



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE/PRODEMA**



**QUALIDADE DE ÁGUA COMO TEMA PARA A**  
**SOCIALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO EM**  
**REGIÃO SEMI-ÁRIDA BRASILEIRA**

**LUIZ SODRÉ NETO**

FEVEREIRO – 2008

Natal – RN

Brasil

**Luiz Sodré Neto**

**QUALIDADE DE ÁGUA COMO TEMA PARA A  
SOCIALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO EM  
REGIÃO SEMI-ÁRIDA BRASILEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN), como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: **Profa. Dra. Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo**

FEVEREIRO – 2008

Natal – RN

Brasil

## **LUIZ SODRÉ NETO**

Dissertação submetida ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN), como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em: 19 de Fevereiro de 2008.

---

Profa. Dra. Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN)

---

Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UEPB)

---

Profa. Dra. Maria do Socorro C. Martim  
Universidade Federal de (Membro externo) (PRODEMA/UFRN)

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	01
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	06
<b>FIGURA 1</b>	01
<b>CAPÍTULO 1. Oscilações espaciais e temporais do bacterioplâncton e variáveis limnológicas em ambientes eutrofizados de região semi-árida brasileira.</b>	08
RESUMO	09
ABSTRACT	10
INTRODUÇÃO	11
MATERIAIS E MÉTODOS	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
CONCLUSÕES	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
FIGURA 1	13
FIGURA 2	13
FIGURA 3	18
FIGURA 4	18
FIGURA 5	19
FIGURA 6	20
FIGURA 7	21
TABELA 1	14
TABELA 2	14
QUADRO 1	16 – 17
QUADRO 2	22
<b>CAPÍTULO 2. Qualidade de água como tema para a socialização do conhecimento científico em região semi-árida brasileira.</b>	30
RESUMO	31
ABSTRACT	32
INTRODUÇÃO	33
PERCURSO METODOLÓGICO	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
CONCLUSÕES	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
FIGURA 1	36
FIGURA 2	45
FIGURA 3	45
QUADRO 1	38
QUADRO 2	38 – 39
QUADRO 3	43

## INTRODUÇÃO GERAL

O semi-árido brasileiro (Figura 1) apresenta clima seco e quente, com chuvas que se concentram nas estações de verão e outono. Estas características favorecem a ocorrência de períodos de seca que atingem a região com todas as suas repercussões naturais, sociais e econômicas.



**Figura 1:** Mapa do semi-árido. **Fonte:** Nova delimitação do semi-árido brasileiro (BRASIL, MI, 2005)

Na região nordeste (20% do território nacional), onde vivem 29% da população e origina-se em torno de 21% da produção agrícola do país (Araújo, 2000), o semi-árido ocupa uma área de aproximadamente 900 mil km<sup>2</sup>, correspondente a mais de 50% da região, abrigando um contingente populacional expressivo. No estado do Rio Grande do Norte, segundo dados do Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2005), cerca de 1,6 milhões de pessoas vivem na região que compreende o semi-árido potiguar sujeitas aos problemas ocasionados ou acentuados pela seca. Nesse aspecto, os reservatórios aparecem com um papel fundamental, pois a água neles armazenada ajuda a amenizar a situação nos períodos de estiagem.

A construção de reservatórios na região, processo ao qual Valêncio (1995) se refere utilizando o termo “açudagem”, foi proposta como um mecanismo de regularização das águas dos rios. Mas, apesar de modificar os padrões de inundação e de seca e de promover a entrada de capital para a agricultura, essa “açudagem” também gerou efeitos perversos.

No projeto Baixo Assu (RN), entre 1979 e 1983, foi construída a Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu, o que provocou transformações ambientais, tecnológicas e nas relações de trabalho. Grande parte do município de São Rafael foi inundada e a parte urbana foi reconstruída pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) nas terras altas, mas as atividades agrícolas inviabilizaram-se irreversivelmente em função da alteração na qualidade do solo de aluvião pela mudança das condições normais de vazão do rio. Com a barragem, acabaram-se as várzeas, as vazantes e as culturas de subsistência causando prejuízos irreparáveis aos moradores das áreas desapropriadas.

“Ao lado da grande reserva hídrica, restou uma paisagem desalentadora e ressequida, com solos cascalhentos em processos erosivos ativos.” (Valêncio, 1995).

A construção da barragem transformou um ambiente lótico (relativo à água em movimento) em lântico (relativo à água parada) rompendo a sua estabilidade e a das espécies que o habitavam tanto à montante quanto à jusante do reservatório. O problema gerado pela diminuição da vazão dos rios – fator que promove uma menor capacidade de diluição de poluentes – e pela redução da cobertura vegetal em suas margens, multiplica o risco de carreamento de sólidos para o corpo hídrico desencadeando o processo de assoreamento e salinização das águas (Proença et al., 2003).

Por outro lado, o projeto hídrico permitiu a entrada de grandes empresas agrícolas com técnicas modernas visando o aumento da produtividade e uma agricultura de mercado. Araújo (2000) destaca o pólo de fruticultura irrigada do Vale do Assu como uma das estruturas que remodelaram a realidade econômica nordestina.

A utilização dos rios e reservatórios da bacia do rio Piranhas-Assu para abastecimento público, recreação e pesca faz com que a qualidade da água seja um fator preocupante, já que muitos efluentes de atividades industriais e domésticas são lançados nestes ambientes.

A carência hídrica agrava o problema da perda de qualidade da água ocasionado em função da demanda gerada pelo crescimento da população e de sua economia. Atualmente, com a percepção de meio ambiente como fonte de recursos econômicos, predominante sobre a percepção como fonte de subsistência (Mendes, 2006), os problemas ambientais relacionados à água tomam grandes proporções principalmente onde este recurso é escasso.

Considerando que a qualidade da água está diretamente ligada à presença microbiana, o monitoramento destes organismos, associado ao conhecimento sobre as funções que eles exercem para a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos, torna-se essencial na busca de alternativas de solução para questões ambientais relacionadas à água. Nesse sentido, a identificação e quantificação de microorganismos como bactérias podem ser fundamentais para a manutenção da qualidade da água destes ambientes e também alertar a favor da saúde das comunidades locais. As bactérias estão entre os mais abundantes organismos planctônicos em reservatórios (Lewis et al., 1986; Lindström, 2001) e constituem um componente básico das teias alimentares aquáticas, contribuindo significativamente na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia (Azam et al., 1983; Gurung et al., 2002).

Com a intenção de sensibilizar populações ribeirinhas e alertar para a importância da conservação de ambientes aquáticos, é fundamental a tentativa de se estabelecer um diálogo com as comunidades por meio de atividades educacionais e de divulgação de resultados encontrados em pesquisas realizadas nessas áreas.

Leff (2000) afirma que:

“(...) Paulatinamente passou-se da noção de ambiente que considera essencialmente os aspectos biológicos e físicos, a uma concepção mais ampla, que dá lugar às questões econômicas e sócio-culturais, reconhecendo que, se os aspectos biológicos e físicos constituem a base natural do ambiente humano, as

dimensões sócio-culturais e econômicas definem as orientações conceituais, os instrumentos técnicos e os comportamentos práticos que permitem ao homem compreender e utilizar melhor os recursos naturais.”

É neste cenário que a Educação Ambiental se mostra como instrumento condutor de transformação mais adequado às necessidades prementes. Ela se constitui um elemento promotor de mudanças comportamentais e deve ser desenvolvida a partir de múltiplas experiências, em diversos níveis de abrangência, levando em conta a importância de compreender como as pessoas pensam, aprendem e agem no meio em que vivem (Higuchi e Azevedo, 2004). Estas considerações, bem como o conhecimento sobre o histórico da transformação da paisagem e da construção de espaços habitados, figuram como instrumentos valiosos para sensibilização (Marin et al., 2003).

Para Sato (2002) a educação ambiental deve ser abordada como uma dimensão que permeia todas as atividades escolares, perpassando os mais diversos setores de ação humana. A educação ambiental deve ser crítica e inovadora, deve valorizar as diversas culturas e sociedades e deve transformar valores e atitudes (Diniz e Tomazello, 2005), visando à formação de uma cidadania ambiental.

A discussão de questões ambientais no processo educativo requer a criação de espaços para facilitar o aprendizado do aluno e do próprio professor, que deve ser capaz de identificar e analisar coerentemente o conteúdo ambiental como elemento dos conteúdos disciplinares. Para isso, é importante que ele tenha a sua formação pedagógica alinhada à formação ambiental (Araújo, 2004). A inserção da educação ambiental numa perspectiva crítica ocorre na medida em que o professor assume uma postura reflexiva. Segundo Jacobi (2005) isto potencializa entender a educação ambiental como uma prática que representa a possibilidade de motivar e sensibilizar as pessoas para transformar as diversas maneiras de participação em fatores de dinamização da sociedade e de ampliação da responsabilidade socioambiental.

Nesse contexto, a educação ambiental, nas modalidades formal e não-formal, deve ser uma estratégia que acima de tudo se configure como um ato político voltado para a transformação social (Jacobi, 2003).

Aliada à educação ambiental, a divulgação científica constitui uma importante ferramenta para a popularização de saberes e valores científicos frente à demanda pública crescente por este tipo de conhecimento. O potencial de inserção social das práticas de divulgação, bem como a amplitude e diversidade de público que conseqüentemente abarca,

lhes confere capacidade para atender tais anseios, considerando que suas atribuições ou fins não são excludentes, mas complementares (Valério, 2005).

Embora a divulgação científica seja geralmente percebida como sendo baseada em mecanismos de educação informais, Albagli (1996) considera inevitável a sua relação com a educação formal, e, Silva (2006), alerta para a possibilidade de essa atividade estar envolvida na interlocução entre cientistas de áreas distintas.

Em sua relação com o público a divulgação científica se depara com o problema da recodificação da linguagem do conhecimento científico. Valério (2005), dentre outros autores, apresenta esta como uma das principais dificuldades das iniciativas de divulgação e afirma que deve haver o reconhecimento de possíveis conhecimentos prévios do público alvo na realização dessas atividades. Além disso, o autor considera que:

“Deve-se conter o simples estoque de informações, em prol de uma divulgação com caráter formativo, capaz de modificar o espírito do público com o qual se relaciona através do conhecimento científico. Assim, percebe-se que a exposição dos conteúdos configura apenas uma parcela da contribuição da divulgação científica para a educação em ciências, na qual a discussão sobre os bastidores do funcionamento do empreendimento científico – seus valores e comportamentos – se mostra tão ou mais importante para a formação do cidadão.”

Nesse sentido a divulgação científica, com todo o seu potencial educativo, deve se firmar como um instrumento primordial, sobretudo para grande parte da sociedade que não esteve ou não está mais em contato com o ensino formal de ciências.

Este trabalho teve como objetivo sensibilizar populações ribeirinhas de região semi-árida para a conservação de ambientes aquáticos, por meio de atividades de educação ambiental, utilizando dados obtidos na pesquisa sobre qualidade microbiológica da água realizada na barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves e em um trecho do rio Piranhas-Assu à jusante. O fato de a pesquisa e as ações de socialização do conhecimento científico estarem voltadas para a conservação do principal reservatório hídrico do estado do Rio Grande do Norte justifica a importância da realização deste tipo de trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? **Ci. Inf.**, Brasília, v.25, n.3, p. 396-404, set./dez., 1996.

ARAÚJO, M. I. O. A universidade e a formação de professores para a educação ambiental. **Revista brasileira de educação ambiental**, n.0, p. 71-78, 2004.

ARAÚJO, Tânia Bacelar de. Ensaio sobre o desenvolvimento brasileiro: heranças e urgências. Rio de Janeiro: Revan: Fase, 2000. 392p.

AZAM, F.; FENCHEL, T.; FIELD, J. G.; GRAY, J. S.; MEYER-REIL, L. A.; THINGSTAD, F. The ecological role of water-column microbes in the sea. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v.10, p. 257-263, 1983.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. Brasília: MIN/SPDR, 2005. 32 p.

DINIZ, E. M.; TOMAZELLO, M. G. C. A pedagogia da complexidade e o ensino de conteúdos atitudinais na educação ambiental. **Revista eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental.**, v.15, jul./dez., 2005. ISSN 1517-1256

GURUNG, T. B.; URABE, J.; NOZAKI, K.; YOSHIMIZU, C.; NAKANISHI, M. Bacterioplankton production in a water column of Lake Biwa. **Lakes and Reservoirs**, v.7, p. 317-323, 2002.

HIGUCHI, M. I. G. e AZEVEDO, G. C. Educação como processo na construção da cidadania ambiental. **Revista brasileira de educação ambiental**, n.0, p. 63-70, 2004.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n.118, p. 189-206, mar. 2003.

JACOBI, P. Educação ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.31, n.2, p. 233-250, mai./ago., 2005.

LEFF, E. Complexidade, interdisciplinaridade e saber ambiental. In: PHILIPPI Jr, A. et al. Interdisciplinaridade em ciências ambientais. São Paulo: Signus, 2000.

LEWIS, W. M.; FROST, T.; MORRIS, D. Studies of planktonic bacteria in Lake Valencia, Venezuela. **Arch. Hydrobiol.**, v.106, p. 289-305, 1986.

LINDSTRÖM, E. S. Investigating influential factors on bacterioplankton community composition: results from a field study of five mesotrophic lakes. **Microb. Ecol.**, v.42, p. 598-605, 2001.

MARIN, A. A.; TORRES OLIVEIRA, H.; COMAR, V. A educação ambiental num contexto de complexidade do campo teórico da percepção. **INCI.**, v.28, n.10, out., 2003. ISSN 0378-1844.

MENDES, R. P. R. **Percepção sobre meio ambiente e educação ambiental: o olhar dos graduandos de ciências biológicas da PUC – Betim (2005)**. 2006. 143p. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2006.

PROENÇA, C. N. O.; MEDEIROS, Y. D. P.; CAMPOS, V. P. Metodologia para definição de parâmetros de qualidade da água visando o enquadramento de corpos d'água em região semi-árida – **UFBA**. Departamento de Hidráulica e Saneamento – **DHS**. Grupo de Recursos Hídricos – **GRH**. Plano de Gerenciamento Integrado da Bacia do Rio Salitre. Relatório Final. ANA/GEF/PNUMA/OEA. Salvador, jan., 2003.

SATO, M. Educação ambiental. 1. ed. São Carlos: Rima, v.1, 2002. 66p.

SILVA, H. C. O que é divulgação científica? **Ciência e Ensino**, v.1, n.1, dez., 2006.

VALENCIO, Norma Felicidade. Grandes projetos hídricos no nordeste: suas implicações para a agricultura do semi-árido. Natal: Ed. Universitária **UFRN**, 1995. (coleção Vale do Açu, v.8).

VALÉRIO, M. Os desafios da divulgação científica sob o olhar epistemológico de Gaston Bachelard. **Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Atlas do V EMPEC, n.5, 2005. ISSN 1809-5100.

# **CAPÍTULO 1**

**OSCILAÇÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS DO BACTERIOPLÂNCTON  
E VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM AMBIENTES EUTROFIZADOS  
DE REGIÃO SEMI-ÁRIDA BRASILEIRA.**

OSCILAÇÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS DO BACTERIOPLÂNCTON E  
VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM AMBIENTES EUTROFIZADOS  
DE REGIÃO SEMI-ÁRIDA BRASILEIRA.

Luiz Sodré Neto<sup>1</sup>, Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (Mestrado), Bolsista DAAD. luizsodreneto@oi.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Departamento de Microbiologia e Parasitologia. Centro de Biociências - Campus Universitário, Lagoa Nova – Natal/RN. CEP 59.072-970. (84)3215-3437. mag@cb.ufrn.br

## RESUMO

Variações no bacterioplâncton e nos índices de estado trófico em ambientes lótico e lêntico de trechos da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu foram estudadas nos períodos seco e chuvoso. As médias das densidades bacterianas totais oscilaram na ordem de  $10^7$  organismos por mL de amostra, sendo mais elevadas no período de chuva. As células em forma de cocos foram numericamente predominantes em todos os locais, influenciando consideravelmente a abundância total do bacterioplâncton. A biomassa bacteriana total variou de 659 a 1997,3  $\mu\text{gC.L}^{-1}$  em função dos altos valores de biovolume dos filamentos. O fósforo total atingiu 108  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e teve uma correlação positiva com a clorofila “a” ( $r = 0,94$ ;  $p < 0,05$ ) no período de estiagem, quando estas duas variáveis apresentaram concentrações mais elevadas. Não houve variação espacial marcante. A baixa transparência da água e as concentrações de fósforo e clorofila indicaram níveis eutrófico ou hipereutrófico nos pontos estudados no reservatório. Estes fatores, associados aos altos valores de densidade e biomassa encontrados, alertam para a necessidade de um freqüente monitoramento dos ecossistemas aquáticos de região semi-árida onde a qualidade da água é afetada pela ocorrência de seca.

Palavras-chave: Qualidade de água; bacterioplâncton; semi-árido.

SPATIAL AND TEMPORAL OSCILLATIONS IN BACTERIOPLANKTON AND  
LIMNOLOGICAL VARIABLES IN EUTROPHIC ENVIRONMENTS OF  
BRAZILIAN SEMI-ARID REGION

Luiz Sodré Neto<sup>1</sup>, Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (Mestrado), Bolsista DAAD. luizsodreneto@oi.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Departamento de Microbiologia e Parasitologia. Centro de Biociências - Campus Universitário, Lagoa Nova – Natal/RN. CEP 59.072-970. (84)3215-3437. mag@cb.ufrn.br

ABSTRACT

During the dry and rainy periods, in the Piranhas-Assu river hydrographic basin, variations in bacterioplankton and trophic state indexes were studied in the lotic and lentic environments. The means of total bacterial density wavered in the order of  $10^7$  organisms.  $\text{mL}^{-1}$  and they were higher in the rainy period. Cocci bacteria were numerically predominant in all sampling points, influencing the total abundance of bacterioplankton. Total bacterial biomass varied from 659 to 1997,3  $\mu\text{gC.L}^{-1}$  due to the high values of filaments cellular volume. Total phosphorus amounted 108  $\mu\text{g.L}^{-1}$  and it had a positive correlation with chlorophyll “a” ( $r = 0,94$ ;  $p < 0,05$ ) during dry period, when these variables presented higher concentrations. There wasn't a high spatial variation. The low transparency of water and the phosphorus and chlorophyll concentrations indicated eutrophic or hipereutrophic levels in studied points of reservoir. These variables, associated with high density and biomass values found, alert to the necessity of a constant monitoring of the semi-arid aquatic ecosystems, where the quality of water is affected by dry occurrence.

Key-words: Water quality; bacterioplankton; semi-arid.

## INTRODUÇÃO

Conhecimentos acumulados sobre o clima do semi-árido brasileiro apontam a irregularidade na distribuição anual das precipitações, associada às elevadas taxas de evaporação em face de coeficientes térmicos muito altos, como a responsável pelo fenômeno da seca que periodicamente assola a população da região.

As comunidades ribeirinhas da região semi-árida do nordeste do Brasil sofrem com o problema da falta de água imposta pelos longos períodos anuais de seca. Nesse sentido, a manutenção da qualidade da água de rios e reservatórios da região, a partir do seu conhecimento, permite um nível mais elevado de informações que podem contribuir significativamente para a melhoria da qualidade de vida da população.

A escassez hídrica nos períodos de estiagem acentua o problema da perda de qualidade da água que é utilizada pelas pessoas para atendimento das suas necessidades básicas. O uso desse recurso com qualidade precária implica em uma crescente e séria ameaça à saúde e ao bem-estar das populações que têm contato direto com as águas dos rios e reservatórios do semi-árido (Proença et al., 2003). Em particular, nas regiões áridas e semi-áridas, segundo Soares et al. (2001), ocorre forte contaminação dos recursos hídricos e os corpos aquáticos superficiais encontram-se poluídos e eutrofizados.

Associadas à qualidade da água, a presença de microorganismos e a sua diversidade constituem fatores importantes para o funcionamento desses ambientes. Os microorganismos são capazes de explorar um amplo espectro de fontes de energia e viver em variados habitats, além de constituírem a base de processos ambientais básicos, tais como ciclos biogeoquímicos e cadeias alimentares (Bettez et al., 2002). Eles também mantêm relações vitais e refinadas entre si e com os organismos superiores (Rosado e Duarte, 2002), e desempenham um papel fundamental na conservação e restauração biológica de áreas ambientais degradadas (Young, 1997). Organismos como as bactérias têm reconhecida importância no funcionamento dos diversos ecossistemas e podem ser bons indicadores dos níveis tróficos de ambientes aquáticos. Lindstrom e Bergstrom (2005) citam o bacterioplâncton como um componente abundante e ecologicamente importante tanto nos oceanos quanto em águas continentais.

As bactérias heterotróficas planctônicas são organismos fundamentais associados ao metabolismo do carbono em meios pelágicos (Gurung et al., 2002) e uma ampla parte da matéria orgânica dissolvida pode ser consumida por estas bactérias (Bouvy et al., 1998).

Entretanto, em excesso, a degradação do carbono orgânico por estes microorganismos pode reduzir o oxigênio dissolvido a níveis nocivos para outros organismos (Eiler e Bertilsson, 2004).

Os microorganismos em sistemas aquáticos variam quantitativa e qualitativamente com flutuações temporais que podem ocorrer ao longo de grandes períodos ou em curto espaço de tempo (Regali-Selegim, 1992). O estudo destas alterações na composição bacteriana pode indicar variações importantes na densidade e biomassa do bacterioplâncton nestes ambientes (Kirschner e Velimirov, 1997). Nesse aspecto, o monitoramento dos ecossistemas aquáticos pode ser extremamente pertinente visando-se a manutenção do seu bom funcionamento. O controle microbiológico da água faz-se necessário pelo fato de ela também funcionar como um veículo de enteropatógenos causadores de inúmeras doenças ao homem e outros animais (Gasparotto et al., 2006).

Além disso, fatores como fósforo total, clorofila “a” e transparência da água podem ser utilizados para se indicar o nível trófico do ecossistema. O conhecimento desse estado trófico pode ser favorável para a descrição de relações entre fatores bióticos e abióticos (Matthews et al., 2002).

Nesta pesquisa objetivou-se analisar variações espaciais e temporais na densidade e biomassa do bacterioplâncton em trechos à montante e à jusante da Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, bem como indicar o estado trófico do reservatório em períodos seco e chuvoso, visando-se contribuir para o conhecimento destes fatores em ambientes aquáticos de região semi-árida em prol da conservação dos mesmos.

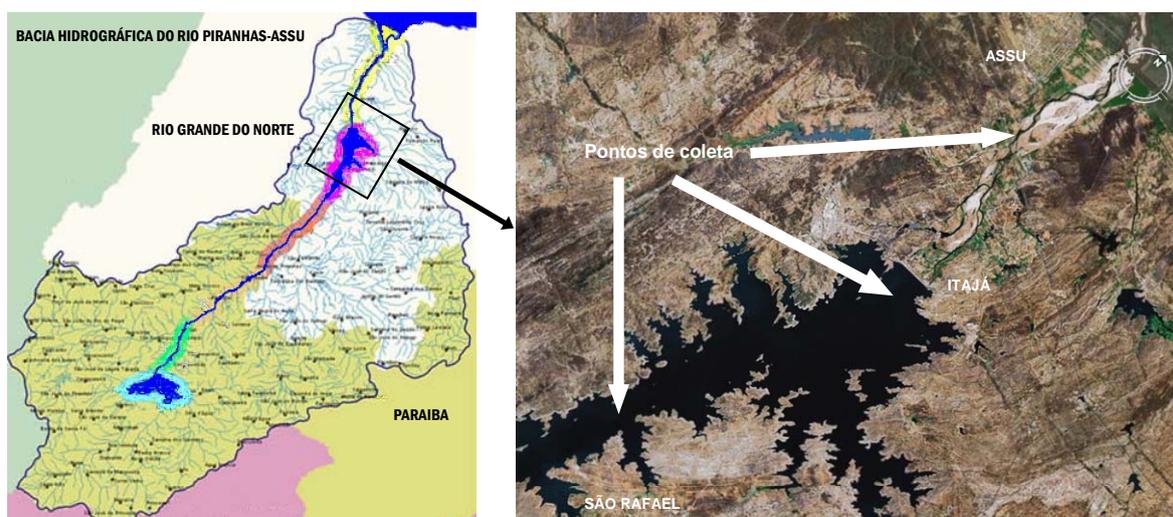
A existência de poucos trabalhos dessa natureza faz com que as pesquisas realizadas nessas áreas tornem-se essenciais para o conhecimento dos ecossistemas aquáticos da região semi-árida brasileira e possam servir para a melhoria da qualidade de vida da população ribeirinha.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### **1. Caracterização da área de estudo**

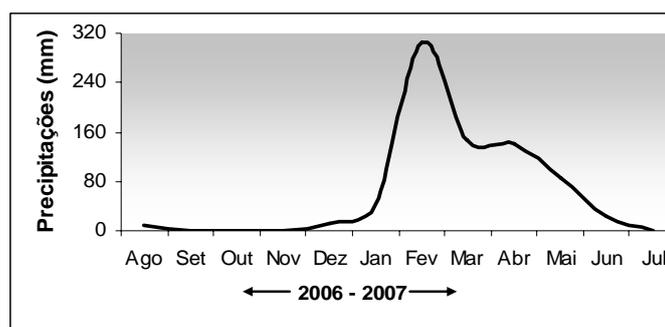
A bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu, que abastece um total de 148 municípios da região semi-árida dos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, tem, em território potiguar, o seu principal reservatório com capacidade para comportar 2,4 bilhões de m<sup>3</sup> de água (SEMARH-RN). A barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, localizada

pelas as coordenadas geográficas  $05^{\circ}40'09.48''S$  e  $36^{\circ}52'44.34''W$ , é de grande importância sócio-econômica para o estado e atualmente (jan./2008) encontra-se com aproximadamente 78% de sua capacidade máxima. A área estudada se insere integralmente na região semi-árida, onde há extrema irregularidade têmpero-espacial das chuvas e elevadas taxas de evaporação. A localização dos pontos de coleta à montante, referentes aos municípios de Itajá e São Rafael, e à jusante, relativo ao município de Assu, é mostrada na Figura 1.



**Figura 1:** Localização dos pontos de coleta

A temperatura média anual situa-se em torno de  $28^{\circ}C$ , com máxima de  $33^{\circ}C$  nos meses mais quentes e mínima de  $21^{\circ}C$  nos meses mais frios. Na região onde são encontrados os pontos de coleta, a umidade relativa média anual é de 70% e as precipitações são extremamente concentradas entre os meses de fevereiro e junho com médias de aproximadamente 600 mm anuais (Figura 2). O período que compreende o intervalo entre os meses de julho a dezembro é marcado pela escassez de chuvas e pelas altas temperaturas.



**Figura 2:** Precipitações mensais, de agosto de 2006 a julho de 2007. **Fonte:** EMPARN

A média anual do pH situa-se entre 8,0 e 8,5 e o oxigênio dissolvido na barragem apresenta uma média anual de aproximadamente 5,5 mg.L<sup>-1</sup> (Costa et al., 1998). Características hidrológicas e morfométricas da bacia hidrográfica estão representadas na Tabela 1.

**Tabela 1:** Características hidrológicas e morfométricas da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu e da barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves.

Bacia hidrográfica	36.770,00 Km <sup>2</sup>
Bacia hidráulica	19.500,00 há
Nível máximo operacional da barragem	35,00 m
Vazão máxima dos vertedouros	13.200,00 m <sup>3</sup> /s
Vazão máxima da tomada da água	47,50 m <sup>3</sup> /s
Volume de acumulação até a cota de 55 m	2.400,00 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Volume útil de acumulação entre 35 e 55 m	2.100,00 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Área inundável	19.200,00 ha

**Fonte:** DNOCS

## 2. Amostragem

O cronograma de coletas foi definido a partir da análise prévia do histórico pluviométrico anual da região, para que as coletas abrangessem tanto períodos de estiagem quanto de chuva. Foram definidos quatro grupos de três coletas semanais, sendo o primeiro grupo realizado em setembro de 2006, o segundo em novembro de 2006 e o terceiro grupo realizado nas três últimas semanas de março de 2007 seguido das coletas de junho e julho de 2007 correspondentes ao quarto grupo (Tabela 2).

**Tabela 2:** Cronograma das coletas realizadas.

DATA	PERÍODO
12/setembro/2006	Seco
19/setembro/2006	Seco
27/setembro/2006	Seco
11/novembro/2006	Seco
16/novembro/2006	Seco
15/março/2007	Chuvoso
20/março/2007	Chuvoso
28/março/2007	Chuvoso
26/junho/2007	Chuvoso
03/julho/2007	Chuvoso

As coletas das amostras de água foram programadas para dois pontos da barragem e para um trecho lótico. Cada ponto foi subdividido em três áreas: uma na proximidade da margem direita, uma próxima à margem esquerda e outra intermediária. Tais pontos, referenciados pelas coordenadas geográficas ( $5^{\circ}40'31.70''\text{S}$  e  $36^{\circ}53'00.01''\text{W}$ ), ( $05^{\circ}47'50.38''\text{S}$  e  $36^{\circ}55'33.38''\text{W}$ ) e ( $05^{\circ}36'16.43''\text{S}$  e  $36^{\circ}53'41.99''\text{W}$ ), foram definidos estrategicamente em função da proximidade dos municípios de Itajá, São Rafael e Assu, respectivamente.

As amostras foram coletadas na superfície, meio e fundo em cada área, com profundidade previamente medida. Para cada ponto, utilizando uma garrafa de Van Dorn, foram coletados 45 litros de água, sendo 15 litros (5 da superfície, 5 do meio e 5 do fundo) na proximidade de cada margem e 15 litros (5 da superfície, 5 do meio e 5 do fundo) na zona intermediária. Depois de homogeneizadas numa caixa integradora, foram retiradas as subamostras para análises específicas das variáveis.

Em cada ocasião foram coletadas amostras para quantificação do bacterioplâncton e, para cada ponto de coleta da barragem, foram verificadas as concentrações de fósforo total e clorofila “a”, bem como a transparência da água, medida com o disco de Secchi. A determinação do fósforo total foi feita por meio de colorimetria, utilizando-se o método do ácido ascórbico após digestão das amostras em persulfato de potássio, e a leitura foi feita em espectrofotômetro no comprimento de onda de 880 nm (APHA, 2000). Para a extração da clorofila “a” foi utilizado etanol concentrado (90 a 95%) e a leitura foi realizada em espectrofotômetro a 665 nm e 750 nm após extração do pigmento por aproximadamente 20 horas (Marker et al., 1980; Jespersen e Christoffersen, 1987).

### **3. Bacterioplâncton**

As amostras (30 ml) com réplicas para a análise bacteriana foram fixadas com formaldeído tamponado (concentração final de 2%; pH 7,4). Subamostras de 1 ou 2 mL foram coradas com laranja de acridina 0,01% (Hobbie et al., 1977) e filtradas em membrana preta de policarbonato (Millipore, GTBP), com 0,2  $\mu\text{m}$  de poro, usando um filtro suporte (Poretics) de 0,45  $\mu\text{m}$  de poro para distribuí-las uniformemente. As membranas foram montadas entre lâmina e lamínula, cobertas com óleo de imersão não-fluorescente e contadas em um microscópio de epifluorescência (Olympus BX41) com aumento de 1250x (espelho dicróico DM500, filtro de excitação BP460-490 e filtro

barreira BA520IF). Para estimar as densidades, pelo menos 300 células bacterianas foram contadas, por filtro, em 15 a 20 campos microscópicos.

O tamanho e a largura das células foram obtidos com o uso de uma lente ocular micrométrica e as bactérias foram classificadas em quatro grupos com base na sua morfologia: cocos, bacilos, vibriões e filamentos. Os volumes celulares foram calculados utilizando-se a fórmula  $(\pi/4) \times [W^2 \times (L - (W/3))]$ , na qual W corresponde à largura e L ao comprimento da célula. Para as células cocoides  $W=L$  (Bratbak,1993). Uma fórmula alométrica de conversão foi utilizada no cálculo do conteúdo de carbono celular para determinação da biomassa bacteriana:  $CC = 120 \cdot V^{0,72}$ , onde : CC = conteúdo de carbono; V = volume celular ( $\mu\text{m}^3$ ). Esta fórmula, proposta por Simon e Azam (1989) e recalculada por Norland (1993) é considerada por Posch et al. (2001) como sendo mais adequada para células coradas com laranja de acridina.

#### 4. Estado trófico da água

Para a indicação do estado trófico da água na barragem foram utilizados como parâmetros os índices da OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), como apresentados por Tundisi et al. (1988), os IET (Índices de Estado Trófico) de Carlson (1977) e os índices descritos por Cullen e Small (1981). Estes índices consideram valores de concentrações de fósforo total e clorofila “a” e de transparência da água (Quadro 1).

**Quadro 1:** Tipologia de lagos de acordo com os índices apresentados.

ESTADO TRÓFICO	Fósforo Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) <u>intervalo</u>	Clorofila “a” ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )		Transparência Secchi (m)	
		<u>média</u>	<u>máxima</u>	<u>média</u>	<u>mínima</u>
<b>OECD (Tundisi, 1988)</b>					
ultraoligotrófico	< 4	< 1	< 2,5	> 12	> 6
oligotrófico	< 10	< 2,5	< 8	> 6	> 3
mesotrófico	10 – 35	2,5 – 8	8 – 25	6,3	3 – 1,5
eutrófico	35 – 100	8 – 25	25 – 75	3 – 1,5	1,5 – 0,7
hipereutrófico	> 100	> 25	> 75	< 1,5	< 0,7
<b>IET (Carlson, 1977)</b>		<u>Intervalo</u>		<u>intervalo</u>	
ultraoligotrófico	$\leq 3$	$\leq 0,34$		$\geq 16$	
oligotrófico	3 – 12	0,34 – 2,6		16 – 4	

mesotrófico	12 – 24	2,6 – 6,4	4 – 2
eutrófico	24 – 48	6,4 – 20	2 – 1
hipereutrófico	> 48	> 20	< 1
<b>Cullen e Small (1981)</b>			
oligotrófico	5	0,3 – 30	
mesotrófico	5 – 30	2 – 15	
eutrófico	30 – 1000	10 – 500	

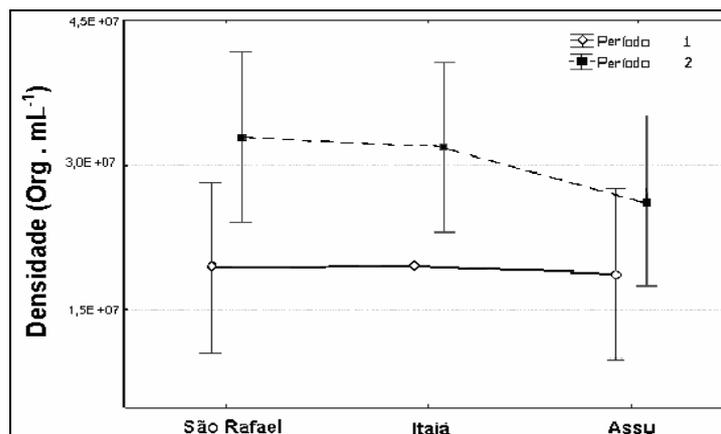
## 5. Análises estatísticas

As análises foram realizadas por meio da construção de matrizes de correlação (Pearson) para se verificar as relações entre as variáveis medidas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

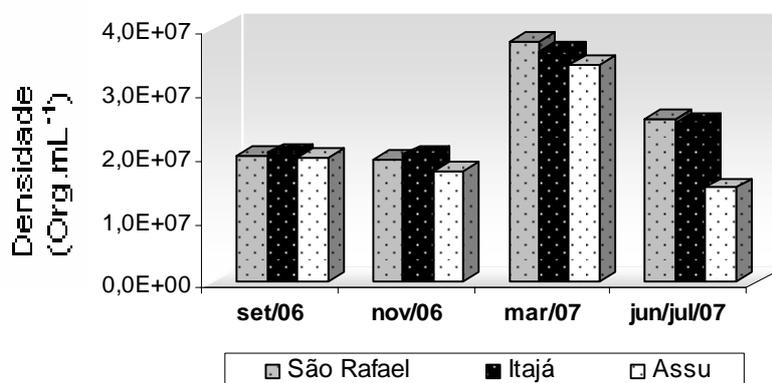
### Bacterioplâncton

A densidade bacteriana total variou entre os períodos seco e chuvoso nas três localidades e esteve um pouco mais elevada nos ambientes lênticos do que no ambiente lótico. O número de organismos por ml de amostra situou-se em média entre  $1,85$  e  $2,45 \times 10^7$  no trecho do rio, enquanto as médias no reservatório mantiveram-se entre  $1,95$  e  $3,17 \times 10^7$  org.mL<sup>-1</sup> (Figura 3). Estes valores foram elevados em relação aos encontrados por Bouvy et al. (1998) em sete reservatórios do nordeste do Brasil, que oscilaram entre  $1,8$  e  $7,4 \times 10^6$  org.mL<sup>-1</sup>, e aos valores também na ordem de  $10^6$  org.mL<sup>-1</sup> apresentados por Kalinowska (2004) para um lago eutrófico do nordeste da Polônia. De modo geral as densidades de células bacterianas variam entre  $10^5$  e  $10^8$  organismos por mL e aumentam de acordo com o grau de eutrofização do ambiente (Bouvy et al., 1998). As comunidades aquáticas podem mudar em quantidade e qualidade como consequência da eutrofização desencadeada pelo crescimento da descarga de efluentes domésticos nos cursos de água (Biudes e Camargo, 2006), e o crescimento das populações bacterianas pode ser favorecido pelo bom aproveitamento do carbono (Araújo, 2004).



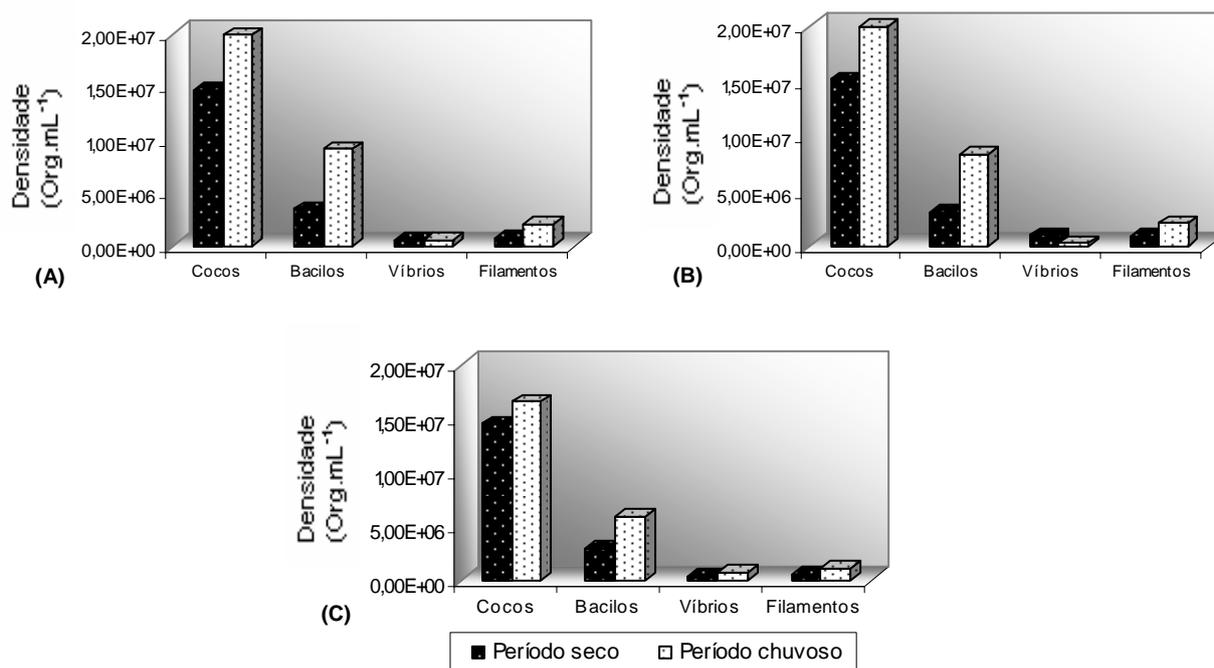
**Figura 3:** Médias das densidades do bacterioplâncton (Nº de organismos por ml de amostra) em São Rafael, Itajá e Assu no período 1 (seco) e no período 2 (chuvoso).

A oscilação das médias das densidades nos quatro grupos de coletas referentes aos dois períodos é observada na Figura 4. O elevado número de organismos encontrado nas coletas de março pode ser atribuído ao aporte de material alóctone carregado para o curso de água principalmente pelas chuvas de fevereiro.



**Figura 4:** Médias das densidades do bacterioplâncton para cada grupo de coletas nos três ambientes.

A densidade dos morfotipos bacterianos não mostrou uma variação espacial marcante, ocorrendo fortes oscilações apenas entre os dois períodos de coleta. As células em forma de cocos foram numericamente predominantes em todos os locais, influenciando consideravelmente a abundância total do bacterioplâncton. Os bacilos constituíram o segundo grupo mais numeroso seguido de filamentos e vibriões (Figura 5).



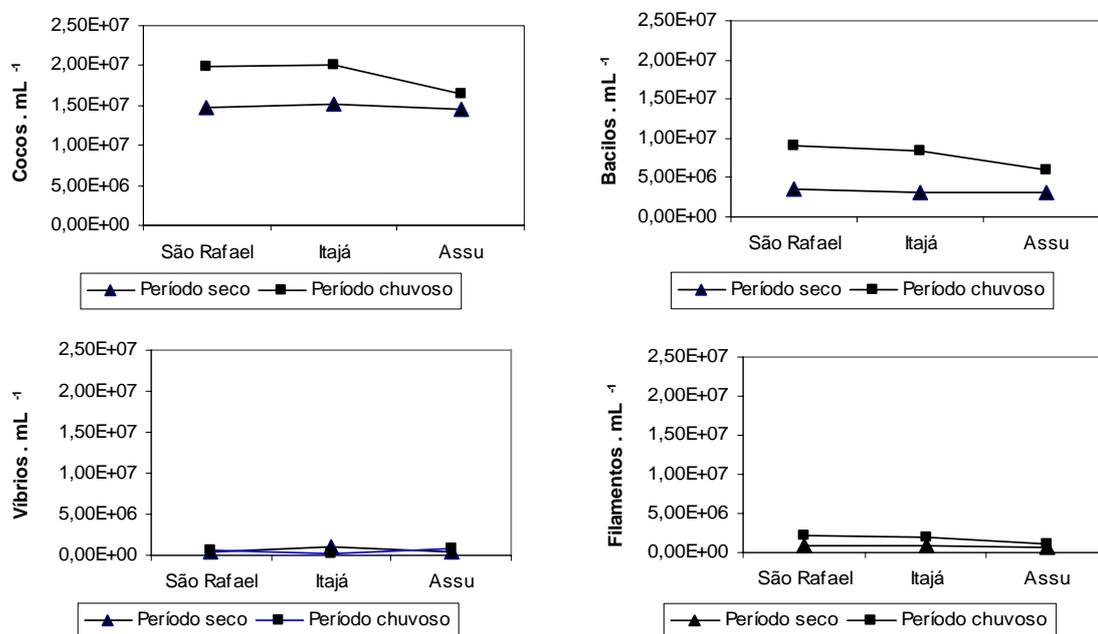
**Figura 5:** Médias das densidades de cocos, bacilos, víbrios e filamentos, em São Rafael (A), Itajá (B) e Assu (C), nos períodos seco e chuvoso.

As flutuações observadas na composição e densidade das populações de microorganismos em ecossistemas aquáticos são resultados da interação de vários fatores como o alimento disponível, a presença de predadores, de parasitas, as fontes alóctones de nutrientes e de microorganismos trazidas pela erosão e lavagem do solo e por efluentes de atividades humanas, além das condições físico-químicas locais. Deve-se considerar também a possível competição entre os organismos que vivem no mesmo ambiente.

A competição entre fitoplâncton e bacterioplâncton parece ser menos favorável para este último, já que o fitoplâncton é mais capaz de aproveitar o fósforo em ecossistemas aquáticos com alta disponibilidade de luz (Farjalla et al., 2001). Isto pode ter influenciado uma menor densidade bacteriana no período seco no presente estudo.

Nos ambientes estudados a quantidade de bactérias em geral foi maior no período de chuva (Figura 6), quando as concentrações de clorofila “a” foram menores. O fósforo total também diminuiu neste período provavelmente em função da incorporação pelo bacterioplâncton e da diluição deste nutriente. Na seca, período no qual a abundância bacteriana foi menor, os valores de clorofila “a” e de fósforo total estiveram mais elevados. Houve uma correlação positiva entre estas duas variáveis no período seco ( $r = 0,94$ ;  $p < 0,05$ ). No estudo de Rodrigues et al. (2002) a biomassa fitoplanctônica, estimada pela concentração de clorofila “a”, teve uma relação inversa com o nível da água. Naquele

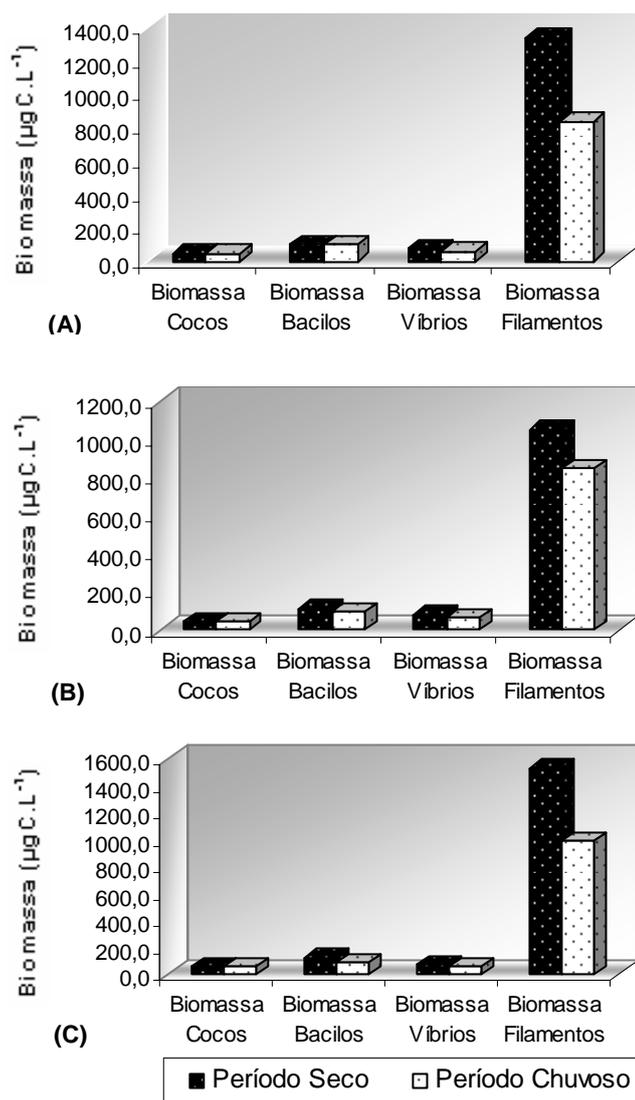
trabalho, as menores concentrações do pigmento também foram detectadas quando o nível da água foi mais elevado e a concentração de nutrientes diminuiu.



**Figura 6:** Densidades médias dos morfotipos bacterianos nos períodos seco e chuvoso.

Na Figura 7 estão expressas as médias dos valores de biomassa bacteriana com destaque para aqueles referentes às bactérias filamentosas. Estes organismos influenciaram expressivamente os altos valores de biomassa total.

As médias da biomassa bacteriana de cocos, bacilos e vibriões variaram de 47,0 a 122,9  $\mu\text{gC.L}^{-1}$  e para os filamentos a variação foi de 629,4 a 1295,7  $\mu\text{gC.L}^{-1}$ . Estas médias estiveram mais altas no período seco, o que pode estar associado às altas temperaturas, como considerado por Araújo (2004), que detectou elevadas correlações entre a temperatura e o volume celular bacteriano. Os valores de biomassa encontrados no presente trabalho foram altos em relação aos ilustrados por Bouvy et al. (1998) que considerou alta a biomassa bacteriana de 51,8  $\mu\text{gC.L}^{-1}$  em um reservatório eutrófico de região semi-árida no nordeste brasileiro.



**Figura 7:** Médias das biomassas ( $\mu\text{g C.L}^{-1}$ ) dos morfotipos bacterianos nos períodos seco e chuvoso em São Rafael (A), Itajá (B) e Assu (C).

A biomassa de cocos variou entre 31,7 e 75,3  $\mu\text{g C.L}^{-1}$ , permanecendo com as menores médias nos três ambientes, apesar de ser o morfotipo mais numeroso. Isto pode ser explicado pelo pequeno volume celular dessas bactérias, visto que o biovolume foi utilizado para o cálculo da biomassa. O inverso aconteceu com os organismos filamentosos, que, embora em pequeno número, apresentaram as mais altas médias de biomassa, atingindo 1734,1  $\mu\text{g C.L}^{-1}$ , em função dos elevados valores de biovolume destes organismos.

Kirschner e Velimirov (1997) encontraram o valor máximo de 122  $\mu\text{g C.L}^{-1}$  para um ambiente aquático de região temperada, e, Farjalla et al. (2001) e Erikson et al. (1999) obtiveram valores máximos de biomassa de 1432 e 930  $\mu\text{g C.L}^{-1}$ , respectivamente, para ambientes de região tropical. Em um lago classificado como eutrófico no nordeste da

Polônia, Kalinowska (2004) encontrou valores de biomassa bacteriana em torno de 1700  $\mu\text{gC.L}^{-1}$ , valores estes maiores do que os apresentados para os lagos mesotrófico e oligotrófico comparados naquele estudo. Segundo a autora altos valores de biomassa microbiana podem caracterizar um sistema aquático eutrófico. Para um lago oligotrófico da Áustria, Wille et al. (1999) encontraram o valor máximo de 15,3  $\mu\text{gC.L}^{-1}$  da biomassa bacteriana.

### Fósforo total, clorofila “a” e transparência da água

Com base nas concentrações de fósforo total e clorofila “a” e na transparência da água, apresentadas no Quadro 2, o nível trófico do reservatório se enquadra como eutrófico ou hipereutrófico. Durante o período estudado os valores dessas variáveis estiveram acima dos índices apresentados no Quadro 1 para ambientes aquáticos eutrofizados. Segundo Novo et al. (1994) é importante que, para a determinação do estado trófico de um sistema aquático de região tropical, seja utilizada uma combinação de vários índices.

**Quadro 2:** Médias de fósforo total, clorofila “a” e transparência da água nos meses de coleta.

	Fósforo Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )		Clorofila "a" ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )		Transparência (m) Médias	
	São Rafael	Itajá	São Rafael	Itajá	São Rafael	Itajá
set/06	101,3	108,0	51,4	70,7	1,3	1
nov/06	99,7	99,7	39,6	46,5	0,85	0,85
mar/07	91,3	88,0	41,1	40,5	1	1
jun/jul/07	74,7	41,3	47,9	25,3	1,2	1

O fósforo total variou de 41,3 a 91,3  $\mu\text{g.L}^{-1}$  no período chuvoso e de 99,7 a 108,0  $\mu\text{g.L}^{-1}$  no período seco. Os valores encontrados são mais elevados do que os publicados por Costa et al. (2006), que encontraram valor médio de 41,5  $\mu\text{g.L}^{-1}$  para este nutriente no mesmo ambiente. As altas concentrações de fósforo total provavelmente estão relacionadas ao constante aporte de nutrientes provenientes de ações antrópicas. Atividades como o uso intensivo de fertilizantes fazem com que as concentrações de nutrientes como o fósforo aumentem (Santos et al., 2004), e estas atividades ao longo da bacia hidrográfica em questão contribuem para a eutrofização da água da barragem (Costa et al., 2006).

A clorofila “a” variou entre 39,6 e 70,7  $\mu\text{g.L}^{-1}$  na seca e entre 25,3 e 47,9  $\mu\text{g.L}^{-1}$  na chuva. Estes valores encontram-se abaixo dos apresentados por Costa et al. (1998) para o

mesmo ambiente, que estiveram entre 71 e 110  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . A autora associou as elevadas concentrações de clorofila à alta quantidade de cianobactérias. Para Bouvy et al. (1998), Costa et al. (1998), Rodrigues et al. (2002) e Ribeiro et al. (2005), a clorofila “a” está associada à presença fitoplanctônica e a sua utilização para se estimar o estado trófico, segundo Matthews et al. (2002), é recomendada porque este índice é baseado diretamente na biomassa algal.

A transparência da água foi menor, em média, no período seco coincidindo com a ocorrência de ventos mais fortes nesta época e com as altas concentrações de clorofila “a” e fósforo total. Os baixos valores de transparência da água provavelmente devem-se à influência do carreamento de material alóctone para o rio (Moschini-Carlos et al., 1998) e à ressuspensão de material do sedimento provocada pela ação do vento (Araújo et al., 2000; Rodrigues et al., 2002; Becker e Motta Marques, 2004). De fato, a diminuição da transparência da água nos ecossistemas aquáticos tropicais acontece em função da alta lixiviação na região, o que afeta diretamente a penetração da luz (Moschini-Carlos et al., 1998; Guarino et al., 2005; Ribeiro et al., 2005).

No presente trabalho, as condições limnológicas dos ambientes estudados e as elevadas densidades e biomassas do bacterioplâncton encontradas, indicam uma alta atividade microbiana provavelmente influenciada por efluentes de atividades humanas. Nesse contexto, essa comunidade de microorganismos deve ter um importante papel nas interações tróficas locais.

## CONCLUSÕES

Variações quantitativas na densidade e biomassa do bacterioplâncton foram influenciadas pelo regime pluviométrico da região e pelo estado trófico do ambiente. Provavelmente, a ocorrência fitoplanctônica também interferiu nas variações ocorridas.

A ausência de variação espacial significativa está ligada à proximidade dos trechos lânticos e lótico estudados que são atingidos pelos mesmos tipos de efluentes.

Há forte indício de que a relação concentração/diluição, provocada pelos períodos seco e chuvoso, determine a biomassa bacteriana e os valores das variáveis limnológicas.

As concentrações de clorofila “a” e de fósforo total encontradas, além da transparência da água, indicaram os níveis eutrófico ou hipereutrófico para a classificação da barragem e certamente contribuíram para as elevadas densidades bacterianas. Estes

fatores favorecem a perda da qualidade da água, prejudicando as pessoas das comunidades próximas ao reservatório nos aspectos de saúde, alimentação e abastecimento público.

A análise desses dados sinaliza para a necessidade de um freqüente monitoramento da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu, em especial dos trechos estudados. Os resultados encontrados podem ser utilizados no desenvolvimento de ações voltadas para a conservação dos rios e reservatórios, visto que estas águas têm extrema importância para as populações ribeirinhas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20. ed., Washington, DC, 2000.

ARAÚJO, M. F. F. **Ecologia do protozooplâncton, bacterioplâncton e virioplâncton em um sistema fluvial-lagunar do nordeste brasileiro**. 2004. 97p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2004.

ARAÚJO, M. F. F.; COSTA, I. A. S.; CHELLAPPA, N. T. Comunidade fitoplactônica e variáveis ambientais na lagoa de extremoz, Natal-RN, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.12, n.1, p. 127-140, 2000.

BECKER, V.; MOTTA MARQUES, D. Water dynamics, phytoplankton biomass and size structure of a shallow freshwater subtropical lake (Itapeva lake, south of Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.16, n.2, p. 163-174, 2004.

BETTEZ, N. D.; RUBLEE, P. A.; O'BRIEN, J.; MILLERS, M. C. Changes in abundance, composition and controls within the plankton of a fertilized arctic lake. **Freshwater Biology**, v.47, p. 303-311, 2002.

BIUDES, J. F. V.; CAMARGO, A. F. M. Changes in biomass, chemical composition and nutritive value of *Spartina alterniflora* due to organic pollution in the Itanhaém river basin (SP, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v.66, n.3, p. 781-789, 2006.

BOUVY, M.; BARROS-FRANCA, L. M.; CARMOUZE, J. P. Compartimento microbiano no meio pelágico de sete açudes do estado de Pernambuco. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.10, n.1, p. 93-101, 1998.

BRATBAK, G. Microscopic methods for measuring bacterial: epifluorescence microscopy, scanning electron microscopy and transmission electron microscopy. In: Kemp P. F.; Sherr B. F.; Sherr E. B. and Cole, J. J. (Eds.). Handbook of Methods in aquatic microbial ecology. Lewis Publishers, London. P. 309-317. 1993.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnol. Oceanogr.**, v.22, p. 361-380, 1977.

COSTA, I. A. S.; ARAÚJO, M. F. F.; CHELLAPPA, N. T. Estudo do fitoplâncton da barragem engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, Assu/RN. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v.10, n.1, p. 67-80, 1998.

COSTA, I. A. S.; AZEVEDO, S. M. F. O.; SENNA, P. A. C.; BERNARDO, R. R.; COSTA, S. M.; CHELLAPPA, N. T. Occurrence of toxin-producing cyanobacteria blooms in a brazilian semi-arid reservoir. **Brasilian Journal of Biology**, v.66, n.18, p. 211-219, 2006.

CULLEN, P.; SMALL, I. Eutrophication in semi-arid areas. The Australian experience. **Water Qual. Bull.**, v.6, p. 79-83, 1981.

EILER, A.; BERTILSSON, S. Composition of freshwater bacterial communities associated with cyanobacterial blooms in four Swedish lakes. **Environmental Microbiology**, v.6, n.12, p. 1228-1243, 2004.

ERIKSON, R.; VAMMEN, K.; ZELAYA, A.; BELL, R. Distribution and dynamics of bacterioplâncton production in a polymitic tropical lake (Xolotlán Lake, Nicaragua). **Hidrobiologia**, v.382, p. 27-39, 1999.

FARJALLA, V. F.; FARIA, B. M.; ESTEVES, F. A.; BOZELLI, R. L. Bacterial density and biomass, and relations with abiotic factors in 14 coastal lagoons of Rio de Janeiro state. **Oecologia Brasiliensis**, v.9, p. 65-76, 2001.

GASPAROTTO, P. H. G.; ROCHA, C. S.; GRECELLÉ, C. B. Z. Quantificação de coliformes totais e fecais pela técnica do NMP em amostras de água do município de Ji-Paraná. **Ciência e Consciência**, v.2, 2006. ISSN 1980-5152.

GUARINO, A. W. S.; BRANCO, C. W. C.; DINIZ, G. P.; ROCHA, R. Limnological characteristics of an old tropical reservoir (Ribeirão das Lages reservoir, RJ, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 17, n.2, p. 129-141, 2005.

GURUNG, T. B.; URABE, J.; NOZAKI, K.; YOSHIMIZU, C.; NAKANISHI, M. Bacterioplankton production in a water column of Lake Biwa. **Lakes and Reservoirs: Research and Management**, v.7, p.317-323, 2002.

HOOBIE, J. E.; DALEY, R. J.; JASPER, S. Use of Nuclepore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. **Environ. Microbiol.**, v.33, p.1225-1228, 1977.

JESPERSEN, A. M.; CHRISTOFFERSEN, K. Measurements of chlorophyll-a from phytoplankton using ethanol as extraction solvent. **Arch. Hydrobiologia**, v. 109, n.3, p. 445-454, 1987.

KALINOWSKA, K. Bacteria, nanoflagellates and ciliates as components of the microbial loop in three lakes of different trophic status. **Polish Journal of Ecology**, v.52, n.1, p. 19-34, 2004.

KIRSCHNER, A. K. T.; VELIMIROV, B. A seasonal study of bacterial community succession in a backwater system, indicated by variation in morphotype numbers, biomass and secondary production. **Microb. Ecol.**, v.34, p.27-38, 1997.

LINDSTROM, E. S.; BERGSTROM, A. K. Community composition of bacterioplankton and cell transport in lakes in two different drainage areas. **Aquatic Sciences**, v.67, p. 210-219, 2005.

MARKER, A. F. H.; NUSCH, E. A.; RAI, H.; REIMAN, B. The measurements of photosynthetic pigments in freshwater and standardization of methods: conclusions and recommendation. **Arch. Hydrobiologia**, v.14, p. 91-106, 1980.

MATTHEWS, R.; HILLES, M.; PELLETIER, G. Determining trophic state in Lake Whatcom, Washington (USA), a soft water lake exhibiting seasonal nitrogen limitation. **Hydrobiologia**, v.468, p. 107-121, 2002.

MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPÊO, M. L. M.; HENRY, R. Caracterização limnológica de uma bacia marginal ao rio Paranapanema (zona de desembocadura na represa de Jurumirim, SP). **Acta Limnológica Brasiliensia**, v.10, n.2, p. 1-19, 1998.

NORLAND, S. The relationship between biomass and volume of bacteria. In: KEMP P. F.; SHERR B. F.; SHERR E. B. and COLE, J. J. Handbook of Methods in Aquatic Microbial ecology. Lewis Publishers, London., p. 303-307, 1993.

NOVO, E. M.; LOBO, F.; CALIJURI, M. C.; TUNDISI, J. G. Predictive modeling of trophic status of a tropical reservoir using geographical information systems. **IEEE**, p. 1207-1210, 1994.

POSCH, T. LOFERER-KRÖBBACHER, M., GAO, G., ALFREIDER, A., PERNTHALER, J., PSENNER, R. Precision of  $\square$ acterioplâncton biomass determination: a comparison of two fluorescent dyes, and of allometric and linear volume-to-carbon conversion factors. **Aquat. Microb. Ecol.**, v.25, p.55-63, 2001.

PROENÇA, C. N. O.; MEDEIROS, Y. D. P.; CAMPOS, V. P. Metodologia para definição de parâmetros de qualidade da água visando o enquadramento de corpos d'água em região semi-árida – **UFBA**. Departamento de Hidráulica e Saneamento – **DHS**. Grupo de Recursos Hídricos – **GRH**. Plano de Gerenciamento Integrado da Bacia do Rio Salitre. Relatório Final. ANA/GEF/PNUMA/OEA. Salvador, jan., 2003.

REGALI-SELEGHIM, M. H. **Flutuações nas comunidades planctônicas e bentônicas de um ecossistema artificial raso (Represa Monjolinho – São Carlos – SP), com ênfase nas populações de protozoários e bactérias**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1992).

RIBEIRO, L. H. L.; BRANDIMARTE, A. L.; KISHI, R. T. Formation of the Salto Caxias reservoir (PR) – an approach on the eutrophication process. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.17, n.2, p. 155-165, 2005.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.semarh.rn.gov.br>>. Acesso em: 10 dez. 2007.

RODRIGUES, L. C.; TRAIN, S.; ROBERTO, M. C.; PAGIORO, T. A. Seasonal fluctuation of some limnological variables on a floodplain lake (Patos lagoon) of the upper Paraná river, Mato Grosso do Sul state, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.45, n.4, p. 499-513, 2002.

ROSADO, A. S.; DUARTE, G. F. Utilização de eletroforese em gel com gradiente de desnaturantes (DGGE) e gel com gradiente de temperatura (TGGE) para estudar diversidade microbiana. In: MELLO, I. S. Genética e Melhoramento de Microorganismos. São Paulo: EdUSP, 2002.

SANTOS, L. R.; BAISCH, P.; LIMA, G. T. N. P.; SILVA FILHO, E. V. Nutrients in surface sediments of Mirim lagoon, Brazil-Uruguay border. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.16, n.1, p. 85-94, 2004.

SIMON, M.; AZAM, F. Protein content and protein synthesis rates of planktonic marine bacteria. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v.51, p.201-213, 1989.

SOARES, N. S. C.; CEBALLOS, B. S. O.; OLIVEIRA, E. M.; KÖNIG, A. Distribuição Espaço temporal de Bactérias indicadoras de contaminação e vírus num riacho do Trópico Semi-Árido. In: **21 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, João Pessoa-PB. Anais do 21 Congresso de Associação de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa : ABES, v. 1, p. 1-10, 2001.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; HENRY, R.; ROCHA, O.; HINO, K. Comparação do estado trófico de 23 reservatórios do estado de São Paulo: eutrofização e manejo. In: TUNDISI, J. G. ed. Limnologia e manejo de represas. São Paulo, **Academia de ciências**, v.1, p. 165-203, 1988.

WILLE, A.; SONNTAG, B.; SATTLER, B.; PSENNER, R. Abundance, biomass and size structure of the microbial assemblage in the high mountain lake Gossenköllesee (Tyrol, Austria) during the ice-free period. **J. Limnol.**, v.58, n.2, p. 117-126, 1999.

YOUNG, J. P. W. Major microbial diversity initiative recommended. **ASM News**, v.3, p.417-421, 1997.

## **CAPÍTULO 2**

**QUALIDADE DE ÁGUA COMO TEMA PARA A  
SOCIALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO  
EM REGIÃO SEMI-ÁRIDA BRASILEIRA**

## QUALIDADE DE ÁGUA COMO TEMA PARA A SOCIALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO EM REGIÃO SEMI-ÁRIDA BRASILEIRA

Luiz Sodré Neto<sup>1</sup>, Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (Mestrado), Bolsista DAAD. luizsodreneto@oi.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Departamento de Microbiologia e Parasitologia. Centro de Biociências - Campus Universitário, Lagoa Nova – Natal/RN. CEP 59.072-970. (84)3215-3437. mag@cb.ufrn.br

### RESUMO

Pessoas que vivem na região semi-árida do Brasil periodicamente sofrem com a seca em função da má distribuição anual das chuvas nessa área. Este fenômeno contribui para piorar a qualidade da água dos reservatórios que já é afetada por efluentes de atividades agrárias, industriais e domésticas cada vez mais comuns devido à demanda gerada pelo crescimento da população. Com o objetivo de sensibilizar as populações ribeirinhas para evitar a proliferação dos problemas ambientais e manter a qualidade da água em trechos da barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, foram realizadas atividades de educação ambiental. A pesquisa se constituiu na divulgação de resultados sobre a qualidade da água na barragem, na realização de uma oficina para professores de escolas públicas e na aplicação de um questionário para análise da concepção desses professores sobre questões relacionadas à água. O diálogo com as pessoas da comunidade durante a atividade de divulgação científica, assim como a análise dos questionários, permitiu concluir que a população precisa ser incentivada para buscar conhecimentos sobre as questões ambientais locais, o que implica na necessidade de uma interferência mais freqüente por meio de pesquisas e de práticas de educação que busquem a formação de uma cidadania ambiental.

**Palavras-chave:** Qualidade de água; educação ambiental; divulgação científica

WATER QUALITY AS A THEME FOR THE SCIENTIFIC KNOWLEDGE  
SOCIALIZATION IN BRAZILIAN SEMI-ARID REGION

Luiz Sodré Neto<sup>1</sup>, Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (Mestrado), Bolsista DAAD. luizsodreneto@oi.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Departamento de Microbiologia e Parasitologia. (84)3215-3437. mag@cb.ufrn.br

ABSTRACT

Periodically, people living in the semi-arid region of Brazil suffering from the drought due to the uneven distribution of the annual rainfall in this area. This phenomenon contributes to worsening water quality of reservoirs is already affected by effluent from agricultural, industrial and domestic activities increasingly common due to the demand generated by the population growth. In order to sensitize the people who live on the edge to prevent the proliferation of environmental problems and to maintain the water quality in portions of the Armando Ribeiro Gonçalves dam, environmental education activities were carried out. The research was constituted by the disclosure of results about water quality research in the dam, by the workshop organized for the teachers of the involved schools, besides the questionnaire to analyze the conceptions of these teachers about environmental issues related to water. The dialogue with the people of the community during the scientific disclosure activities, and the analysis of questionnaires, indicated that the population needs to be encouraged to seek knowledge about local environmental issues. This implies on the need for a more frequent interference through research and practices of education which seek the formation of an environmental citizenship.

Key-words: water quality; environmental education; scientific disclosure.

## QUALIDADE DE ÁGUA COMO TEMA PARA A SOCIALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO EM REGIÃO SEMI-ÁRIDA BRASILEIRA

### INTRODUÇÃO

A região semi-árida brasileira é caracterizada por apresentar períodos cíclicos de seca em função da irregularidade têmporo-espacial das chuvas e do clima quente e semi-árido. A carência hídrica na região acentua o problema da perda de qualidade da água ocasionado, seja pela contaminação dos corpos de água por produtos químicos provenientes das atividades industriais ou agrárias, seja pelo recebimento de efluentes domésticos não tratados.

Na medida em que a qualidade da água dos rios e reservatórios diminui, devido à demanda gerada pelo crescimento da população, cresce a necessidade de incentivar a conservação de bacias hidrográficas. Logo, são aspectos importantes a serem trabalhados, além da pesquisa sobre a qualidade da água, o desenvolvimento de programas de educação ambiental nas comunidades ribeirinhas e a divulgação de resultados encontrados em pesquisas realizadas nessas áreas.

Alicerçadas na concepção de que é possível aproximar o conhecimento científico da sociedade, e frente à demanda social por esses conhecimentos, as iniciativas de educação ambiental buscam um efetivo diálogo entre as diferentes culturas, entre os conhecimentos científicos e tradicionais, e entre as variadas formas de entendimento sobre a temática ambiental.

Higuchi e Azevedo (2004) consideram a educação ambiental como uma possibilidade que congrega o amplo diálogo, um novo pensar e um novo agir, ressaltando a importância de se ter conhecimento da concepção das pessoas sobre o ambiente, para então se iniciar um programa de construção de conhecimento que fomente a necessária modificação de valores e condutas pró-ambientais de forma crítica e responsável.

A educação ambiental deve, assim, fornecer instrumentos para a sociedade ampliar discussões e ações concretas em relação às questões ambientais, sobretudo no âmbito das escolas, de modo a ter uma população consciente e educada para tais questões (Almeida et al., 2004). Nas escolas, a educação ambiental pode sensibilizar o professor e o aluno para que construam coletivamente o conhecimento por meio de estratégias pedagógicas. Tais práticas podem servir para estimular as competências dos

alunos, bem como proporcionar ao professor uma preparação e a aplicação dos conhecimentos às temáticas relacionadas com o cotidiano. No que diz respeito à formação do profissional para a educação ambiental, faz-se necessário superar a definição do professor como perito em aulas, para assumir a definição de professor com atitudes inovadoras, devendo saber reconstruir o conhecimento e colocá-lo a serviço da cidadania (Araújo, 2004). Os educadores devem estar cada vez mais preparados para reelaborar as informações que recebem, principalmente as que se referem às questões ambientais, para então poderem decodificar e transmitir para os alunos a expressão dos significados em torno do meio ambiente e da ecologia nas suas múltiplas determinações e intersecções (Jacobi, 2005). Nesse contexto, o papel do professor deve ser o de buscar os instrumentos pedagógicos que possibilitem uma atividade conjunta de professores e alunos com a finalidade de promover as condições pelas quais estes assimilam conhecimentos, habilidades e atitudes. Um desafio, para Jacobi (2003), é evitar cair na simplificação de que a educação ambiental poderá superar uma relação pouco harmoniosa entre os indivíduos e o meio ambiente mediante práticas localizadas e pontuais, muitas vezes distantes da realidade social de cada aluno.

Portanto a educação ambiental deve ser capaz de gerar propostas adequadas, baseadas em valores e condutas sociais ambientalmente favoráveis para um mundo em rápida evolução (Tomazello e Ferreira, 2001), assumindo, de maneira crescente, a forma de um processo intelectual ativo, enquanto aprendizado social, baseado no diálogo, fornecendo os instrumentos para a construção de uma visão crítica e reforçando práticas que explicitam a necessidade de problematizar e agir em relação aos problemas socioambientais (Jacobi, 2005).

Aliadas à educação ambiental, as práticas de divulgação científica se destacam como iniciativas imprescindíveis na atual sociedade. Para Valério (2005) a divulgação científica figura socialmente como um valioso instrumento de popularização de saberes e valores científicos, como importante ferramenta educacional e como um esforço de democratização do conhecimento científico, entre outras atribuições.

Analisando a evolução nas práticas de divulgação científica, Fayard (1999) considera que:

[...] passamos de uma estratégia direta, iniciada a partir dos conteúdos e que privilegia o emissor, a uma estratégia de inspiração indireta baseada na relação e que privilegia o receptor; em outras palavras, passamos de uma lógica de difusão a uma lógica de comunicação na qual a eficácia se valora com base na recepção.

Segundo Marandino et al., (2004) alguns autores atribuem a mesma função às expressões divulgar e ensinar. Contudo, entre outros autores que discutem divulgação científica, encontram-se posições que fazem questão de diferenciá-las, atribuindo à divulgação o papel motivador como instrumento pedagógico sem substituir o aprendizado sistemático. Albagli (1996) afirma que a divulgação científica ou popularização da ciência pode ser definida como o uso de processos e recursos técnicos para a comunicação da informação científica e tecnológica ao público em geral. Nesse sentido, divulgação supõe a tradução de uma linguagem especializada para uma leiga. Para Silva (2006), dada a área de especialização, um cientista é sempre mais ou menos leigo, portanto a divulgação científica também está envolvida na interlocução cientista-cientista.

A necessidade de se estabelecer um diálogo parece ser um desafio particular para a divulgação científica, visto que, diferentemente do ensino, suas práticas não estabelecem propriamente espaços de diálogo. Contudo, entre as preocupações da divulgação deve estar o reconhecimento dos possíveis conhecimentos prévios do público ao qual se dirige. É importante salientar que a divulgação científica não precisa ou deve pressupor o ensino de conteúdos científicos como seu atributo, mas sim que o tratamento de temas científicos contribuirá sempre, de uma ou outra maneira, para a educação pública em ciências (Valério, 2005).

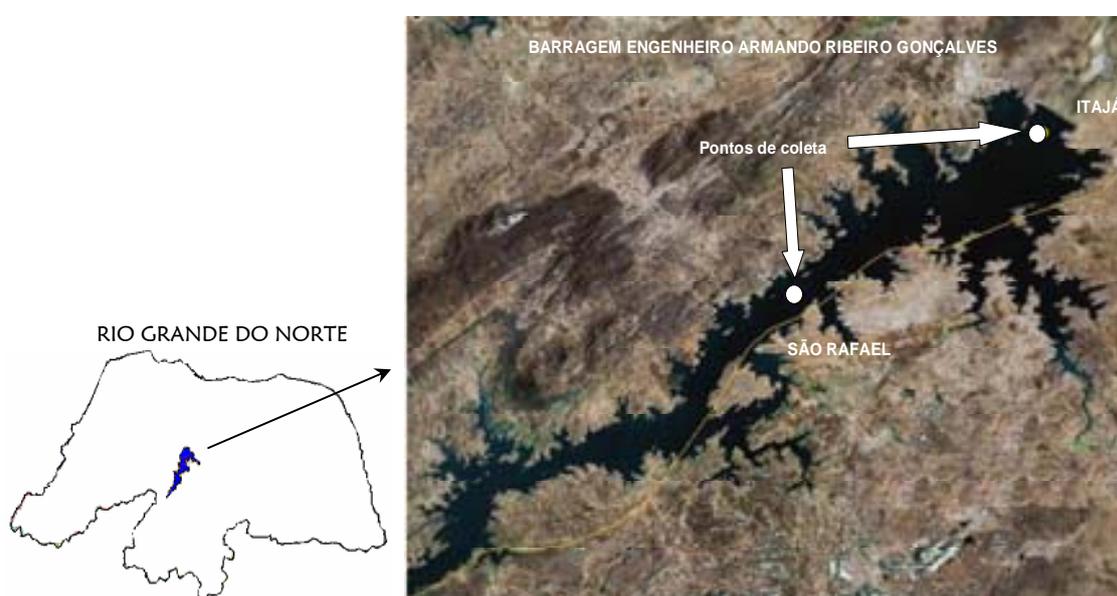
Diante da possibilidade de aproximar a universidade de comunidades ribeirinhas da região semi-árida, o presente trabalho teve como objetivo divulgar resultados da pesquisa sobre qualidade de água da barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves para pessoas dos vários setores da sociedade, bem como organizar e executar oficinas de atividades práticas com professores do ensino fundamental e médio de escolas públicas dos municípios de Itajá e São Rafael, localizados às margens do reservatório, e entender a concepção desses professores sobre qualidade de água.

## PERCURSO METODOLÓGICO

### **Caracterização da área de estudo**

O estudo de qualidade da água foi realizado na barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves (bacia do rio Piranhas-Assu). A barragem tem capacidade para comportar um volume de 2,4 bilhões de metros cúbicos de água e a bacia na qual está

inserida é responsável pelo abastecimento de 46 municípios no estado do Rio Grande do Norte (IGARN, RN), sendo de grande importância sócio-econômica para esta área da região semi-árida. Dentre os municípios que são abastecidos, Itajá e São Rafael foram inicialmente escolhidos para a realização das ações para a socialização do conhecimento científico, tanto pelo contato direto dos seus habitantes com a água da barragem em função da proximidade, quanto por corresponderem aos dois pontos de coleta das amostras de água referenciados pelas coordenadas geográficas ( $5^{\circ}40'31.70''S$  e  $36^{\circ}53'00.01''W$ ) e ( $05^{\circ}47'50.38''S$  e  $36^{\circ}55'33.38''W$ ), respectivamente. Tais pontos estão representados na Figura 1.



**Figura 1:** Localização dos pontos de coleta referentes aos dois municípios.

### **Estudo sobre a qualidade da água em Itajá e São Rafael (RN)**

Foram analisadas, durante 01 ano, em intervalos de três em três meses, amostras de água coletadas nos dois pontos da barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves. Dessas amostras, obtiveram-se dados de clorofila, fósforo total, densidades do bacterioplâncton e protozooplâncton, além de coliformes totais e fecais.

Esses dados foram interpretados e organizados em gráficos e tabelas, que, junto às informações gerais e às figuras e esquemas ilustrativos sobre a situação da água no cenário local e global, numa linguagem simples e direta, constituíram o conteúdo das atividades de socialização com a comunidade.

### **Socialização do conhecimento científico**

Para realizar os trabalhos de socialização junto à comunidade, as escolas foram contatadas por telefone. Nesse processo, ficou acertada a realização das atividades pedagógicas na Escola Estadual João Tertulino no município de Itajá e na Escola Estadual Tristão de Barros no município de São Rafael. Definiu-se que as escolas convocariam professores, pais e alunos destas e de outras escolas, assim como políticos destes municípios e representantes de entidades voltadas para a temática ambiental. Para cada município foi programado um dia de atividades dividido em dois momentos, no qual, um primeiro momento seria aberto ao público e um segundo seria restrito aos professores.

### **Divulgação científica**

Visando a primeira etapa das atividades, aberta para toda a comunidade, foi organizado um seminário para a apresentação de informações importantes sobre a situação da água no planeta e de dados, sobre a qualidade da água da barragem, obtidos por meio das análises das amostras de água realizadas no Laboratório de Microbiologia Aquática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Programou-se o seminário para que houvesse a participação de pessoas da comunidade. Em função disto foi destinada uma primeira parte para a apresentação dos slides e, em seguida, uma segunda parte para questionamentos e comentários do público presente.

### **Oficina de atividades práticas com os professores**

Destinada ao segundo momento das atividades e restrita aos professores, a oficina foi planejada inicialmente visando à participação de aproximadamente 100 professores do ensino fundamental e médio de escolas públicas dos municípios de Itajá e São Rafael.

Foram programadas 05 atividades práticas para serem desenvolvidas com os professores em seus grupos. Essas atividades (Quadro 1) foram previamente elaboradas e disponibilizadas como roteiros durante a oficina.

### **Quadro 1: Atividades práticas desenvolvidas na oficina**

1. Apresentação demonstrativa do material utilizado no laboratório;
2. Observação da contaminação bacteriana das mãos;
3. Verificação da ocorrência de bactérias em águas de ambientes naturais;
4. Observação de protozoários e microalgas em amostras de água;
5. Elaboração de modelos representativos do que foi observado ao microscópio.

As práticas foram desenvolvidas na busca de um melhor entendimento sobre a ocorrência de bactérias nos diversos ambientes e sobre a importância dos microorganismos presentes na água, bem como na intenção de sugerir que os professores trabalhem esses temas com seus alunos, dando aos temas a devida atenção e relevância. Durante o desenvolvimento das atividades práticas, utilizaram-se vários materiais de laboratório (microscópios, lâminas e lamínulas, placas de Petri), materiais didáticos para elaboração de modelos e amostras de água do próprio reservatório.

### **Concepção sobre qualidade de água**

Para viabilizar uma coleta de dados sobre a concepção dos professores em relação à qualidade da água, utilizou-se, durante o segundo momento de atividades, um questionário misto com 18 questões de múltipla escolha e uma questão aberta (Quadro 2), todas relacionadas com qualidade de água. O instrumento foi adaptado do trabalho desenvolvido por Almeida e Kurtz dos Santos (1999) com o objetivo de detectar uma visão geral dos professores sobre problemas ambientais relacionados à água. As informações pessoais dos entrevistados foram restritas a sexo, idade, formação acadêmica e disciplinas de atuação.

### **Quadro 2: Questionário**

01. Uma água de aparência limpa tem sempre boa qualidade. ( )
02. Água de boa qualidade é a que não tem organismos que causam doenças. ( )
03. Em água visualmente limpa não há organismos causadores de doenças. ( )
04. Eu produzo esgoto que pode contaminar a água. ( )
05. Tomar banho em águas contaminadas por esgoto é perigoso para a saúde. ( )
06. Os esgotos lançados nas águas podem ser domésticos ou industriais. ( )
07. O lançamento de esgoto na água diminui o nível de oxigênio e causa a morte de peixes. ( )
08. Animais comestíveis como os peixes perdem a qualidade em águas contaminadas. ( )
09. A contaminação por esgotos leva a uma diminuição da qualidade da água. ( )
10. Quanto maior a qualidade da água, maior a quantidade de água potável. ( )

11. Quanto maior a contaminação da água, menor a quantidade de água potável. ( )
12. A consciência ambiental diminui os problemas da água. ( )
13. Participo ou desenvolvo ações para minimizar os problemas da água. ( )
14. Conheço o destino do esgoto da minha casa. ( )
15. Conheço o destino do esgoto da minha escola ( ).
16. Conheço o destino do esgoto da minha cidade. ( )
17. Conheço a legislação sobre qualidade de água. ( )
18. Consumo uma água de boa qualidade no meu dia-a-dia. ( )
<b>Questão Aberta:</b> Que características são utilizadas para a identificação de uma água de boa qualidade?

Embora tendo a desvantagem de poder influenciar o respondente em suas múltiplas alternativas, como adverte Mattar (1994), optou-se por esse tipo de questionário pela facilidade e rapidez na aplicação, além de se ter uma leitura mais padronizada das respostas. Além disso, a questão aberta, também presente, permitia a coleta de informações e esclarecimentos significativos para se interpretar e analisar melhor as perguntas com respostas fechadas.

Os questionários respondidos foram analisados do ponto de vista quantitativo e qualitativo, com a intenção de se entender a concepção daquele grupo sobre a água e os problemas ambientais locais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todo o trabalho programado, que seria desenvolvido nos dois municípios citados, aconteceu em Itajá onde a Escola Estadual João Tertulino, contatada de início por ser a maior escola do município, teve um papel fundamental na convocação de professores, pais e alunos desta e de outras escolas, assim como na convocação do presidente da câmara dos vereadores e de representantes de entidades voltadas para a temática ambiental.

Embora com uma programação confirmada, não foi possível a realização das atividades na escola responsável pelo evento no município de São Rafael.

## **A Divulgação Científica**

O trabalho de divulgação se deu a partir de um seminário ministrado no clube municipal da cidade de Itajá, no dia 18 de setembro de 2007. Cerca de 200 pessoas compareceram ao local onde a apresentação transcorreu com a abordagem de informações sobre a água num contexto global e local, de ações preventivas voltadas para a conservação ambiental e sua importância na recuperação ou manutenção da qualidade da água das bacias hidrográficas, seguida de esclarecimentos sobre o ciclo da água e sobre o funcionamento de ecossistemas aquáticos. Além disso, foram apresentados alguns dos resultados encontrados sobre a qualidade da água do local, o que se procurou fazer de forma simplificada, considerada a análise prévia do público alvo. Tal aspecto precisa ser considerado, pois, em sua relação com o público, a divulgação científica frequentemente se depara com o problema da recodificação da linguagem do conhecimento científico (Valério, 2005). Para este autor, esta tem sido uma das principais dificuldades das iniciativas de divulgação, logo, a análise do público alvo figura como tarefa fundamental nesta questão.

Na seqüência, os conceitos de coliformes, as observações sobre a importância das variáveis físico-químicas como temperatura, oxigênio e pH da água, de nutrientes como nitrogênio e fósforo, bem como os dados de densidades bacterianas e protozoários indicadores da qualidade da água, também foram apresentados. Para Fonseca (2007) a socialização de informações como essas, auxilia na construção de uma consciência pública de valorização dos bens biológicos.

Esta atividade de divulgação foi desenvolvida com a finalidade de promover uma maior sensibilização da comunidade face às questões ambientais, como uma forma de fortalecer sua responsabilidade na fiscalização e no controle de atividades que possam comprometer o ambiente em seu entorno. Nessa direção, Jacobi (2005) cita que a problemática ambiental representa uma possibilidade de abertura de estimulantes espaços para implementar alternativas diversificadas de participação social. Neste evento, grande parte do público presente mostrou-se envolvido com as questões ambientais, principalmente quando, ao final da apresentação, foi aberto um espaço para que as pessoas da comunidade fizessem questionamentos sobre os temas abordados e comentassem as suas ações. Foi muito importante perceber o nível de sensibilização e comprometimento dessas pessoas com o meio ambiente em nível local e global para que o trabalho fosse realizado de forma mais dialógica, implicando em uma visível

satisfação dos presentes, pelo fato de estarem entendendo e participando ativamente daquele momento. Marin et al. (2003) afirma que a sensibilização traz a proposta de transposição do enfoque racional na prática educativa e a busca de se atingir dimensão emotiva do ser humano na sua interação com a natureza.

Das pessoas que participaram do seminário, entre elas líderes comunitários, muitos comentaram seu papel de agente social em mutirões de limpeza das margens da barragem, coletas seletivas de lixo, denúncias contra algum tipo de poluição, dentre outras ações citadas, voltadas para a conservação ambiental. Isso foi um fato relevante para servir de exemplo de comprometimento das pessoas do local às crianças que estavam presentes na apresentação.

### **Oficina de atividades práticas com os professores**

O material utilizado nas atividades foi organizado para atender os 50 participantes inscritos para a oficina na Escola Estadual João Tertulino. O público para a oficina foi formado por professores desta e de mais duas escolas: a Escola Estadual João Manuel Pessoa e a Escola Municipal Libânia Lopes Pessoa, todas localizadas no município de Itajá.

Neste segundo momento do dia de atividades houve a participação de 42 professores do ensino fundamental e médio das três escolas do município, sendo 23 professores da escola anfitriã, 13 da Escola Estadual João Manoel Pessoa e 06 da Escola Municipal Libânia Lopes Pessoa.

As práticas foram desenvolvidas no sentido de contribuir para a expansão do conhecimento científico dos professores e colaborar para a formação de um pensamento crítico, como comenta Grynszpan (1999), que favorecesse uma postura participativa desses docentes voltadas para a melhoria da qualidade de vida da comunidade.

Inicialmente, foi apresentado aos professores um material semelhante ao que foi utilizado para analisar a qualidade da água de trechos da barragem referentes às cidades de Itajá e São Rafael. Esse procedimento tinha o objetivo de aproximar a experimentação científica da atividade prática escolar. Em seguida, os professores foram divididos em grupos para a utilização do material disponibilizado. Foram demonstrados os procedimentos para o manuseio adequado dos microscópios, uma vez que as escolas possuíam três desses equipamentos.

A primeira experimentação proposta foi uma prática sobre a contaminação bacteriana das mãos. Cada grupo de professores manipulou placas de Petri

disponibilizadas para a simulação desta prática. Como exige um tempo de 24 horas para leitura do resultado, executou-se a prática e apresentou-se um material antecipadamente preparado, como forma de já discutir os possíveis resultados. Assim, foi possível observar e discutir com os professores a formação de colônias bacterianas a partir da contaminação das mãos. As placas manipuladas naquele momento foram deixadas na escola para que fossem feitas as leituras dos resultados pelos próprios professores no dia seguinte. Também foi ensinado como preparar meio de cultura utilizando material de fácil acesso como gelatina e caldo de carne para que as práticas pudessem ser trabalhadas com os alunos em outras oportunidades.

Para a terceira e quarta atividades práticas foram preparadas lâminas com amostras de água do reservatório para a observação de bactérias, protozoários e microalgas presentes nas amostras. Os professores visualizavam os microorganismos aquáticos vivos e fixados nas lâminas montadas junto com eles naquele momento, enquanto era enfatizada a importância desses seres vivos para as cadeias alimentares aquáticas, para a manutenção da qualidade da água e, conseqüentemente, para o bom funcionamento do ecossistema no qual estão inseridos. Alguns professores fotografaram e filmaram, através das lentes dos microscópios, a atividade de forrageio dos diferentes grupos de protozoários e as diferentes formas das microalgas em amostras vivas.

Na última atividade, utilizando o material didático distribuído para os grupos, os professores criaram modelos representativos do que foi visualizado nas lâminas. Esta atividade foi considerada bastante importante para o conhecimento e memorização das formas encontradas nas amostras. Esse tipo de prática destaca a importância da observação e possibilita a organização e o registro de informações, uma vez que trabalha a sua análise e síntese (Almeida et al., 2004). Para Macagnan e Nascimento Júnior (2006) a atividade lúdica, utilizada como estratégia para trabalhar educação ambiental, é extremamente importante no processo de ensino-aprendizagem e indispensável à vida humana quando situada como um ingrediente que oferece melhoria para a qualidade de vida.

Embora não tenha sido feita uma avaliação da oficina por escrito, foi possível registrar o depoimento verbal dos participantes, sobre a importância das atividades desenvolvidas para a sua formação profissional.

### Análise dos questionários

Os questionários foram respondidos por 37 professores do ensino fundamental e médio das três escolas em Itajá. O Quadro 3 mostra a formação dos professores e suas respectivas disciplinas de atuação. Alguns professores tinham uma determinada formação e estão trabalhando em várias disciplinas diferentes, o que parece ter sido determinante para o tipo de compreensão expressa sobre qualidade de água, bem como sobre a maneira de se trabalhar a educação ambiental nas disciplinas do currículo escolar.

**Quadro 3:** Formação e disciplinas de atuação dos professores participantes da oficina.

<b>FORMAÇÃO</b>	<b>DISCIPLINAS DE ATUAÇÃO</b>	<b>Nº. DE PROFESSORES</b>
Pedagogia	Sociologia – Ciências – História – Português – Matemática	19
História	História – Filosofia – Português	7
Geografia	Geografia	5
Letras e Artes	Português – Inglês – Artes	2
Ciências Biológicas	Ciências e Biologia	1
Física	Física – Química	1
Matemática	Matemática	2
		<b>Total = 37</b>

As questões fechadas, de múltipla escolha, do questionário permitiram quantificar informações importantes como a impressão que os entrevistados têm da aparência de um corpo de água (questões (01) e (03)) e sobre o que sabiam da relação existente entre esgoto e água (questões (04), (05), (06), (07), (09), (14), (15) e (16)). A questão aberta possibilitou compreender que características esses professores atribuem a uma água de boa qualidade.

Os dados obtidos sugerem que as dificuldades apresentadas por eles são principalmente provenientes da falta de incentivo para o conhecimento das questões ambientais locais, já que durante a atividade de divulgação científica houve uma participação efetiva de alguns deles e uma clara demonstração de interesse pelo tema. Lima (2003) apresenta a falta de promoção e de divulgação de atividades ou campanhas

relacionadas ao ambiente figurando entre os principais motivos para uma pequena participação pública em tais atividades em prol da melhoria da qualidade ambiental.

Percebe-se, pela heterogeneidade das respostas, que uma parte dos professores ainda não despertou para o conhecimento das questões ambientais em seu entorno. Por outro lado, ficou clara a atenção e preocupação com o tema quando este foi discutido com a comunidade. Para Jacobi (2005) essa postura de dependência da população decorre principalmente da desinformação, da falta de consciência ambiental e de um déficit de práticas baseadas na participação e no envolvimento dos cidadãos na gestão do meio ambiente nas suas diversas dinâmicas.

Das 18 (dezoito) afirmativas, 05 (cinco) foram selecionadas por melhor representarem as idéias principais do questionário. Para a questão de número 3, referente à ausência de organismos patogênicos em água visualmente limpa, 86,50% dos entrevistados discordaram da afirmativa, evidenciando assim o conhecimento da maioria sobre existência de microorganismos na água. Esse conhecimento pode ser um reflexo de atividades de divulgação científica anteriormente realizadas na região sobre a qualidade microbiológica da água.

Dos entrevistados, 59,40% concordaram com a afirmativa de número 4, o que demonstra consciência da possibilidade de contaminação da água por esgoto produzido por eles próprios. Por outro lado, 70,30% utilizaram “*não sei*” ou “*discordo*” como resposta à questão 16, a qual se refere ao conhecimento do destino do esgoto da cidade.

Foi importante observar concordância por parte de 73% dos professores com a questão de número 13 (*Participo ou desenvolvo ações para minimizar os problemas da água.*), o que revela o comprometimento dessas pessoas com as questões ambientais relacionadas à água.

Com relação à afirmativa “Consumo uma água de boa qualidade no meu dia-a-dia”, questão de número 18, a resposta “*não sei*” foi predominante (51,40%), sugerindo um desconhecimento da qualidade da água fornecida na cidade. Ainda para esta questão 35,10% dos professores discordaram da afirmativa enquanto os outros 13,50% concordaram, indicando a existência de diferentes concepções sobre a qualidade da água para o consumo humano. Tal fato implica na necessidade de uma interferência mais efetiva no conhecimento sobre qualidade de água nessas comunidades, pois é sabido que, embora se reconheça a sua importância para sinalizar sobre a ocorrência de doenças de veiculação hídrica como as que causam diarreias, especialmente em crianças, ainda há pouca informação sobre as condições de saneamento e a incidência de doenças

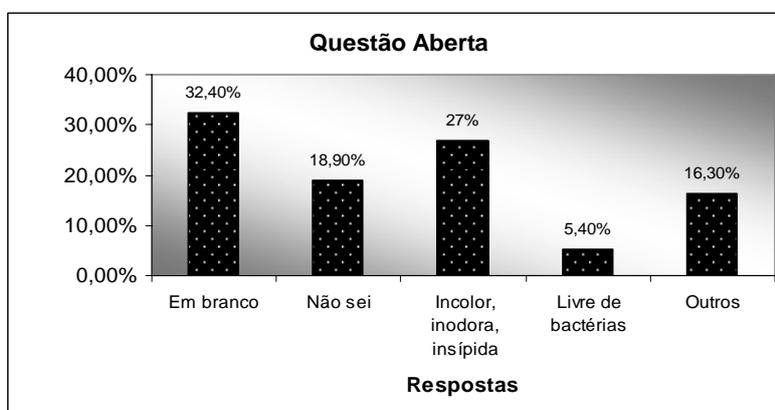
relacionadas à água em diversas comunidades brasileiras (Barcellos et al., 2006). A Figura 2 revela os percentuais de respostas dadas pelos entrevistados para essas questões.



**Figura 2:** Percentual das respostas (eixo vertical) para as questões principais (eixo horizontal).

Para a questão aberta do questionário, com o objetivo de verificar a concepção dos professores sobre características utilizadas para a identificação de uma água de boa qualidade, obteve-se uma porcentagem de 51,30% somando-se as questões em branco e as que tiveram “*não sei*” como resposta. 27% apresentaram “*inodora, incolor e insípida*” como resposta, 5,40% respondeu que água de boa qualidade é aquela “*livre de microorganismos*” e 16,30% deram respostas variadas representadas como “*outros*” na Figura 3.

Observe-se que o conceito de água, provavelmente oriundo do livro didático, se confunde, para 27% dos entrevistados, com o conceito de qualidade de água, revelando uma confusão entre esses conceitos por falta de esclarecimento do que seja uma água de boa qualidade.



**Figura 3:** Percentual das respostas para a questão aberta.

## CONCLUSÕES

Com este estudo foi possível identificar o grande interesse das pessoas da comunidade sobre a qualidade da água local, a qual não é satisfatória. Isso remete à necessidade constante de se estar em contato com essas populações esclarecendo e contribuindo para melhores práticas higiênico-sanitárias e ambientais relacionadas à água.

Entre os professores que participaram da pesquisa identificou-se, por um lado, uma abertura ao tipo de atividade de divulgação e formação desenvolvida na comunidade e nas escolas e, por outro, percebeu-se que, independente de terem escolaridade de nível superior, os participantes não dominam as questões referentes à qualidade de água e esgotamento sanitário. Apesar disso, as dificuldades apresentadas por eles pareceram provenientes da falta de incentivo para o conhecimento das questões ambientais locais. Isso implica na necessidade de uma interferência por meio de práticas de educação ambiental e de formação continuada em ciências, no sentido de amenizar essas dificuldades.

Apesar de não saberem designar uma água de qualidade, os professores entrevistados expressaram um conhecimento acumulado sobre a qualidade microbiológica da água da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, o que pode refletir a utilização de conhecimentos adquiridos em atividades de educação ambiental e educação em saúde para esse grupo de pessoas, ou parte dele, em momentos anteriores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que as águas da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves são utilizadas pela população para recreação, pesca e consumo doméstico, o comprometimento desse ambiente deve ser constantemente monitorado prevenindo possíveis prejuízos econômicos e sócio-culturais na região.

A universidade pode ter um importante papel na troca de informações sobre as questões ambientais, nas propostas de atividades de educação ambiental e na formação de professores, inclusive em áreas rurais. Destacadas pela capacidade de inserção na sociedade, práticas como a divulgação científica figuram como ferramentas educativas primordiais, sobretudo para a grande parte do público que não esteve ou não está mais em contato com o ensino formal de ciências.

Nesse contexto, este trabalho tem um sentido de continuidade e permanência de ações junto às populações dos ambientes estudados na busca do fortalecimento da democracia e da formação de uma cidadania ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? **Ci. Inf.**, Brasília, v.25, n.3, p. 396-404, set./dez. 1996.

ALMEIDA, L. F. R.; BICUDO, L. R.; BORGES, G. L. A. Educação ambiental em praça pública: relato de experiência com oficinas pedagógicas. **Ciência e Educação**, v.10, n.1, p. 121-132, 2004.

ALMEIDA, M. T.; KURTZ DOS SANTOS, A. C. Um estudo com alunos do ensino fundamental de Rio Grande, sobre problemas sócio-ambientais no entorno da escola, tendo como base a modelagem semiquantitativa: resultados parciais. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, FURG, p. 199-217, 1999.

ARAÚJO, M. I. O. A universidade e a formação de professores para a educação ambiental. **Revista brasileira de educação ambiental**, n.0, p. 71-78, 2004.

BARCELLOS, C. M.; ROCHA, M.; RODRIGUES, L.S.; COSTA C. C.; OLIVEIRA, P. R.; SILVA, I.J.; JESUS, E. F. M.; ROLIM, R. G. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitário na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000.

FAYARD, P. La sorpresa da Copérnico: el conocimiento gira alrededor del público. **Alambique – didática de las Ciencias Experimentales**, n.21, p. 9-16, ano VI, julio, 1999.

FONSECA, Maria de Jesus da Conceição Ferreira. A biodiversidade e o desenvolvimento sustentável nas escolas do ensino médio de Belém (PA), Brasil. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.33, n.1, p. 63-79, jan./abr. 2007. ISSN 1517-9702.

GRYNSZPAN, D. Educação em saúde e educação ambiental: uma experiência integradora. **Cad. Saúde Pública**, v.15, suppl.2, p.S133-S138, 1999. ISSN 0102-311x.

HIGUCHI, M. I. G.; AZEVEDO, G. C. Educação como processo na construção da cidadania ambiental. **Revista brasileira de educação ambiental**, n.0, p. 63-70, 2004.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n.118, p. 189-206, mar. 2003.

JACOBI, P. Educação ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.31, n.2, p. 233-250, mai./ago. 2005.

LIMA, R. T. **Percepção ambiental e participação pública na gestão dos recursos hídricos: perfil dos moradores da cidade de São Carlos, SP (bacia hidrográfica do rio do Monjolinho)**. 2003. 114p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2003.

MACAGNAN, D. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. Roleta ecológica: o lúdico no ensino da ecologia e educação ambiental. UNIPAR. 2006.

MARANDINO, M.; SILVEIRA, R. V. M.; CHELINI, M. J.; FERNANDES, A. B.; RACHID, V.; MARTINS, L. C.; LOURENÇO, M. F.; FERNANDES, J. A.; FLORENTINO, A. A educação não formal e a divulgação científica: o que pensa quem faz? Faculdade de educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MARIN, A. A.; TORRES OLIVEIRA, H.; COMAR, V. A educação ambiental num contexto de complexidade do campo teórico da percepção. **INCI**, v.28, n.10, out./2003. ISSN 0378-1844.

MATTAR, F. N. Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento, execução e análise. 2.ed, 2v, v.2. São Paulo: Atlas, 1994.

RIO GRANDE DO NORTE. Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte. Disponível em: <<http://www.igarn.rn.gov.br>> Acesso em: 31 out. 2007.

SILVA, H. C. O que é divulgação científica? **Ciência e Ensino**, v.1, n.1, dez. 2006.

TOMAZELLO, M. G. C. e FERREIRA, T. R. C. Educação ambiental: que critérios adotar para avaliar a adequação pedagógica de seus projetos? **Ciência e Educação**, v.7, n.2, p. 199-207, 2001.

VALÉRIO, M. Os desafios da divulgação científica sob o olhar epistemológico de Gaston Bachelard. **Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Atlas do V EMPEC, n.5, 2005. ISSN 1809-5100.