

ALOC – Modelo de alocação de carga e vazão de diluição visando subsidiar a gestão integrada dos recursos hídricos

Roberta Baptista Rodrigues 1

1 RB Recursos Hídricos – CIETEC/USP
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – CIETEC/IPEN/USP – Cidade Universitária – São Paulo – SP
-CEP 05508-000 - Brasil
roberta@rbrecursoshidricos.com

Abstract. The main objective of this study is to develop a tool (ALOC model) to help with the implementation of water management mechanisms such as the analysis of authorization of water uses (permits) and water charging. An integrated analysis of both water quality and quantity is needed and the decision process must also take into account watershed plans and the designated uses of the water.

Palavras-chave: gestão integrada, enquadramento, outorga e cobrança.

INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos, através da Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, tem em um de seus objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

A Política institui, no Art. 5º, os instrumentos de gestão de recursos hídricos:

- I – os Planos de Recursos Hídricos;
- II – o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III – a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- IV – a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V – o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Os Planos de Recursos Hídricos visam orientar e viabilizar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos. São elaborados por Bacia Hidrográfica, por Estado e para o País; são planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implementação de seus programas e projetos.

O enquadramento dos corpos de água em classes permite fazer a junção entre a gestão da qualidade e da quantidade da água, visando assegurar água com qualidade compatível aos usos mais exigentes da bacia.

A outorga pelo uso da água tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água associado a uma garantia. A cobrança está condicionada à outorga e objetiva reconhecer a água como um bem econômico, incentivar a racionalização do uso da água e obter recursos financeiros para atendimento das metas estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos. O Sistema de Informações de Recursos Hídricos visa à coleta, o tratamento e o armazenamento de informações sobre recursos hídricos.

O Modelo de Alocação de Carga e Vazão de Diluição (ALOC) possibilita o cálculo de cargas e vazões de diluição para os processos de *outorga e cobrança pelo uso da água* de forma que os mesmos sejam geridos em quantidade e qualidade, considerando de forma

articulada o enquadramento em classes de uso, a vazão de referência, a capacidade de autodepuração do corpo hídrico, a poluição difusa e o aporte de cargas de montante.

O modelo ALOC foi desenvolvido através da integração da metodologia do modelo RM1 (RODRIGUES, 2000) e da metodologia do modelo RM2 (RODRIGUES e PORTO, 2001). Os modelos RM1, RM2 e ALOC foram desenvolvidos com base nas proposições da metodologia KELMAN (Kelman, 1997).

A junção das metodologias dos modelos RM1 e RM2 permite trabalhar simultaneamente com os conceitos de carga e de vazão de diluição para o planejamento e gerenciamento de um corpo hídrico, sob os aspectos de qualidade e quantidade, permitindo a articulação dos instrumentos da PNRH.

Os modelos RM1 e RM2 permitem a separação de quanto efetivamente cada usuário-poluidor contribui individualmente com a poluição de um rio a partir de um conjunto de lançamentos de poluentes ao longo do corpo receptor. O cenário global de poluição de um corpo hídrico pode ser obtido através de um modelo de qualidade da água, como, por exemplo, o modelo QUAL2E (BROWN e BARNWELL, 1987).

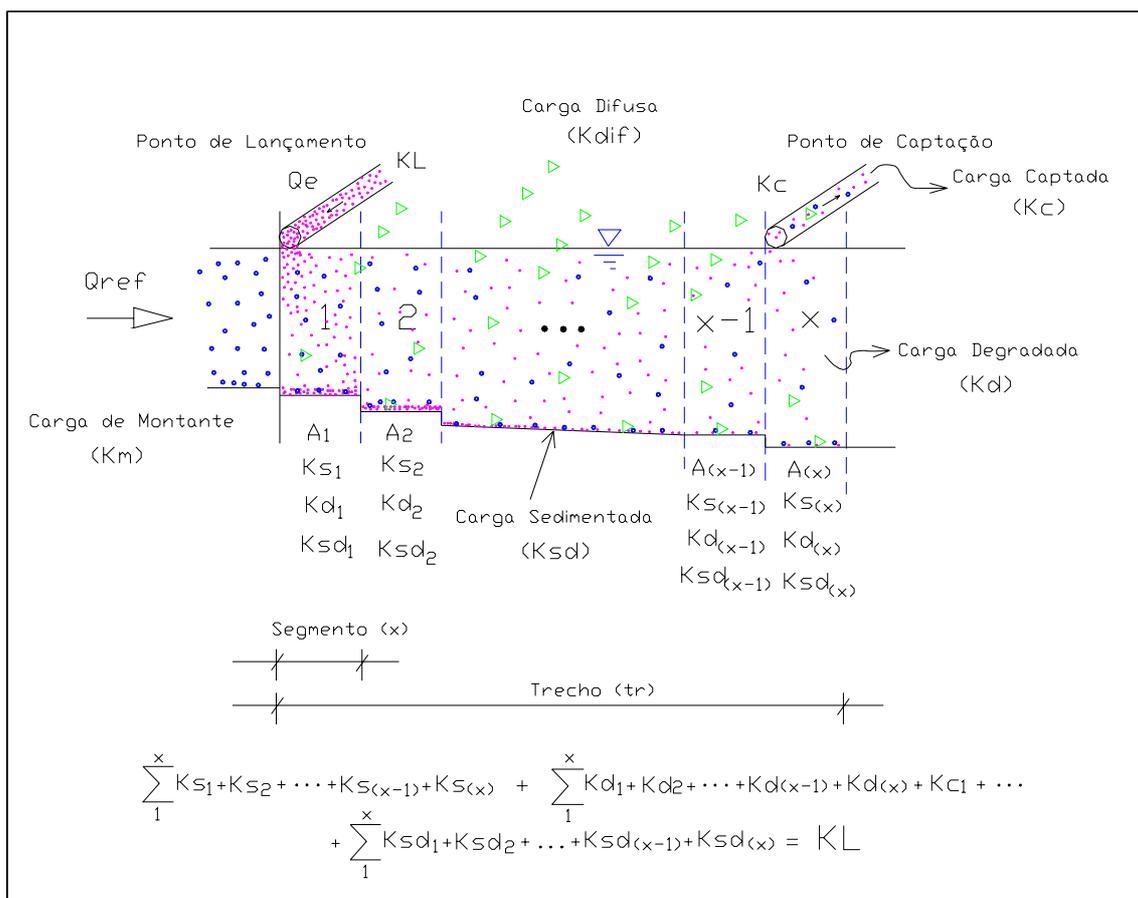
O modelo RM1 determina por lançamento e poluente a vazão de diluição alocada no corpo hídrico, a vazão liberada no sistema para novas outorgas e o volume de diluição da carga de poluente do usuário de montante captada pelo usuário de jusante (RODRIGUES, 2000). Permite também quantificar, em termos de qualidade da água, os prejuízos ocasionados pelos usuários-poluidores de montante aos usuários de jusante (RODRIGUES, 2005). Já a metodologia do RM2 permite quantificar no corpo hídrico o balanço de carga de um lançamento, considerando as cargas sedimentada, degradada, captada e em suspensão do respectivo lançamento (RODRIGUES e PORTO, 2001)

A metodologia do modelo ALOC permite trabalhar de forma integrada as alocações de cargas e de vazões de diluição de um respectivo lançamento, considerando o processo de autodepuração (cargas degradadas, sedimentadas), a vazão de referência e as cargas provenientes de fontes difusas, visando o respeito ao enquadramento e as metas progressivas do corpo receptor.

ESTRUTURA CONCEITUAL DO MODELO ALOC

A técnica de solução numérica utilizada pelo modelo ALOC é baseada na determinação dos valores espaciais de uma variável no passo de tempo $n+1$, conhecida sua distribuição espacial no passo de tempo anterior n , sendo o passo de tempo zero correspondente às condições iniciais do sistema, técnica semelhante a dos modelos QUAL2E, RM1 e RM2. Esses modelos trabalham em regime permanente e idealizam o sistema dentro de uma situação visual estática, como uma foto, ou seja, não existe variação no tempo apenas no espaço.

A Figura 1 apresenta um trecho de rio contendo um ponto de lançamento, um ponto de captação e as respectivas cargas.



Qref – Vazão de referência; Qe – Vazão de lançamento do efluente; KL – Carga lançada; Km – Carga de montante; x – segmento; Kdif – Carga difusa; Ks – Carga em suspensão; Kd – Carga degradada; Ksd – Carga sedimentada; Kc – Carga captada; A – Área da seção-transversal

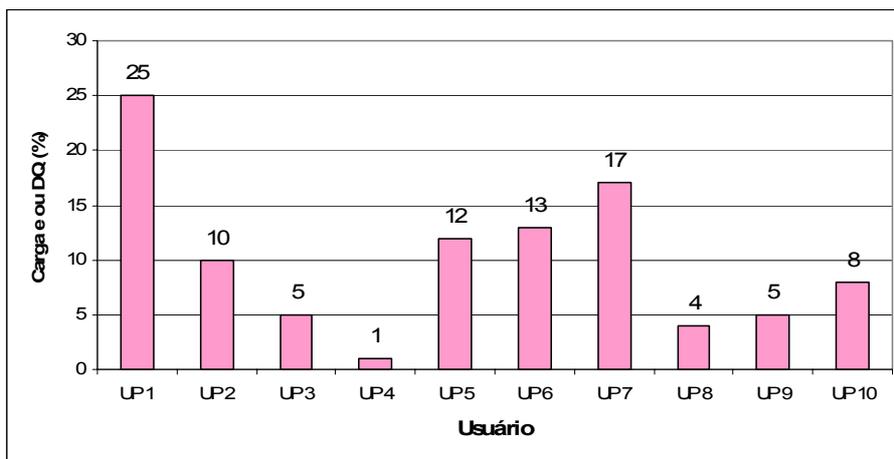
Rodrigues e Porto (2006)

Figura 1- Representação esquemática de balanço de cargas e de vazão de diluição em um trecho de rio

LOGICA DO MODELO ALOC

A lógica do modelo ALOC consiste em quantificar, diante de um cenário global de lançamentos e captações, assim como de poluição difusa, a carga de poluente no corpo hídrico referente a cada usuário-poluidor (Ver Figuras 2, 3 e 4), permitindo obter para cada usuário e poluente ao longo do corpo hídrico:

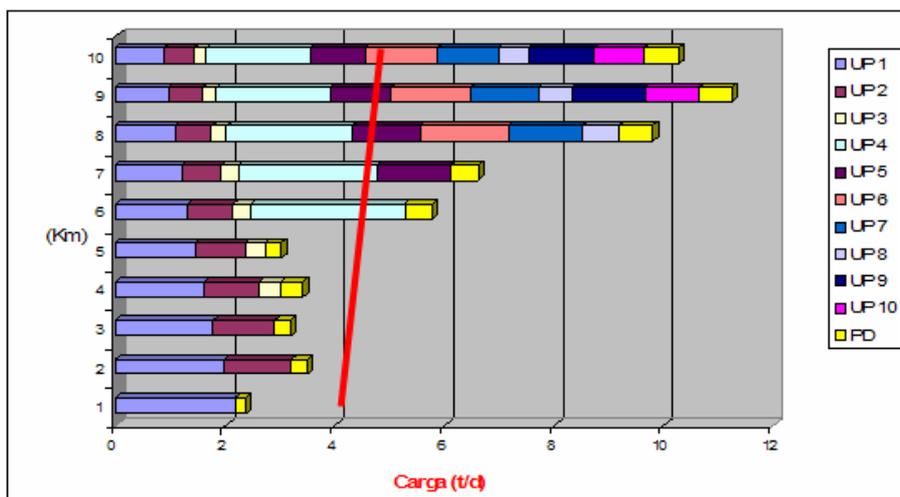
- Carga sedimentada, degradada, captada e em suspensão referente ao respectivo lançamento;
- Carga de montante referente a cada usuário-poluidor (Figura 5);
- Carga de jusante referente a cada usuário-poluidor;
- Vazão de diluição ao longo do eixo longitudinal;
- Vazão liberada no rio para novas diluições de efluentes ou captações;
- Vazão de diluição da carga de poluente retirada do rio através de captações;
- Vazão Indisponível para Diluição através de Captação;
- Custo por lançamento considerando a poluição ocasionada aos usuários de jusante;
- Custo por captação considerando o grau de poluição da água captada e a indisponibilidade para vazões de diluição.



UP – Usuário-Poluidor

Fonte: RODRIGUES (2006)

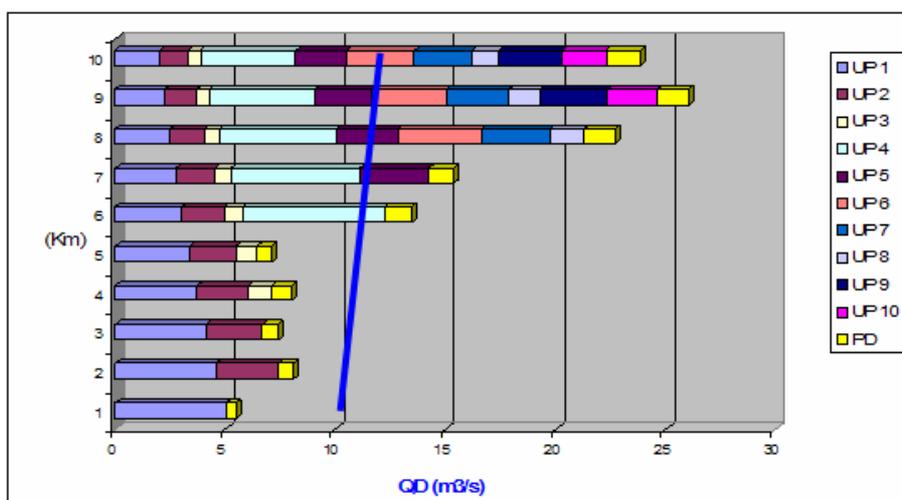
Figura 2 – Carga e ou QD de montante calculadas através do modelo ALOC



UP – Usuário-Poluidor; PD – Poluição Difusa; - Carga Máxima Permissível

Fonte: RODRIGUES (2006)

Figura 3 – Balanço de Cargas realizado pelo modelo ALOC



UP – Usuário-Poluidor; PD – Poluição Difusa; - Vazão de Referência ou Vazão de Diluição Máxima Permissível

Fonte: RODRIGUES (2006)

Figura 4 – Balanço de Vazão de Diluição realizado pelo modelo ALOC

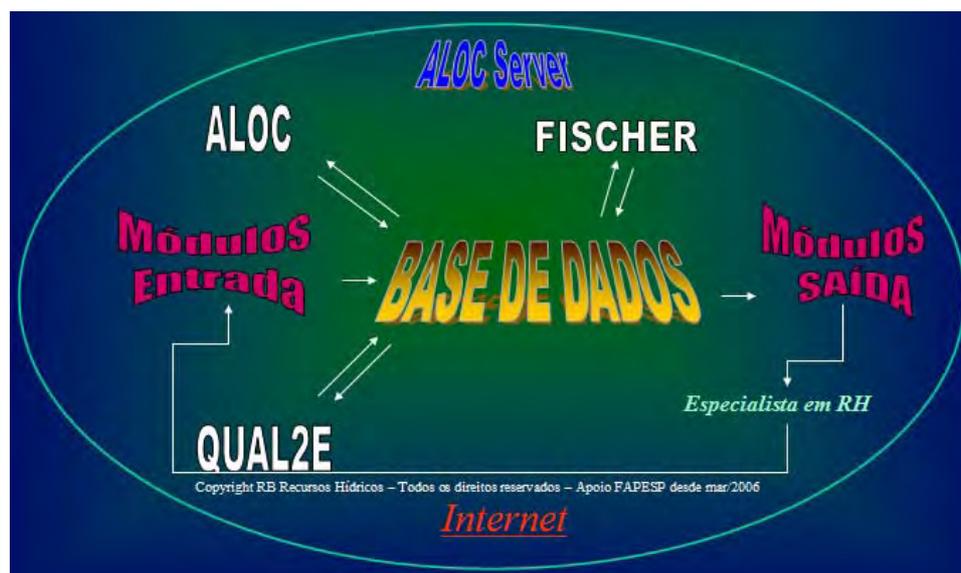
Como pode ser observado através das Figuras 2, 3 e 4, trabalhar com o conceito de carga ou vazão de diluição não interfere na responsabilidade do usuário-poluidor. Ambos os conceitos podem ser utilizados para uma análise estratégica para os processos de planejamento e gestão dos corpos hídricos.

APLICAÇÃO DO MODELO ALOC

O modelo ALOC vem sendo aplicado no desenvolvimento do sistema “ALOC Server – Sistema de Alocação de Carga e Vazão de Diluição para os Processos de Enquadramento, Outorga e Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos”, com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), no Programa de Inovação em Pequenas Empresas (PIPE), a empresa RB Recursos Hídricos.

O ALOC Server é constituído por três modelos matemáticos e uma base de dados. Os modelos que compõe o ALOC Server são: QUAL2E (Brown e Barnwell, 1987), ALOC (Rodrigues, 2006) e FISCHER (Fischer *et al*, 1979). O modelo QUAL2E é um modelo unidimensional de qualidade das águas superficiais que permite simular até 15 variáveis de qualidade. O modelo de FISCHER quantifica o comprimento da zona de mistura, considerando o regime permanente.

Visando facilitar a troca de informações entre órgãos gestores e a transparência, o acesso do sistema será realizado via “web”. A Figura 5 ilustra a estrutura do sistema ALOC Server.



Fonte: RODRIGUES (2006)
Figura 5 – Estrutura do ALOC Server

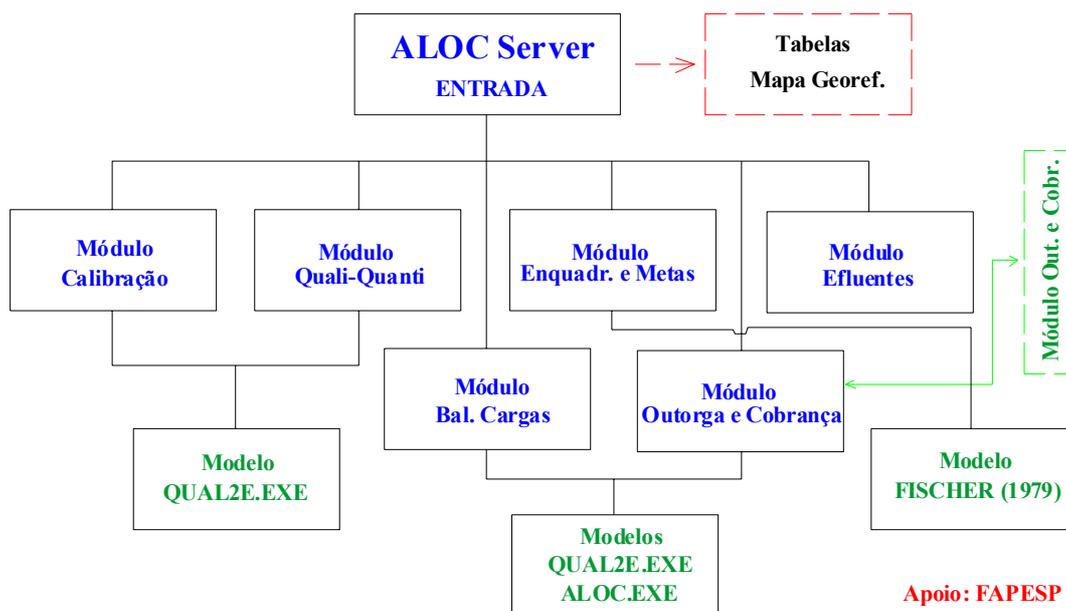
O ALOC Server para os processos de outorga e cobrança pelo uso dos recursos hídricos leva em consideração os seguintes fatores:

- Localização do pleito de outorga na rede hidrográfica;
- Disponibilidade de água no local do pleito;
- Qualidade da água no local do pleito;
- Enquadramento do rio no local do pleito;
- Grau de prejuízo do lançamento do usuário-poluidor aos usuários de jusante;
- Quantidade de água solicitada;
- Localização das outorgas já concedidas na rede hidrográfica;
- Usos da água a montante e a jusante do local em estudo;

- Série histórica de dados qualitativos e quantitativos da bacia hidrográfica;
- Características hidráulicas do corpo hídrico;
- Capacidade de autodepuração do corpo hídrico;
- Associação do custo total da água captada à qualidade da água no ponto de captação, ou seja, quanto melhor a qualidade da água captada mais o usuário paga, assim como quanto mais degradada a qualidade da água menos o usuário paga;
- Associação do custo de lançamento do usuário-poluidor aos prejuízos ocasionados aos usuários de jusante, em termos de qualidade da água;
- Associação do custo de captação à vazão indisponível para diluição dos efluentes dos usuários-poluidores de jusante.

O ALOC Server é constituído por módulos (Figura 6), dentre eles:

- **Módulo de Geoprocessamento** – Permite a inserção de dados e a elaboração de mapas temáticos;
- **Módulo Calibração** - Visa auxiliar o usuário no processo de calibração;
- **Módulo Quali-Quantitativo** - Permite uma análise simultânea de qualidade e quantidade;
- **Módulo Balanço de Carga** - Realiza todo o balanço de cargas do corpo hídrico;
- **Módulo Enquadramento e Metas Progressivas** - Tem como função verificar o atendimento aos padrões de lançamento de efluentes e de qualidade do corpo hídrico, considerando a zona de mistura;
- **Módulo Efluentes** – Permite que o usuário faça uma análise de custo-benefício para um possível tratamento de efluentes, visando trabalhar com a possibilidade de atendimento ao enquadramento ou metas progressivas;
- **Módulo Outorga e Cobrança** - Permite o cálculo de vazões de diluição e custos de lançamento e captação, considerando o grau de poluição da água captada e os prejuízos dos usuários-poluidores aos usuários de jusante.



Apoio: FAPESP

Copyright - RB Recursos Hídricos - Todos os direitos reservados - 2006

Fonte: RODRIGUES (2006)

Figura 6 – Módulos do sistema ALOC Server.

CONCLUSÕES

O modelo ALOC permite que o usuário trabalhe com cargas e ou com vazão de diluição ao longo do corpo hídrico, considerando o processo de autodepuração (degradação e sedimentação), a vazão de referência, o enquadramento em classes de uso do corpo hídrico e a poluição difusa. Dessa forma, o modelo oferece a capacidade de racionalizar o custo do usuário, ao mesmo tempo em que induz a uma alocação eficiente dos recursos hídricos.

O sistema ALOC Server, através do modelo ALOC, possibilita a aplicação da outorga e da cobrança pelo uso da água de forma mais sistemática, racional e eficaz.

O modelo ALOC surge como uma ferramenta de planejamento e gestão sob os aspectos de qualidade e quantidade, permitindo que o usuário trabalhe simultaneamente com cargas e vazões de diluição.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio, sem o qual a realização deste trabalho não seria possível.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL. Lei Federal n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

BROWN, L. C.; BARNWELL Jr., T.O. *Computer program documentation for the enhanced stream water quality model QUAL2E. and QUAL2E-UNCAS*. Report EPA/600/3-87/007, US Environmental Protection Agency, Athens, Georgia, USA, 1987.

FISCHER, H. B. *et al. Mixing in inland and coastal waters*. New York: Academic Press, Inc., 1979. 483p.

KELMAN, J. *Gerenciamento de recursos hídricos parte I: outorga*. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1997, Vitória, ES., 16-20, nov., 1997. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos hídricos. Tema: Bases técnicas para a implementação dos sistemas de gestão de recursos hídricos. São Paulo: ABRH, 1997. v.1 p. 123-128.

PORTO, M. *Sistemas de Gestão da Qualidade das Águas: Uma Proposta para o Caso Brasileiro*. São Paulo, 2002. 131p. Tese (Livre Docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

RODRIGUES, R. B. *Relatório Técnico do Projeto “ALOC Server – Sistema de Enquadramento, Planejamento e Gestão de Corpos Hídricos”*. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Processo 04/14296-0. São Paulo, 2006.

RODRIGUES, R. B. *Metodologia de apoio à concessão de outorga para lançamento de efluentes e cobrança pelo uso da água – O modelo RM1*. São Paulo, 2000. 140p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

RODRIGUES, R. B. *SSD RB – Sistema de suporte a decisão proposto para a gestão qualitativa dos processos de outorga e cobrança pelo uso da água*. São Paulo, 2005. 155p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

RODRIGUES, R. B.; PORTO, M. F. A. *ALOC - Modelo de Alocação de Carga e Vazão de Diluição, Visando o Enquadramento, o Planejamento e o Gerenciamento dos Corpos Hídricos*. In: I SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL-SULDESTE, 2006, Curitiba. I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Suldeste - Recursos Hídricos e Gestão Territorial. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2006. v. 1, p. 62-62.