



## Sistema de Informação aplicado ao monitoramento de Recursos Hídricos.

**Marcio Bigolin<sup>1</sup>, Taison A. Bortolin<sup>2</sup>, Anne Lorandi Pagno<sup>3</sup>, Vania E. Schneider<sup>4</sup>, Odacir Deonísio Graciolli<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>ISAM/ Universidade de Caxias do Sul (marcio.bigolin@ucs.br)

<sup>2</sup>ISAM/ Universidade de Caxias do Sul (tabortol@ucs.br)

<sup>3</sup>ISAM/ Universidade de Caxias do Sul (alpagno@ucs.br)

<sup>4</sup>ISAM/ Universidade de Caxias do Sul (veschnei@ucs.br)

<sup>5</sup>CENT/ Universidade de Caxias do Sul (odacir.graciolli@ucs.br)

### Resumo

Recursos hídricos superficiais, como rios, lagos e reservatórios são ambientes com particularidades que necessitam ser abordadas cuidadosamente, uma vez que apresentam diversas variáveis e são suscetíveis à contaminação, tanto orgânica como inorgânica, sendo um dos seus principais problemas, a eutrofização. O monitoramento destes corpos d'água merece destaque frente ao grau de importância que estes apresentam. Muitas redes de monitoramento têm sido instaladas em todo o país. O acesso a essas informações obtidas em campo, de forma sistematizada, facilita o diagnóstico da situação e o prognóstico da intervenção junto ao recurso hídrico monitorado. Com base nestes pressupostos desenvolveu-se um sistema de informação de acesso remoto que armazena dados referentes ao monitoramento ambiental, e proporciona a geração de gráficos, cálculos de índice de qualidade e análises estatísticas. Fornece também subsídios para enquadramento das águas, sua identificação e análise, de modo a auxiliar no monitoramento de ambientes aquáticos. O trabalho vem apresentar este sistema que está sustentado sobre uma plataforma web, de fácil utilização, tornando-se uma ferramenta de auxílio para tomada de decisão.

**Palavras-chave:** Sistema de informação. I3geo. Modelagem Dimensional. Monitoramento Ambiental.

**Área Temática:** Recursos Hídricos.

### Abstract

*Surface water resources such as rivers, lakes and reservoirs, are environments with special features that need to be addressed carefully, since presents several variables and are susceptible to contamination, much organic as inorganic, being one of its main problems, eutrophication. Monitoring of these water bodies should be highlighted against the degree of importance that they have. Many monitoring systems have been installed throughout the country. Access to information obtained in the field, systematically, facilitates the diagnosis of the situation and prognosis of intervention by the water resource monitoring. Under these assumptions we developed an information system for remote access that stores data relating to environmental monitoring, and allows the generation of graphs, calculations of quality index and statistical analysis. It also provides subsidies for the water classification, identification and analysis in order to assist in the monitoring of aquatic environments. The work presents this system that is supported on a web platform, easy to use, making it a tool to aid decision making.*

**Key words:** Information system. I3geo. Dimensional Modeling. Environmental Monitoring

**Theme Area:** Water Resources



## 1 Introdução

À medida que os sistemas hídricos sofrem ação antrópica como lançamento de cargas orgânicas, excesso de nutrientes e compostos tóxicos, quer seja por fontes pontuais ou difusas, ocorre redução da qualidade da água, restringindo sua utilização a poucas atividades. Quando não há mecanismos de proteção e não são tomadas medidas de recuperação, estes sistemas tornam-se degradados, influenciando diretamente na saúde da população.

O monitoramento dos recursos hídricos lóticos como rios, e lênticos como lagos e reservatórios auxilia no controle da qualidade de suas águas, permitindo entender as inter-relações existentes. A compreensão deste comportamento, bem como modelagem das possíveis alterações é limitada pela quantidade de dados existentes. Jorgensen (2001) cita que para que a avaliação seja condizente com a realidade, é necessária a existência de um bom banco de dados, com informações que permitam realizar interpretações significativas para apoiar a tomada de decisão. Estes dados podem estar associados a um sistema de informações, cujo acesso torna-se facilitado.

Os sistemas de informações transformam os dados existentes em informações relevantes para apoiar a tomada de decisão. Existem vários tipos de sistemas de informações, cada qual com suas características, que auxiliam significativamente para alcançar os objetivos de uma organização (PEROTTONI *et al*, 2001).

Os sistemas de informações computadorizados, quanto ao seu acesso, podem ser classificados em aplicações desktop e de acesso remoto. Em aplicações desktop o usuário tem acesso somente aos sistemas instalados no computador em que está trabalhando. Por outro lado, as aplicações de acesso remoto podem usar a internet para acessar, de qualquer computador conectado à rede, uma aplicação disponível num servidor localizado em qualquer lugar na rede. Este tipo de aplicação, de acesso remoto, é comumente chamada de aplicação web.

Desta forma, no sentido de desenvolver uma ferramenta de apoio a tomada de decisão foi criado um sistema que auxilia no monitoramento e investigação referente a recursos hídricos. A geração de gráficos, consultas e relatórios, os quais apresentam uma modificação temporal, são os fatores que conotam a ideia de gestão na questão de manutenção do recurso hídrico. Neste sentido, foi desenvolvida uma proposta de uma aplicação web que possibilita a integração entre diferentes usuários em um sistema colaborativo, o qual permite o compartilhamento das informações entre usuários pesquisadores, organizações empresariais e órgãos governamentais independentemente de localização.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de acesso via web, o qual permite a geração de gráficos, possibilita o cálculo de índices de qualidade de água, estado trófico, de comunidade fitoplanctônica, ferramentas que auxiliam na identificação da qualidade do corpo hídrico, além do armazenamento das informações geradas por pesquisadores, de uma forma integrada. Desse modo, visa promover mecanismos de difusão da informação, cujos dados poderão auxiliar a comunidade científica, empreendedores de hidrelétricas, e aos formuladores de políticas de recursos hídricos.

## 2 Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento do sistema foi adotado uma versão simplificada do Processo Unificado (*UP – Unified Process*), uma espécie de metodologia, em que se utiliza o paradigma de orientação a objetos. (PRESMAN, 2006).

O processo utilizado está baseado no Processo Unificado para conduzir e gerenciar as 4 fases do desenvolvimento: fase 1 – Concepção que inclui as etapas de Estudo de Viabilidade e Análise de Requisitos; fase 2 – Elaboração que inclui as etapas de Análise e Projeto; fase 3 – Construção que inclui as etapas de Geração de Código e Testes e finalmente a fase 4 –



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

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

Transição que contempla as etapas de Instalação e Manutenção. O processo é iterativo e incremental, isto é, o sistema é dividido em partes e, estas partes serão desenvolvidas uma em cada ciclo onde em um ciclo serão executadas todas as fases. Desta forma, a cada ciclo (iteração), será disponibilizando (incrementada) aos usuários uma nova funcionalidade.

Para o desenvolvimento, utiliza-se alguns diagramas e artefatos propostos pelo Processo Unificado. O uso de um processo para guiar o desenvolvimento do sistema ajuda a melhorar a qualidade do produto do software e facilita a sua expansão, evitando, dessa forma, a estagnação do software o qual deve constantemente receber novas funcionalidades e melhorias.

Para o desenvolvimento de um sistema com qualidade é fundamental uma boa análise dos requisitos e a criação de casos de uso do sistema. Alistair Cockburn (2006) diz que um caso de uso é uma coleção de possíveis sequências de interações entre o sistema em estudo e os usuários deste, relacionado a um determinado objetivo.

O caso de uso geral das interações entre os principais usuários e o sistema é representado na Figura 1. Estes casos de usos foram expandidos através de tabelas descrevendo cada uma das funcionalidades do sistema (Waslawick, 2004). Deve-se levar em consideração que nem todas as interações entre o sistema e os usuários estão descritas nesse diagrama, somente as principais.

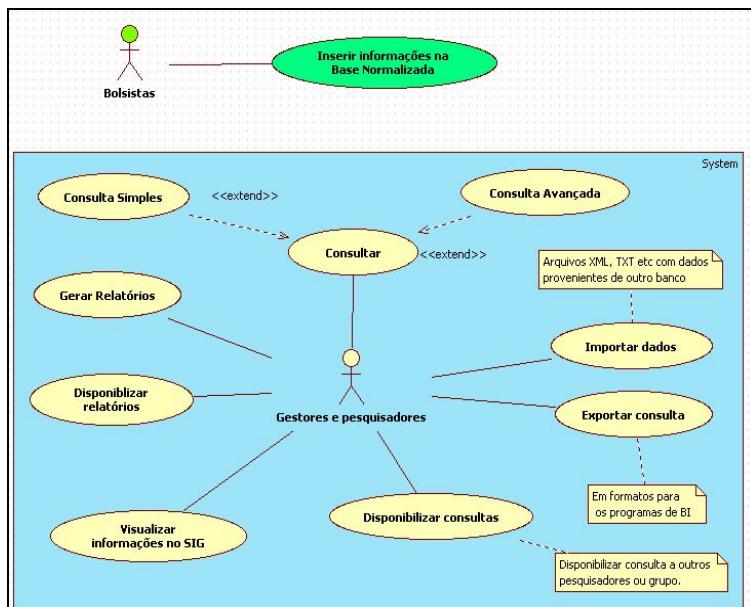


Figura 1 – Caso de uso para os usuários pesquisadores

Além da análise do sistema, a definição de uma boa arquitetura para trabalhar com um software web é extremamente importante. A implantação de um sistema muitas vezes torna-se oneroso devido à licença de outros softwares associados. Pensando nisso, a arquitetura do sistema em interface web oferece maior flexibilidade para o usuário, que pode usar um recurso em qualquer local sem a necessidade de instalar softwares ou comprar licenças.

A definição dos softwares que serão usados para atingir cada um dos objetivos do sistema, assim como linguagens utilizadas para implementação, é de grande importância, uma vez que isso ajuda a delimitar gastos totais com o projeto.

Para a implementação do sistema web usou-se a linguagem de programação PHP ([www.php.net](http://www.php.net)), que roda em um servidor Apache ([www.apache.org](http://www.apache.org)) e utiliza uma base de dados *PostgreSQL* ([www.postgresql.org](http://www.postgresql.org)). Além desses softwares livres há diversas bibliotecas PHP como o *Jpgraph* ([www.aditus.nu/jpgraph](http://www.aditus.nu/jpgraph)), *FPDF* ([www.fpdf.org](http://www.fpdf.org)), *Smarty*



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

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

([www.smarty.net](http://www.smarty.net)) que são gratuitas e estão sendo utilizadas no projeto, a fim de facilitar o desenvolvimento do sistema e a segurança do mesmo.

Para garantir bons resultados com um sistema é necessário que os dados que o alimentam tenham uma boa qualidade. Para conseguir qualidade de dados, a primeira e principal ação é analisar a fonte de possíveis problemas, intervindo no processo de obtenção dos mesmos.

O gerenciador do banco de dados adotado conta com o módulo Postgis ([www.postgis.refractions.net](http://www.postgis.refractions.net)). Dessa forma, foi possível a integração de dados geográficos ao sistema, como coordenadas geográficas dos pontos de monitoramento, polígonos de lagos, entre outros. Esses dados estão sendo usados no visualizador de mapas web I3GEO ([www.softwarepublico.gov.br](http://www.softwarepublico.gov.br)), desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente.

Conforme o tema em que se está interagindo com o sistema, é possível a criação de um mapa para melhor visualização dos resultados de uma consulta, por exemplo. Junto aos pontos também é possível integrar os dados coletados nas amostras.

Os dados inseridos no sistema para posterior análise são obtidos em campanhas de monitoramento, as quais podem ser de períodos mensais, trimestrais ou semestrais, dependendo o objetivo do trabalho e o local de monitoramento.

A fim de verificar a validade do sistema e sua funcionalidade, este foi testado com um caso de uso do monitoramento de um lago raso, artificial que caracteriza-se como um ambiente eutrofizado, que paulatinamente foi sendo povoado por uma espécie de macrófita, a *Salvínia sp.* (SCHNEIDER et al, 2009). Os dados foram coletados em diversas campanhas em uma rede de monitoramento previamente estabelecida, a fim de melhor identificar a qualidade de água do ambiente de estudo, neste caso, o lago.

Além deste caso de uso aplicado, dados de outras fontes, como rios, reservatórios de hidrelétricas, lagos e lagoas da região, estão também sendo incorporados ao sistema, os quais possibilitarão o agrupamento das informações e sua utilização por pesquisadores da área.

O sistema ainda permite a determinação das principais variáveis da estatística descritiva e gráficos, uma vez que estas ferramentas de análise de dados caracterizam a amostra disponível. Segundo Sperling (2007), estas ferramentas auxiliam no adequado aproveitamento dos dados levantados, possibilitando ao leitor do relatório, gerado por uma consulta ao sistema, fazer inferências rápidas sobre a caracterização quantitativa da amostra.

### 3 Resultados

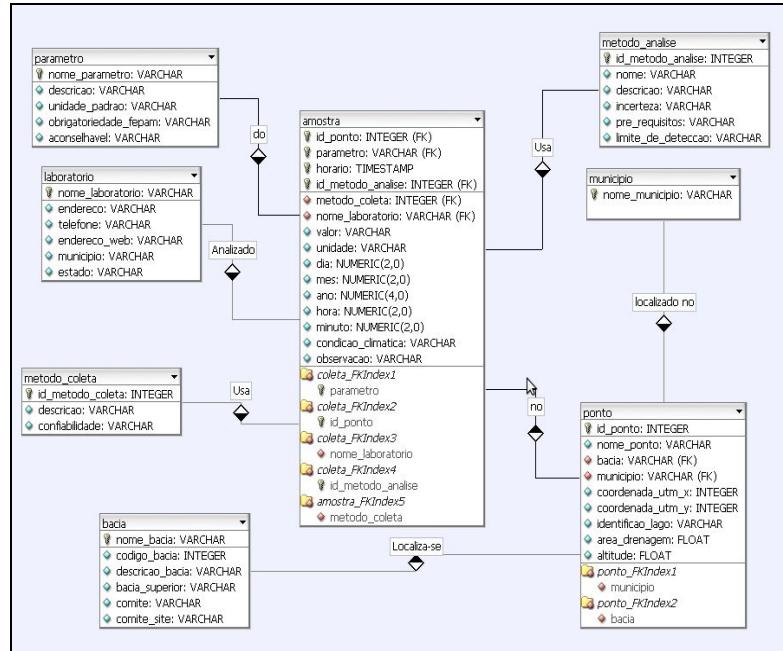
Como resultado da análise do sistema, optou-se por mostrar a modelagem do banco de dados utilizando a modelagem dimensional. A principal vantagem da modelagem dimensional é a simplicidade para a consulta em comparação com a modelagem em 3NF (3<sup>a</sup> forma normal) (Kimball, 2002).

A modelagem dimensional facilitou a solução do problema da representação dos dados ambientais e melhorou o acesso aos dados com ferramentas de pesquisa, e geração de relatórios. A Figura 2 apresenta o resultado da modelagem em um diagrama lógico da estrutura da base de dados.



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

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



**Figura 2 – Diagrama lógico da base de dados**

A modelagem dos dados, em sistemas complexos como rios e lagos, deve ser uma das partes mais importantes, já que a necessidade de realizar diversas análises requer níveis diferentes de atomicidade dos dados. Essa definição ocupa a maior parte da implementação do sistema, uma vez que as informações que não foram adquiridas no momento da coleta das amostras podem ser perdidas causando discrepâncias em análises futuras.

Para a tomada de decisão, uma das principais ferramentas utilizadas foi a geração de gráficos. Através dos gráficos e relatórios gerados em função dos dados existentes, o usuário pode obter as informações necessárias que o ajudará a identificar o comportamento ambiental do lago ou reservatório.

A geração de gráficos foi realizada com a utilização da biblioteca JGraph. A Figura 3 apresenta a tela onde o usuário tem a opção de escolha dos parâmetros a serem utilizados através de formulários HTML, os quais subsidiarão a elaboração da análise do ambiente de estudo. O usuário poderá também, apenas trabalhar com métodos estatísticos, ou inserir seus dados em programas que calculam índices de qualidade de água como o IQA, índices de estado trófico (IET), de diversidade de espécies, os quais estabelecem uma classificação para os corpos hídricos a partir da integração de grupos de variáveis específicos. (CETESB, 2009).



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

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

Você está em: [Página Inicial](#) >> [Água Superficial](#) >> [Gráfico por data](#)

### Gráfico por data

[Escolha o intervalo de data]

Do mês  /  ao mês  /

[Escolha os parâmetros]

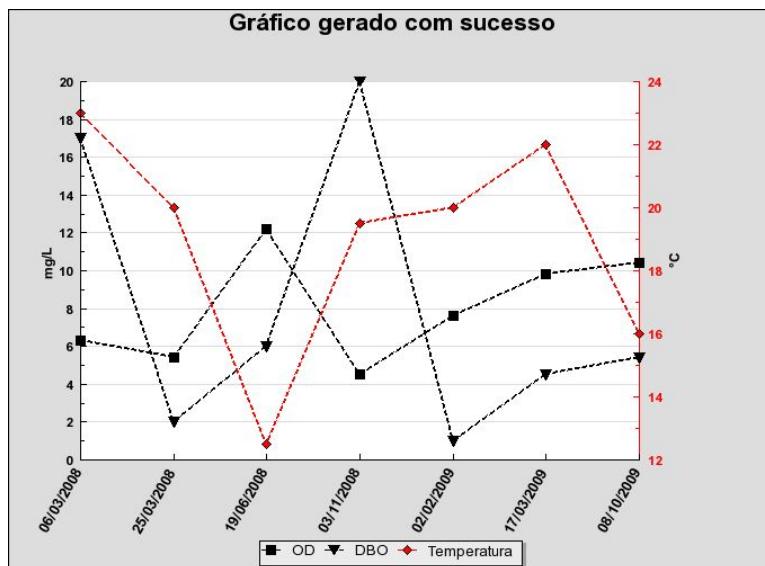
pH -  
 Nível da régua - Cm  
 OD - mg/L  
 Fósforo total - mg P/L  
 DQO - mg O<sub>2</sub>/L  
 Óleos e graxas totais - mg/L  
 Cianeto total - mg/L  
 Chumbo total - mg/L  
 Ferro total - mg/L  
 Zinco total - mg/L  
 Hidrocarbonetos de petróleo totais - µg/L  
 Sólidos totais - mg/L  
 Sólidos suspensos totais - mg/L  
 Sólidos totais voláteis - mg/L  
 Sólidos dissolvidos totais - mg/L  
 Sólidos dissolvidos voláteis - mg/L  
 Temperatura amostra - °C  
 Conductividade - µS/cm  
 Nitrogênio amoniacal - mg N-NH<sub>3</sub>/L  
 Nitrogênio Total kjeldahl - mg N/L  
 DBO - mg O<sub>2</sub>/L  
 Surfactantes aniónicos - mg/L  
 Alumínio total - mg/L  
 Cromo total - mg/L  
 Níquel total - mg/L  
 Fenol - µg/L  
 Coliformes termotolerantes - NMP/100mL  
 Sólidos totais fixos - mg/L  
 Sólidos suspensos fixos - mg/L  
 Sólidos suspensos voláteis - mg/L  
 Sólidos dissolvidos fixos - mg/L  
 Turbidez - UNT  
 Temperatura ar - °C

[Escolha o ponto]

Ponto:

**Figura 3 – Tela que gerou o gráfico da Figura 4.**

A Figura 4 apresenta um gráfico gerado pelo sistema a partir de um formulário HTML, demonstrando a escolha de parâmetros e variação temporal destes, indicando a presença de material orgânico e variação do oxigênio dissolvido em um dos pontos de monitoramento do caso de uso utilizado.



**Figura 4 - Gráfico de variação de Oxigênio Dissolvido e DBO.**

Como a geração dos gráficos é dinâmica, o sistema os gera automaticamente, independentemente de sua escala, simplesmente substituindo a escolha de algumas opções. O usuário tem a opção de escolher outros tipos de gráficos, dependendo apenas de sua decisão.



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

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

Com informações categorizadas, amostras de dados trabalhados e agrupados, o pesquisador terá a possibilidade de tomar a melhor decisão de intervenção.

Os dados agrupados no banco do sistema são úteis na avaliação da evolução da qualidade de água dos corpos d'água monitorados, subsidiando no diagnóstico e controle, possibilitando identificar os ambientes com problemas de qualidade e auxiliando na decisão das medidas preventivas e corretivas do local.

A inserção dos dados também é realizada através da utilização de formulários HTML. Unidos à linguagem JavaScript, é possível deixá-lo dinâmico, como apresenta a Figura 5, onde os parâmetros podem ser escolhidos nos campos de seleção, podendo ser adicionados tantos parâmetros quantos sejam de interesse do pesquisador.

The screenshot shows a web-based form titled "Inserir Amostra!". At the top, there's a breadcrumb navigation: "Você está em: Página Inicial >> Água Superficial >> Inserir Amostra". On the right, there's a link "Informar erro" (Report Error) with a yellow triangle icon. The form has two main sections:

- Dados Gerais:** Contains fields for "Ponto" (Point) set to "P1", "Data da Amostra" (Sampling Date) set to "19 Novembro 2009", "Horário da amostra" (Sampling Time) set to "15:30", and "Condições Climáticas" (Climatic Conditions) which is empty.
- Parâmetros:** A table showing five parameters with their values:

Parametro:	Valor:	+	-
pH -	6,7	+	-
Ferro total - mg/L	1,6	+	-
Zinco total - mg/L	0,03	+	-
Alumínio total - mc	0,56	+	-
Chumbo total - mg	0,019	+	-

At the bottom right of the form are two buttons: "Limpar" (Clear) and "Enviar" (Send).

**Figura 5 – Tela de Inserção dos Dados**

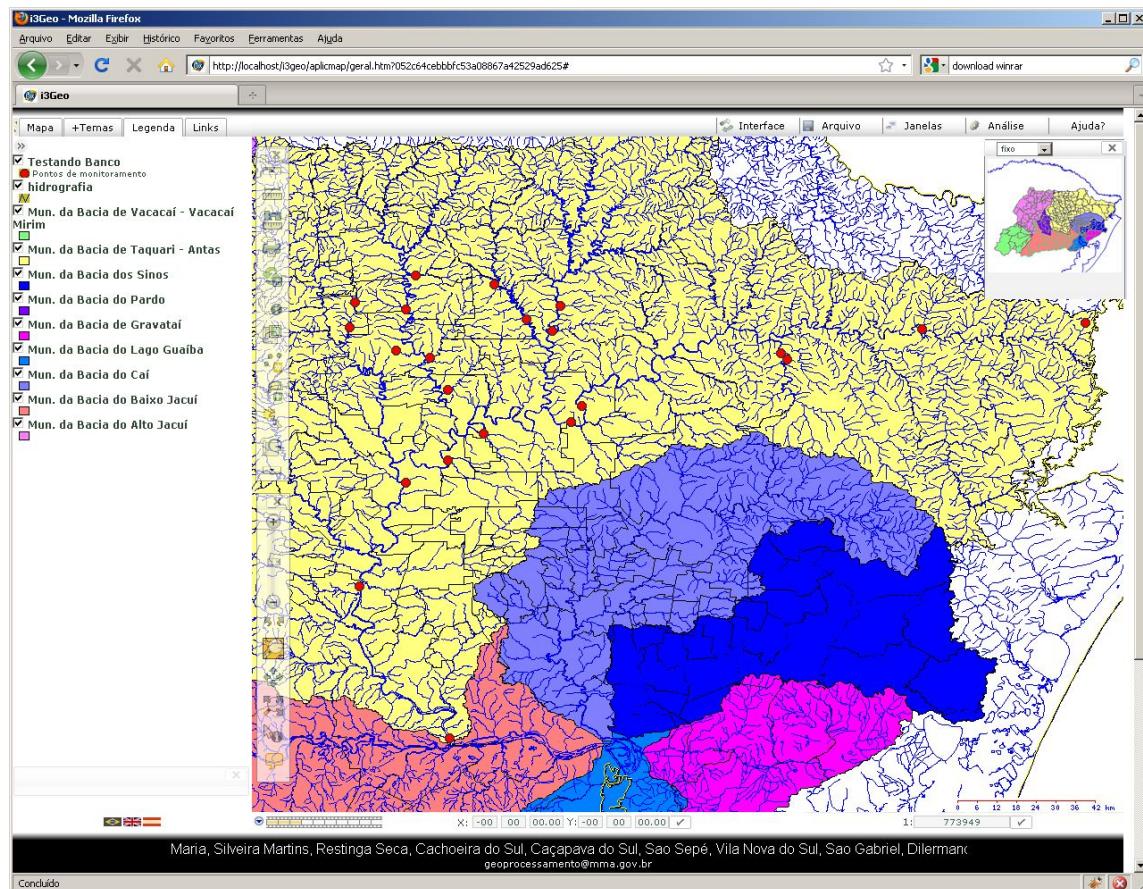
O sistema é executado em um navegador web (Mozilla Firefox, Internet Explorer, por exemplo) facilitando a integração entre os pesquisadores e a geração do conhecimento. Ainda conta com um ambiente virtual para troca de informação e compartilhamentos dos gráficos gerados e relatórios.

Com os dados inseridos e os gráficos prontos, a ferramenta de criação de mapas I3Geo pode receber estas informações em seus temas (camadas do mapa) e quando do acesso a uma bacia, pelo mapa, poderá receber todas as informações referentes à região escolhida, como apresenta a Figura 6.



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

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



**Figura 6 – Tela de apresentação do I3Geo com pontos de monitoramento**

### 4 Considerações Finais

O trabalho mostra a possibilidade de construção de um sistema de gestão e tomada de decisão rápida e eficiente fundamentada em dados específicos com maior facilidade e agilidade na geração de diagnósticos e prognósticos.

A integração de um banco de dados relativo ao monitoramento de qualidade de água associada a ferramentas de avaliação dos dados é útil para indicar tendências, proporcionando o uso sistemático da informação e caracterizando de forma quantitativa o ambiente de estudo. Tão importante quanto à efetiva coleta dos dados, é o agrupamento dos mesmos e análise correta para que o estudo seja confiável.

Através da ferramenta I3Geo, o sistema torna-se dinâmico, contribuindo com informações e procedimentos computacionais que permitem e facilitam a análise, gestão ou representação do espaço do local a ser estudado.

O sistema permitirá também reunir informações não apenas relativas à qualidade de água, mas também de sedimentos, da fauna aquática e suas inter-relações. Funções objetivas que auxiliem na definição de técnicas de modelagem, e que permitam trabalhar com um conjunto de dados cada vez maior ainda estão sendo desenvolvidas.



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

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

### Referências

ALISTAIR COCKBURN. **Use Case Fundamentals.** Disponível em: <<http://alistair.cockburn.us/Use+case+fundamentals>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

CETESB. **Relatório da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2008.** São Paulo: Cetesb, 2009.

JORGENSEN, S. E. Modelagem e Biomanipulação. In: DE BERNARDI, R.; GIUSSANI, G. (Org.). **Biomanipulação para gerenciamento de lagos e reservatórios.** São Carlos: Suprema, 2001. v. 7, p. 203-215.

KIMBALL, Ralph; ROSS, Margy. **The data warehouse toolkit: guia completo para modelagem dimensional.** Rio de Janeiro, RJ: Campus, 2002. 494 p. ISBN 8535211292

PERROTINI, Rodrigo; OLIVEIRA, M.; LUCIANO, E. M.; FREITAS H. **Sistemas de informações: um estudo comparativo das características tradicionais às atuais.** Porto Alegre/RS: ReAd . Disponível em <<http://read.adm.ufrgs.br>>. PPGA/EA/UFRGS, v.7, n.3, 2001

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de software.** 6.ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006. 720 p. ISBN 8586804576

SCHNEIDER, V. E., FINKLER, R. BORTOLIN, T. A., CARRA, S. H., CLAUS, M. V. **Utilização de estratégias de biomanipulação para recuperação de um lago eutrofizado.** In: 25 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009, Recife. 25 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro - RJ : ABES, 2009. p. 1-9.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade de água em rios.** 1.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 588 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; 7) ISBN 8588556072.

WAZLAWICK, Raul Sidnei. **Análise e projeto de sistemas de informação orientados a objetos.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 298 p. (Campus/SBC) ISBN 8535215646