análise de atendimento à legislação vigente. Através da aplicação do modelo, foi verificado que o rio não pertence à classe estipulada pela resolução CONAMA 357 e que não está apresentando capacidade de autodepuração após o lançamento do efluente, mesmo este estando dentro dos padrões exigidos por legislação. Foram apontadas duas causas para o mesmo já possuir elevada concentração de matéria orgânica: provável ocorrência de lançamentos clandestinos e falta de saneamento na região à qual o estudo foi aplicado. Diante disso, foi destacada a necessidade de um novo e eficiente Plano de Gerenciamento da Bacia do Alto Iguaçu e também foram sugeridas melhorias na estação de tratamento de efluentes da indústria para redução da DBO do efluente tratado.

Palavras-chave: Autodepuração de corpos d'água. Modelo de Streeter e Phelps. Capacidade de suporte de carga. Lançamento de efluente.

Área Temática: Águas Residuárias.

### **Abstract**

*The present study was directed to the Load-Bearing Capacity of the Ressaca River to assimilate the effluent generated by a food industry located at the metropolitan region of Curitiba, Paraná. The physical-chemical parameters evaluated were: pH, dissolved oxygen, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand and temperature of the effluent and of the water body. These data were used for the application of the Mathematical Model of Water Quality proposed by Streeter and Phelps (1925) and to the analysis of the obedience to legislation. Through the examination of the data provided by the laboratorial analyses made, it was concluded that the river doesn't belong to the class stipulated by the resolution 357 of CONAMA and that it's not showing the self-depuration capacity after the effluent release, even this effluent being in conformity to the quality standard required by legislation. Two causes were pointed for this situation: probable existence of clandestine releases and lack of sanitation in the area surrounding the river. These results enabled the authors to point out the requirement of a new efficient management plan for the Alto Iguaçu Drainage Basin and to*



*suggest improvements for the industry effluent treatment plant to create an increase of the aeration and a reduction of the biochemical oxygen demand of the treated effluent.*

*Key words: Water bodies self-depuration. Streeter and Phelps Model. Load-bearing capacity. Effluent release.*

*Theme Area: Wastewater*

## 1 Introdução

O crescimento populacional acelerado e o desenvolvimento industrial, entre outras atividades humanas, exigem cada vez mais o uso da água e essa crescente demanda acarreta a geração de efluentes líquidos que são muitas vezes lançados in natura nos corpos hídricos, alterando assim suas características naturais. Um dos grandes desafios da sociedade, concentrada em grandes centros urbanos e industriais, é a solução de problemas referentes à demanda e poluição das águas pela ação antrópica (VON SPERLING, 1996), que são agravadas no Brasil pelo não cumprimento da legislação, pela ineficiência de políticas públicas e, principalmente, pela falta de conscientização da população no sentido de prevenir a degradação, gerada pela sensação de abundância, visto que o país possui uma grande porcentagem da água superficial do mundo (SOARES, 2003).

Um dos problemas mais agravantes do lançamento de poluentes é a quantidade de matéria orgânica lançada. Segundo Mota (2003), a matéria orgânica lançada em grande quantidade pode causar o aumento do número de microrganismos e, conseqüentemente, o consumo excessivo do oxigênio dissolvido (OD) nos processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica por bactérias degradadoras aeróbias. Segundo Cunha e Ferreira (2006), a diminuição de concentração de OD no meio aquático pode levar à extinção dos organismos aquáticos aeróbios e sua substituição por alguns organismos especializados, tolerantes a baixas condições de oxigênio. Alguns impactos negativos na manutenção da qualidade do meio ambiente, em virtude do decréscimo de OD, podem ser: a morte de populações, geração de maus odores, diminuição da qualidade da água para consumo humano.

Para que seja controlada essa interferência do lançamento do efluente no corpo d'água, conservando a qualidade ambiental, são usados modelos matemáticos para se avaliar o estado em que o mesmo se encontra e prever possíveis situações decorrentes do despejo. Um desses modelos matemáticos é o de Streeter e Phelps (VON SPERLING 1996), clássico na Engenharia Ambiental. Ele possibilita analisar o comportamento do rio após a emissão de poluentes, avaliar a capacidade de autodepuração e mensurar a carga de poluente que o mesmo pode suportar através do balanço de massa para o oxigênio dissolvido e para a demanda bioquímica de oxigênio, supondo-os uniformemente distribuídos ao longo da seção transversal do rio. É um modelo simples, porém muito útil e eficaz para os fins anteriormente esclarecidos, principalmente quando o estudo se dá em um país em desenvolvimento, em que ainda se encontram problemas básicos de poluição.

Este trabalho teve por objetivo a realização do estudo, a partir da aplicação do Modelo de Streeter e Phelps de autodepuração, da capacidade de suporte de carga do Rio Ressaca - Bacia do Alto Iguaçu - para o lançamento de efluente tratado de uma determinada Indústria Alimentícia, situada na Região Metropolitana de Curitiba-PR.

O rio no qual é lançado o efluente em estudo faz parte da Bacia do Alto Iguaçu, localizada a sudeste do estado do Paraná, na Região Metropolitana de Curitiba, com uma área de drenagem de 3000 km<sup>2</sup>. A Bacia abrange 14 municípios, sendo que Curitiba, Pinhais, Araucária, Fazenda Rio Grande, Balsa Nova e Contenda estão integralmente dentro da sua



área. O Rio Ressaca é um afluente da margem esquerda do Rio Iguaçu e na pesquisa foi feita a análise de uma área de 21,36 km<sup>2</sup> do rio, onde está localizada a Estação de Tratamento de Águas Residuárias da indústria de alimentos.

Segundo a Portaria no 20/92 da SUREHMA, os cursos d'água da bacia do rio Iguaçu, com algumas exceções, pertencem à classe 2 (consumo humano após tratamento, proteção de comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação, pesca) conforme resolução CONAMA n. 375/05. Assim sendo, suas águas devem apresentar DBO de até 5mg/L e OD de no mínimo 5 mg/L. Porém, a realidade é mais pessimista. A maioria dos cursos d'água da bacia do alto Iguaçu enquadra-se em classe 4 (navegação e harmonia paisagística), o que se relaciona à existência de contribuições de efluentes domésticos e industriais a montante do ponto de lançamento do efluente estudado e ao não atendimento da região por rede pública de coleta de efluentes e sistema para seu tratamento.

## 2 Metodologia

No que se refere ao estudo das características do corpo receptor, do efluente e da área de entorno, os dados foram levantados através de visitas ao local, amostragens realizadas do rio e do efluente tratado, e consulta a legislações vigentes e ao site da Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - SUDERHSA.

As amostragens do rio e do efluente foram realizadas de janeiro a dezembro de 2008, conforme as normas ABNT NBR 9897/87 e ABNT NBR 9898/87, a Outorga de Lançamento emitida pela SUDERHSA e a Licença de Operação emitida pelo Instituto Ambiental do Paraná à Indústria Alimentícia. Foram feitas onze coletas, mensais, de amostras do efluente, na saída do efluente tratado; e quatro coletas de amostras do rio, 50 m à montante e 50 metros à jusante do ponto de lançamento do efluente.

Nos próprios locais de amostragem, imediatamente após a coleta, foram realizadas medições de pH (método potenciométrico), OD (método eletrométrico) e temperatura (leitura direta). As análises de DQO (método fotométrico, refluxo fechado), DBO (método potenciométrico, incubação por 5 dias/20°C) e SST (método gravimétrico) foram realizadas em laboratório especializado, sendo que os frascos com as amostras foram armazenados em isopores e encaminhados diretamente ao laboratório.

Os dados referentes aos parâmetros de DBO, OD e temperatura e também os dados relativos ao rio em estudo (área, vazão esperada) foram então aplicados nas fórmulas constituintes do modelo matemático utilizado, e a partir daí obtiveram-se curvas de oxigênio dissolvido ao longo do tempo para o corpo receptor estudado, a partir do lançamento do efluente. Os coeficientes de desoxigenação e reaeração foram obtidos através de consulta a valores tabelados disponíveis em literatura (Von Sperling, 1996). Considerou-se o efluente proveniente de tratamento secundário e o rio como sendo com baixa velocidade e profundo.

O desenvolvimento matemático foi efetuado através do programa Excel (gerador de planilhas da marca Microsoft), que serviu de ferramenta para os cálculos e para a construção de gráficos (perfis de OD). Os cálculos foram feitos para uma situação real e para três situações imaginárias, que consideravam respostas capazes de ser alcançadas após execução de melhorias na Estação de Tratamento de Efluentes da indústria e também após desenvolvimento de um Sistema de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica, nesse caso alcançando parâmetros que qualificassem o rio realmente em classe 2 (classe proposta pela Portaria no 20/92 da SUREHMA para os cursos d'água da Bacia do Alto Iguaçu).

Através dos cálculos realizados, pôde-se avaliar se o corpo d'água possuía a capacidade de se autodepurar após o lançamento do efluente tratado. A partir dessa conclusão, foram levantados motivos e propostas de melhorias.



### 3 Resultados

As amostragens do corpo receptor e realização das análises para obtenção dos dados de entrada do modelo matemático resultaram na tabela 1, a seguir.

Tabela 1 - Resultados das análises das amostras do rio

		Análises em Laboratório Especializado			Análises in loco	
		DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	DBO (mgO <sub>2</sub> /L)	pH	Temperatura (°C)	OD (mg/L)
Montante	31/07/2008	220	85,6	6,93	22,2	3,5
	29/10/2008	65	17	6,86	22,8	3,2
	13/11/2008	79	26,5	6,5	18	3,4
	11/12/2008	44,2	20,1	7,34	22,2	2,1
	Média	102,05	21,2	6,9075	21,3	3,05
Jusante	31/07/2008	210	86,5	6,94	17	2,3
	29/10/2008	58	15	6,9	15	2,2
	13/11/2008	96	26,5	6,45	18	2,8
	11/12/2008	45,5	19,3	7,43	22,3	3,7
	Média	102,375	36,825	6,93	18,075	2,75

A geração de efluentes na indústria se dá pela lavagem do maquinário de produção e pelas atividades de alimentação, higiene e limpeza humana.

O efluente doméstico tem geração diária de 72m<sup>3</sup>/dia, correspondentes a 720 funcionários. Esse efluente, com DBO de 500-600 mgO<sub>2</sub> e pH 6,5-7,5, passa por um tratamento inicial, que envolve passagem em caixa de gordura e em sedimentador primário, antes de se direcionar à caixa de recalque. O efluente industrial, por sua vez, apresenta quantidades variáveis de açúcares e lipídeos e geração diária de 168m<sup>3</sup>/dia, direcionando-se diretamente à caixa de recalque. A figura 1 mostra o fluxograma de tratamento utilizado pela indústria para os efluentes gerados.

Segundo outorga de lançamento emitida pela SUDERHSA, a empresa pode lançar seu efluente tratado atingindo, no máximo, DBO de 50 mg/L e DQO de 125 mg/L, devendo o monitoramento ser feito mensalmente. O Instituto Ambiental do Paraná, através da Licença de Operação da empresa em questão, estipulou os limites de lançamento do efluente de acordo com esses valores estipulados na outorga, além de estabelecer pH entre 5,0 e 9,0 e temperatura inferior a 40°C.

As amostragens do efluente e realização das análises para obtenção dos dados de entrada do modelo matemático resultaram na tabela 2, na qual se pode observar que os parâmetros do efluente estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação.



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

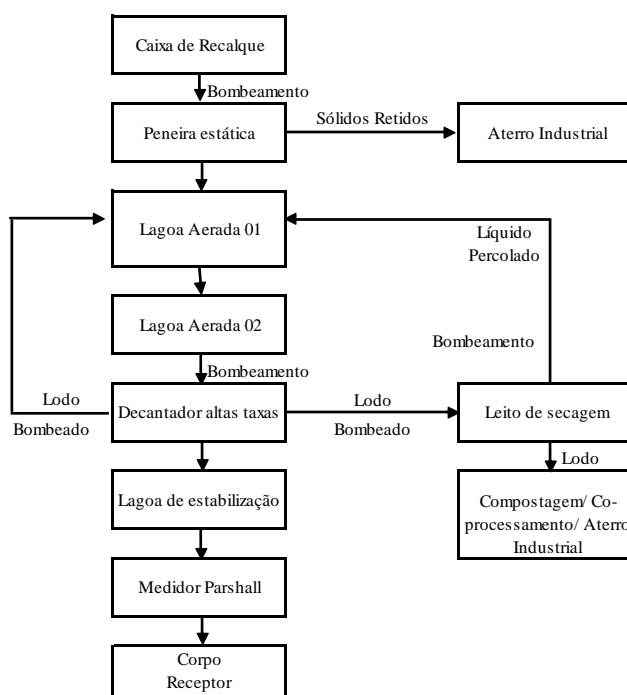


Figura 1 - Fluxograma do processo de tratamento de águas residuárias domésticas e industriais

Tabela 2 - Resultados das análises das amostras do efluente

	Análises em Laboratório Especializado			Análises <i>in loco</i>	
	DQO (mgO/L)	DBO5 (mgO/L)	pH	Temperatura (°C)	OD (mg/L)
03/01/2008	36,0	*	6,67	22,2	3,8
07/02/2008	38,0	4,8	6,73	22,8	1,4
06/03/2008	291,0	98,5	5,49	21,3	5,1
03/04/2008	188,0	67,1	5,43	21,4	3,4
08/05/2008	57,0	3,1	7,04	21,7	4,3
05/06/2008	26,0	*	6,92	21,5	2,7
03/07/2008	98,0	13,24	7,02	22,7	3,3
14/08/2008	33,0	6,2	7,02	22,1	4,8
03/09/2008	30,0	5,3	6,84	22,2	4,7
09/10/2008	41,0	3	6,94	22,3	3,9
06/11/2008	29,0	2,4	6,68	21,8	4,3
<b>Média</b>	<b>78,8</b>	<b>22,6266667</b>	<b>6,61636364</b>	<b>22</b>	<b>3,79091</b>

\*Resultados desconsiderados, devido à disperadidade com os demais, possivelmente por erros nas análises

A aplicação do modelo de Streeter e Phelps e o trabalho com os dados de saída permitiu a construção dos gráficos representados nas figuras 2, 3, 4 e 5, que mostram as curvas de oxigênio dissolvido para cada uma das situações simuladas, expostas na metodologia.

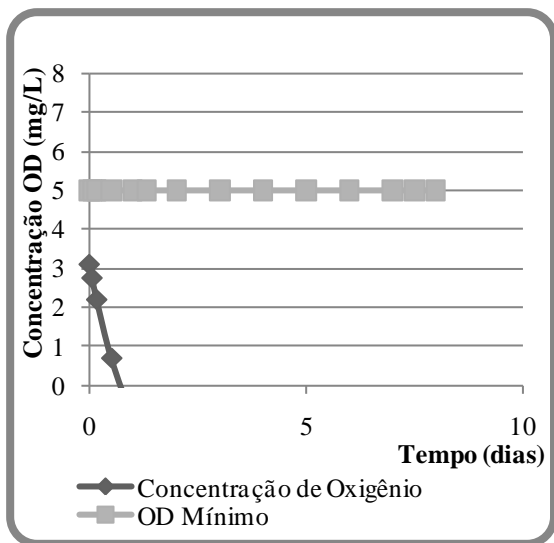


Figura 2 - Perfil da curva de oxigênio dissolvido para a situação real

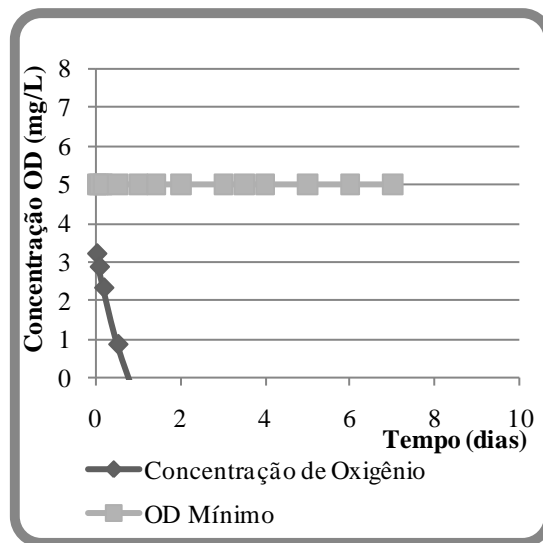


Figura 3 - Perfil da curva de oxigênio dissolvido para a situação imaginária 1 – após mudanças na ETE, considerando a situação real do rio

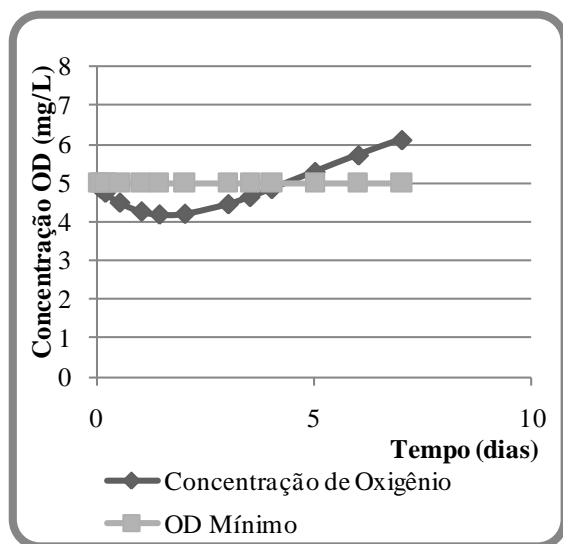


Figura 4 - Perfil da curva de oxigênio dissolvido para a situação imaginária 2 – considerando o rio como sendo classe 2, sem mudanças na ETE

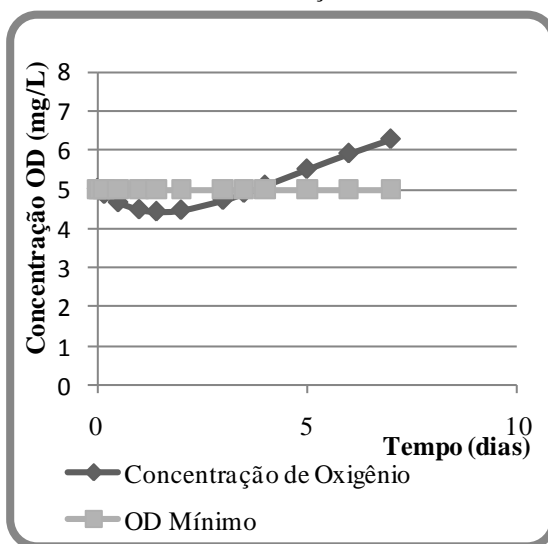


Figura 5 - Perfil da curva de oxigênio dissolvido para a situação imaginária 3 – após mudanças na ETE e considerando o rio como sendo classe 2

O rio claramente apresentou, tanto pela análise visual em campo quanto pelas análises laboratoriais efetuadas, características de enquadramento em classe inferior, não obedecendo os limites exigidos para classe 2. E a condição precária de qualidade da água antes mesmo do recebimento do efluente faz com que o rio não apresente a capacidade de se autodepurar após o lançamento.

Outros autores já encontraram resultados semelhantes. Teles e Silveira (2006), estudando a autodepuração em um trecho do Ribeirão Preto, em São Paulo, perceberam que, no trecho analisado, o rio já se apresentava com condições deploráveis, fazendo que o lançamento não exercesse uma grande interferência negativa. Oppa (2007), estudando a qualidade da água do rio Vacacaí Mirim, em Santa Maria, Rio Grande do Sul, encontrou trechos com DBO que ultrapassavam os limites das classes 2 e 3, sugeridas pelo CONAMA. Giansante (1997), avaliando a capacidade de autodepuração do Ribeirão Jacaré, em São Paulo, constatou que a classificação em Classe 2, sugerida pela legislação ambiental em vigor





no Estado de São Paulo, não era compatível com o estado do rio. Além disso, o Projeto Bacias Críticas (PORTO et al., 2007) e o Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu (SUDERHSA, 2000) já haviam concluído, anteriormente a esse estudo, que a maior parte dos cursos de água na bacia do Alto Iguaçu possui condições atuais ruins, encontrando-se a grande maioria em classe 4 ou pior.

A condição de qualidade da água do rio sugere que ele recebe muitos despejos de carga orgânica e poluidora bastante elevadas. Esses lançamentos podem originar-se de outras indústrias, que não respeitem uma outorga de lançamento, de despejos clandestinos ou ainda de esgoto bruto, pela ausência de sistema público de coleta e tratamento.

Alguns fatores agravantes para a deterioração da qualidade da água na bacia do Alto Iguaçu são: o crescimento populacional elevado (ocupação urbana sobre os seus mananciais - 20% da população total da RMC), o sistema de esgotamento sanitário insatisfatório (apenas 58,5% da população urbana da RMC possui rede de efluente e 87% da mesma tem o seu efluente tratado, com uma eficiência média de 70%) (SANEPAR, 2006) e a insuficiência de vazões para diluição de efluentes lançados, em razão de sua localização geográfica (cabeceira de rios).

De acordo com as informações levantadas, elaboraram-se algumas propostas para melhoria da Estação de Tratamento de Águas Residuárias da indústria em estudo: implantação de seletor biológico e de um reator biológico anterior as lagoas aeradas, adição de mais um decantador e instalação de um adensador de lodo e de um filtro-prensa. No entanto, de maior importância e relevância seria a implantação de um eficiente sistema de Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia do Alto Iguaçu, atentando para a implementação de rede adequada de esgotamento sanitário, fiscalização dos lançamentos de efluentes industriais e recuperação ambiental da área de entorno dos corpos hídricos. Na verdade já está em fase de elaboração pela SUDERHSA, sob a supervisão do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu, o Plano de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica em estudo, uns dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos, respaldada pela Política Nacional. Certamente a efetivação desse plano será fundamental na conservação da Bacia e do corpo hídrico em estudo.

#### 4 Conclusão

Quanto à aplicação do modelo, atingiram-se bons resultados de funcionamento, devido à sua simplicidade, objetividade e consistência, possibilitando: a constatação da não adequação dos parâmetros reais do rio em relação aos sugeridos por legislação, a verificação da ausência da capacidade autodepurativa e a proposição de medidas viáveis e eficazes na tentativa de reverter essa situação.

Constatou-se que a efetiva implantação de um plano de gerenciamento para a bacia hidrográfica do Alto Iguaçu é de fundamental importância para a harmonização da conservação da qualidade ambiental do rio e da concomitante existência das atividades humanas geradoras de despejos poluentes, sem maiores riscos ao meio ambiente e à sociedade.

Como sugestões para estudos posteriores, destacam-se o uso de modelos mais completos de avaliação da autodepuração de corpos d'água, incluindo mais variáveis, mais fontes poluidoras e coeficientes mais precisos. Essas modificações possibilitariam discussões mais ricas e tomadas de decisões ainda mais adequadas e eficazes.

#### 5 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9897: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores* e *NBR 9898: Preservação e técnica de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores* Rio de Janeiro, 1987.



CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, 2005. 23 p.

CUNHA, C. L. N.; FERREIRA, A. P. *Modelagem matemática para avaliação dos efeitos de despejos orgânicos nas condições sanitárias de águas ambientais*. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.22, n.8, Rio de Janeiro, ago. 2006.

GIANSANTE, A. E. *Avaliação da capacidade de autodepuração do Ribeirão Jacaré - Itatiba – SP*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997. Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. p. 2198-2202.

MOTA, S. *Introdução à engenharia ambiental*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 2003.

OPPA, L. F. *Utilização de modelo matemático de qualidade da água para análise de alternativas de enquadramento do rio Vacacaí Mirim*. 2007. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.

PORTO, M. F. A. *et al. Relatório parcial nº 12. Bacias Críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas para seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão*. Curitiba: FINEP, 2007.

SANEPAR – COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ, 2006.

SOARES, E. M. F. *Proposta de um modelo de sistema de gestão das águas para bacias hidrográficas – SGABH: Microbacia hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim, a montante da RS 287/Santa Maria/RS*. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2003.

SUDERHSA - SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. *Relatório de atividades 2000. Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu*. Curitiba, Paraná, 2000.

SUREHMA - SUPERINTENDÊNCIA DOS RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE (atual SUDERHSA). *Portaria SUREHMA Nº020/92 de 12 de maio de 1992*. Dispõe sobre o enquadramento dos cursos d'água da Bacia do Rio Iguaçu, de domínio do estado do Paraná. Diário Oficial do Estado, Paraná, 1992.

TELES, R. B.; SILVEIRA, A. *Autodepuração de escoamentos naturais de água - Estudo de caso de modelagem matemática em um trecho do Ribeirão Preto, Ribeirão Preto-SP*. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30., 2006, Punta del Este: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006. p.

VON SPERLING, M. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de efluentes*. 2. ed. revisada. Belo Horizonte: SEGRAC, v. 1. 1996.