

A GESTÃO DOS EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIAIS E O CORPO HÍDRICO RECEPTOR

Rosane Barbosa Lopes Cavalcante^{1} & Carlos André Bulhões Mendes²*

Resumo – Devido a crescente conscientização ambiental dos consumidores e às legislações ambientais cada vez mais rígidas, as indústrias estão procurando sistemas eficazes que provoquem a redução do impacto do lançamento de efluentes nos corpos d'água receptores. Neste contexto, este trabalho analisa a gestão de efluentes líquidos industriais e os instrumentos técnicos e legais já existentes, visando à inclusão das condições do corpo receptor na tomada de decisões das empresas. A legislação nacional já permite aos órgãos ambientais competentes modificar ou acrescentar outras condições e padrões para o lançamento de efluentes mediante estudos específicos que considere o corpo receptor. Cabe às indústrias melhorar o conhecimento das relações entre os fatores envolvidos na dispersão dos poluentes no corpo hídrico e incorporá-lo ao processo decisório. O uso de modelos de qualidade apresenta-se como uma importante ferramenta a ser utilizada tanto pelos órgãos gestores quanto pelos usuários. A falta de integração entre as políticas, de fiscalização e de especificações quanto aos procedimentos a serem adotados são algumas das dificuldades ainda enfrentadas.

Palavras-Chave – Gestão ambiental empresarial, lançamento de efluentes, gestão de recursos hídricos.

MANAGEMENT OF INDUSTRIAL DISCHARGES AND THE RECEIVING WATER BODY

Abstract – Due to growing consumers' environmental awareness and increasingly stringent environmental laws, industries are looking for efficient systems which results in reduced impact of effluent discharge effluents into receiving water bodies. In this context, this paper analyzes the management of industrial wastewater and the available technical and legal tools, in order to include the water body conditions in industry decision making. National laws already allow environmental authorities modify or add different conditions and standards for effluent discharge by submitting specific studies that consider the receiving water body. It is up to the industry to improve the knowledge of the relationships between the factors involved in the pollutants dispersion and to incorporate it into the decision-making process. The use of quality models presents itself as an important tool to be used both by users and by the managing agencies. The lack of integration between policies, of monitoring, and of specifications concerning the procedures to be adopted are some of the difficulties still faced.

Keywords – Environmental management in industries, effluent discharges, water resources management.

INTRODUÇÃO

A diluição é muitas vezes esquecida como um dos usos da água e como um de seus grandes valores ambientais. Os corpos hídricos são capazes de resistir a um certo nível de poluição.

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH / UFRGS). rosanecavalcante@gmail.com

² Professor do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH/UFRGS). Email: mendes@iph.ufrgs.br

Entretanto, a habilidade do ecossistema de recuperar-se de uma perturbação e de realizar serviços ambientais é limitada e está cada vez mais ameaçada pelo crescimento constante do uso das bacias.

Além de fornecer à empresa os recursos necessários para desenvolver sua atividade produtiva, o meio ambiente é também o receptor de resíduos gerados. Com a legislação ambiental cada vez mais rígida, os prejuízos advindos de seu não cumprimento podem apresentar um custo muito elevado aos infratores. Paralelamente, a conscientização do consumidor impulsiona-os a adquirir produtos que sejam considerados “ambientalmente corretos” (Thomas e Callan, 2012). Esses aspectos vêm incentivando, a cada dia, as empresas a redefinirem suas estratégias de negócios e as indústrias a procurarem sistemas eficazes que provoquem a redução de seus impactos ambientais, com custo de mercado compatível (Macêdo, 2000).

No caso dos efluentes líquidos, o principal objetivo do seu gerenciamento é retornar as águas residuais tratadas ao ambiente de uma maneira considerada aceitável pela comunidade, dentro dos padrões exigidos. Entretanto, mesmo o lançamento de efluentes tratados pode causar mudanças ecológicas significativas e ser prejudicial à saúde humana e do ecossistema (Santos *et al.*, 2008).

As consequências de um determinado poluente dependem da combinação temporal e espacial das características do lançamento, das condições ambientais e hidrodinâmicas do corpo d’água receptor e dos usos pretendidos. Deste modo, a gestão de efluentes líquidos de uma indústria deve ir além da estação de tratamento e inserir estes demais fatores, a fim de garantir uma qualidade final do corpo receptor em concordância com os usos pretendidos do mesmo.

Neste contexto, este trabalho propõe analisar as abordagens tradicionais de gestão de efluentes líquidos industriais e os instrumentos técnicos e legais já existentes, visando um uso mais racional da capacidade de depuração dos corpos hídricos superficiais que considere as condições ambientais e hidrodinâmicas do sistema receptor.

GESTÃO DOS EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIAIS

A fim de controlar permanentemente os efeitos ambientais de todo o seu processo de produção, empresas estão adotando sistemas de gestão ambiental. No caso dos efluentes líquidos, o principal objetivo é retornar as águas residuais tratadas ao ambiente de uma maneira considerada aceitável pela comunidade (atendendo às legislações vigentes), após considerar fatores ambientais, custos e tecnologia disponível e viável (ARMCANZ e ANZECC, 1997).

A abordagem tradicional na gestão de águas e efluentes, conhecida como “end-of-pipe”, foca quase que exclusivamente no tratamento dos efluentes, com vistas a adequações legais e de processo. Vários avanços em tecnologias de tratamento têm sido desenvolvidos nas últimas décadas e, apesar de seu custo usualmente elevado e dependendo da qualidade do afluente e destinação do efluente, podem ser aplicados para atingir o objetivo de qualidade.

Outra abordagem, conhecida como “in-plant-design”, compreende o estudo e a avaliação de alternativas de prevenção anteriormente à definição de alternativas de controle. Utilizando a política de prevenção, pode-se reduzir o volume e a toxicidade do efluente, reduzindo a necessidade de tratamento e disposição final. Estas alternativas podem levar a economias significativas nos custos dos sistemas de tratamento, bem como a ganhos nos processos industriais (Freitas, 2009). A Figura 1 ilustra esta abordagem.

A análise do consumo de água e da geração de rejeitos nos processos produtivos permite identificar métodos para redução da geração na fonte, como manutenção de equipamentos, eficiência tecnológica e oportunidades de reuso e reciclo de materiais e água. Como destacado por

Machado e Imberger (2012) há um reconhecimento crescente do valor dos subprodutos das águas residuais (por exemplo: nutrientes e energia) e de que o reuso desses subprodutos pode ajudar a aliviar a pressão sobre os recursos naturais. As reduções do consumo de água e da geração de rejeitos obtidas reduzem a vazão de efluente e carga de poluentes a ser tratado.

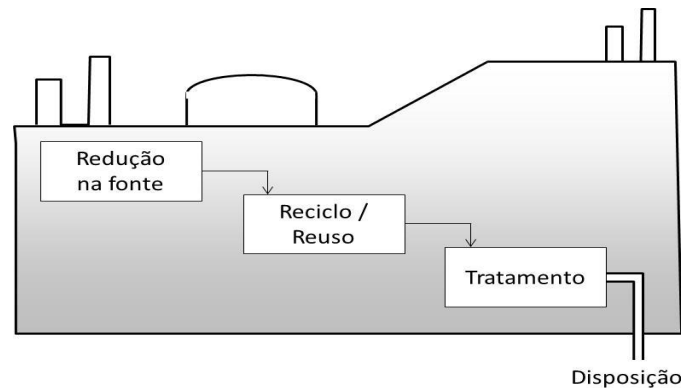


Figura 1 - Hierarquia na gestão de efluentes (Fonte: U. S. EPA, 1999).

A entrada na estação de tratamento do efluente bruto assim formado deve ser controlada, visto que o efluente pode ser proveniente de diferentes setores da fábrica e ter características prejudiciais ao tratamento. A exemplo das diretrizes estabelecidas para a gestão de efluentes da Austrália (ARMZANC e ANZECC, 1997), a concepção e operação do sistema de coleta e tratamento para atender as necessidades de gestão de efluentes e lodos deve considerar: minimizar o uso de energia elétrica, reciclagem de efluentes, minimizar os odores e ruídos, uso criterioso de produtos químicos, minimização de transbordamentos, remoção de sólidos para manter a qualidade do efluente e desenvolvimento de efluente e lodo como recursos. Abordagens de controle na fonte ou de prevenção da poluição deve ser o foco da gestão de transbordamentos, complementadas com técnicas a jusante, como ampliação e armazenamentos, quando necessário (NRMMC, 2004).

Os requisitos operacionais da estação de tratamento de águas residuais estão ficando mais e mais apertados por causa da ênfase crescente sobre os valores ambientais. Consequentemente, os processos de tratamento de águas residuais mais complexos estão ganhando terreno. Ao mesmo tempo, as necessidades em termos de eficiência econômica, bem como para funcionamento seguro também são enfatizados. Logo, há uma necessidade de ferramentas de apoio à decisão que possam considerar diferentes objetivos e diferentes condições ambientais que aumentam significativamente a complexidade do problema. A otimização do projeto e operação de estações de tratamento por modelagem e simulação tem sido amplamente aplicada (Olukanni e Ducoste, 2011; Rivas et al., 2008, entre outros), além de outras técnicas como modelos de árvore de decisão, principalmente na escolha de opções de tratamento (Leoneti et al., 2010).

Verifica-se que todas as etapas citadas focam na melhoria do efluente gerado, o que atenderia a padrões baseados em tecnologia e em desempenho. Porém, não asseguram condições aceitáveis de qualidade dos corpos hídricos superficiais, receptores finais usuais dos efluentes líquidos, de modo a suportar os usos pretendidos.

IMPACTO NO CORPO HÍDRICO RECEPTOR

Ao atingirem os corpos d'água os poluentes são submetidos a diversos mecanismos físicos, químicos e biológicos. Estes mecanismos alteram o comportamento dos poluentes e suas respectivas concentrações, o que pode ser benéfico ou não. Logo, os danos causados pelo lançamento de efluentes líquidos em corpos d'água superficiais dependerão da combinação

temporal e espacial das características da descarga, das características do corpo d'água receptor e dos usos pretendidos.

Além das características do efluente (duração, concentração, vazão e demais propriedades físicas, químicas, e biológicas), a análise do lançamento deve incluir a escolha do local de emissão (selecionando locais menos sensíveis e com boas características de escoamento) e do tipo de estrutura de lançamento (canal, tubulação submersa/elevada, difusores, etc. – Figura 2) e outras características da estrutura de descarga (elevação em relação ao fundo, distância da borda e orientação) (Bleninger e Jirka, 2010).

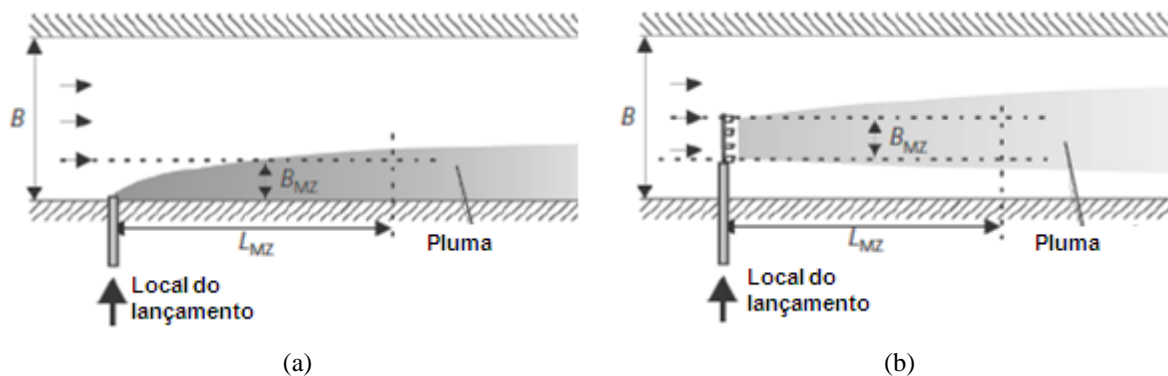


Figura 2 – Características determinantes da zona de mistura em rios (Largura-BMZ e comprimento-LMZ) para uma descarga tradicional (a) e para o uso de difusores perpendiculares (b). (Adaptado de Bleninger e Jirka, 2010).

As características do corpo d'água que influenciarão neste processo incluem o tipo de corpo hídrico, a topografia e a batimetria, a magnitude e sentido do escoamento (determinam as condições de mistura e a orientação da pluma de dispersão), o nível d'água (influenciam o volume de água disponível para diluição), a temperatura e a salinidade (influenciam a diluição e dispersão), as propriedades químicas e biológicas (influenciarão a capacidade de assimilação natural) e condições regionais como as variáveis que determinam as condições gerais de circulação (vazões afluentes, maré, condições climáticas, etc.), entre outros (Bleninger e Jirka, 2010; JWEL –NATECH, 2003).

Em geral, rios e canais possuem perfis bem misturados nas direções verticais e laterais e um rápido transporte para jusante. Lagos e reservatórios possuem altos tempos de residência, podem desenvolver estratificação vertical e atuam como sumidouro de nutrientes, sedimentos e outras substâncias originadas de fontes pontuais e difusas na bacia hidrográfica (Ji, 2008). Lagos geralmente possuem processos de mistura muito mais complexos e são mais sensíveis às mudanças nas bacias de drenagem e às fontes de poluição (Jorgensen e Vollenweider, 1989). Estuários e sistemas costeiros podem variar significativamente no tamanho. Os processos determinantes na circulação desses sistemas são a ação da maré e de ventos.

Diferentes ferramentas podem ser utilizadas para a análise e cálculo da melhor alternativa no processo decisório. Diante do complexo cenário que resulta na qualidade final dos corpos hídricos, os modelos matemáticos surgem como uma importante ferramenta técnica na avaliação dos impactos decorrentes das atividades potencialmente poluidoras e no auxílio a ações gerenciais. Visto que o transporte de um poluente num corpo d'água é controlado pelo fluxo da água e processos de mistura, um grande número de aplicações de modelos hidrodinâmicos e de qualidade tem surgido nesta área. O entendimento dos mecanismos dos corpos d'água frente às condições de aporte de cargas poluentes, características físicas e morfológicas dos sistemas e variáveis climáticas são determinantes na tentativa de representar os efeitos da poluição através de modelos matemáticos. A eficácia destes modelos é dependente da precisão em simular os processos

analisados no ecossistema em questão, das restrições impostas, de sua habilidade em se adaptar a variabilidade observada na escala de interesse, bem como dos dados disponíveis (FAO, 1995).

Uma das alternativas para reduzir os custos no tratamento dos efluentes é através de técnicas de otimização, buscando-se reduzir os custos de controle de cargas de forma global na bacia hidrográfica em questão (Garcia, 2011). Machado e Imberger (2006) propõem que, através de uma otimização caso a caso do uso das tecnologias de tratamento disponíveis, dos sistemas de controle e gestão em tempo real, e da habilidade de mistura-dispersão do corpo d'água receptor, é possível coincidir a descarga de nutrientes com a capacidade de assimilação do ecossistema receptor. Isto poderia fornecer uma aprimoração do uso dos serviços ambientais disponíveis sem comprometer sua funcionalidade a longo prazo (Andreen, 2006).

Como exposto por Shimizu (2000), mais que apenas conhecer a melhor solução no momento, a empresa ou decisor geralmente gostaria de fazer a pergunta (denominada pergunta do tipo What-If?): “o que aconteceria se a condição fosse...?”. A análise de sensibilidade permite analisar a variação das alternativas possíveis de decisão, permitindo identificar componentes críticos do modelo (Leoneti, 2007). A técnica da árvore de decisão tem sido utilizada em vários tipos de problemas operacionais na área de gestão de da qualidade da água, a exemplo da escolha de sistema de tratamento de efluentes (Leoneti et al., 2010), da predição da qualidade da água de um corpo hídrico (He et al., 2012) e investigação da preferência pública para a melhoria da eutrofização (Atkins et al., 2007).

LEGISLAÇÃO

Com o objetivo de assegurar a qualidade de corpos hídricos superficiais em concordância com seus usos previstos, a legislação brasileira utiliza principalmente padrões de ambiente (enquadramento dos corpos hídricos) e de desempenho (padrões de lançamento de efluentes), reforçados por sanções penais (Lei nº 9.605 de 1998) para o caso de não cumprimento dos mesmos, e cobrança pelo uso da água.

Conforme preconizado na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9433 de 1997), os corpos d'água nacionais devem ser enquadrados em uma das classes existentes segundo seus usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos. Os padrões ambientais de qualidade das águas determinados na resolução CONAMA nº357/2005 estabelecem limites máximos individuais para cada substância em cada classe que deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência e devem ser monitorados pelo Poder Público. Para corpos hídricos onde não seja aplicável a vazão de referência, deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico. Alguns destes limites podem ser alterados, caso estudos específicos comprovem que os novos valores não acarretarão prejuízos para os usos previstos e valores superiores podem ser admitidos para a zona de mistura.

As ações de gestão referentes ao uso dos recursos hídricos, tais como a outorga e cobrança pelo uso da água, ou referentes à gestão ambiental, como o licenciamento, termos de ajustamento de conduta e o controle da poluição, deverão basear-se nas metas progressivas intermediárias e finais aprovadas pelo órgão competente para a respectiva bacia hidrográfica ou corpo hídrico específico.

A resolução 16 de 2001 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) determina que a outorga para o lançamento de efluentes será dada em quantidade de água necessária para a diluição da carga poluente, e que as vazões e volumes outorgados poderão ficar indisponíveis, total ou parcialmente, para outros usos no corpo de água, considerando o balanço hídrico e a capacidade de autodepuração para o caso de diluição de efluentes. De acordo com Garcia (2011), uma das

dificuldades enfrentadas na outorga para diluição é a falta de metodologia clara para auxiliar a decisão.

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados nos corpos receptores após devido tratamento e desde que obedeçam às condições e padrões de lançamento de efluentes dispostos nas Resoluções CONAMA n° 430/2011, que complementou e alterou o disposto na Resolução n° 357/2005, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente. As emissões também não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com o enquadramento, na condição de vazão ou volume de referência. Apenas na zona de mistura serão admitidas concentrações de substâncias em desacordo com os padrões de qualidade estabelecidos para o corpo receptor, desde que não comprometam os usos previstos para o mesmo e que a extensão e as concentrações de substâncias na zona de mistura sejam objeto de estudo. Para áreas marinhas, estuarinas e lagos a concentração do efluente no corpo receptor é estabelecida com base em estudo da dispersão física do efluente no corpo hídrico receptor, sendo limitada pela zona de mistura definida pelo órgão ambiental.

Apesar da descarga de efluentes sem tratamento em corpos d'água e a falta de controle sobre as fontes difusas continuem sendo grandes problemas ambientais no Brasil, uma forte preocupação está vinculada aos próprios corpos hídricos e sua resposta às descargas de poluentes mesmo tratados. Como ressaltado pela própria ANA (2012), a alta desconformidade com o enquadramento evidencia a necessidade de implantação de programas de efetivação de enquadramento em todo o país. Os padrões de lançamento de efluentes (baseados em desempenho), embora mais fáceis de prescrever e monitorar, não consideram diretamente a resposta do corpo d'água em termos qualitativos e não torna o poluidor responsável pelo estado do corpo d'água (Bleninger e Jirka, 2010). Os padrões de ambiente são mais difíceis de monitorar e aumentam a necessidade de modelagem de previsão, mas possuem a vantagem de considerar diretamente as respostas física, química e biológica do corpo hídrico devido às emissões. O uso de mecanismos econômicos mais eficazes junto com as políticas existentes pode auxiliar no cumprimento da legislação ambiental de maneira eficiente (Thomas e Callan, 2012; e FAO, 1995).

Cabe ao órgão ambiental competente estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias, além de poder exigir a apresentação de estudo de capacidade de suporte do corpo receptor e estabelecidas medidas adicionais para quando a vazão do corpo receptor estiver abaixo da vazão de referência e para alterações dos limites ambientais. Embora não haja legislação específica que estabeleça padrões de tecnologia para as diferentes atividades, o órgão competente pode exigir tecnologia ambientalmente adequada e economicamente viável para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo corpo receptor.

Um importante avanço consiste nas diretrizes para a gestão de efluentes pelos poluidores, acrescentadas na Resolução n° 430/2011. Os responsáveis pelas fontes poluidoras deverão realizar automonitoramento para controle e acompanhamento dos efluentes lançados nos corpos receptores e apresentar Declaração de carga poluidora anualmente ao órgão ambiental competente. Deverão também buscar práticas de gestão de efluentes com vistas ao uso eficiente da água, redução da geração de efluentes gerados e, sempre que possível, proceder à reutilização, a exemplo da abordagem de gestão "in plant design" apresentada.

Entretanto, a integração entre as políticas de recursos hídricos, do meio ambiente e do uso do solo necessita ser efetivada. Por exemplo, ao avaliar apenas os padrões de emissão, não se analisa os lançamentos de forma conjunta e a bacia não é gerida de forma integrada (Garcia, 2011). A legislação de lançamento de efluentes sequer contempla as fontes difusas, cuja redução é essencial

para o atendimento dos padrões de qualidade. Por conta destas dificuldades, não é garantido que efluentes legalmente lançados atinjam a qualidade do corpo hídrico exigida pelo enquadramento.

CONCLUSÕES

Um desafio fundamental para prevenir ou reduzir problemas de qualidade de água é entender a complexa cadeia de eventos e impactos. A diversidade de condições de descarga e condições ambientais do corpo receptor resulta em um grande número de padrões de mistura que determinarão a configuração da zona de mistura e seu impacto no corpo hídrico, o que não é refletido na utilização de uma vazão de referência para determinação dos padrões ambientais. Contudo, a legislação nacional já reforça a necessidade de observação das condições do corpo receptor e da zona de mistura, enfatizando a prerrogativa dos órgãos ambientais competentes em modificar ou acrescentar outras condições e padrões para o lançamento de efluentes mediante estudos específicos. Especificações, recomendações e os procedimentos a serem utilizados ainda necessitam ser definidos. Como exemplo, cita-se os diversos documentos publicados pela U.S.EPA dando orientações para a determinação dessas zonas (U. S. EPA, 2006).

As indústrias que buscam reduzir seu impacto ambiental e garantir o atendimento aos padrões de ambiente devem melhorar o entendimento do processo de dispersão do efluente e incorporá-lo em seu processo decisório. O auto-monitoramento exigido na legislação é um componente integral de todo processo de gestão e planejamento, mas as informações coletadas devem ser avaliadas e utilizadas no cumprimento dos objetivos e no desenvolvimento de estratégias para diferentes estudos de caso. O uso de modelos que permitam a simulação e previsão do estado do corpo hídrico e análise da zona de mistura apresenta-se, portanto, como uma importante ferramenta a ser utilizada na gestão dos recursos hídricos tanto pelos órgãos gestores quanto pelos usuários.

Portanto, instrumentos técnicos e legais para o controle e gerenciamento da poluição hídrica já existem. Falta utilizá-los de forma conjunto, buscando um uso da água mais eficiente e efetivar a cobrança pelos estudos específicos, indicar as metodologias e critérios a serem adotados. A escassez de dados e falta de fiscalização são algumas das dificuldades ainda enfrentadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- ANA: Agência Nacional de Águas (Brasil). *Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil*. Brasília: ANA, 2012. 264p.
- ANDREEN, W. L. Developing a more holistic approach to water management in the United States. *Environmental Law Reporter 10277*. Washington D. C.: Environmental Law Institute, 2006.
- ARMCANZ; ANZECC. Australian Guidelines for Sewerage Systems: Effluent management. ARMCANZ e ANZECC: 1997.
- ATKINS, J. P.; BURDON, D.; ALLEN, J. H. An application of contingent valuation and decision tree analysis to water quality improvements. *Marine Pollution Bulletin 55*, p. 591–602. 2007.
- BLENINGER, T.; JIRKA, G. H. Mixing zone regulation for effluent discharges into EU waters. *Water Management*, v. 164, p. 387-396. 2011.
- BRASIL. Lei nº. 9.433, em 8 de janeiro de 1997. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 de janeiro de 1997.

- BRASIL. Lei nº. 9605, em 12 de fevereiro de 1998. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 de fevereiro de 1998.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011.
- FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Water sector policy review and strategy formulation. A general framework. *FAO Land and Water Bulletin* 3. Rome, 1995.
- FREITAS, A. H. A. Abordagem Integrada para a Otimização da Gestão de Águas e Efluentes. *Revista Meio Ambiente Industrial*. São Paulo, ed. 81, p. 52-55, set./out. 2009.
- GARCIA, J. I. B. *Sistema de Suporte a Decisão para o lançamento de efluentes*. Tese (Doutorado) – Escola politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011. 162 p.
- HE, Q.; DONG, Z.; ZHUANG, F.; SHANG, T.; SHI, Z. Parallel decision tree with application to water quality data analysis. J.Wang, G.G. Yen, and M.M. Polycarpou (Eds.): 2012, Part II, LNCS 7368, pp. 628–637, 2012.
- JI, Z. *Hydrodynamics and water quality: modeling rivers, lakes and estuaries*. John Wiley & Sons: New Jersey, 2008. (ISBN 978-0-470-13543-3)
- JORGENSEN, S. E.; VOLLENWEIDER, R.A. *Guidelines of lake management*. Vol 1. Principles of Lake Management. Int. Lake Env. Committee. un Env. Programme. Otsu: 1989. 200 pp.
- JWEL; NATECH. *Revised technical guidance on how to conduct effluent plume delineation studies*. Report to Environmental Canada. Março, 2003.
- LEONETI, A. B.; OLIVEIRA, S. V. W. B.; OLIVEIRA, M. M. B. O equilíbrio de Nash como uma solução para o conflito entre eficiência e custo na escolha de sistemas de tratamento de esgoto sanitário com o auxílio de um modelo de tomada de decisão. *Eng Sanit Ambient*, v.15 n.1, 53-64. 2010.
- MACHADO, D. A.; IMBERGER, J. Managing wastewater effluent to enhance aquatic receiving ecosystem productivity: A coastal lagoon in Western Australia. *Journal of Environmental Management* 99 52-60. 2012.
- MACÊDO, J. A. B. As indústrias farmacêuticas e o Sistema de Gestão Ambiental (SGA). *Revista Fármacos & Medicamentos*. Editorial Racine. Maio/Junho 2000, 46-50.
- NRMMC: Natural Resource Management Ministerial Council. *Guidelines for Sewerage Systems: Sewerage system overflow*. NRMMC, 2004.
- OLUKANNI, D. O.; DUCOSTI, J. J. Optimization of waste stabilization pond design for developing nations using computational fluid dynamics. *Ecological Engineering*, 37 1878– 1888. 2011.
- RIVAS, A.; IRIZAR, I.; AYESA, E. Model-based optimisation of Wastewater Treatment Plants design. *Environmental Modelling & Software* 23 435-450. 2008.
- SANTOS, I. R.; COSTA, R. C.; FREITAS, U.; FILLMANN, G. Influence of effluents from a wastewater treatment plant on nutrient distribution in a coastal creek from southern Brazil. *Braz. arch. biol. technol.* v.51 n.1: pp.153-162, Jan./Feb. 2008.
- SHIMIZU, T. *Decisão nas organizações*. 2010. Disponível em: <www.empresario.com.br/artigos/artigos_html/artigo_280700.html>. Acesso em: abril de 2013.
- THOMAS, J. M.; CALLAN, S. J. *Economia ambiental: fundamentos, políticas e aplicações*. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- U. S. EPA: Environmental Protection Agency. *Compilation of EPA Mixing Zone Documents*. Washington D. C., 2006.