

## Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental baseado no Spring: SIMA-S

Nelson Mario Victoria Bariani<sup>1,2</sup>

Alex Zanella<sup>1,3</sup>

Paulo César Pazdiora<sup>1,4</sup>

Cassiane Jayj de Melo Victoria Bariani<sup>1,5</sup>

Miriane Finamore Valim<sup>1,6</sup>

Roberto Dutra Felice<sup>1,7</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pampa – Unipampa – Campus Itaqui  
Rua Joaquim de Sá Britto s/n - 97650-000 - Itaqui - RS, Brasil

<sup>2</sup> nelsonbariani@unipampa.edu.br

<sup>3</sup> ale.zanella@hotmail.com

<sup>4</sup> paulo.pazdiora@yahoo.com.br

<sup>5</sup> cassiane.melo@gmail.com

<sup>6</sup> miriane.valim@gmail.com

<sup>7</sup> robertodutrafelice@gmail.com

**Abstract.** Environmental Monitoring is perceived as a necessity for satisfactory management of natural resources at a Municipal Level. In practice, this goal is difficult to achieve because of technical complexity and high cost of the process. In this work, a minimized cost, reliable system is proposed, based on the correlation between abiotic and biotic environmental parameters associated with a SIG (Geographic Information System) containing monitoring and relevant socio-economic information. The software Spring from INPE is a basic element of the system, both as a tool for satellite images processing and a data base for information storage and analysis. The system, called SIMA, is easily adapted to low or high funds situations, and has been developed at Itaqui City, RS, Brazil, where 18 points for water sampling were selected in the urban microbasins, and monitored during the last 2 years. The results, associated as tables with geo-objects constituted by the sampling points, and supported with hypsometric, declivity, soil use, hydric drainage and waste water net maps were correlated with geographical socio-economic information for identification of the sources of good or bad environmental quality. For simplicity of interpretation, all the parameters were converted to a Quality Scale, based on the general conclusions about each monitoring point. The system also includes environmental education in its conception, organizing applied activities with different segments of the community. The preliminary results that will be presented are highly promissory in terms of producing a comprehensible integrated vision of the environmental situation, with the bonus of effective action in education.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, water analysis, sensoriamento remoto, processamento de imagens, geologia.

### 1. Introdução

O estágio atual de evolução do ser humano tem sido insuficiente, até o momento, para administrar o crescimento das cidades, a expansão da agropecuária, e as atividades industriais de uma maneira sustentável (BRASIL, 2000). Essa situação fica evidente principalmente nos ecossistemas aquáticos de água doce, como lagos, arroios e rios, cujas águas são desviadas intensivamente para atividades antrópicas, e cujos corpos recebem efluentes domésticos, rurais e industriais sem tratamento, além de sofrer alteração nas estruturas de matas e encostas e outros filtros naturais (CARVALHO, 2000). Uma lavoura em particular, o arroz irrigado, mantém os ambientalistas sempre atentos em relação à produção de o grande consumo de água e o risco de transporte de resíduos de defensivos agrícolas para o meio ambiente. No entorno da cidade de Itaqui, RS, temos um exemplo onde confluem processos ambientais intensos e conflitantes oriundos da presença do Rio Uruguai e afluentes, das atividades de pesca e lazer, esgotos e resíduos sólidos da população urbana, da população rural associada à

pecuária extensiva, das atividades agrícolas e agroindustriais relacionadas à cultura do arroz, da criação intensiva de suínos e outras atividades antrópicas.

A água pode ser considerada o grande indicador da situação ambiental, devido à sua capacidade de acumular resíduos e energias oriundas do meio que a rodeia. Os parâmetros abióticos e bióticos relacionados à água permitem o monitoramento ambiental, ou seja, um processo de coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático das variáveis ambientais, com o objetivo de identificar e avaliar - qualitativa e quantitativamente - as condições dos recursos naturais em um determinado momento, assim como as tendências ao longo do tempo. As variáveis sociais, econômicas e institucionais também são incluídas neste estudo, já que exercem influências sobre o meio ambiente.

Com base nesses levantamentos, obtém-se informações sobre os fatores que influenciam o estado de conservação, preservação, degradação e recuperação ambiental da região estudada. Estes estudos podem subsidiar medidas de planejamento, controle, recuperação, preservação e conservação a nível municipal, além de auxiliar na definição de políticas ambientais.

Quando o monitoramento ambiental está associado com a educação ambiental, permite, ainda, compreender melhor a relação das ações do homem com o meio ambiente, bem como o resultado da atuação das instituições por meio de planos, programas, projetos, instrumentos legais e financeiros, capazes de manter as condições ideais dos recursos naturais (equilíbrio ecológico) ou recuperar áreas e sistemas específicos. Produz ainda um sentimento de integração do homem com a natureza.

Neste projeto, a análise da qualidade e dinâmica da água é o elemento chave que revela as interações existentes nas microbacias ao redor da cidade de Itaquí, incluindo as interações entre a rede hidrográfica, as lavouras irrigadas, as matas, as atividades industriais e as cidades. A bacia hidrográfica é adotada como unidade ideal de planejamento e intervenção, devido ao papel integrador das águas, nos aspectos físico, bioquímico e sócio-econômico (LANNA, 2001, pág.76).

O estudo das condições ambientais da região sob estudo através de imagens de satélites como Landsat-5, CBERS-2, CBERS-2B de uso livre (disponíveis no site [www.dgi.inpe.br](http://www.dgi.inpe.br)), assim como imagens do Google-Earth processadas por técnicas de geoprocessamento usando o programa Spring do INPE, permitem identificar e separar espectralmente as áreas de plantio, campos nativos e pastagens, matas ciliares, regiões de assoreamento e corpos de água e outras características pontualmente necessárias. As imagens processadas e georeferenciadas são a base para diferenciação e caracterização do ambiente da região sob estudo, renovadas periodicamente, e acompanhadas por reconhecimentos utilizando equipamentos GPS e registros fotográficos em campo. Para identificação das microbacias da região sob estudo, assim como a declividade do terreno, são utilizados Modelos Digitais de Elevação (MDE) obtidos através de dados da missão SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission). O objetivo da missão SRTM foi adquirir dados de altimetria de todo o globo terrestre a partir de sensores ativos (radar). A resolução das imagens liberadas para a América do Sul foi de 90 metros, e as correspondentes ao território brasileiro foram tratadas pela Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e disponibilizadas gratuitamente na internet através do endereço eletrônico: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm>. O tratamento dessas imagens e o posterior cruzamento com identificações e informações terrestres via GPS permite comparar os dados obtidos, “calibrando” futuras identificações de feições de imagens satelitais, diminuindo assim as visitas de campo e seus custos. A inclusão de imagens periódicas no banco de dados permite comparações que possibilitam uma visão da evolução temporal dos ecossistemas das microbacias.

Os indicadores bióticos de fauna e flora também são de grande importância no sistema de monitoramento. Entre as metodologias de educação ambiental associadas com o sistema de

monitoramento proposto neste trabalho estão: o monitoramento de peixes através da pesca esportiva com devolução, o de aves através da fotografia, e o monitoramento físico-químico em laboratórios de escolas, unidos a métodos de avaliação com fins de diferenciar espécies.

Embora exista vontade política, social e empresarial de avançar positivamente para uma relação sustentável com o meio ambiente, a falta de informações confiáveis leva a impasses no desenvolvimento de ações efetivas, sendo que nenhum dos envolvidos: comunidade, empresas, governo, concorda em assumir sua parcela de ônus ambiental. Os próprios sistemas de monitoramento tradicionais, sendo o primeiro passo a ser realizado pois permitem diagnosticar a situação, acabam sendo de tal complexidade técnica e custo que inibem a implantação efetiva dos mesmos. O SIMA vem contribuir a resolver esta situação, pelo fato de ser concebido na base da flexibilidade de custos, podendo expandir ou contrair sua base analítica sem perder a funcionalidade. Outro aspecto que redundava em benefício é a interrelação do sistema com a educação ambiental, acrescentando ainda mais rendimento ao investimento realizado.

O monitoramento ambiental pode ser visto como uma amostragem estatística. Em geral a representatividade da informação obtida com a rede de monitoramento está relacionada com os aspectos espaciais e temporais do fenômeno observado. No SIMA, o interesse está centrado na determinação da qualidade do meio ambiente, tomando como referência o ambiente preservado, natural, reconhecível intuitivamente pela biodiversidade e beleza. Esta informação está contida na água, e é acessível através de parâmetros bióticos e abióticos que podem ser medidos. Existe, porém, um “ruído” associado a essa informação devido aos procedimentos de amostragem de campo e análise realizados, geralmente de bastante complexidade. A utilização de recursos humanos treinados ao ponto de fazer esse ruído desprezível, ou seja, eliminar erros e incertezas nos procedimentos dando grande confiabilidade aos procedimentos realizados, tem um alto custo que ultrapassa os limites de muitos orçamentos de instituições e empresas. Conforme Stair e Reynolds (2002), para ser valiosa, a informação deve conter as seguintes características: ser precisa, completa, econômica, flexível, confiável, relevante, simples, pontual, verificável, acessível e segura. Se a informação não for precisa ou completa, decisões ruins podem ser tomadas, e, conseqüentemente, custar muito caro para quem dependa dela. Também se a informação não for pertinente à situação, se chegar aos tomadores de decisão no momento inadequado ou com muita complexidade para seu entendimento, ela poderá ser de pouco valor para o sistema.

Uma das principais atividades no monitoramento ambiental é a sua quantificação. Essa quantificação seja ela para fins de informação, ou para avaliar a sua eficácia pode ser melhorada com a utilização do conceito de entropia. Esse princípio permite a quantificação da informação e possibilitou um sem número de aplicações em várias áreas do conhecimento humano (Soares, 2001; Novaes, 1982; Shannon e Weaver, 1964).

Quando já se possui alguma informação sobre uma mensagem, o acréscimo de informação pode ser pouco ou muito dependendo do que já se conhece. O desconhecimento sobre a informação recebida leva ao conceito de incerteza, pois quanto maior a incerteza sobre o resultado de um “estado” da mensagem, maior será a quantidade de informação associada a esse resultado.

Utilizando qualitativamente estes conceitos, fica mais clara a idéia de que a informação que podemos chamar “qualidade ambiental” está contida nos diversos parâmetros da água e indicadores ambientais estudados, e que a partir de um certo número de observações, a informação passará a ser redundante. Essa redundância é aproveitada no SIMA para conferir confiabilidade ao sistema, dando flexibilidade para a escolha dos procedimentos e recursos humanos integrantes do projeto, de acordo com o orçamento disponível naquele momento.

A ligação entre o sistema de informação geográfica criado neste trabalho e o banco de dados contendo as informações dos indicadores ambientais medidos é através do SGBDR

(Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional) – do Spring. Neste modelo "georrelacional", os componentes espacial e descritivo do objeto geográfico são armazenados separadamente. Os atributos como nome do ponto de coleta, pH, concentração de sódio, etc são guardados no banco de dados (na forma de tabelas), associados a objetos espaciais (pontos de amostragem na tela, por exemplo) e tratados por um sistema dedicado que faz a conexão através de identificadores de objetos. Para recuperar resultados no caso de uma consulta para tomada de decisão sobre a qualidade do ambiente, os dois subsistemas devem ser pesquisados pelo programa, e a resposta é uma composição de resultados (INPE / DPI, Tutor 10 aulas, Aula 09, <http://www.dpi.inpe.br/spring>).

## 2. Metodologia de Trabalho

Para a caracterização das condições ambientais da água foram feitas medições “in loco” e retiradas amostras representativas em cada um dos pontos investigados. A dinâmica da presença na água de substâncias produzidas pela atividade antrópica ou natural foi estudada durante ciclos de 12 meses, aumentando o número de análises conforme a implementação das mesmas. As metodologias estão baseadas nas recomendações do “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, na sua versão em inglês (CLESCERL, 1998) ou em espanhol (APHA, 1992). Foram utilizados medidores via eletrodos para condutividade, pH, oxigênio dissolvido, potencial redox. Para titulação de cloretos, matéria orgânica, acidez, alcalinidade foram usados tituladores digitais manuais ou automáticos. Para nitratos e matéria orgânica foi utilizado um espectrofotômetro UV-Vis. Para  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ , e  $\text{Li}^+$  foi utilizado espectrômetro de chama.

Para o processamento dos registros de bandas espectrais dos satélites Landsat 5, CBERS 2 e CBERS-2B selecionados foi utilizado o software livre SPRING, desenvolvido pelo INPE, que integra o processamento de imagens e a criação de um Sistema de Informação Geográfica ligado a bancos de dados (CÂMARA et. al, 1996). Mediante a combinação adequada de bandas e o georeferenciamento das mesmas, foram obtidas imagens processadas da região sob estudo, permitindo identificar áreas de refletâncias diferenciadas; para identificar a natureza dessas reflexões, foi utilizado o software Google Earth, e visitas de campo com o auxílio de equipamentos GPS para orientação, assim como máquinas fotográficas digitais para registro de imagens in loco. Uma vez feita essa associação, foram obtidos mapas e imagens da região sob estudo contendo as informações de uso do solo, estradas, rios, áreas de preservação ambiental, áreas de assoreamento e erosão, e outras informações relevantes como linhas da rede de esgoto, declividade e hipsometria. Também foram adaptados mapas pedológicos, geomorfológicos e litológicos disponíveis (VALIM, 2007).

O sistema de informação geográfica criado caracteriza-se pela estratificação das informações em níveis tais como: 1) imagens da região; 2) uso do solo, hipsometria, declividade, cotas; 3) hidrografia, rede de esgoto, rede viária; 4) pontos de amostragem; 5) pontos de atividades industriais e comerciais; 6) histórico dos p. de c.; 7) condutividade águas; 8) pH; 9) oxigênio dissolvido; 10) potencial redox; 11) microbiologia, cloretos; 12) matéria orgânica (DQO), nitratos e outras camadas que apareçam como necessárias. Isso permite flexibilidade de combinações e eficiência no acesso a qualquer localização geográfica da base de dados. Relações das entidades contidas nos planos de informação também foram inferidas a partir da investigação da ocorrência conjunta de condições ou locais representados no modelo digital do ambiente, no módulo de consulta relacional do spring .

Os dados experimentais também foram processados em planilhas eletrônicas, mediante a preparação de tabelas e gráficos em configurações favoráveis para a análise dos mesmos, que foram desenvolvidas e armazenadas como modelos, para formar parte do sistema de monitoramento, e serem de fácil uso por operadores não especializados. Também foram

estudadas correlações através do coeficiente R de Pearson, cujo cálculo está disponível nos programas de planilhas eletrônicas como Br Office ou outros.

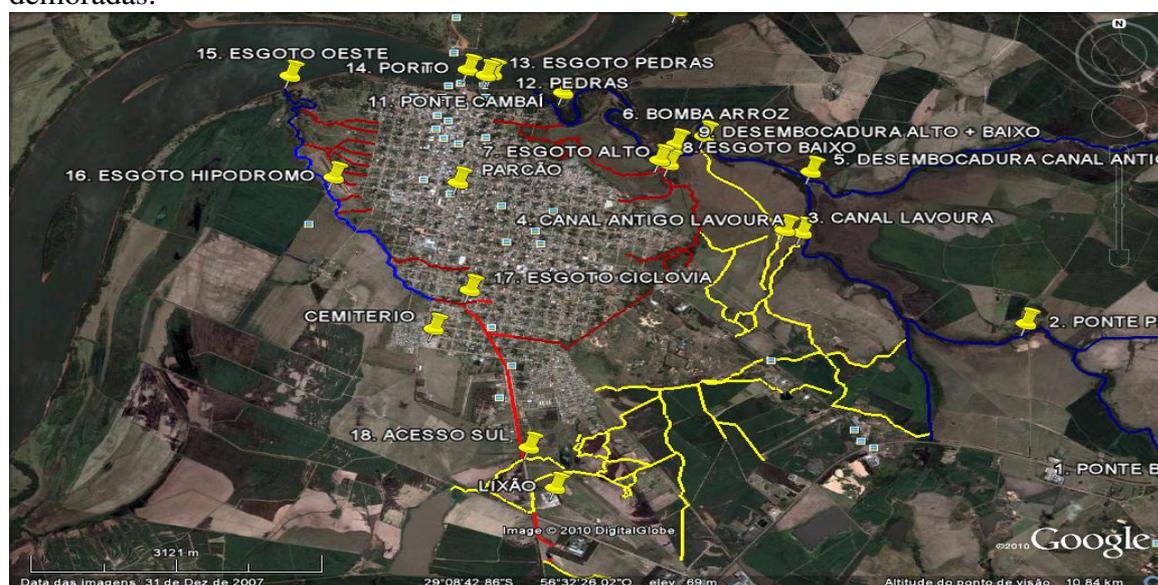
Dentro da filosofia de análise do SIMA, todos os dados experimentais são valiosos, seja para avaliação do ambiente ou para avaliação dos procedimentos aplicados. Como as medições são realizadas periodicamente, existe um “valor esperado” associado com o histórico daquele parâmetro naquele ponto, e valores “fora do normal” devem ser explicados, seja como indicadores de um fenômeno novo ou como indicadores de algum erro nos procedimentos. Para isso, conta-se com as informações contidas nos outros parâmetros, que também deveriam acusar uma “anormalidade”.

Para implementação das metodologias do SIMA, são avaliadas as incertezas das medições realizadas, associada a fatores do aparelho (resolução e calibração) e do método de medição (soma e propagação de incertezas dos procedimentos). É levado em conta o fato de que os parâmetros ambientais tem uma natural flutuação aleatória, o que permite uma certa tolerância na incerteza dos procedimentos, que redundam em menores custos de operacionalização dos mesmos.

Na sua concepção, o SIMA traz embutida a educação e conscientização ambiental. As metodologias usadas até o momento foram: ações de monitoramento in loco incluindo grupos de estudantes universitários e de ensino médio, envolvimento de professores e turmas de ensino básico nas ações de monitoramento, preparação de metodologias para atividades de pesca ecológica e fotografia de aves associadas a uma avaliação estatística ambiental.

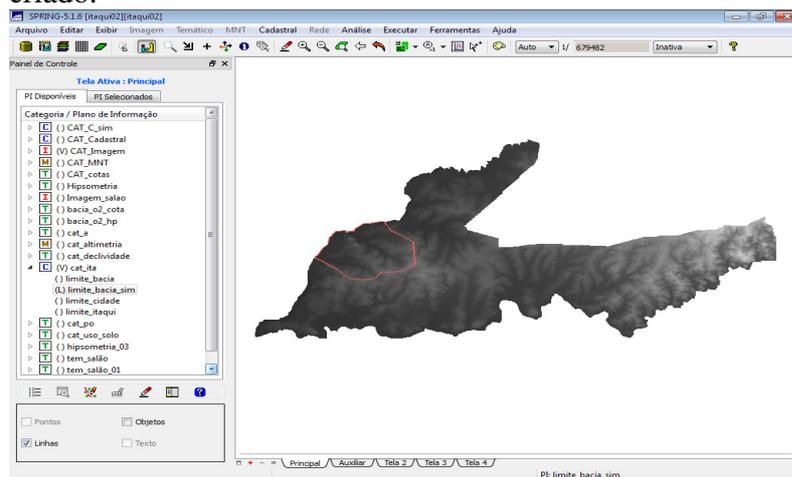
### 3. Resultados e discussão

Através das medições de condutividade, altamente sensíveis, estáveis, confiáveis, rápidas e robustas, foram escolhidos os 18 pontos de amostragem para as microbacias urbanas de Itaquí, obtendo-se valores entre 40 a 60 micro Siemens ( $\mu\text{S}$ ) para águas de boa qualidade (Rio Uruguai (alta vazão), e saídas de canal de lavoura de arroz em estadios fenológicos avançados), 60 a 100  $\mu\text{S}$  para qualidade intermediária (Rio Cambaí em alta diluição diluição intermediária), 100 a 150  $\mu\text{S}$  qualidade ruim (esgotos diluídos, lixiviação agrícola), e  $>150\mu\text{S}$  qualidade péssima (esgotos 200 a 350  $\mu\text{S}$ ). Essas medições foram realizadas in loco, utilizando diversos meios de transporte tanto por água quanto por terra, utilizando condutivímetro portátil, phmetro e oxímetro. O sistema de amostragem consolidou-se através da utilização de motocicleta e garrafas PET previamente higienizadas, com análise imediata de alguns parâmetros e congelamento da amostra para conservação para análises mais demoradas.



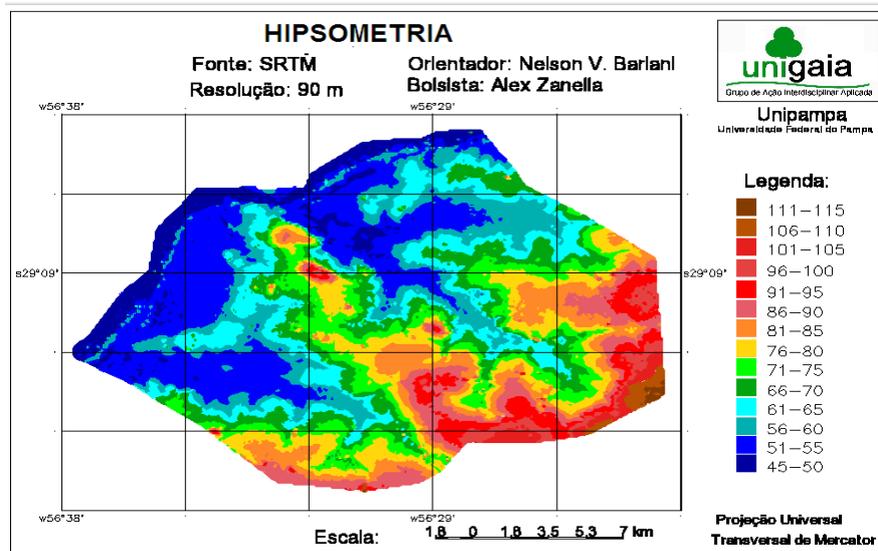
**Figura 1.** Imagem do Google Earth contendo os 18 pontos de amostragem e algumas entidades sócio-econômicas com potencial de afetar a qualidade da água, exportada e georeferenciada no Spring (registrada) para formar parte do banco de dados do SIMA.

A importação de imagens SRTM e procedimento para criar os mapas de hipsometria e declividade seguiram os procedimentos indicados em ([www.comunidadespring.com.br](http://www.comunidadespring.com.br)), permitindo visualizar as diferentes cotas das microbacias, e as interrelações entre os diferentes objetos geográficos pensando no escoamento da água. Estes mapas são muito importantes para subsidiar as análises em imagens de alta e media resolução incluída no banco de dados criado.

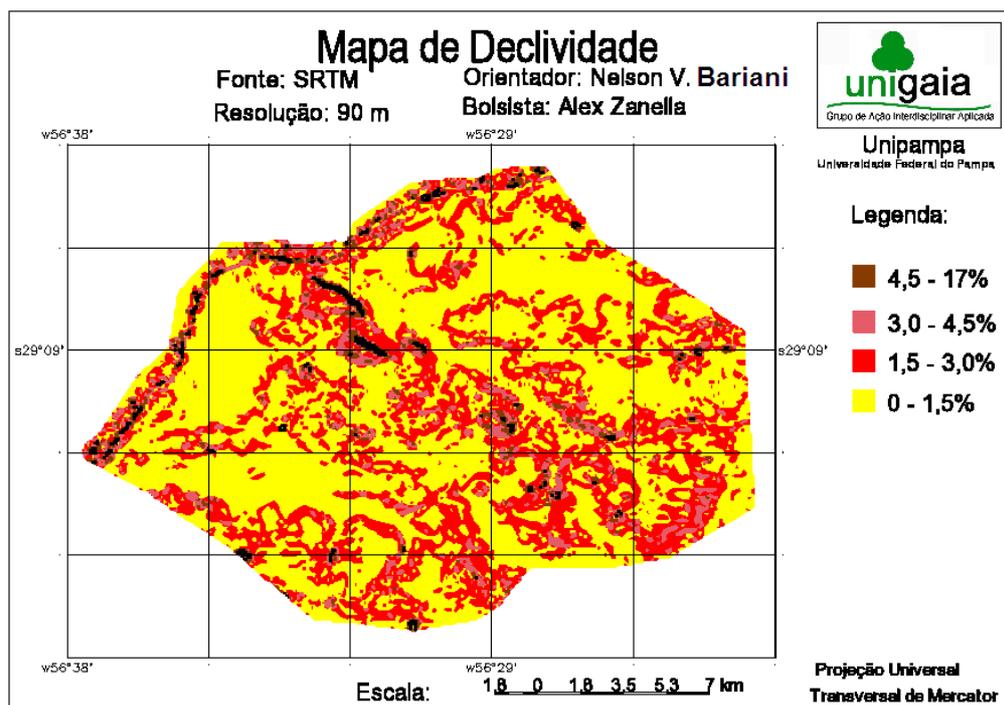


**Figura 2.** Imagem SRTM importada do site da Embrapa, mostrando os limites da máscara de recorte para as microbacias vinculadas à área urbana de Itaquí

A imagem SRTM que inclui à região estudada, de nome SH-21-X-C.tif, foi recortada com o programa IMPIMA do pacote do SPRING incluindo as microbacias urbanas sob estudo. Posteriormente importada no SPRING foi utilizada para o traçado de uma máscara vetorial, em categoria cadastral, correspondente ao limite das microbacias. Esa máscara foi utilizada para recortar todas as camadas de informação, limitando a região sob estudo. Este procedimento é muito importante também por motivos práticos: os bancos de dados correspondentes a microbacias são bem manipulados em computadores de configurações comuns.

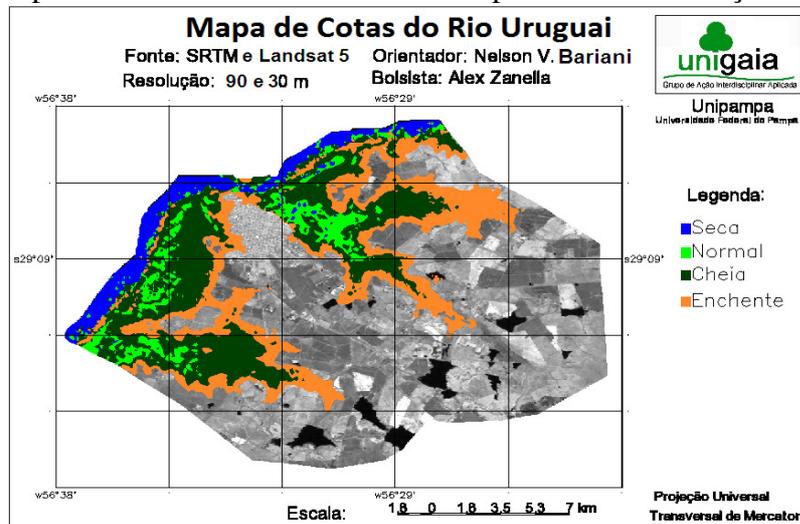


**Figura 3.** Mapa hipsométrico obtido por processamento no Spring de Imagem SRTM



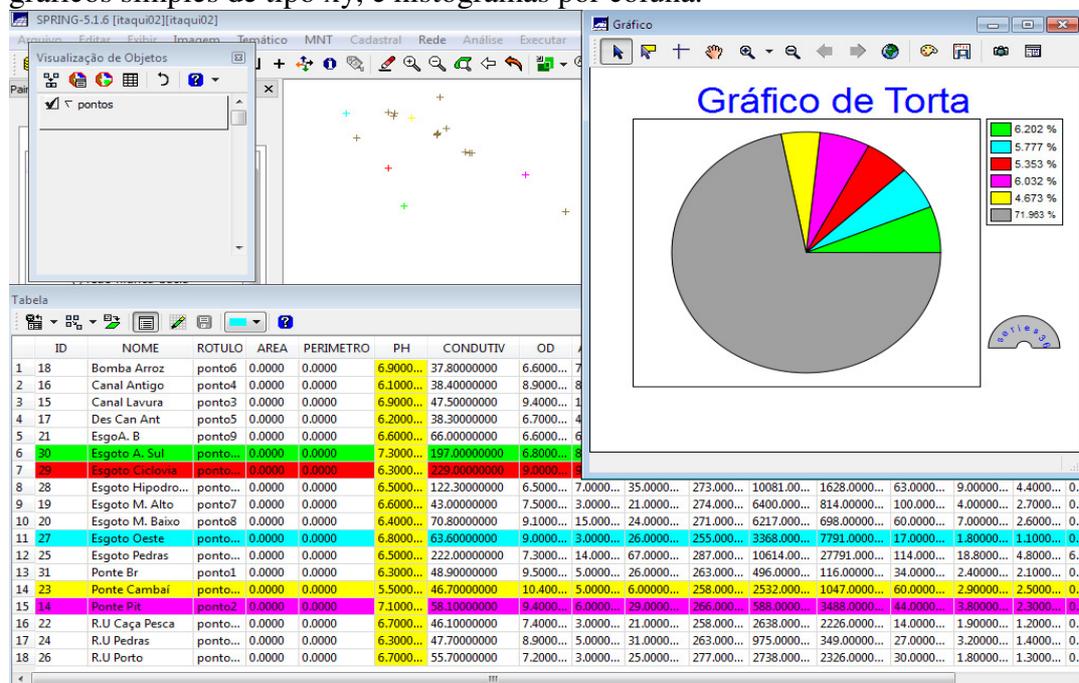
**Figura 4.** Mapa de declividade obtido no Spring.

No mapa hipsométrico e de declividade, ficam identificadas as áreas altas correspondentes à cidade de Itaqui, e as áreas baixas inundáveis pelas cotas altas do Rio Uruguai. Durante os episódios de cotas altas (enchentes), produzem-se interconexões entre os pontos de amostragem e objetos sócio-econômicos (com potencial poluidor), que servem para explicar variações particulares nos parâmetros da água medidos no sistema de monitoramento. Interpretação parecida tem os incidentes de pluviosidade alta, devido à existência de cotas altas momentâneas, dependendo das intensidade do evento. Devemos salientar que informações sobre cotas do Rio Uruguai na região estão disponíveis no site da Agência Nacional de Águas (ANA), e informações pluviométricas são obtidas do Instituto Riograndense do Arroz (IRGA). Devido às importantes correlações entre as cotas mencionadas e os valores experimentais de parâmetros da água, a análise pode ser subsidiada eficientemente por um mapa com as principais cotas das microbacias. No nosso estudo, estas cotas foram classificadas em baixa (seca), normal, e alta (enchente), e foi também representada a cota máxima histórica para fins de ilustração. Veja figura 5.



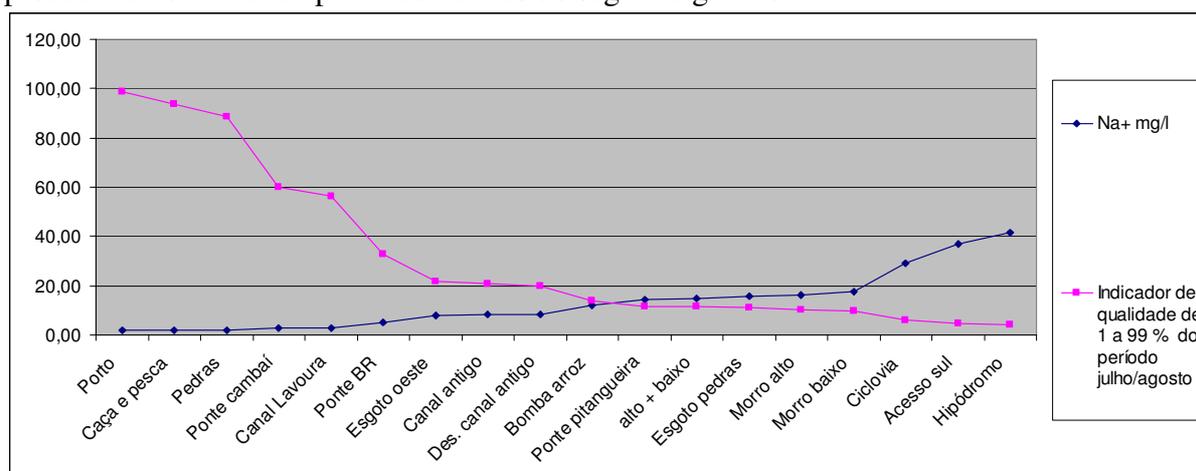
**Figura 5.** Mapas com as 4 cotas: baixa, normal, alta e enchente, indicando os intervalos. Cotas extraídas do site da ANA usando o programa Hidro.

As informações coletadas em campo e laboratório, transformadas em tabelas, podem ser introduzidas no Spring e associadas aos geo-objetos (pontos de amostragem). Isto permite utilizar os mecanismos de consulta por atributos do banco de dados, permitindo responder a perguntas como: que pontos tiveram condutividade > 100  $\mu\text{S}$  e número de unidades formadoras de colônias em meio Agar > 15000 ? Também podem ser realizados alguns gráficos simples de tipo xy, e histogramas por coluna.



**Figura 6.** Tela do Spring mostrando as tabelas por ponto em situação de consulta para análise de dados, incluindo gráfico.

Outro aspecto importante do SIMA é a criação de critérios de qualidade baseados na análise integrada dos diversos parâmetros, incluindo a percepção geral de um ponto conhecida através das visitas e de interação com a população local. Uma vez definidos critérios de qualidade para cada ponto, pode ser criada uma escala de qualidade para cada parâmetro. Esse procedimento fica exemplificado através do seguinte gráfico.



**Figura 7.** Gráfico de conversão para índices de qualidade ponto a ponto para um parâmetro único, a concentração de sódio, em mg/l, medidas em fotômetro de chama

A proposta é não apenas limitar-se pelos valores designados pela legislação para qualificar os pontos em termos de qualidade, senão utilizar os valores típicos de cada ponto de amostragem para guiar-se com relação a eventos de possível impacto do meio ambiente.

A flexibilidade do SIMA para inclusão de novos tipos de análise é indiscutível, e estes podem vir a facilitar visões mais detalhadas dos processos ambientais que acontecem nas microbacias. Sem dúvida, a infinita complexidade do meio ambiente faz que novos tipos de análises sempre tenham novas informações disponíveis para serem aproveitadas para uma compreensão maior dos fenômenos. Porém, por motivos econômicos e de conveniência a um certo momento, pode ser necessário reduzir o sistema a sua mínima expressão, para o qual estamos iniciando a aplicação de conceitos da Teoria da informação já mencionada, que possam disponibilizar critérios para seleção de um conjunto mínimo de parâmetros capazes de manter em funcionamento o sistema na sua capacidade de diagnóstico da qualidade ambiental. Isto também é importante pensando em montar redes telemétricas para aquisição de dados em tempo real.

Parágrafo sobre ações de educação ambiental associadas e o impacto das mesmas.

Parágrafo sobre indicadores biológicos como aves e peixes.

O SIMA propõe na sua concepção a associação das atividades de monitoramento com ações de educação ambiental, visando que o sistema de diagnóstico possa também ser ativo no avanço para a solução dos problemas. Dentre as ações já realizadas, podemos citar que a realização de monitoramento *in loco* com participação conjunta de estudantes da universidade e estudantes de ensino médio produziu o efeito imediato de estimular vários participantes a participar do ENEM, segundo relatos dos professores responsáveis, que também se estimularam a fazer ingresso na universidade! (PAZDIORA, 2010) Outra atividade, a fotografia de aves, testada em situações de avaliação de número de marrecas na região, mostra-se como muito promissora para substituir práticas antigas como a caça (VICTORIA BARIANI, SIEPE 2010).

#### **4. Conclusões**

O sistema integrado de monitoramento ambiental aqui apresentado, baseado no levantamento de dados da qualidade da água em pontos estratégicos das microbacias sob estudo, apresenta grande potencialidade para sua implantação em microbacias estratégicas de Município - como as urbanas - onde atuam simultaneamente fatores ambientais e antrópicos advindos das diferentes formas de uso do solo. Os parâmetros físico-químicos, microbiológicos e indicadores biológicos testados na cidade de Itaquí, RS, confirmam a existência de informação em comum, referida ao estado do meio ambiente, que quando trabalhada em conjunto permite grande confiabilidade às conclusões sobre a qualidade do ambiente. O uso de imagens de satélite e de radar resulta essencial para a caracterização das relações topológicas entre os pontos amostrados e as entidades sócio-econômicas do ambiente, como linhas de esgoto de áreas de moradia, efluentes de atividades industriais, efluentes de atividades agrícolas irrigadas como lavouras de arroz. A diversidade de variáveis analisadas, que incluem 9 parâmetros físico-químicos, 2 microbiológicos e 2 biológicos, unidas ao considerável número de pontos monitorados (18), e à diversidade das interações geográficas com agentes com potencial modificador do meio ambiente, demanda a utilização de um Sistema de Informação Geográfica interativo, que foi proporcionado existosamente nesta aplicação pela plataforma SPRING, também utilizada para o processamento de imagens de satélite e de radar. Na base do sistema implementado, alguns pontos analisados como exemplo caíram na categoria baixa qualidade em situações de seca, devido à influência de efluentes de esgoto, enquanto outros manifestaram a baixa qualidade produzida pela lixiviação de produtos agrícolas em determinadas épocas, assim como outros, finalmente, demonstraram conseguir manter, durante o período deste estudo, condições de boa qualidade, associadas ao grande volume de água transportado pelo Rio Uruguai, e à capacidade de autodepuração do mesmo para as concentrações recebidas. O sistema permite ações relacionadas a educação ambiental, envolvendo membros da comunidade em ações de

monitoramento, como o caso de estudantes de ensino médio apresentado, onde o impacto positivo da atividade motivou a participação de vários deles no ENEM, para ingresso no ensino superior. Devido à complexidade do meio ambiente, o caráter aberto do sistema, facilita a expansão do número de análises e parâmetros a serem analisados, em situações de recursos materiais abundantes, assim como permite redução do sistema a custo mínimo sem perder operabilidade em situações de baixo financiamento. Mais detalhes sobre aplicações específicas do sistema pode ser encontrado em trabalhos de iniciação científica dos coautores deste artigo publicados neste Simpósio.

## 5. Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA, por fornecer condições para o desenvolvimento deste trabalho, através de bolsas de iniciação à pesquisa do programa de desenvolvimento acadêmico (PBDA), assim como disponibilizando laboratórios, reagentes, equipamentos, recursos de informática, instalações e transporte acessíveis ao grupo de pesquisa. Também agradecemos de maneira geral a colaboração dos diversos segmentos da população, pescadores, arroteiros, autoridades municipais, empresas e instituições que colaboraram de diversas formas com informações, transporte, locais de acesso a pontos de coleta, e boa disposição para contribuir nos estudos realizados.

## Referências Bibliográficas

- ANA – Agência Nacional de Águas – **Cotas**. Disponível em: <www.ana.gov.br> Acessado em 20 nov. 2010
- APPA, AWWA, WPCF, **Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales**, Editorial Diaz de Santos, 1ª. Edição, 1992
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cidades sustentáveis: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira**. Brasília, 2000.
- CAMARA G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido .**SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" J Computers & Graphics**, 20: (3) 395-403, May-Jun. 1996.
- CARVALHO, Adriana Rosa; SCHLITTLER, Flávio Henrique Mingante; TORNISIELO, Valdemar Luiz. **Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água**. Química Nova, São Paulo, v. 23, n. 5, 2000.
- CETESB - **Companhia Estadual Técnica de Saneamento Básico e Defesa do meio Ambiente** – Variáveis de qualidade das águas. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br> . Acesso em: 08 nov. 2008
- CLESCERI, Lenore S. (Editor), et al. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21<sup>th</sup> Edition. APHA, AWWA, WEF, 2005.
- EMBRAPA, Imagem SRTM; **Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**  
Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm> Acesso em: 20 jun. de 2010
- EMBRAPA, Monitoramento por Satélite; **Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satelite/quickbird.html>. Acesso em: 20 nov. 2010
- FIGUEIRO, D. O.; Implementação de Metodologias de Análises da Qualidade da Água em Itaquí; **Resumo do Salão Internacional de Ensino Pesquisa e Extensão – SIEPE 2010**
- INPE - **Imagens de Satélites** – Disponível em <www.dgi.inpe.br> Acessado em 20 nov. 2010
- LANNA, Antonio Eduardo. A Inserção da Gestão das Águas na Gestão Ambiental, **Relatório ao Congresso de Bacias, s/ed**, Governo do Brasil: ESP/SERH, 2001, 78 pag., 03/2004.
- PAZDIORA, P. C.; Sistema de Monitoramento Ambiental Usando Métodos Físicoquímicos no Município de Itaquí; **Resumo do Salão Internacional de Ensino Pesquisa e Extensão – SIEPE 2010**
- SPRING. **Tutorial 10 Aulas – SPRING 5.0**. Disponível em:  
http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/banco.html Acessado em: 20 nov. 2010.
- Stair, R. M.; Reynolds, G. W., **Princípios de sistemas de informação: uma abordagem gerencial, 4a. ed.**, LTC, Rio de Janeiro (2002)
- Shannon, C. E. **A mathematical theory of communication, The Bell System Technical Journal**, v. 27, p. 379-423 (1948).
- SILVA, F. W.; Estudo de Respostas Bioquímicas a Poluentes em Lambaris (*Astyanax* sp) em Perímetro Urbano de Rosário do Sul, Rio Santa Maria; **Resumo do Salão Internacional de Ensino Pesquisa e Extensão – SIEPE 2010**
- VICTORIA, C. M.; Indicadores Microbiológicos para Monitoramento Ambiental; **Resumo do Salão Internacional de Ensino Pesquisa e Extensão – SIEPE 2010**