



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

IV-016 – APLICAÇÃO DE UM SISTEMA PARA ORGANIZAÇÃO DOS DADOS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DO ESTUÁRIO DO RIO PARAÍBA DO NORTE

Cristiano das Neves Almeida(1)

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestre em Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutorando em Recursos Hídricos pela EESC/USP. Bolsista do CNPq.

Carmem Lúcia Moreira Gadelha

Engenheira Civil pela UFPB. Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela EESC/USP. Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola Politécnica de São Paulo / Universidade de São Paulo. Professora da UFPB – Centro de Tecnologia – Campus I.

Taysa Tamara Viana Machado

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Especialista em Engenharia Sanitária pela Escola Nacional de Saúde Pública (FioCruz-RJ). Mestre em Desenvolvimento do Meio Ambiente pelo PRODEMA/UFPB.

Wamberto Raimundo da Silva Júnior

Graduando em Engenharia Civil pela UFPB – Campus I. Bolsista de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq).

Nayra Vicente Sousa e Silva

Graduando em Engenharia Civil pela UFPB – Campus I. Bolsista de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq).

Endereço⁽¹⁾: Av. Capitão João Freire, 620 - Expedicionários – João Pessoa - PB - CEP: 58.040-061 - Brasil - Tel: (83) 216-7684



almeida74br@yahoo.com.br

RESUMO

O monitoramento da qualidade das águas estuarinas e costeiras no Estado Paraíba realizado pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente – SUDEMA tem gerado um acervo de dados ainda não sistematizados e analisados enquanto série históricas. Visando suprir essa lacuna, este trabalho apresenta a metodologia para implementação de um sistema responsável pelo armazenamento, manipulação e análise dos dados de qualidade da água. O desenvolvimento deste trabalho seguiu as etapas da implementação deste Sistema, passando pela estruturação; fase de coleta, processamento e cadastro das informações até a implementação do Sistema de Informações Geográficas (SIG) propriamente dito. O SIG utilizado para espacialização das informações foi o Arcview 3.2[®] da Esri. Os principais resultados obtidos referem-se à facilidade de acesso às informações. Assim como, a possibilidade da realização de análises tabulares e espaciais sobre os dados de qualidade de água deste estuário, potencializando assim o Sistema. Apresenta-se a potencialidade do Sistema através de mapas com a distribuição espacial de parâmetros como, por exemplo, o oxigênio dissolvido (OD) e coliformes fecais (CF). Mapas como estes permitem a identificação de pontos críticos do estuário e, assim, e conseqüentemente a das suas fontes poluidoras. Logo, tem-se como intervir nestes problemas através da fiscalização ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Informações Geográficas, Qualidade das Águas, Estuário, Banco de Dados, Qualidade Ambiental.

INTRODUÇÃO

A preocupação global com o meio ambiente tem levado os órgãos responsáveis a procurarem, cada vez mais, acompanhar o avanço das pressões antrópicas sobre os diversos ecossistemas. No Estado da Paraíba, a SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente conta com uma rede de monitoramento da qualidade das águas das bacias hidrográficas do Estado. Particularmente, na bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Norte, no seu baixo curso, onde estão inseridas as regiões estuarina e costeira, mensalmente são coletadas, em diversos pontos do estuário, amostras de água para análise de suas qualidades. Isto implica na geração de uma grande quantidade de informações, que devem ser armazenadas de uma maneira segura, pois são dados indicativos do comportamento da pressão antrópica na região desse ambiente.

Atualmente, o uso de banco de dados integrados aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) tem se traduzido em uma ferramenta eficiente para a gestão ambiental, principalmente em função da integração de uma grande quantidade de dados espaciais e tabulares. Assim o SIG, multiplica a possibilidade de pesquisas e análises no espaço e no tempo, facilitando a avaliação dos dados quali-quantitativos de uma bacia hidrográfica.

Assim, vários trabalhos têm utilizado os SIG's na área de qualidade de águas. CAVICHIOLO & BRAGA (2003) apresenta a aplicação de um SIG para espacializar os dados de qualidade de água superficiais da bacia hidrográfica responsável pelo abastecimento da cidade de Curitiba. O trabalho enfatiza a utilização do SIG como ferramenta para a gestão ambiental visto que, através da espacialização dos dados pôde-se comparar a qualidade da água em diferentes bacias hidrográficas, identificando os pontos cujos parâmetros de qualidade se encontravam fora dos limites estabelecidos pela Resolução nº 20/86 do CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente.

MACHADO et al. (2003) utilizou o SIG Arcview para análise de qualidade da água de um balneário no Estado do Pará. Para tanto, foram utilizados os dados de coliformes fecais para comparação da qualidade da água em diversas praias. A análise foi realizada mensalmente o que permitiu relacionar a qualidade com o período chuvoso. O trabalho deixa bem claro a adequabilidade dos SIG's para análises desta natureza.

Já AZEVEDO e PORTO (1998) descreveram uma metodologia para o desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) que integra objetivos de qualidade e quantidade em um contexto de planejamento a médio e longo prazo, com vistas ao desenvolvimento e a exploração eficiente dos recursos hídricos. Através do SAD pode-se realizar análises de riscos, determinando assim a probabilidade de ocorrências de uma certa combinação de parâmetros indicadores de quantidade e qualidade.

Pelo exposto acima, este trabalho tem como objetivo principal apresentar a metodologia utilizada para o desenvolvimento de um sistema de informação, composto por um banco de dados e um SIG para o armazenamento e organização dos dados de qualidade das águas do Estuário do Rio Paraíba do Norte.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido nas seguintes etapas: delimitação e descrição da área de estudo, planejamento e estruturação de um sistema de informações, levantamento de dados de qualidade, tratamento e armazenamento destes dados e implementação do sistema.

Na fase de planejamento e estruturação do sistema, decidiu-se por trabalhar com um banco de dados conectado a um Sistema de Informações Geográficas. Esta conexão mostrou-se particularmente interessante para o escopo geral do trabalho em função das características gerais do SIG.

Um banco de dados conectado a um SIG facilita a análise de dados, seja no espaço ou no tempo. Tudo parte do princípio de que, se tendo uma base de dados tabulares bem organizada e uma base cartográfica digital, são várias as possibilidades de análises espaciais e/ou tabulares, superposição de mapas, localização de entidades, espacialização das características de uma entidade, entre outras funções. Uma vez estes dados tabulares relacionados a entidades espaciais, o cruzamento de informações torna-se bastante simples. Estas características do SIG são adequadas para trabalhos com dados de qualidade de água em um estuário. Pois, apesar das amostras d'águas serem coletadas e analisadas de forma pontual têm uma representatividade espacial.

Porém, até se chegar a ponto de se utilizar o SIG para análises ambientais com os dados de qualidade de água há uma série de etapas precedentes e tão importantes quanto o próprio SIG. Desta forma, a metodologia encontra-se dividida em 4 partes, a saber: a descrição da área de estudo utilizada para desenvolvimento do trabalho; a etapa de estruturação e planejamento do Sistema; a fase de coleta, tratamento e armazenamento dos dados relativos aos pontos de coleta d'água, que vão desde os parâmetros analisados, até a fase de tratamento da base cartográfica digital; e por fim, a

implementação do Sistema de Informações Geográficas, o qual ficou responsável por centralizar todos os dados coletados e tratados.

Área de Estudo

A região do Estuário do Rio Paraíba do Norte, área de abrangência do estudo, encontra-se localizada na Bacia do Baixo Paraíba entre as coordenadas UTM longitudes 261.816 m e 302.407 m e latitudes 9.192.059 m e 9.241.839 m. É composta total ou parcialmente pelos municípios de João Pessoa (capital do Estado da Paraíba), Cabedelo, Lucena, Santa Rita e Bayeux, totalizando uma área de aproximadamente 769,55 km² (Figura 1).

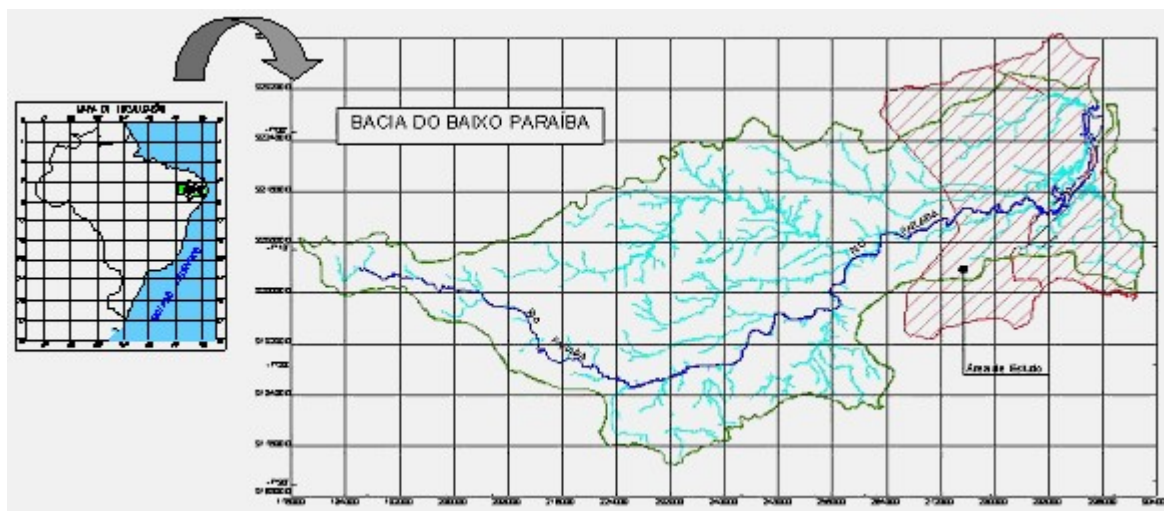


Figura 1: Estuário do Rio Paraíba do Norte no contexto da Bacia do Baixo Paraíba– PB

O rio Paraíba do Norte tem uma extensão total de 380 km, desde o Planalto da Borborema, sua nascente, até a foz de Cabedelo. Sua porção estuarina recebe as águas de 08 tributários: pela margem esquerda, os rios Portinho, Tibiri, da Ribeira e da Guia e, pela margem direita, os rios Sanhauá, Paroeira, Tambiá e Mandacarú. Sendo limitador do litoral norte e sul paraibano, na Mesorregião da Mata Paraibana.

De acordo com a classificação de Köppen, toda a região envolvida neste estudo localiza-se em clima caracterizado como tropical chuvoso Aw'i. O período chuvoso se concentra em cinco meses do ano, compreendidos entre março e julho, apresentando precipitação e temperatura anual média respectivamente em torno de 1.600 mm e 25°C.

Apesar de sua importância o estuário do Rio Paraíba é uma área naturalmente estressada e sujeita a diferentes tipos de pressão antrópica, decorrentes essencialmente do mau uso e ocupação do solo e da carência de políticas governamentais de saneamento básico. Neste contexto, ressalta-se o fato de que esses ambientes têm servido ao longo dos anos de despejo de esgotos domésticos e/ou industriais das cidades inseridas nessa região, instalação de porto e marinas, desmatamento para urbanização e atividades agrícolas, aquicultura e carcinicultura. Estes fatores, associados às mudanças globais no clima e no nível do mar, podem provocar o desaparecimento de ecossistemas e afetar os padrões e a qualidade das águas.

Na área de estudo encontram-se distribuídos ao longo do rio Paraíba e seus principais afluentes 13 pontos de amostragem para análise dos parâmetros físico – químicos. O quadro 1 apresenta a localização e descrição dos pontos de monitoramento alocados pela SUDEMA.

Quadro 1: Localização e descrição dos pontos de monitoramento

Pontos	Localização	Descrição	Coordenadas UTM	
			Long.	Lat.
SH 01	Rio Sanhauá	Frontal ao Porto do Capim.	290979	921389
PR 01	Rio Paroeiras	Frontal ao Porto da Oficina.	288357	921293
TG 01	Tambíá Grande	100 metros à montante da desembocadura no Rio Paraíba.	293160	921634
MC 01	Rio Mandacarú	200 metros à montante da desembocadura no Rio Paraíba.	294751	921902
RB 01	Rio Ribeira	200 metros à montante da Ilha do Tiriri. Centro do canal.	288357	921293
SO01	Rio Soé (Guia)	500 metros à montante da desembocadura no Rio Paraíba.	293116	922969
PB 00	Rio Paraíba	Frontal a Ilha da Santa. 100 metros da margem direita.	291017	921522
PB01D	Rio Paraíba	Frontal a estação de bombeamento (nova) da Aquamares.	293118	921754
PB01E	Rio Paraíba	Frontal a estação de bombeamento (nova) da Aquamares.	293022	921770
PB02	Rio Paraíba	Frontal ao trapiche de Forte Velho.	293280	922700
05.00	Rio Paraíba	Frontal a Praia da Jacaré.	295005	922147
PB03	Rio Paraíba	Frontal ao limite sul da Ilha da Restinga.	295410	922449
PB04	Rio Paraíba	Frontal ao trapiche de Costinha.	295068	922871

Estruturação do Sistema

A fase de estruturação do SIG foi fundamentada na sua viabilidade técnica de operacionalização e obtenção de respostas conscientes as questões relacionadas com a qualidade da água da área em estudo.

Assim, procedeu-se com discussões técnicas sobre os dados coletados pela SUDEMA, frequência de monitoramento, número de pontos de coletas, localização, entres outras informações técnicas necessárias ao estudo. Tratou-se ainda da possibilidade de expansão da rede de monitoramento ou do próprio número de parâmetros monitorados. Abordou-se também como se daria a incorporação de novas informações ao Sistema. Procedeu-se então com a fase de coleta de dados.

A coleta de informações realizada junto a órgãos ambientais contribuiu também para a estruturação do banco de dados, como e quais os dados que deveriam ser armazenados no sistema. Por exemplo, o monitoramento da qualidade da água é realizado com uma frequência mensal, desta forma não fazia sentido criar uma estrutura no banco de dados para armazenar dados diários ou semanais. Outro exemplo diz respeito ao número de parâmetros monitorados no caso sete, assim, não fazia sentido também criar uma estrutura para armazenar outros parâmetros que porventura venham a ser incorporados ao programa de monitoramento. Criar uma estrutura para estes dois casos anteriores seria desnecessário, já que estas modificações podem implementadas no banco de dados projetado sem grandes modificações na estrutura geral do banco de dados ou do próprio Sistema.

Uma vez estes dados coletados procedeu-se com uma formatação destas informações, objetivando prepará-los para serem importados para o banco de dados do sistema. Esta formatação foi realizada tanto para os parâmetros monitorados como para os mapas temáticos.

Coleta, Processamento e Cadastro das Informações

Os dados de qualidade das águas obtidos junto a SUDEMA, encontravam-se armazenados e organizados em planilhas separadas do Excel®, com o seguinte conteúdo: hora e data da coleta da amostra, temperatura, salinidade, cor, turbidez, pH, oxigênio dissolvido - OD, demanda bioquímica de oxigênio - DBO, coliformes fecais - CF.

Os dados coletados foram então organizados em uma única planilha do Excel®. Nesta planilha foram processadas as informações sobre os parâmetros de qualidade de água monitorados. Inicialmente, foram separados ano a ano os dados mensais. Para cada ano destes foram calculadas média e os valores máximo e mínimo. Numa terceira planilha foram escritos todos os dados para o período de 1998 a 2002.

Uma vez organizados e processados estes dados foram então exportados para um arquivo texto através de um

aplicativo criado na linguagem de programação Delphi®. Este aplicativo tinha a função importar os dados do arquivo texto para o banco de dados do Paradox®, que foi o formato utilizado para o banco de dados, principalmente, pelo fato deste ser um dos formatos nativos do ArcView 3.2.

Três tabelas foram criadas para armazenamento das informações sobre qualidade da água. A tabela principal (TabPrincipal) armazena as informações sobre os pontos de coletas das amostras (nome do ponto, codificação, latitude, longitude e descrição do ponto). A segunda tabela contém os valores dos parâmetros monitorados além do código do posto (TabQual). Este código existente nas duas tabelas é responsável pelo relacionamento entre as mesmas. E a terceira tabela (TabEstat) contendo três parâmetros estatísticos mensais de cada ano, além de também conter o código dos pontos de coleta.

A base cartográfica digital que apoiou o projeto encontrava-se na escala 1:100.000, em formato dwg do AutoCad®. Inicialmente, procedeu-se com um tratamento da base cartográfica, visto que o mesmo não estava com camadas (layers) separadas, alguns polígonos não estavam fechados, entre outros pequenos problemas. Assim, todo este tratamento prévio da base cartográfica foi realizado no próprio AutoCad®.

Implementação do SIG

Uma vez processada a base de dados tabular e cartográfica, procedeu-se com a implementação do SIG. Para tanto, foi escolhido o software Arcview 3.2, que além de ser o SIG utilizado pelo órgão ambiental é um dos pacotes mais atuais desse tipo de estudo atualmente.

A implementação do SIG foi iniciada pela conversão dos mapas do formato *dwg* para o *shape file (shp)*, do Arcview. Seis mapas, que aqui já se encontravam separados em camadas, foram convertidos, a saber:

- Limite dos municípios envolvidos na área de estudo;
- Limite da bacia hidrográfica;
- Rios principais;
- Localização dos pontos de coleta;
- Localização dos principais focos de fontes poluidoras (Aglomerados habitacionais, unidades aquícolas, parques industriais, etc.);
- Rodovias estaduais, federais e secundárias.

Ao se converter estes mapas para o formato do ArcView 3.2 são criadas automaticamente tabelas para cada uma das camadas. Algumas destas tabelas tiveram suas estruturas modificadas, mais precisamente, acrescentadas a estas alguns campos. Por exemplo, na tabela relativa ao mapa com a divisão municipal foram acrescentados campos para o nome do município, número de habitantes da zona urbana e rural, entre outros campos. Outro caso foi a camada com as informações da localização dos pontos de coletas, nesta tabela foi inserida um campo para cadastro dos códigos de cada ponto de coleta.

As tabelas *TabPrincipal* e *TabQual* foram então importadas para o ArcView 3.2. Precisava-se então, relacionar estas duas tabelas com a tabela que continha as informações espaciais, gerada pela conversão do mapa *Localização dos pontos de coleta* para o formato *shp*. O relacionamento de 3 ou mais tabelas no ArcView 3.2 foi realizado através de um código criado na linguagem de programação do ArcView, o Avenue. Este código foi implementado para que também as informações contidas nas tabelas relacionadas fossem apresentadas ao usuário do Sistema quando do clique sobre esta entidade.

Em resumo, estas foram as principais etapas implementadas no SIG, outras etapas não são descritas pelo fato de já serem corriqueiras dos técnicos que trabalham com os Sistemas de Informações Geográficas. Implementado o SIG, passou-se então para a etapa de análise tabular e espacial dos dados, os quais são apresentados na seção seguinte.

RESULTADOS OBTIDOS

São diversas as funções de um SIG que possibilitam a realização de análises ambientais de bacias hidrográficas, neste caso um estuário. As análises realizadas no estudo utilizaram, principalmente, as funções de superposição de camadas (ou mapas), pesquisas espaciais e tabulares, interpolação de valores, entre outras. Apresenta-se então alguns exemplos de análises realizadas com os dados cadastrados no Arcview.

Análise Tabular

Através de análises tabulares empreendidas no SIG pode-se obter de imediato informações espaço - temporal dos parâmetros físico – químicos e bacteriológicos em um determinado ponto de monitoramento, que estejam ou não de acordo com os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 20/86. A Figura 2 apresenta o resultado de uma consulta realizada no ponto SO 01, no ano de 2002.

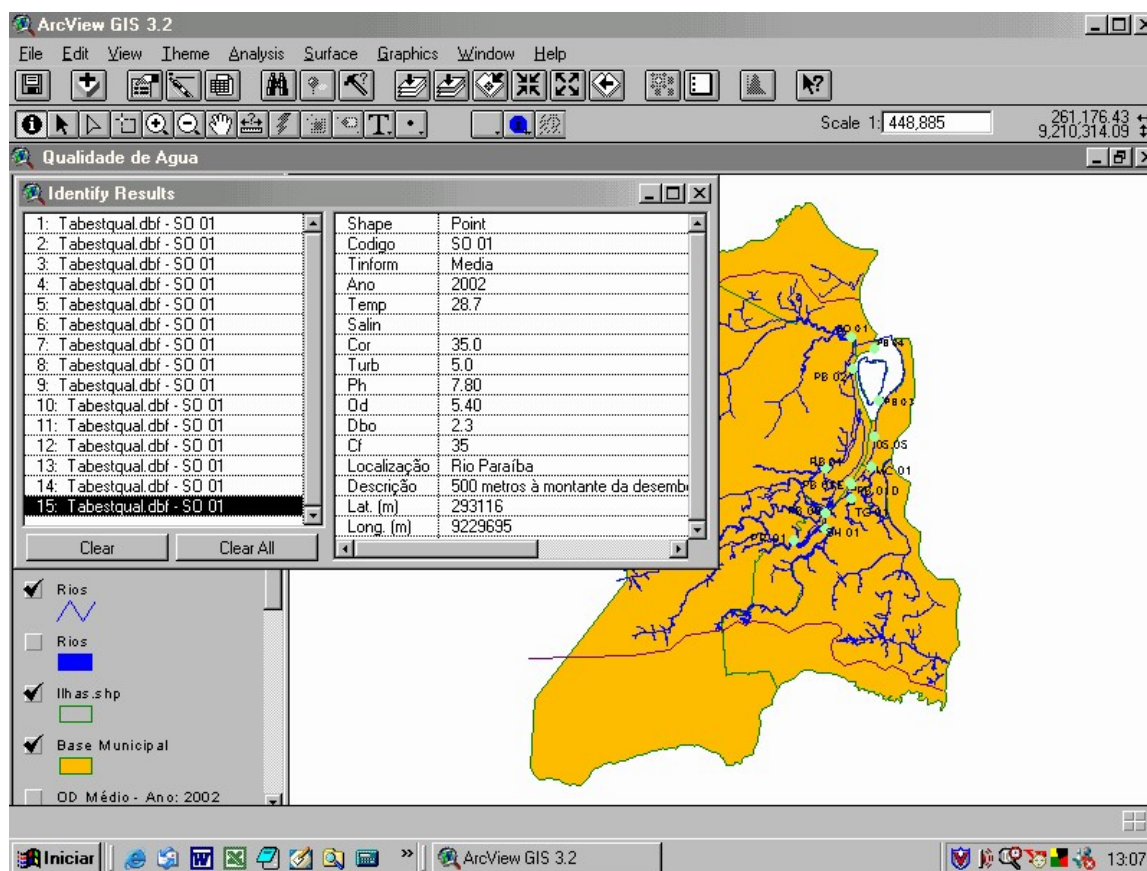


Figura 2: Resultado da análise tabular realizada no ponto de monitoramento SO 01.

Análise Espacial

As Figuras 3 e 4 apresentam os resultados espacializados para os valores médios dos parâmetros oxigênio dissolvido (OD) e coliformes fecais (CF).

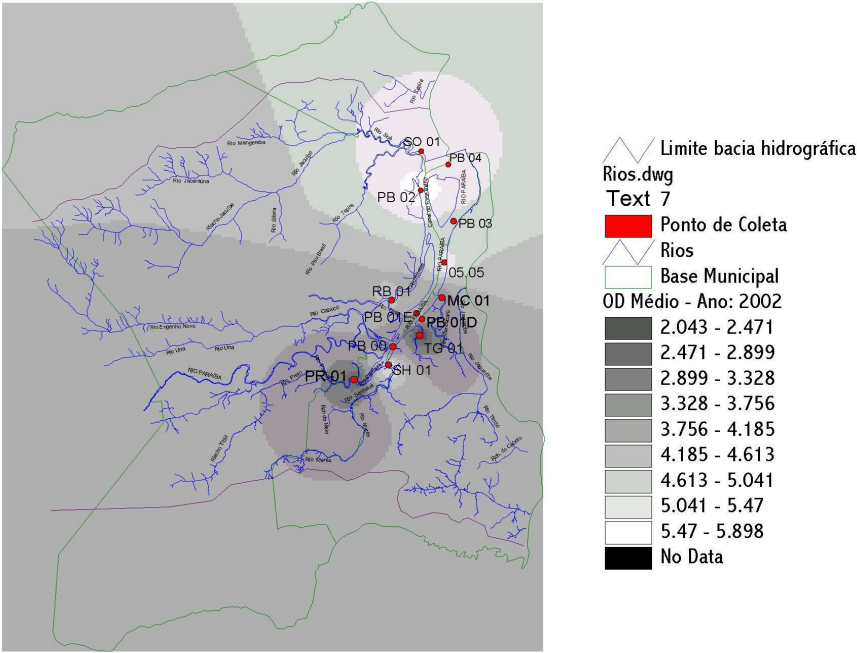


Figura 3: Especialização do parâmetro de qualidade OD médio para o ano de 2002

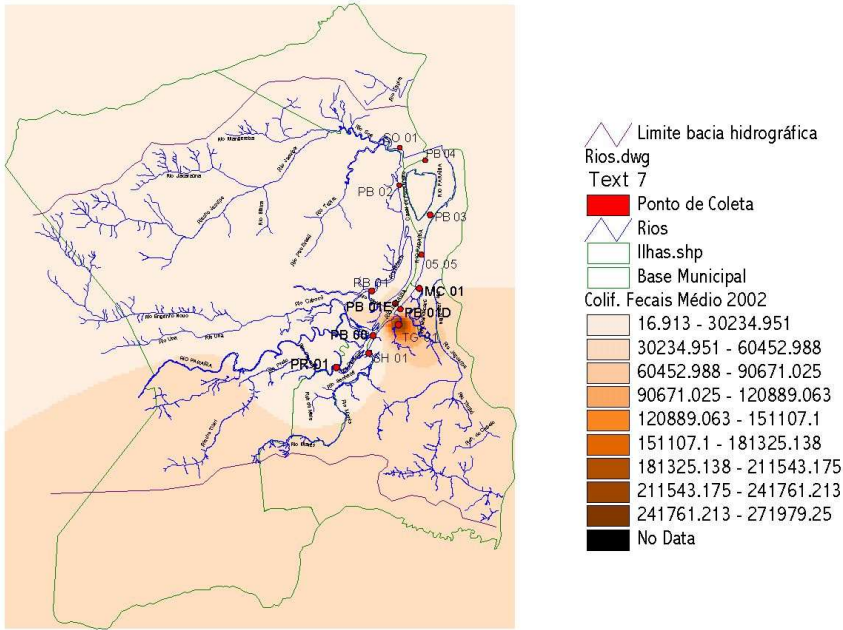


Figura 4: Especialização do parâmetro de qualidade CF médio para o ano de 2002

De acordo com as áreas de influencia indicadas na figura 3, tem-se que os pontos PR 01 e TG 01, localizados na porção superior do estuário, são os que apresentam cenários mais críticos com relação ao OD se comparados com os padrões constantes na resolução CONAMA 20/86 que estabelece o limite mínimo de 5mg/l para a Classe 7 (águas

salobras). Enquanto que os pontos PB 02, PB 04 e SO 01 foram os que apresentaram as condições mais satisfatórias. Já figura 4 indica que o ponto TG 01 é o mais desfavorável com relação ao CF, cujo limite máximo permitido pela Resolução CONAMA é de 14 col./100ml .

CONCLUSÕES

As principais conclusões deste trabalho podem ser elencadas da seguinte forma:

1. A organização dos dados de qualidade de água permite a realização de diversas consultas sobre parâmetros que se encontram ou não, de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução N.º 20/86 do CONAMA. Assim, como inferir conclusões sobre as fontes poluidoras;
2. A quantidade de análises espaciais e tabulares que podem ser realizadas é potencializada através do uso das ferramentas do Sistema de Informações Geográficas;
3. O sistema SIG ainda permite que as novas informações coletas em campo possam ser cadastradas e também analisadas.

Por fim, é válido ressaltar que através deste sistema vem sendo possível realizar uma análise mais criteriosa dos parâmetros coletados . Assim, pode-se indicar a necessidade de definição de novos pontos de coleta para melhorar a representatividade dos parâmetros de qualidade no estuário. Também foi possível a detecção de pontos críticos, onde os despejos de uma determinada área têm agravado a qualidade da água de maneira acentuada. Permitindo assim, que a SUDEMA possa intensificar campanhas de combate à poluição hídrica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Superintendência de Administração do Meio Ambiente – SUDEMA pela valiosa contribuição na cessão dos dados utilizados neste trabalho e ao PIBIC / CNPq pelo suporte financeiro concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREU, J.; CAPILLA, J.; SANCHIS, E., AQUATOOL, A generalized decision-support system for water-resources planning and operational management. *Journal of Hydrology*, v.177, n.4, p.269-291, Abril, 1996.
2. AZEVEDO, L. G. T.; PORTO, R. L. L.; PORTO, M., (1998). Sistema de apoio à decisão para o gerenciamento integrado de quantidade e qualidade da água. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.3, n.1, p.21-52, Janeiro/Março, 1998.
3. BRASIL, Resolução do CONAMA n.º 20 de 18/06/1986. Disponível no site: <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm> em 12/05/03.
4. CAVICHIOLO, G. R; BRAGA, M. C. B, (2003). Estudo da qualidade da água, com especialização através da aplicação de Sistema de Informações Geográficas – SIG. *Anais eletrônicos do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Dezembro. 2003
5. CUNHA, J. B. d. Dados Climatológicos Básicos do Nordeste. MINTER. SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Recife, PE, Brasil, 1984.