

Desenvolvimento de um banco de dados geográfico em ambiente SIG sobre a ocorrência de cianobactérias em reservatórios do estado de Pernambuco, Brasil

Érika Alves Tavares Marques¹
Ivan Dornelas Falcone de Melo²
Cristiana Coutinho Duarte¹
Maristela Casé Costa Cunha¹

¹ Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP
Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental - ITEP
Av. Prof Luiz Freire, 700, Cidade Universitária - Recife - PE, Brasil
erikatmbio@gmail.com, crisdat@gmail.com, maristelacase@itep.br,

² Ministério do Meio Ambiente/Serviço Florestal Brasileiro
SCEN - Av. 14 Norte - Trecho 2, Bloco G, CEP: 70.818-900, Brasília - DF
ivan.melo@florestal.gov.br

Abstract: This work consisted to elaborate a geographic database related to qualitative and quantitative analysis of the reservoirs that were monitored by COMPESA (Pernambuco's Sanitation Company, Brazil) during the period of 2007-2008. The use of GIS enables you to perform spatial and complex analysis, once it allows integration of data from multiple sources, handling of large volume of data, rapid recovering of information, offering precision and confiability making it a powerful tool that enables efficient decision-making by managers. After collecting the data, maps were generated for each identified genus helping to visualize and understand the occurrence of blooms of cyanobacteria in the reservoirs, providing an excellent tool towards water quality control. In taxonomic studies during the period 2007-2008 developed in the reservoirs, 32 taxa were identified. The greatest richness of cyanobacteria was on the Capibaribe's river basin in the Carpina reservoir with 23 genus. The biggest occurrence in the 2007-2008 period were: *Cylindrospermopsis* (50 occurrences in 2007) and *Geitlerinema* (97 occurrences in 2008). The highest total density occurred on Machado I's reservoir in the Capibaribe's river basin with genus *Microcystis* presenting 3,708,391 Ind.mL⁻¹. *Microcystis* was the most abundant genus in the Machado I (89%) reservoir and Ipojuca (79%). The most frequent genus was *Merismopedia* in Ingazeira reservoir (71%) located at Ipanema's river basin.

Key words: eutrophication, Pernambuco, Geographic Information System, Public Health, eutrofização, Pernambuco, Sistemas de Informação Geográfica.

1. Introdução

A maior parte da água utilizada para abastecimento público no estado de Pernambuco provém de reservatórios (açudes). Muitos de seus rios, que percorrem áreas urbanas, encontram-se em elevado processo de degradação, concentrando grande quantidade de poluentes que são carreados até esses reservatórios, comprometendo a qualidade da água para abastecimento público (Melo, 2007).

Entre as consequências causadas pelo impacto antrópico, Tundisi et al. (2006) relaciona a eutrofização, resultante de descargas de água contaminada com alta concentração de nitrogênio e fósforo, como um dos fatores agravantes, o qual pode conduzir ao aumento da matéria orgânica e consequentes florescimentos de organismos planctônicos, com predominância de cianobactérias. A presença de algumas espécies em altas densidades pode comprometer a qualidade das águas, causando restrições ao seu tratamento e distribuição (Bernardo, 1995).

O estado de Pernambuco possui características ambientais que favorecem o crescimento das cianobactérias (águas eutrofizadas, altas temperaturas, sol intenso e poucas chuvas), tornando os reservatórios de abastecimento público potencialmente sujeitos à florações, principalmente de cianobactérias. Além disso, algumas espécies podem se apresentar tóxicas, tornando-se um risco à Saúde Pública e desta forma, necessitando de monitoramento constante em seus mananciais.

Monitorar a distribuição espacial dessas ocorrências de florações requer rapidez na aquisição de dados e precisão.

As cianobactérias são eficientes bioindicadores das condições ambientais, uma vez que o aumento da densidade desses organismos está relacionado a fatores como a temperatura, a pluviosidade, o uso do solo, dentre outros. Dessa forma, estudos limnológicos permitem fazer uma avaliação eficiente da qualidade da água dos reservatórios de abastecimento público, através de um levantamento desses ecossistemas, identificando os gêneros de cianobactérias, com que frequência ocorrem, as abundâncias relativas, as densidades por gênero, quais os gêneros que são dominantes, dentre outros.

Segundo Calijuri, Alves e Santos (2006), avaliar a ocorrência e os efeitos dessas florações em um país como o Brasil constitui tarefa difícil e complexa, em razão do seu tamanho, pois apresenta diversidade substancial de ecossistemas e climas. São imprescindíveis um centro de informações eficientes na detecção de florações potencialmente tóxicas e o cumprimento da legislação responsabilizando os causadores das alterações nos ecossistemas aquáticos, principalmente nas águas continentais, que abastecem a população em seus usos mais nobres.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma metodologia que possibilita realizar análises espaciais e complexas, pois permite integração de dados de diversas fontes, manipulação de grande volume de dados e recuperação rápida de informações armazenadas, tornando-se uma ferramenta essencial para a manipulação das informações geográficas (MS, 2006). Para a pesquisa ambiental o uso de SIG associados às técnicas de Geoprocessamento tem contribuído como subsídio para os gestores ambientais, possibilitando uma análise mais completa e eficiente para a tomada de decisões.

No caso de dados relacionados aos recursos naturais, os SIG podem ser utilizados como o repositório de um inventário para gerenciar, eficazmente, o potencial de recursos, protegê-los contra atividades predatórias e modelar as complexas interações entre os fenômenos que possibilitam estabelecer provisões, que possam ser usadas nas tomadas de decisão (Silva, 2003).

Para que seja possível produzir informações ambientais a partir de Sistemas de Informações Geográficas, é necessário “alimentar” o banco de dados e os programas computacionais de SIG com dados do mundo real. Desta forma, é necessário produzir uma representação ou um modelo computacional do mundo real, que é extremamente complexo em seu detalhamento e em sua dinâmica temporal.

Novo e Leite (1996) aplicaram o SIG na modelagem do estado trófico do reservatório de Barra Bonita localizado na bacia hidrográfica do rio Tietê (São Paulo). O banco de dados limnológico de Barra Bonita conta atualmente com um acervo de 325 planos de informações originais que podem ser manipulados das mais diferentes maneiras, de modo a se extrair informações úteis no manejo do reservatório.

O Geoprocessamento faz parte de um conjunto de tecnologias que, trabalhando de forma integrada, ajudam a representar, simular, planejar e gerenciar o “*Mundo Real*”. Construir uma representação do mundo real implica em três grandes considerações:

- Redução da complexidade geométrica do mundo real, através da aplicação de escala, amostragem e seleção de elementos;
- Redução da complexidade temporal do mundo real, através de um corte temporal ou da observação de fenômenos em intervalos discretos de tempos;
- Identificação e categorização dos elementos existentes na superfície terrestre, através de cortes temáticos (Ferreira, 2006).

Segundo Mendes e Cirilo (2001), ainda há considerável carência de monitoramento sistemático dos parâmetros de qualidade dos corpos d’água espalhados pelo Brasil e conseqüentemente de banco de dados com registros suficientes para análise e aplicação de modelos, sendo os mesmos quase sempre alimentados por dados obtidos em campanhas de medição esporádicas.

Assim o presente trabalho propõe a aplicação do Sistema de Informações Geográficas em apoio à gestão e controle da qualidade de água para abastecimento público. A confecção de mapas temáticos por gênero de cianobactéria e construção de um Banco de Dados Geográfico é plenamente justificado uma vez que permitem facilitar a compreensão desses complexos fenômenos naturais que causam transtornos para a Saúde Pública e elevando os custos de tratamento da água, contribuindo na elaboração de diagnósticos ambientais mais confiáveis, estimando quais os potenciais reservatórios que poderão se tornar área de risco e subsidiando uma tomada de decisão mais rápida por parte dos gestores.

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo representada na Figura 1 compreende o estado de Pernambuco, localizado na região Nordeste do Brasil entre as coordenadas $7^{\circ} 0' 00''$ S e $10^{\circ} 0' 00''$ S e $34^{\circ} 0' 00''$ W e $42^{\circ} 0' 00''$ W, abrangendo uma área de 98.311 km².

Pernambuco possui uma configuração espacial estreita no sentido Norte-Sul, apresentando uma faixa marítima de apenas 187 km de extensão. No sentido Leste-Oeste alonga-se consideravelmente, chegando a 784 km de extensão. Essa projeção para Oeste faz com que cerca de 80% de seu território se situe em região de clima semi-árido, onde as chuvas são escassas e mal distribuídas, ocorrendo, periodicamente, o fenômeno das secas (CONDEPE/FIDEM, 2005).

Em decorrência dessa configuração longitudinal, Pernambuco apresenta do litoral para o interior, uma sucessão de paisagens e de formas diferenciadas de organização do espaço. Daí ter sido seu território dividido pelo IBGE em três regiões fisiográficas: Litoral-Mata, Agreste e Sertão. Da área compreendida pelo estado, 70% pertence ao Sertão, 19% ao Agreste e 11% a Zona da Mata e Litoral.

As temperaturas médias anuais variam de 20 a 27° C. Os maiores valores encontram-se no sertão, ao longo do Vale do São Francisco, onde a média anual de temperatura fica em torno de 26° C (SECTMA, 2006). As precipitações pluviométricas não são uniformemente repartidas, sendo mais abundantes no litoral, reduzindo-se à proporção que se dirigem para Oeste. O regime pluviométrico tem influência direta sobre o sistema hídrico do estado, uma vez que todos os rios dependem diretamente da distribuição e da intensidade das chuvas (CONDEPE/FIDEM, 2005).

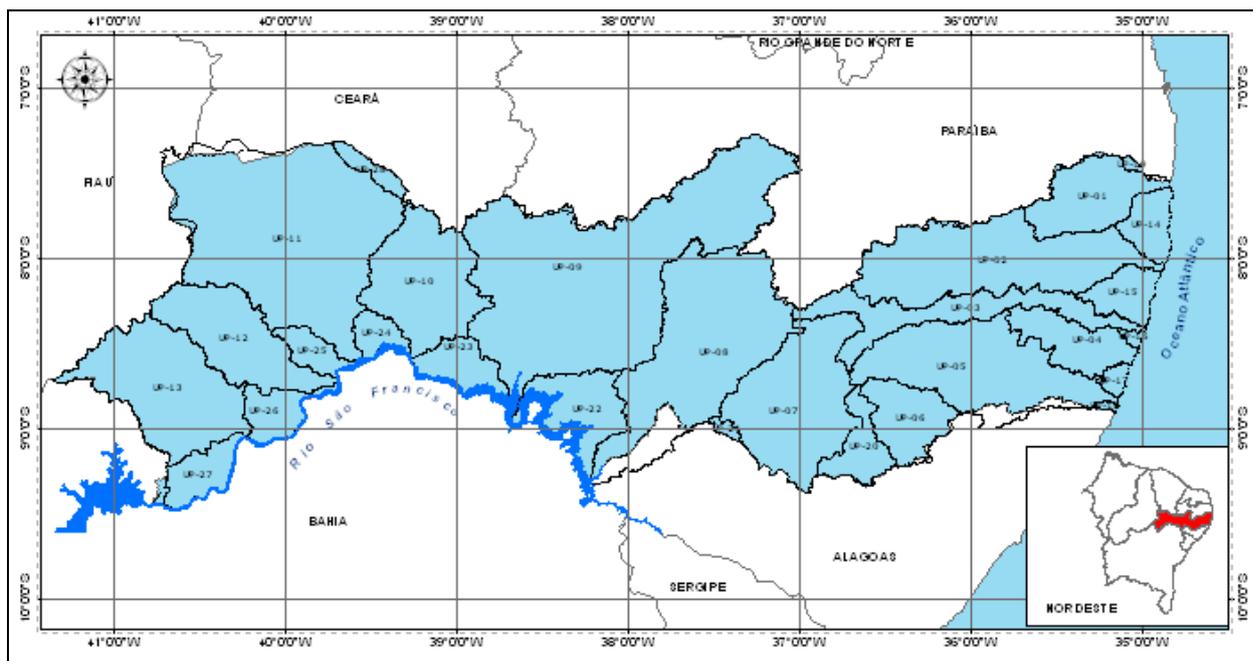


Figura 1: Localização da área de estudo.

Os dados para este trabalho, obtidos na Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), correspondem às análises dos parâmetros hidrobiológicos de 115 reservatórios de abastecimento público monitorados no estado de Pernambuco, no período de 2007 a 2008. As análises foram realizadas através do cadastramento das densidades e gêneros de cianobactérias numa planilha eletrônica para cada reservatório e por períodos. De acordo com o total de amostras coletadas mensalmente, foi calculada a média (aritmética) mensal das densidades nesses reservatórios e levantados as ocorrências por gêneros. Posteriormente os dados foram exportados para ambiente de banco de dados do MS Access, de acordo com a estrutura apresentada no Quadro 1.

Quadro 1: Estruturação do Banco de dados Geográfico aplicado na pesquisa.

Reservatório	Município	Bacia hidrográfica	Cianobactéria
Nome	Nome	Nome	Nome
Código identificador	Geocódigo	Unidade de Planejamento	Classe
Bacia hidrográfica	População urbana	Latitude 1	Ordem
Uso da água	População rural	Latitude 2	Gênero
Uso do solo	População total	Longitude 1	Identificador
Capacidade máxima	Saneamento	Longitude 2	
Latitude	Área do município	Área da bacia	
Longitude	Pertence ao Semi-árido	% do Estado	
Fuso	Reservatórios	Curso d'água	
Município que está inserido		Microbacias inseridas	
Município(s) que atende		Tributários	
Instituição responsável		Potencialidade	
Finalidade		Principais fontes de poluição	

Com a finalização do banco de dados descritivo, foi realizado o relacionamento desses dados com os dados espaciais. Utilizou-se como ponto de apoio e fundamentação o Sistema de Informação Geográfica (SIG) para a elaboração dos mapas temáticos dos reservatórios e a posterior análise dos mesmos. Para confecção dos mapas foi utilizado o programa ArcGIS. A escala utilizada foi 1:2.000.000 e o Datum de referência foi o SIRGAS 2000.

3. Resultados e Discussão

No Estado de Pernambuco, há ocorrência de florações de cianobactérias em seus reservatórios (Bouvy et al 2000; Gunkel et al. 2003; Dantas et al., 2008; Moura; Oliveira, 2009, dentre outros). No ano de 2007 foram identificadas 577 ocorrências de florações e no ano de 2008 foram 1.002 ocorrências, revelando que são frequentes nos reservatórios de abastecimento público devido ao processo de eutrofização. Cerca de 90% de 39 reservatórios estudados por Bouvy et al. (2000) foram considerados de eutróficos a hipereutróficos significando que a eutrofização é uma realidade bem presente também em nossa região.

A Figura 2 expressa a ocorrência do gênero *Anabaena* no estado de Pernambuco durante o período amostral, sendo que os reservatórios representados pelos círculos vermelhos, representam as ocorrências do ano de 2007, enquanto que os reservatórios representadas por um triângulo verde correspondem às ocorrências do ano de 2008.

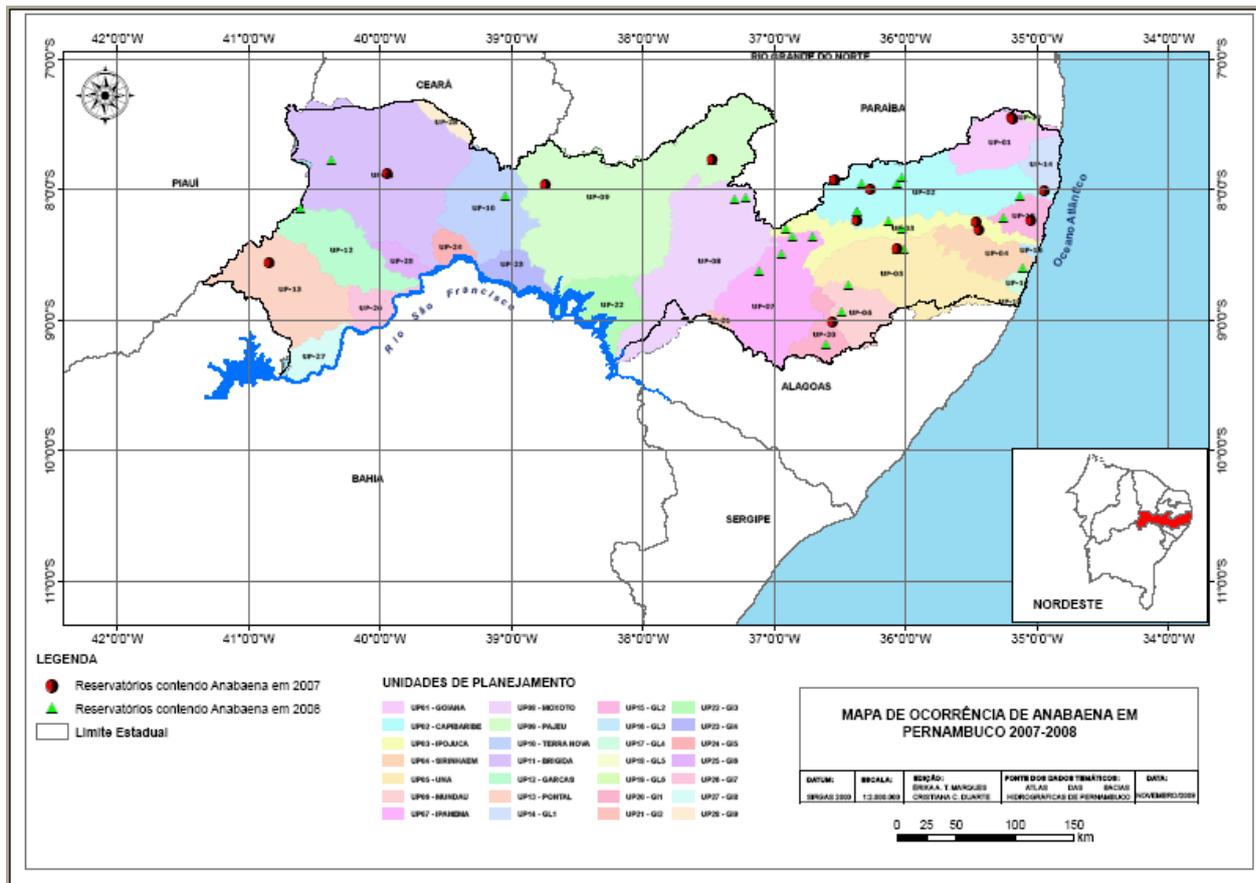


Figura 2: Mapa de ocorrência do gênero *Anabaena* em 2007 e 2008 no Estado de Pernambuco.

A aplicação da metodologia proposta resultou em um Banco de Dados Geográficos onde as informações coletadas em campo para cada reservatório monitorado pela COMPESA, durante o período amostral (2007-2008), foram cadastradas com suas respectivas características e variáveis hidrobiológicas (qualitativa e quantitativa). Em seguida, esses dados (geográficos e não geográficos) foram usados para gerar os mapas temáticos, os gráficos correspondentes aos gêneros de cianobactérias (riqueza) por bacias hidrográficas, frequência de ocorrência, densidades e distribuição das ordens.

O Quadro 2 evidencia a ocorrência dos gêneros de cianobactérias que mais se destacaram nos reservatórios analisados pela COMPESA no estado de Pernambuco, perfazendo um total de 32, sendo que o gênero *Cylindrospermopsis* se destacou durante o ano de 2007 (50 ocorrências) e o gênero *Geitlerinema* (101 ocorrências) em 2008. Ferreira e Rocha (1988) consideram a riqueza de espécies o mais importante índice de discriminação ambiental, comparando-se com distintas condições de eutrofização (Fernandes et al., 2009); (Santos, 2008); (Silva, 2005); (Rodrigues e Moresco, 2006).

A aplicação em ambiente de Sistema de Informações Geográficas disponibilizou a visualização de todos os dados referentes a cada reservatório como gêneros de cianobactérias que ocorrem no mesmo, densidades mês a mês, latitude, longitude, gerência, código identificador, município, bacia hidrográfica, corpo d'água, capacidade máxima do reservatório, geocódigo, altitude, finalidade, instituição, região fisiográfica, além de gráficos, relatórios, mapas, fotografias e figuras.

Quadro 2: Gêneros mais expressivos que ocorreram nos reservatórios da COMPESA durante o período 2007-2008.

Gênero	Sigla	2007	2008	Gênero	Sigla	2007	2008
<i>Anabaena</i>	ANB	15	35	<i>Oscillatoria</i>	OSC	15	24
<i>Aphanizomenon</i>	APZ	21	29	<i>Phormidium</i>	PHO	12	7
<i>Aphanocapsa</i>	APH	47	74	<i>Planktolyngbya</i>	PTL	26	5
<i>Coelomoron</i>	COE	22	50	<i>Planktothrix</i>	PTX	38	76
<i>Cylindrospermopsis</i>	CYL	50	89	<i>Pseudoanabaena</i>	PSA	32	57
<i>Geitlerinema</i>	GEI	45	97	<i>Radiocystis</i>	RAD	7	23
<i>Gloeocapsa</i>	GLO	21	9	<i>Raphidiopsis</i>	RAP	27	52
<i>Limnothrix</i>	LIM	18	14	<i>Rhabdoderma</i>	RAB	19	29
<i>Merismopedia</i>	MER	34	68	<i>Romeria</i>	ROM	15	23
<i>Microcystis</i>	MIC	37	62	<i>Synechocystis</i>	SYN	18	39

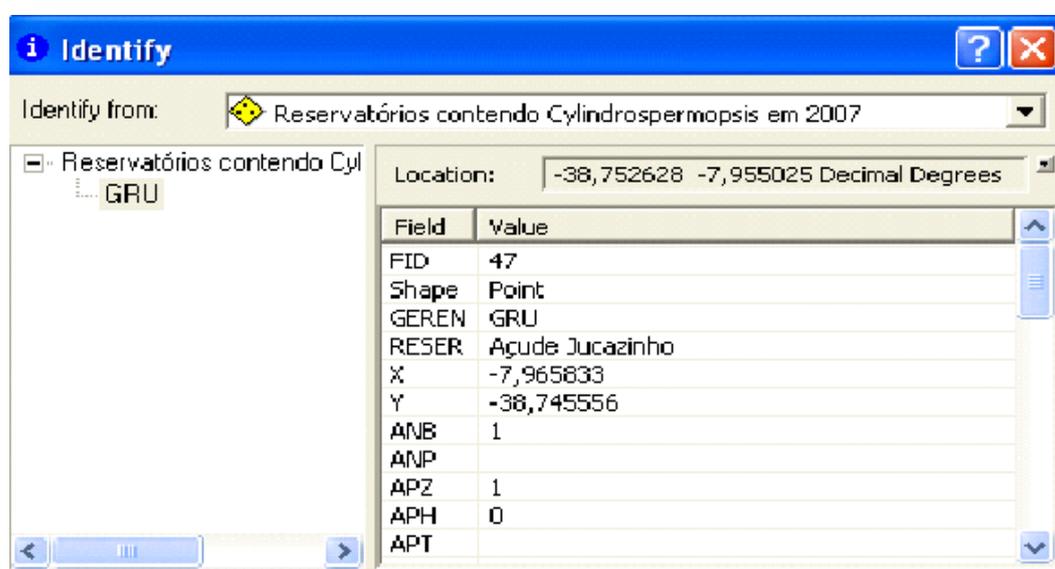


Figura 3: Detalhe do identificador dos reservatórios de Pernambuco que contêm o gênero *Cylindrospermopsis* durante o período 2007-2008 (MARQUES, 2010), onde GEREN = Gerência; X = Latitude; RESER = Reservatório e Y = Longitude.

4. Conclusões

Em função dos levantamentos realizados nesse estudo, fica evidente a necessidade de uma ferramenta para subsidiar a tomada de decisão por parte dos gestores públicos, a fim de lhes permitir prever com antecedência quando um reservatório vai ser alvo em potencial de ocorrência de floração. O uso do SIG permite a integração de dados de várias fontes, tornando-se uma eficiente metodologia para armazenamento de dados, mapas e gráficos, possibilitando a geração de um Banco de Dados que retrata com fidelidade os eventos ocorridos nas bacias hidrográficas.

Dentre as inúmeras aplicações do SIG podemos citar a confecção de mapas temáticos, geração de gráficos, publicação de relatórios, criação de banco de dados, gerenciamento dos recursos hídricos, inter-relações com outros bancos de dados, etc.

A contribuição deste tipo de estudo para o conhecimento da biodiversidade fitoplanctônica do estado de Pernambuco e da compreensão da dinâmica dos processos naturais e antrópicos que desencadeiam as ocorrências das florações que, no caso das cianobactérias se desenvolvem em curto espaço de tempo, e dos fatores que condicionam a produção das

cianotoxinas, se torna imprescindível considerando sua importância para a Saúde Pública. Futuramente os estudos devem ser ampliados para outros reservatórios em outros Estados, e para outras variáveis, tais como pH, salinidade, transparência, O.D., D.B.O., para complementação do conhecimento das cianobactérias no país.

Um Sistema de Informações, seja espacial ou não, deve estar preparado para responder perguntas que ainda não foram formuladas, possibilitando que os gestores possam tomar decisões antes que situações adversas ocorram e atinjam a população, no domínio desse trabalho, atingindo, especialmente, a qualidade da saúde pública.

Trabalhos futuros devem analisar se existe alguma dependência espacial dessas ocorrências e se existem outros fatores relacionados a um determinado território que contribuem para essas ocorrências.

Agradecimentos

Agradecemos à COMPESA por disponibilizar os dados relativos às análises hidrobiológicas dos reservatórios.

Referências Bibliográficas

- Bernardo, L. D. L **Algas e suas influências na qualidade das Águas e nas tecnologias de tratamento**. Rio de Janeiro: ABES: 1995.
- Bouvy, M.; Falcão, D.; Marinho, M.; Pagano, M.; Moura, A. Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. **Aquatic Microbial Ecology**, v. 23, p. 13-27. 2000.
- Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância e Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. **Abordagens espaciais na saúde pública: série capacitação e atualização em geoprocessamento em saúde: série B: textos básicos de saúde**. v. 1. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- Calijuri, M. C.; Alves, M. S. A. ; Santos, A. C. A. **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais**. São Carlos: RiMa, 2006. p. 25.
- Companhia Pernambucana De Saneamento. **Plano diretor de abastecimento de água da região metropolitana do Recife**. Recife, 1986. CONDEPE; FIDEM. **Rio Goiana e GL-6**. Recife: CONDEPE, 2005.19- 65 p.
- Dantas, E.W.; Moura, A. N.; Bittencourt-Oliveira, M. C.; Neto, J. D. T. A.; Cavalcanti, A. D. C. 2008. *Temporal variation of the phytoplankton community at short sampling intervals in the Mundaú reservoir, Northeastern Brazil*. *Acta Botânica Brasilica*, 22 (4): 970-982.
- Fernandes, V. O.; Cavati, B.; Oliveira, L. B.; De Souza, B. A. Ecologia de cianobactérias: fatores promotores e consequências das florações. **Oecologia Australis**, v. 13, n. 2, 2009.
- Ferreira, C. J. A.; Rocha, A. J. A. Estudo comparativo de comunidades fitoplanctônicas e o uso de diversidade como discriminante ambiental. **Acta Limnológica Brasileira**, v.11, p. 447-468, 1998.
- Ferreira, N. C. **Apostila de Sistema de Informações Geográficas**. Goiânia: Centro Federal de Educação Tecnológica, 2006.
- Gunkel, G.; Rueter, K.; Casallas, J.; Sobral, M.C. Estudos da Limnologia do Reservatório de Tapacurá em Pernambuco: problemas da gestão de reservatórios no Semi-árido brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRH, 2003.
- Marques, E. A. T. Registro de ocorrência de gêneros de cianobactérias em reservatórios do Estado de Pernambuco, Brasil usando SIG. 2010. 235 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2010.
- Melo, G. L. **Estudo da qualidade da água do reservatório de Itaparica localizado na Bacia do Rio São Francisco**. Recife: UFPE, 2007. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2007.
- Mendes, C. A. B.; Cirilo, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001.
- Moura, A. N.; Oliveira, H. S. B. Cianobactérias: um problema para os reservatórios de abastecimento público. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 9., 2009, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2009.

Moura A.N., Dantas EW., Bittencourt-Oliveira M.C., 2007. **Structure of the Phytoplankton in a Water Supply System in the State of Pernambuco Brazil**. Brazilian Archives of Biology and Technology 50, 645-654.

Novo, E. M. L. M.; Leite, F. O sistema de informações geográficas da UHE Barra Bonita. In: SIMPÓSIO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1999, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p. 227-232.

Rodrigues, L.; Moresco, C. Cianobactérias perifíticas nos reservatórios de Segredo e Larí, Estado do Paraná, Brasil. Acta Scientiarum. **Biological Sciences**, v. 28, n. 4, 2006.

Santos, K. R. **Biodiversidade de algas e cianobactérias de três Lagoas ("Salina", "Salitrada" e "Baía) do Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil**. São paulo: IBOT, [2008]. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, [2008]. 255 p.

Secretaria da Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco**. Recife: SECTMA, 2006. p. 10-100.

Silva, R. L. 2003. **UFSC colabora com o controle da qualidade da água de abastecimento**. Santa Catarina: UFSC. Disponível em: < <http://www.agecom.ufsc.br/index.php?secao=arq&id=1229>> . Acessado em: 05.01.2010.

Silva, D. **Dinâmica de populações de Microcystis (Cyanobacteria) em pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Brasil**. São paulo: IBOT, 2005. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, 2005.

Tundisi, J. G.; Matsumura-Tundisi, T.; Rocha, O. Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI J. G. (ed.). **Águas doces do brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escritura, 2006. p.203-240.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 632 p.