

Análise de parâmetros microbiológicos e cloreto para monitoramento integrado em microbacias urbanas

Cassiane Jayj de Melo Victoria Bariani ^{1,2}

Alex Zanella ^{1,3}

Paulo César Pazdiora ^{1,4}

Alcides Ramos ^{1,5}

Caroline Farias Barreto ^{1,6}

Roberto Dutra Felice ^{1,7}

Nelson Mario Victoria Bariani ^{1,5}

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

² cassiane.melo@gmail.com

³ ale.zanella@hotmail.com

⁴ paulo.pazdiora@yahoo.com.br

⁵ alcidesramos_agro@hotmail.com

⁶ carol_fariasb@hotmail.com

⁷ robertodutrafelice@gmail.com

⁸ vbarini@gmail.com

Abstract. A detailed analysis of microbiological parameters and chloride, associated with a geographic information system, and correlated with other physico-chemical, geographic and biotic indicators can constitute a powerful tool for environmental monitoring. In this work, the free software Spring, developed by INPE, the Brazilian space agency, is used to analyze the urban micro-basins of Itaqui, RS, Brazil. Eighteen points were selected for water sampling, and several parameters were measured monthly during 2010. From this set of data, the microbiological and chloride information was chosen for detailed analysis in this work, with reference to other parameters when necessary. The results show that the number of colony forming units obtained in specific agar media types and chloride concentration are clear indicators of sewage effluents presence when correlating positively. On the other hand, an inverse correlation can indicate the presence of non sewage contamination, for example, agricultural chemicals lixiviation, producing algae growth. The key point that empowers the analytic capability of this parameters for evaluating the quality of the environment is its association with geographic information allocated in a specific Geographic Information System (GIS) constructed for the region using the satellite images processing capabilities of Spring, and its ability for associating geographic objects with the information tables containing the values of the parameters. A point by point analysis using the cross linked information between microbiologic and chloride analysis and geo-objects (sources of potentially contaminating effluents) revealed the dynamics of some contaminating processes in the basin.

Palavras-chave: image processing, water analysis, sensoriamento remoto, processamento de imagens, SIG.

1. Introdução

O uso e o aprimoramento dos processos de monitoramento ambiental vêm se tornando uma demanda da sociedade, devido à consciência ambiental, saúde pública e em todos os ramos da atividade econômica e, sobretudo, nas atividades agropecuárias, como a criação de bovinos, do campo ao abate, bem como as atividades orizícolas, implantação, geração de resíduos e seu armazenamento. A grande polêmica referente à cultura do arroz irrigado está ligada principalmente à quantidade de água utilizada, e que gera impactos ambientais locais e regionais, devido ao uso de agroquímicos. As cidades também é um grande potencial poluidor, pelo fato dos efluentes produzido pela população. Por esse motivo a utilização de um Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental (SIMA) que comece com análises físicas, químicas e microbiológica da água se faz necessário, bem como o geoprocessamento de locais

estratégicos. Por esse motivo a cidade de Itaqui apresenta condições favoráveis para a aplicação de um piloto do Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental.

Este trabalho faz parte de um Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental, com o objetivo de avaliar a qualidade da água na microbacia em torno da cidade de Itaqui, através de técnicas de baixo custo operacional para obtenção de dados da quantidade da água, este trabalho irá abordar somente os parâmetros microbiológicos e químico, bem como o uso de fotografias de satélite gratuitas e software livre para avaliação. Serão abordados parâmetros como análises microbiológicas das águas e cloretos, pois essas possuem uma correlação, além de processamento das imagens e dos dados obtidos no software Spring.

A cidade de Itaqui no Rio Grande do Sul é banhada pelo Rio Uruguai e possui em sua microbacia urbana córregos de pequena vazão, que são influenciados pelas cheias e secas do Rio Uruguai, que é um rio volumoso. A cidade possui cerca de 35000 mil habitantes no perímetro urbano, segundo o censo de 2006. Não possuindo um sistema de tratamento de esgoto, os efluentes domésticos e industriais são despejados diretamente nos rios, córregos e barragens da região, além disso a cidade de Itaqui possui pontos potencialmente poluidores como Abatedouro, Granjas Tecnificadas de Suínos, Lixão, Hospital, depósitos de cascas de arroz e empresas de beneficiamento de arroz, além das lavouras orizícolas que cercam a cidade.

Algumas análises podem ser correlacionadas aumentando o grau de confiabilidade do SIMA. Um exemplo disso são as análises microbiológicas em comparação a análise química de Cloretos. Isso porque podemos considerar que tanto os microorganismos como os cloretos estão presentes nas águas de efluentes domésticos, caracterizando contaminação.

Os coliformes caracterizam poluição originária de dejetos fecais de animais de sangue quente. Atualmente os microrganismos mesófilos têm sido usados para caracterizar a qualidade da água. A presença de bactérias no meio aquático relacionado com a concentração de cloretos pode servir como um forte indicador de qualidade da água, pois a presença de qualquer um deles indica contaminação fecal.

As bactérias do grupo dos coliformes são bactérias que vivem normalmente nos intestinos de todas as pessoas. Eles não causam doenças; pelo contrario, ajudam a nossa digestão e se alimentam de alguns produtos desta. Mas eles existem em tão grande número que, apesar de microscópios, chegam a formar maior parte do volume fecal. Cada ser adulto expele diariamente, com suas fezes, um número situado entre 50 bilhões e 400 bilhões de bactérias coliformes. Tendo em vista esse número astronômico e o fato que, em uma cidade, somente uma parcela relativamente pequena dos habitantes é portadora de bactérias patogênicas, percebe-se facilmente que a proporção de coliformes em relação a patogênicos, nos esgotos é incrivelmente grande.

Como esse tipo de bactéria não se reproduz nas águas, mas só no intestino, sua presença indica obrigatoriamente a presença de material intestinal. E, dado o numero extraordinário que ela se encontra, é praticamente impossível que a presença de matéria fecal, ainda que extremamente diluída, não seja revelada pela presença de coliformes. Em resumo, a presença de coliformes na água indica, sempre, a presença de esgotos, e esta, por sua vez, significa a possibilidade da presença de patógenos, dada a provável existência de pessoas doentes ou portadoras em meio à população que deu origem aqueles esgotos.

O cloreto é o ânion Cl^- que se apresenta nas águas subterrâneas através de solos e rochas. Nas águas superficiais são fontes importantes as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca de 6 g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg/L.

Para as águas de abastecimento público, a concentração de cloreto constitui-se em padrão de potabilidade, segundo a Portaria 1469 do Ministério da Saúde. O cloreto provoca sabor “salgado” na água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em

concentrações da ordem de 250 mg/L, valor este que é tomado como padrão de potabilidade. Estes parâmetros foram associados a informações geográficas e exemplificam, neste trabalho, as características e potencialidades do SIMA.

2. Metodologia de Trabalho

Para as análises microbiológicas foram utilizado o método de contagem em placas, com dois meios de culturas distintos, Nutriente Agar e Agar Mac Conkey. O método de diluição em placas para contagem de u.f.c. é uma das técnicas mais básicas e essenciais em bacteriologia. O Nutriente Agar é constituído de extrato de carne, peptona, agar bacteriológico e água destilada, já o Agar Mac Conkey é constituído de cloreto de sódio, lactose e peptona, é um meio adquirido pronto, bastando apenas acrescentar água.

O Nutriente Agar é um meio de cultura propicio para bactérias formadoras de colônia, já o Agar Mac Conkey é um meio de cultura diferencial utilizado para isolamento de coliformes, as bactérias do grupo dos coliformes são gram negativas podendo ser encontradas de forma isolada e/ou em colônias. Neste agar após 48h a 30°C as colônias de *Escherichia coli* são vermelhas e mucóides, enquanto que as colônias de *Salmonella* e *Shigella* são brancas.

Também eram utilizados como indicadores da contaminação por esgotos sanitários, podendo-se associar a elevação do nível de cloreto em um rio com o lançamento de esgotos sanitários. Hoje, porém, o teste de coliformes fecais é mais preciso para esta função. O cloreto apresenta também influência nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos.

Os cloretos são titulados com uma solução de Nitrato de Prata, precipitando o Cloreto da Prata sendo ponto final determinado pela presença do Cromato do Potássio, o qual reage com o excesso de prata no final da titulação formando um precipitado vermelho tijolo de Cromato de Prata.

Todas as técnicas aqui utilizadas seguem indicações do Standard Method for the Examination of Water and Wastewater AWA (2005).

As metodologias aplicadas para os procedimentos de georeferenciamento das imagens, (registro), separação dos pixel da imagem em classes de uso do solo (classificação), realização de mapas de acordo com as cotas altimétricas (hipsométricos), e a introdução de informações (atributos) em forma de tabelas associadas aos pontos de monitoramento (geo-objetos), para posterior consulta procurando entender as relações entre as informações (consulta em banco de dados relacional) seguiram as instruções contidas no Tutorial do Spring (www.dpi.inpe.br/spring/portugues/banco.html).

3. Resultados e discussão.

O rio Uruguai é parte da Microbacia em estudo, é em função dele que as análises microbiológica variam. As inúmeras represas hidroelétricas no rio Uruguai, acima da área de estudo, portanto, as chuvas que ocorrem ao lado oeste do estado de Santa Catarina, bem como a dinâmica das comportas das represas hidrelétricas influenciam as cotas do rio Uruguai nesta região. Por isso se identificou que mesmo sem a ocorrência de chuvas locais as cotas variam significativamente.

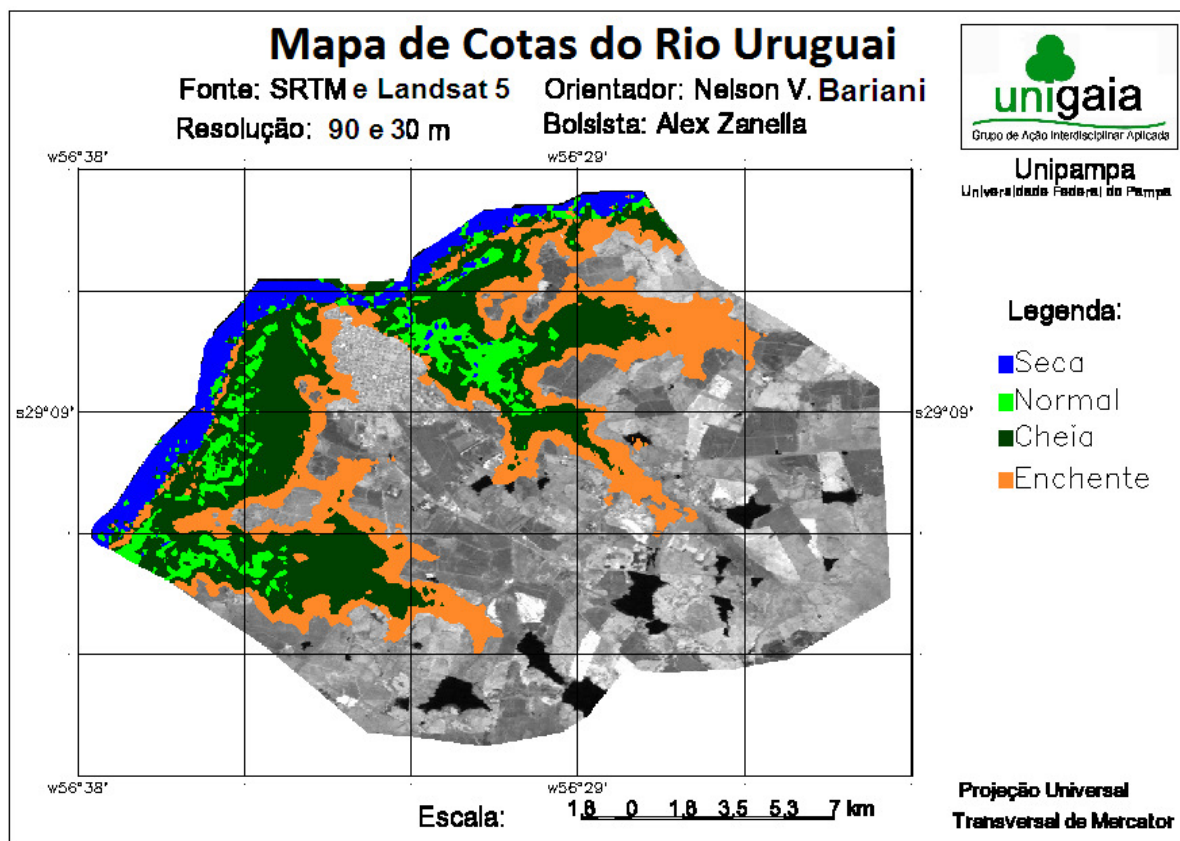


Figura 01: Cotas do Rio Uruguai obtidas no Spring por processamento de Imagens SRTM obtidas no site da Embrapa (www.relevobr.cnpm.embrap.br/download/index.htm).

A análise dos dados permite perceber que existe uma correlação entre as variações dos valores dos parâmetros medidos e as variações das cotas do rio. Em meses mais secos, por exemplo, a concentração de microrganismos é elevada aumentando também a concentração de cloretos. Pegamos o caso em particular do ponto Ponte Br, sua localização é distante cerca de 10 km do rio Uruguai, sendo influenciada pelo rio apenas em épocas de enchentes, nas épocas de estiagens este ponto fica isolado, cortando sua ligação com a região acima dele. Mas por ser próxima a um depósito de casca de arroz e de um local de extração de sedimentos (areia e pedras) e ainda receber a água do rio Cambaí que passa a 1m de distância desses locais, torna o ponto Ponte Br particularmente diferente dos demais.

Podemos observar através dos gráficos que as bactérias formadoras de colônia, os coliformes e os cloretos se acompanham nos seus aumentos e diminuições, evidenciando assim uma correlação e se aplicarmos a o Coeficiente de Correlação de Pearson obtemos um valor de 0,64 que qualifica a correlação como “Moderada positiva”.

Observamos então os gráficos a seguir: em azul esta representada a quantidade de bactérias formadoras de colônias UFC/ml encontradas no Nutriente Agar; em vermelho a quantidade de bactérias coliformes, também por ml, encontrada no meio Agar Mac Conkey; em verde a concentração de Cloretos em mg/L e em lilás as cotas do rio Uruguai na altura da cidade de Itaqui.

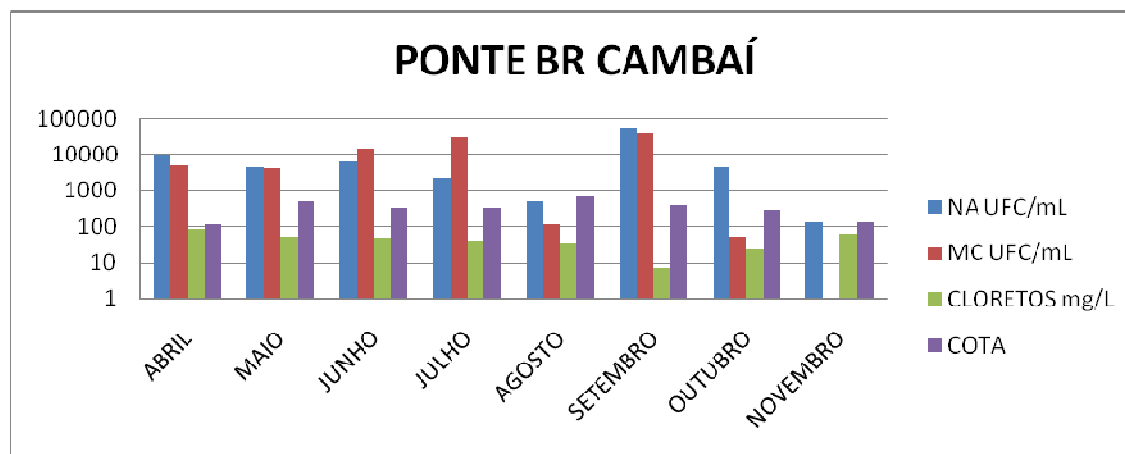


Figura 02: Gráfico comparativo dos parâmetros medidos mensalmente para o Ponto de Monitoramento chamado Ponte Br Cambaí

O ponto PONTE BR CAMBAÍ está localizado a 29°10'6.91" de latitude e 56°28'27.29" de longitude na BR 472 é uma área rural, cercada por campo utilizado pela bovinocultura, onde recebe a junção de dois braços do rio Cambaí. O braço localizado a leste recebe água de barragens utilizadas para irrigação do arroz, já o braço localizado a oeste do ponto recebe influência de um depósito de casaca de arroz e uma pedreira abandonada. Ainda, na Br 472, encontra-se a planta Cambaí da empresa Camil alimentos e o Abatedouro Classic, que demonstraram através das análises físicoquímicas e microbiológicas que mesmo estando a 1Km de distância não afetam diretamente este ponto.

O mês de abril apresentou a menor cota, acarretando o não recebimento de efluentes provenientes da região acima do mesmo. Os parâmetros analisados estavam significativamente elevados. Em maio observa-se uma diminuição na quantidade de microrganismos e cloretos devido ao aumento da cota, através do fenômeno de diluição das águas. Já em junho ocorre um aumento na quantidade de microrganismos e cloretos bem como a diminuição da cota, podendo ser explicado pela concentração. Julho a cota se mantém, porém a quantidade de coliformes aumenta significativamente, isso pode se dar devido a cota se manter proporcionando uma limpeza da região de abrangência do ponto. Em agosto temos a cota mais alta e podemos verificar a diminuição dos microrganismos e cloretos, isso se dá devido à diluição das águas, que neste estágio de cheia afeta o ponto Ponte Br. O mês de setembro a cota deu uma diminuída significativa e observamos um grande aumento do número de microrganismos, mostrando que realmente acontece a limpeza das áreas de abrangência desse ponto com as cheias, porém os níveis de cloretos diminuíram, indicando, portanto, que a contaminação por microrganismos pode ser dada por outro agente que não os esgotos domésticos, onde a presença de cloretos é bastante significativa. Em outubro, passado dois meses das cheias, verificou-se uma significativa diminuição nos números de microrganismos, principalmente dos coliformes, e também um aumento dos cloretos, isso pode ser um indicador de estabilização das águas que teriam sido afetadas pela limpeza realizada pela enchente. No mês de novembro a cota estava baixa, o que indicaria um aumento na concentração de microrganismos e cloretos, porém, ocorre uma diminuição na quantidade desses parâmetros, que pode ser explicado devido a presença de algas nesta época do ano e nesta região, isso devido ao ambiente propício ao seu desenvolvimento, pelo fato das lavouras gerarem nutrientes através de sua adubação, fato que favorece o aparecimento de algas. Essas algas ao mesmo tempo que podem gerar uma descontaminação por microrganismos, no caso aqui levantado os coliformes, que não houve detecção no mês de novembro, elas também podem ocasionar prejuízos a vida aquática, como aos peixes, pelo

fato de fazerem a fotossíntese, onde liberarem oxigênio durante o dia e consomem o oxigênio a noite, liberando o gás carbônico.

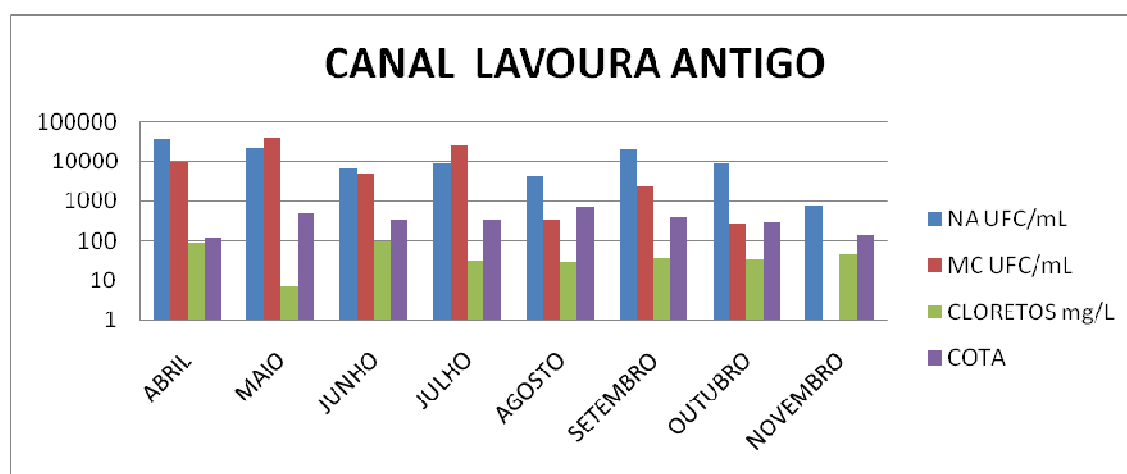


Figura 03: Gráfico comparativo dos parâmetros medidos mensalmente para o Ponto de Monitoramento chamado Canal Lavoura Antigo

O CANAL ANTIGO esta localizado a 29° 8'17.60" de latitude e 56°31'3.30" de longitude é um ponto que foi aberto para fazer a drenagem das lavouras, mas que com o passar dos anos foi criando uma vegetação em sua volta o que da a impressão que este seja um córrego natural. Supostamente recebe efluentes de empresas que trabalham no setor de beneficiamento do arroz e também do Abatedouro da cidade, em épocas de cheias.

Em abril onde se apresentou a menor cota os microrganismos e cloretos estavam em alta concentração, já em maio quando a cota aumentou observou-se um aumento na quantidade de coliformes, bem como a diminuição dos níveis de cloretos, isso porque o ponto Canal Lavoura Antigo estava recebendo efluentes do Abatedouro, o que indicou um aumento dos coliforme, por outro lado devido a diluição das águas os cloretos baixaram seus níveis. Em junho ocorre uma diminuição da cota bem como a diminuição dos microrganismos e aumento dos cloretos, isso porque com a cota elevada de maio, após passar o período de contaminação pelo Abatedouro, os microrganismos foram arrastados pelas águas, porém os níveis de cloretos aumentaram devido a concentração ocasionada pela diminuição da cota no mês de junho. Em julho já começamos a observar o aumento das bactérias, devido à concentração delas pela cota mais baixa. Em agosto onde a cota esta alta ocorre à diminuição dos parâmetros analisados, isso devido ao fenômeno de diluição das águas. Em setembro a cota diminui, acarretando um aumento na concentração de bactérias e cloretos, isso porque as águas da cheia de agosto limpam a região de abrangência do ponto Canal Lavoura Antigo, além de ter feito a ligação entre as lagoas de decantação do Abatedouro da cidade, bem como pela concentração devido a cota mais baixa. Em outubro mesmo a cota diminuindo os níveis de bactérias e cloretos baixaram o que indica que a ligação com as lagoas de decantação do abatedouro foram desfeitas. Em novembro a cota estava bem baixa bem como os parâmetros analisados, isso porque além de ser zona de lavoura de arroz, onde nessa época se começou a entrada da água, há a presença de algas no local, devido ao ambiente propicio ao seu desenvolvimento, pelo fato das lavouras gerarem nutrientes através de sua adubação, fato que favorece o aparecimento de algas. Essas algas ao mesmo tempo em que podem gerar uma descontaminação por microrganismos, no caso aqui levantado os coliformes, que não houve detecção no mês de novembro, elas também podem ocasionar prejuízos a vida aquática, como aos peixes, pelo fato de fazerem a fotossíntese, onde liberarem oxigênio durante o dia e consomem o oxigênio a noite, liberando o gás carbônico.

Este tipo de análise pode ser realizada com vantagem no módulo de consulta de banco de dados relacional do Spring, colocando condições aos atributos, sendo estes NAUFCml (unidades formadoras de colônias por mililitro no meio Agar), MCUFCml (unidades formadoras de colônias por ml em meio Mac Conkey) e Cl_mgl (cloreto em miligramas por litro). Por exemplo, pode ser identificados quais pontos estão superando uma certo valor crítico de cada um dos parâmetros, como mostrado na figura.

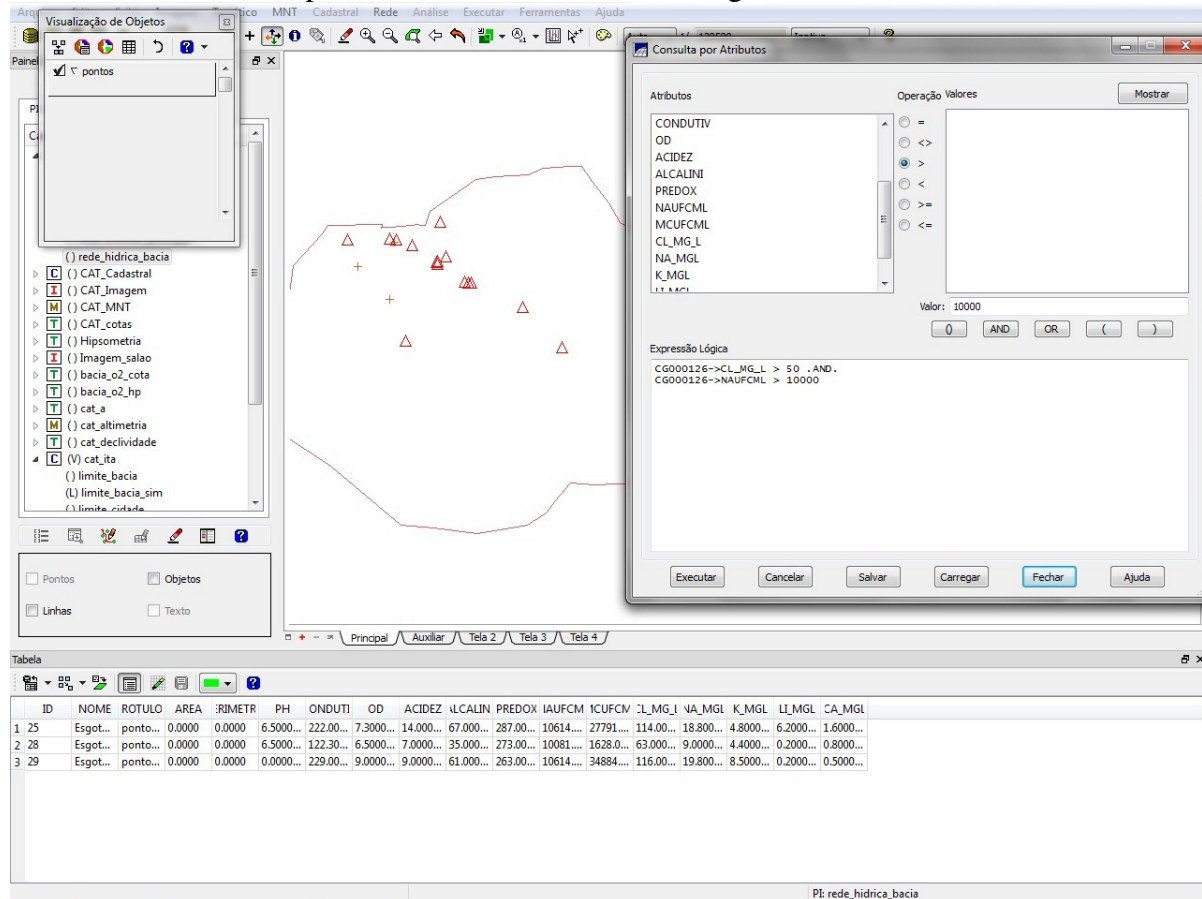


Figura 04: Imagem exemplificando o uso do banco relacional do Spring para identificação de pontos críticos relacionados a presença de microorganismos

4. Conclusões

As análises de microorganismos e cloretos, associadas a informações geográficas, conformam um conjunto coerente de informações capaz de avaliar a condição do meio ambiente com boa confiabilidade. Por exemplo podemos concluir que em épocas de cheia ocorre uma diluição tanto das bactérias como dos cloretos, mas quando o rio está voltando para seu nível normal às águas fazem uma limpeza, além de ligações com locais potencialmente poluidores nas regiões de abrangências dos pontos analisados, aumentando assim a concentração das bactérias, bem como os níveis de cloretos, mas que conforme as cotas vão se mantendo estáveis a corrente das águas leva embora a poluição e o rio consegue se manter em níveis aceitáveis para a dessedentação de animais, irrigação de lavouras, bem como para a pesca e lazer. Já em épocas de seca a água se encontra com altas concentrações de microorganismos bem como de cloretos, porém em épocas de seca que ocorra a presença de algas e plantas depuradoras as concentrações desses parâmetros diminuem como foi o caso para o mês de novembro, onde devido a adubação do solo nas lavouras de arroz a entrada das águas ocasionaram a proliferação desses microorganismos. O sistema de informações geográficas criado no Spring, permitiu organizar e relacionar informações das análises e geográficas, conformando, junto com a análise em planilhas eletrônicas, um sistema de monitoramento integrado que os autores nomearam como SIMA, e do qual este trabalho é um exemplo.

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 Díaz 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**. 21th 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

Minei, N., Um método expedito para a medição de vazão em rios e canais abertos. **Tese (Doutorado) - Escola Politécnica**, Universidade de São Paulo, São Paulo (1999).

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.

MEDEIROS, Gerson Araújo de; ARCHANJO, Pablo; SIMIONATO, Ricardo; REIS, Fabio Augusto Gomes Vieira; Diagnóstico da Qualidade da Água na Microbacia do Córrego Recanto, em Americana, no Estado de São Paulo; **São Paulo, UNESP, Geociências, v. 28, n. 2, p. 181-191, 2009**

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).

Shannon, C. E.; Weaver, W., **The mathematical theory of communication**, The University of Illinois Press, Urbana (1964).

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**

VALIM, M. F; Análise Geoambiental da Microbacia do Arroio Cambaí; **Trabalho de Conclusão de Curso de Geografia** – Unijui 2007

VICTORIA, C. M.; Indicadores Microbiológicos para Monitoramento Ambiental; **Resumo do Salão Internacional de Ensino Pesquisa e Extensão – SIEPE 2010**

VICTORIA, C. M.; Potencialidades da Fotografia de Aves e a Pesca com Devolução como Atividades de Educação Ambiental, Turismo e Integração Internacional; **Resumo do Salão Internacional de Ensino Pesquisa e Extensão – SIEPE 2010**