



## **Modelagem da Qualidade da Água Superficial do Rio Inhandava-RS**

**Mozara Benetti <sup>1</sup>, Evanisa Fátima Reginato Quevedo Melo <sup>2</sup>, Eduardo Pavan Korf <sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Engenheira Ambiental/ Mestre em Engenharia ([mozara.benetti@hotmail.com](mailto:mozara.benetti@hotmail.com))

<sup>2</sup> Professora Titular/ Universidade de Passo Fundo ([evanisa@upf.br](mailto:evanisa@upf.br))

<sup>3</sup> Professor Adjunto/ Universidade Federal Fronteira Sul/ Campus Erechim- RS/ ([eduardo.korf@uffs.edu.br](mailto:eduardo.korf@uffs.edu.br))

### **Resumo**

A degradação dos recursos hídricos superficiais através da poluição e o aumento progressivo de consumo tem tornado necessária a busca por fontes alternativas de abastecimento. Por ser um recurso natural finito, a água é um bem de domínio público, que precisa ser alocado entre diferentes usos e que tem sua integridade comprometida por fatores como o desenvolvimento industrial, a urbanização acelerada e o crescimento demográfico. Considerando essas questões reconhecer e avaliar o potencial dos recursos hídricos locais é necessário, visto que o Rio Inhandava encontra-se inserido na região norte-nordeste do estado do Rio Grande do Sul, na região hidrográfica Uruguai e pertence à bacia hidrográfica Apuaê-Inhandava. O objetivo desta pesquisa foi realizar a modelagem da qualidade das águas superficiais do Rio Inhandava- RS. Os dados de qualidade foram inventariados através de estudos já realizados no Rio Inhandava. Como cargas difusas de contribuição foram consideradas as cargas agrícolas, de dejetos animais e de esgoto doméstico. Para a avaliação da qualidade da água do Rio Inhandava, foi utilizado o modelo computacional QUAL2Kw. Na análise dos parâmetros de qualidade de água verificou-se que a maioria dos parâmetros encontra-se de acordo com a Resolução Conama 357/2005. O modelo calibrado QUAL2Kw, tornou-se um instrumento para o auxílio na gestão dos recursos hídricos, uma vez que a análise dos resultados permitiu verificar a autodepuração à jusante do rio em estudo.

Palavras-chave: Recursos Hídricos. Qualidade Ambiental. Modelagem.

Área Temática: Recursos Hídricos.

## **Modeling of surface water quality from the Rio Inhandava-RS**

### **Abstract**

The degradation of surface water resources through pollution and progressive increase in consumption has necessitated the search for alternative sources of supply. Because it is a finite natural resource, water is a public good that needs to be allocated among different uses and has its integrity compromised by factors such as industrial development, rapid urbanization and population growth. Considering these issues recognize and evaluate the potential of local water resources is necessary, since the River Inhandava is inserted in the north-northeastern state of Rio Grande do Sul, in the Uruguay river basin and watershed belongs to Apuaê-Inhandava. The objective of this research was to perform the modeling of surface water quality of the River Inhandava-RS. The data were inventoried quality of studies conducted in Rio were considered diffuse agricultural loads, animal waste and sewage. To



assess the water quality of the Rio Inhandava, the computer model was used QUAL2Kw. The water quality has been shown, for most parameters, according to Resolution CONAMA 357/2005. The calibrated model QUAL2Kw, became an instrument to in the management of water resources, since the analysis of the results showed the selfpurification in downstream river study.

*Key words: Water Resources. Environmental Quality. Modeling.*

*Theme Area: Water Resources.*

## 1 Introdução

A disponibilidade hídrica representa um dos fatores limitantes do desenvolvimento socioeconômico de uma região. A água, que é um recurso natural finito, é também um bem de domínio público, que precisa ser alocado entre diferentes usos e que tem sua integridade comprometida por fatores como o desenvolvimento industrial, a urbanização acelerada e o crescimento demográfico. Considerando essas questões reconhecer e avaliar o potencial dos recursos hídricos locais é necessário, visto que o Rio Inhandava encontra-se inserido na região norte-nordeste do estado do Rio Grande do Sul, na região hidrográfica Uruguai e pertence à bacia hidrográfica Apuaê-Inhandava, sendo importante fonte de abastecimento público para o município de Sananduva e local de lazer em no mínimo oito pontos ao longo do rio. Segundo relatórios da Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul, as maiores cargas poluidoras na bacia onde se encontra o rio provem de efluentes domésticos e suinocultura.

A gestão de recursos hídricos é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos, bem como fazer o uso adequado, visando a otimização dos recursos em benefício da sociedade que se realiza mediante procedimentos integrados de planejamento e de administração (SETTI et al, 2000).

Os modelos de qualidade da água são vínculos essenciais ao gerenciamento, uma vez que objetivam prever uma concentração de um determinado poluente no corpo d'água como função de carga poluidora pontual ou não (ALBERTIN, 2008).

A utilização da modelagem da qualidade de água pode ser considerada como uma importante ferramenta a ser utilizada em estudos de enquadramento de rios, principalmente no que diz respeito ao atendimento às metas progressivas, de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05.

Para a modelagem da qualidade de águas superficiais faz-se necessária à identificação das fontes de poluição e seus pontos de lançamento nos corpos d'água. Ainda, o conhecimento das formas de interação existentes entre os processos que acontecem na bacia, com os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos rios. Com a modelagem de determinadas variáveis de qualidade de água pode-se estimar o limite aceitável de autodepuração desses rios, a fim de se garantir qualidade condizente com o uso a que eles se destinam e, por conseguinte, sua real condição de enquadramento (KNAPIK, 2009).

A modelagem da qualidade da água surgiu com o intuito de fornecer informações úteis sobre mecanismos e interações que justificam os variados comportamentos dinâmicos da água, constituindo-se uma base racional para tomada de decisões no manejo de recursos hídricos. Onde é possível explicar algumas propriedades do sistema, principalmente quantificar a capacidade de autodepuração do corpo hídrico, antevendo assim os impactos decorrentes de uma possível descarga poluidora.

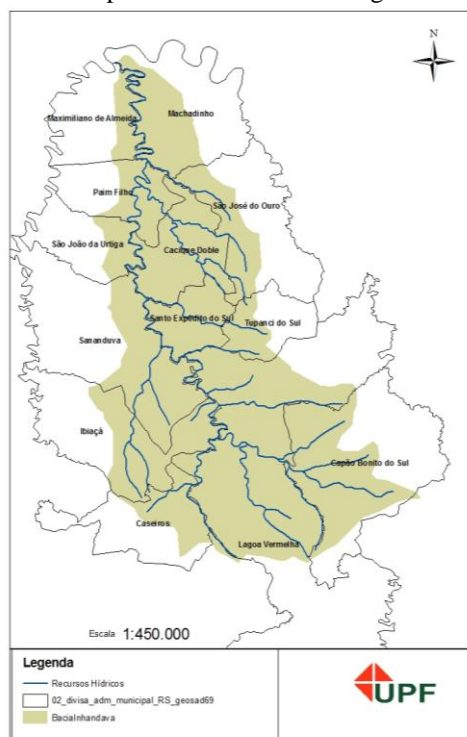
O objetivo desta pesquisa foi realizar a modelagem dos parâmetros de qualidade de água (Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); Oxigênio Dissolvido (OD) e Coliformes Totais) do Rio Inhandava- RS.



## 2 Metodologia

A microbacia do Rio Inhandava compreende os municípios de Lagoa Vermelha, Caseiros, Ibiaçã, Santo Expedito do Sul, Sananduva, Cacique Doble, São João da Urtiga, Paim Filho, Maximiliano de Almeida, Machadinho, São José do Ouro, Capão bonito e Tupanci do Sul (Figura 1). O rio nasce nos municípios de Lagoa Vermelha e Caseiros e desagua no rio Uruguai.

Figura 1 - Localização dos municípios da microbacia hidrográfica do Rio Inhandava.



Fonte: MELO e ASTOLFI (2011).

Melo e Astolfi (2011), realizaram o monitoramento da qualidade da água do Rio Inhandava em 16 pontos ao longo do rio, sendo que nesse estudo foram considerados somente doze pontos. Na Tabela 1 apresentam-se as coordenadas geográficas dos pontos inventariados.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta no Rio Inhandava-RS.

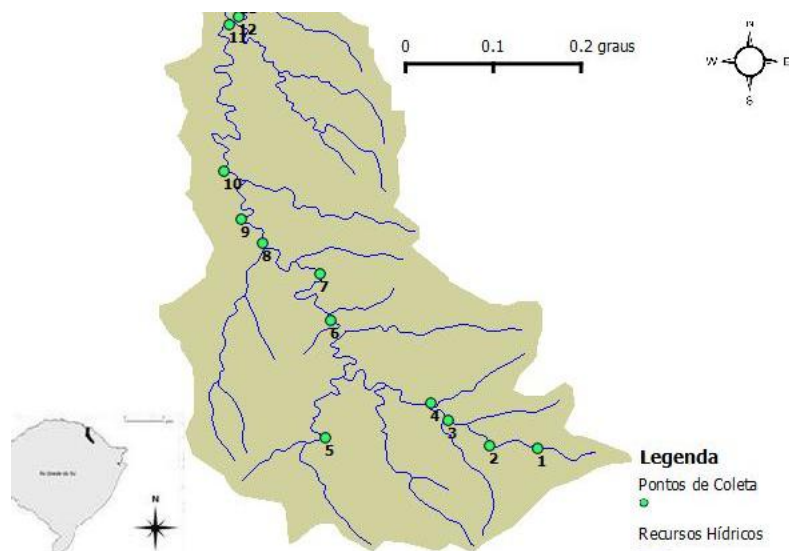
| Ponto | Longitude   | Latitude    | Elevação<br>(m) | Localização<br>(km) |
|-------|-------------|-------------|-----------------|---------------------|
| 1     | -51,3994188 | -28,1914137 | 842             | 26,7                |
| 2     | -51,4526527 | -28,1888668 | 729             | 33,6                |
| 3     | -51,5246755 | -28,1424544 | 686             | 48,3                |
| 4     | -51,6343324 | -28,0475590 | 675             | 64,6                |
| 5     | -51,6433833 | -28,1817566 | 632             | 84,3                |
| 6     | -51,6448763 | -27,9934335 | 596             | 97,3                |
| 7     | -51,7109516 | -27,9589900 | 588             | 106,3               |
| 8     | -51,7348512 | -27,9333331 | 577             | 116,9               |
| 9     | -51,7541818 | -27,8778018 | 576             | 152,0               |
| 10    | -51,7486111 | -27,7125231 | 574             | 162,7               |
| 11    | -51,7366667 | -27,6783333 | 564             | 171,7               |
| 12    | -51,7266000 | -27,6525000 | 504             | 181,7               |

Fonte: MELO e ASTOLFI, (2011).



A Figura 2 apresenta a microbacia do Rio Inhandava delimitada pela forma Ottocodificada.

Figura 2 - Mapa de localização dos pontos estudados.



Para subsidiar a avaliação e a modelagem da qualidade da água, fez-se necessária a determinação da vazão, em que foram determinados valores apenas para os pontos 1, 7 e 10. Para o ponto 1 (km 26,7), o qual simboliza as condições da nascente, a vazão foi determinada de acordo com o método convencional (área-velocidade), certificado internacionalmente pelo padrão europeu ISO 748 (2007), o qual envolve medição de velocidade em varias verticais (seções) do rio e em varias profundidades para cada uma destas.

Os demais pontos 7 (106,3 km) e 10 (162,7 km) foram inventariados segundo informações disponibilizadas pela CORSAN (dados referentes a estação de abastecimento de água para o município de Sananduva) e pela ANA (Estação Passo do Granzotto), sendo que ao longo do percurso do Rio Inhandava não existe outras estações de medições de vazão.

O modelo utilizado para o presente trabalho foi o QUAL2Kw regulamentado pela Agência Norte-americana de Proteção Ambiental (U.S. – Environmental Protection Agency – EPA). O programa QUAL2Kw é um dos programas de modelagem para a qualidade de águas superficiais com grande complexidade, entretanto sua modelação da qualidade hídrica constitui-se em uma valiosa ferramenta da Engenharia Ambiental, proporcionando antever e avaliar para diferentes cenários, as alterações na qualidade das águas do rio em estudo neste trabalho.

O modelo Qual2Kw necessita que alguns dados sejam inseridos para a realização das simulações: Coordenadas e coeficientes de descarga nos trechos, distância entre a foz do rio principal e o trecho; Altitude e declividade dos trechos; Concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio, Oxigênio Dissolvido, Temperatura da água e coliformes totais e vazões nos pontos de coleta; Coeficientes cinéticos, como o coeficiente de remoção global de DBO, coeficiente de reaeração, taxa de decaimento bacteriano. Ao longo do percurso, o rio pode receber contribuições de tributários e de lançamento de esgotos, ou captações, que podem contribuir no aumento ou diminuição do volume de água no manancial.

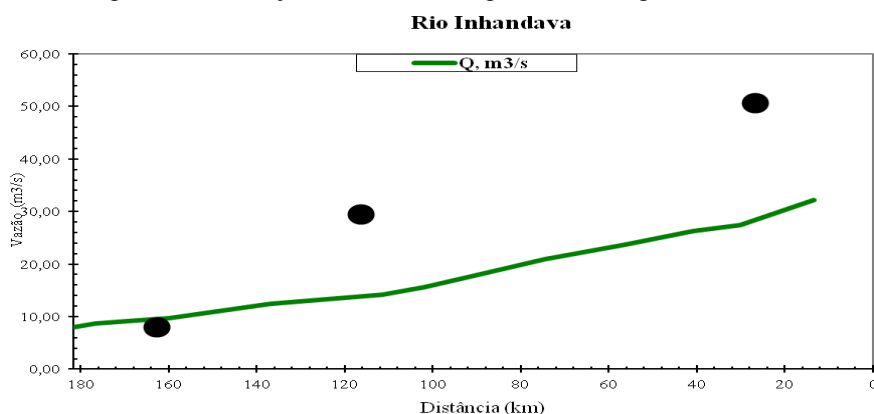
Para a calibração do modelo se faz necessário à inserção de dados monitorados, os quais englobam os dados hidráulicos (vazão) e de qualidade de água (DBO, OD, coliformes totais).



### 3 Resultados

A vazão é determinada pela quantidade de água que passa por uma determinada seção de um conduto livre, neste caso o rio em estudo, por uma unidade de tempo. Conforme se observa na Figura 3 a vazão média aumenta a jusante do rio. O canal do rio também aumenta sendo no início um pequeno córrego e aos 162,7 km um rio expressivo em tamanho e vazão. Com o aumento da vazão de 8,00 m<sup>3</sup>/s para 50,60 m<sup>3</sup>/s as cargas de efluentes ficam mais dispersas facilitando a autodepuração do meio e consequentemente aumentando o poder de aeração do rio.

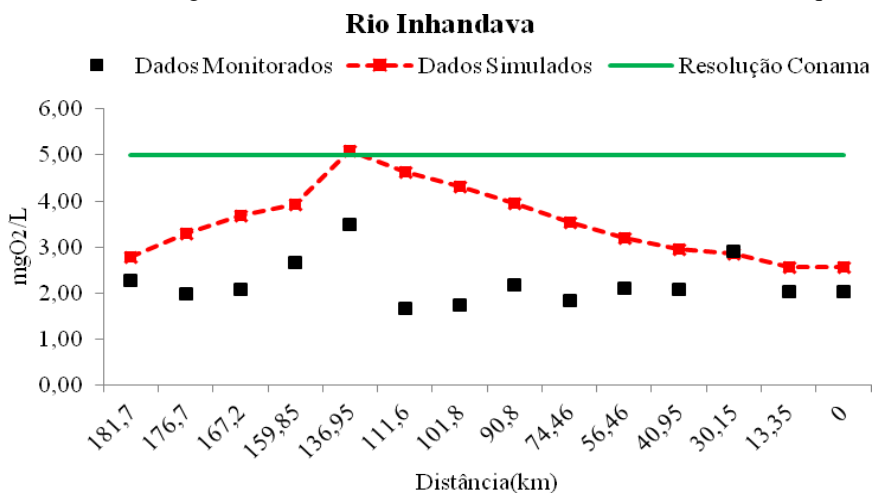
Figura 3 - Simulação da vazão ao longo do eixo longitudinal do Rio Inhandava.



Os aumentos de vazões podem ter um caráter benéfico, pois pode ocorrer uma diluição dos poluentes em maior escala. Contudo se esse aumento de vazão ocorre nos períodos de chuva poderá implicar também no aumento do carregamento de sólidos para o leito dos mananciais, assoreando rios e córregos.

A DBO mostra a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável presente na água. Quanto maior for essa quantidade de matéria orgânica presente, maior será a quantidade de oxigênio necessária para a sua decomposição e ao nível que a matéria orgânica baixar, as bactérias decompositoras necessitarão de pequenas quantidade de oxigênio para decompô-la, então a DBO será baixa. A simulação da concentração de DBO para o trecho em estudo é apresentada na Figura 4.

Figura 4 – Dados monitorados e simulados da Demanda Bioquímica de Oxigênio.



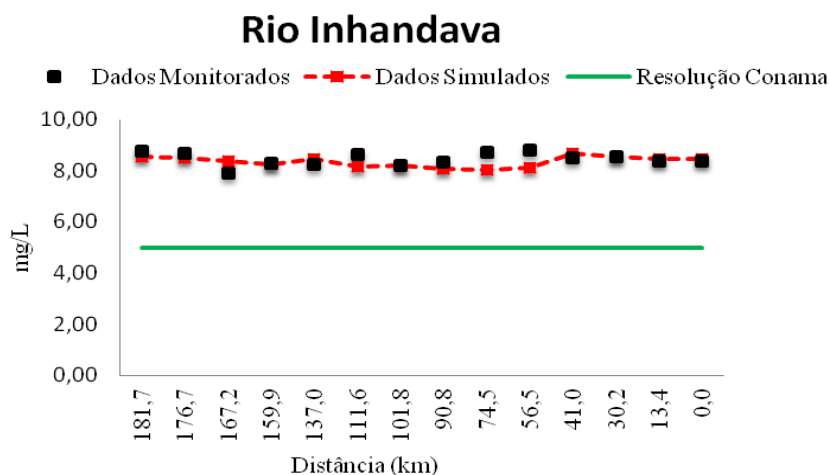


Na análise dos resultados da água do Rio Inhandava a DBO variou consideravelmente em vários pontos, devido aos diversos usos ocorrentes nas planícies do rio e variações climatológicas principalmente na quantidade pluviométrica. Na análise da simulação da DBO percebe-se uma redução ao longo do segmento simulado, passando de 2,78 mg/L a 2,56 mg/L. Esta redução pode estar diretamente relacionada com a capacidade de autodepuração do rio. Quando não há mudança na taxa de degradação segundo Silvino (2008), possivelmente a redução da DBO se dá pela diluição da carga orgânica com o aumento da vazão da montante a jusante.

O oxigênio dissolvido (OD) é o parâmetro mais importante para expressar a qualidade de um ambiente aquático, uma vez que é fundamental para a manutenção dos organismos aquáticos aeróbios (MACIEL JR., 2000, LIBÂNIO, 2005). Normalmente, águas naturais possuem concentração em torno de 8,0 mg/L a 25 °C, sendo a concentração mínima para a manutenção da biota aquática na faixa de 2,0 mg/L a 5,0 mg/L.

Os valores de concentração de oxigênio dissolvido nos pontos monitorados do Rio Inhandava encontram-se acima de 5,0 mg/L estabelecido pela Resolução Conama 357/2005, atingindo valores elevados em algumas amostragens, decorrente de um período de cheia do rio quando ocorrem as diluições dos contaminantes e uma maior incorporação de oxigênio pelas quedas de água ao longo do período do rio. A Figura 5 expressa os valores correspondente aos dados de OD monitorados e os dados calibrados no modelo Qual2kw ao longo do espaço.

Figura 5 – Simulação de Oxigênio Dissolvido.



Segundo Vong Sperling (2007), corpos d'água mais rasos e mais velozes tendem a possuir um coeficiente de reaeração maior, em torno de 1,15 d-1 devido à facilidade de mistura ao longo da profundidade e as maiores turbulências na superfície. Para o Rio Inhandava obteve-se um coeficiente de reaeração de 3,0 d-1, apresentando melhor ajuste de calibração na concentração de OD.

A concentração de OD é considerada uma das mais importantes variáveis ao se definir a condição do curso d'água e avaliar se o mesmo encontra-se dentro dos limites da classe de seu enquadramento, tornando-se um bom indicador da capacidade que um corpo hídrico tem de promover a autodepuração da matéria orgânica descartada em seu curso.

A concentração de OD diminui ao longo do segmento em estudo, variando de 8,55 mg/L para 8,47 mg/L, sendo que a concentração máxima deste parâmetro não ultrapassou o valor de 8,67 mg/L. Conforme Bárbara (2006), a redução da concentração de OD pode estar

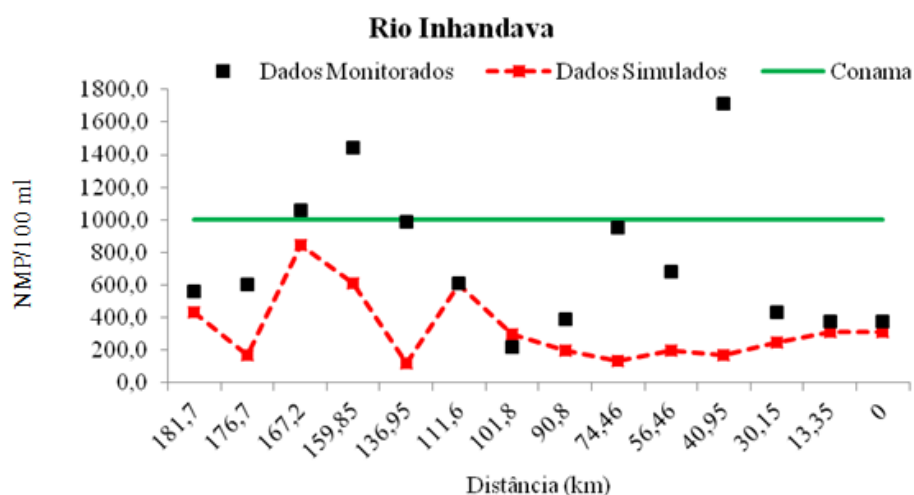


diretamente relacionada com a variação da temperatura, de modo que estes parâmetros são inversamente proporcionais, ou seja quanto maior a temperatura menor será a concentração de OD na água.

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera.

As concentrações de coliformes totais apresentaram aumentos de montante para jusante, que podem ser decorrente da presença de perímetro urbano, evidenciando a forte influência dos esgotos urbanos na contribuição para a elevação dos teores desta variável no rio. A Figura 6 apresenta a concentração de coliformes totais ao longo do eixo longitudinal dos 181,7 km em estudo do Rio Inhandava.

Figura 6 - Concentração de coliformes totais ao longo do eixo longitudinal do Rio Inhandava.



#### 4 Conclusões

A qualidade da água, a partir dos parâmetros analisados, demonstrou variações nos resultados, mas sem nenhum comportamento espacial visível, isso ocorre devido ao uso da microbacia hidrográfica ser em sua grande maioria agrícola e pecuária e serem todas fontes de poluição difusas, onde a contaminação pelas atividades depende muito de fatores climáticos. O enquadramento do rio baseado na Resolução CONAMA 357/05, para efeitos de comparações, apresentaram resultados de parâmetros elevados de Coliformes demonstrando uma possível poluição por dejetos suínos.

A vazão determinada no ponto um foi de 8 m<sup>3</sup>/s, atingindo 50,60 m<sup>3</sup>/s no ponto dez, aumentando dessa forma a jusante do rio, esse aumento de vazão facilita a autodepuração do meio e conseqüentemente o poder de aeração do rio.

Com a avaliação dos dados de qualidade e de calibração percebe-se que o Rio Inhandava não possui níveis críticos de poluição, uma vez que não foram atingidos níveis extremos de concentrações, mas é preciso ressaltar que o seu monitoramento é de relevante importância, a fim de que sejam diagnosticados possíveis impactos nesse recurso hídrico que é de fundamental importância para a região norte do estado Rio Grande do Sul.



## Referências

- ALBERTIN, L. Z. **Técnica de Gerenciamento da Qualidade Hídrica Superficial baseada na Otimização Multiobjetivo**, 2008. Tese Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- BÁRBARA, V. F. **Uso do Modelo Qual2E no Estudo da Qualidade da Água e da Capacidade de Autodepuração do Rio Araguari – AP (Amazônia)**. 2006. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente- Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006, 174p.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357/05**. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, SEMA, 2005.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Stream water quality model (QUAL2K)**, 2012. Disponível em: <http://www.epa.gov/athens/wwqtsc/html/qual2k.html>.
- INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. **Measurement of liquid flow in open channels - Velocity-area methods**. Hydrometry - ISO-748:2007, 2007. Disponível em: [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=5003](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=5003).
- KNAPIK, G. H. **Reflexões sobre Monitoramento, Modelagem e Calibração na Gestão de Recursos Hídricos: Estudo de Caso da Qualidade da Água da Bacia do Alto Iguaçu**. 2009. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas: Editora Átomo, 2005.
- MACIEL Jr., P. **Zoneamento das Águas: Um Instrumento de Gestão dos Recursos Hídricos**. Belo Horizonte: 2000.
- MELO, E F R Q; ASTOLFI, R M. **Relações entre Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Cobertura Vegetacional em Ambientes Fluviais do Rio Inhandava – RIO GRANDE DO SUL**. Passo Fundo: FAPERGS; 2011. Fapergs – nº0701614.
- SETTI, A. A., LIMA, J. E. F. W., CHAVES, A. G. M. PEREIRA. I. C. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2ª ed. – Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207 p.
- SILVINO, O. N. A. **Avaliação e Modelagem da Qualidade da Água da Bacia do Rio Coxipó, no Município de Cuiabá – MT**. 2008. Dissertação de Mestrado em Física e Meio Ambiente- Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2008.
- VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG: Belo Horizonte – MG, 588 p. 2007.