

AVALIAÇÃO SAZONAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO DE JUCAZINHO (PERNAMBUCO-BRASIL), PERTENCENTE À BACIA DO RIO CAPIBARIBE

Fábio Henrique Portella Corrêa de Oliveira¹ e Nancy Lins Albuquerque²

RESUMO – No Nordeste Brasileiro, visando armazenar, durante a estação chuvosa, a água a ser utilizada nos meses de estiagem, a construção de reservatórios para fins múltiplos tornou-se uma solução encontrada para promover o desenvolvimento econômico e social da região. Este trabalho estuda a relação entre a sazonalidade e as características físicas, químicas e hidrobiológicas nas águas do reservatório de Jucazinho, situado na Bacia do rio Capibaribe, Pernambuco, Brasil. Avaliaram-se os dados existentes nos arquivos da Companhia Pernambucana de Saneamento, relativos à qualidade da água, no período de janeiro a dezembro de 2008, escolhendo-se os parâmetros pH, cloretos, cor, turbidez, alcalinidade, fósforo total, e densidade e composição de cianobactérias. Durante o estudo, houve predominância dos gêneros *Cylindrospermopsis* e *Planktothrix*. As médias anuais das concentrações do fósforo total estiveram acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (para águas classe 2). Os cálculos de IET-P mostraram que o reservatório estava eutrófico durante todo ano.

ABSTRACT – In Northeastern Brazil, during the rainy season, in order to store the rainwater will be used during dry period, the construction of multiple-purpose water reservoirs has become a solution to promote the social and economic development in that region. This work aims to study the relationship between seasonality and physical, chemical and hydrobiology features in water from Jucazinho Reservoir, located in Capibaribe River Basin, Pernambuco, Brazil. It was evaluated the existing data in files of the Pernambuco Sanitation Company, according to water quality in the period between January to December 2008, choosing the parameters pH, chloride, color, turbidity, alkalinity, total phosphorus, and density and composition of cyanobacteria. During the study, there were predominance of genera *Planktothrix* and *Cylindrospermopsis*. The average annual concentrations of total phosphorus were above the limits established by CONAMA Resolution n° 357/2005 (for Class 2 waters). Calculations of trophic state index for phosphorous showed that the reservoir was eutrophic throughout year.

Palavras-chaves: reservatórios, eutrofização, cianobactérias

1) Biólogo da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), Praça de Dois Irmãos 1012, Recife-PE. fabiohenrique@compesa.com.br
2) Química da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), Praça de Dois Irmãos 1012, Recife-PE. nancylins@compesa.com.br

1 INTRODUÇÃO

No século passado, em escala mundial, o consumo de água cresceu mais do que o dobro do incremento da população e algumas regiões já experimentam escassez crônica de recursos hídricos (Andrade, 2000). A baixa disponibilidade de água é o principal entrave para o desenvolvimento econômico dessas regiões.

No Nordeste do Brasil, a água é um elemento limitante ao seu desenvolvimento (Salati *et al.*, 1981) e a sua escassez, embora não determinante, sempre esteve associada à luta pela sobrevivência da população do semi-árido nordestino (CEARÁ, 2002).

As precipitações que ocorrem na região Nordeste são irregulares temporal e espacialmente. A alta taxa de evaporação e a natureza geológica cristalina, aliadas à crescente demanda de água para o abastecimento humano, animal e irrigação, dentre outros, confere à região, um balanço hídrico negativo (Salati *et al.*, 1981; Cirilo e Cabral, 2007).

A situação torna-se crítica quando da ocorrência de períodos secos prolongados. É relevante notar que, somados a esse fator, a ocupação humana desordenada, sem planejamento e preocupação com o meio ambiente, o crescimento demográfico nas áreas urbanas, o avanço da industrialização e a agropecuária geram pressões no sistema solo-vegetação-água resultando em impactos na bacia hidrográfica, notadamente, no ciclo hidrológico e hidrosedimentológico (Tucci, 2000).

O regime fluvial de intermitência dos rios do semi-árido, bem como, suas condições climáticas severas, exige que uma infra-estrutura de acumulação de água seja criada para transpor disponibilidades dos períodos úmidos para os períodos secos (Reis, 2002). Para armazenar, durante o período das chuvas, a água a ser utilizada nos meses de estiagem, suprindo a demanda naquele período, a construção de reservatórios, para fins múltiplos, tais como a produção de energia elétrica e de biomassa, contenção de enchentes, abastecimento doméstico e industrial, transporte, irrigação, piscicultura e recreação (Tundisi, 1998; Tundisi e Tundisi, 2008), tornou-se uma solução encontrada, principalmente, no semi-árido nordestino para promover o desenvolvimento econômico e social da região (Albuquerque, 2006). Atualmente, em todo o Planeta, o volume total de águas represadas atinge mais de 10.000 km³, ocupando uma área de aproximadamente 650.000 km² (Tundisi e Tundisi, 2008).

A construção de um reservatório em uma determinada região impõe mudanças significativas na escala temporal e espacial dos fenômenos que ocorrem em um curso d'água, o que altera, sensivelmente, não só os processos físicos, químicos e biológicos dos ecossistemas de uma região, como também, as condições de usuários e beneficiários dessa água (Silva, 2002; Tundisi e Tundisi, 2008).

Dependendo de suas características hidráulicas, os reservatórios apresentam grande instabilidade limnológica, apresentando baixo tempo de residência da água, sendo considerados ecossistemas intermediários entre os lênticos e lóticos.

No Nordeste, onde o fator quantidade era de importância maior, nos últimos anos, a abordagem qualitativa vem recebendo atenção crescente, com o objetivo de manter as escassas reservas hídricas aptas aos múltiplos usos. A preocupação acerca da qualidade da água dos principais reservatórios responsáveis pelo abastecimento de comunidades vem sendo alvo de inquietação por parte da comunidade científica e órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos (Almeida *et al.*, 2006).

Assim, lagos e reservatórios são parte integrante da bacia hidrográfica, que os influencia, carreando nutrientes, matéria orgânica e eventuais poluentes. Estes ambientes, por sua característica hidrodinâmica, podem reter estas substâncias, tendo como consequência um aumento na taxa de produção primária, originando um processo chamado de eutrofização (Vollenweider e Jorgensen, 1989).

Por sua vez, a eutrofização é o aumento natural da atividade biológica em rios, lagos e reservatórios, causada por elevados níveis de nutrientes, usualmente compostos fosforados e nitrogenados (Esteves, 1998; Carmichael *et al.*, 1999; Mur *et al.*, 1999; Calijuri *et al.*, 2006).

Os organismos fitoplanctônicos são indispensáveis, pois constituem os principais produtores primários, sendo o primeiro elo na cadeia alimentar (Carvalho, 2003). A eutrofização, juntamente com oferta de luz solar e temperatura elevada, pode resultar em visíveis florações de algas em geral e, especialmente, cianobactérias, flutuando no corpo d'água ou agregadas a macrófitas (Carmichael *et al.*, 1999; Mur *et al.*, 1999; Calijuri *et al.*, 2006). Diferenças na biomassa e composição do fitoplâncton têm sido encontradas nos reservatórios com diferentes estados tróficos e permite uma classificação rápida dos corpos d'água (Carvalho, 2003) em conjunto com a análise das concentrações de Fósforo total.

Alguns lagos são naturalmente eutróficos, mas em muitos outros o excesso no aporte de nutrientes é de origem antropogênica (fertilizantes, esgotos domésticos e industriais) (Branco, 1978; Carmichael *et al.*, 1999; Calijuri *et al.*, 2006).

Este tema vem sendo objeto de discussão pelas empresas responsáveis pelo tratamento e distribuição de água nas comunidades, em virtude do maior dispêndio de tempo e recursos financeiros demandados para se adequar uma água com elevada concentração de algas, aos padrões exigidos pela legislação, e assim evitar danos à saúde da população (Almeida *et al.*, 2006).

O objetivo deste estudo é avaliar a qualidade sazonal da água do reservatório interanual de Juczinho (Bacia do Rio Capibaribe, Pernambuco, Brasil) visando o entendimento da relação entre

as condições climáticas e as variáveis hidrobiológicas, físico-químicas e ecológicas daquele corpo d'água.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área em estudo

2.1.1 Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe (Figura 1) encontra-se na porção nordeste da Mesoregião Geográfica do Agreste do Estado de Pernambuco, no Nordeste do Brasil. Localiza-se entre as coordenadas de 7° 41' 20'' e 8° 19' 30'' de latitude sul, e 34° 51' 00'' e 36° 41' 58'' de longitude oeste de Greenwich (Andrade, 2000; PE-SECTMA, 2004) e é considerada a maior bacia do Agreste Pernambucano (Melo, 2004).



Figura 1 – Bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco. Fonte: Adaptado de Carvalho *et al.*(2007)

O rio Capibaribe nasce na encosta da Serra de Jacarará a uma altitude aproximada de 1000 m, no município de Jataúba (PE) (PE-SECTMA,2004). Apresenta, juntamente com seus tributários de ordens menores, regimes fluviais intermitentes e somente no seu baixo curso torna-se perene a partir da cidade de Limoeiro (PE-SRH,1998).

O reservatório de Jucazinho situa-se nos municípios de Surubim e Cumaru, nas coordenadas 7° 57' 50'' de latitude sul e 35° 44' 30'' de longitude oeste (MIN-DNOCS, 1991; Figura 2), estando inserido no trecho médio da bacia do rio Capibaribe.

A água do reservatório de Jucazinho abastece a população das seguintes cidades e localidades do Estado de Pernambuco: Casinhas, Frei Miguelinho, Salgadinho, Santa Maria do Cambucá, Surubim, Chéus, Vertente do Lério, Vertentes, Caruaru, Bezerros, Cumaru, Passira, Riacho das Almas e Bezerros beneficiando assim, uma população de mais de 350.000 habitantes (Compesa, 2008).

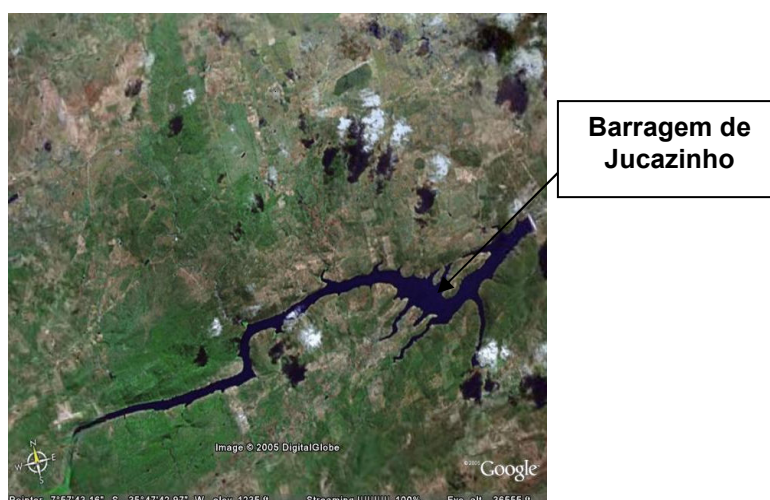


Figura 2 – Imagem de satélite da área do entorno do reservatório de Jucazinho (coordenadas 7° 57' 43,16'' S e 35° 47' 42,97'' W). Fonte: Google Earth (2008).

A Tabela 1 apresenta as principais características do Reservatório de Jucazinho.

Tabela 1 –Características do Reservatórios de Jucazinho	
<i>Características</i>	<i>Reservatório de Jucazinho</i>
Local	Surubim, Pernambuco, Brasil
Rio	Capibaribe
Coordenadas geográficas do reservatório	7° 57' 50'' latitude sul 35° 44''30'' longitude oeste
Área de drenagem bruta (área da bacia hidrográfica da represa)	4.171 km ²
Vazão afluente média (100%)	6.336,50 L/s
Volume de acumulação normal (cota 292 m)	327 milhões de m ³
Volume de armazenamento	227 milhões de m ³
Volume de espera para contenção de cheias	100 milhões de m ³
Formado no ano	1998
Classificação trófica	Eutrófico

Fonte: Adaptado de Albuquerque (2006)

Observando-se a Tabela 1, percebe-se que o volume de acumulação e a área de drenagem desta barragem, em ordem de grandeza, são, respectivamente, de 10^8m^3 e 10^3 km^2 , sendo considerado, de acordo com a classificação proposta por Tundisi e Tundisi (2008) um reservatório de médio porte.

2.2 Metodologia

Os dados relativos ao reservatório de Jucazinho, referentes ao ponto de captação de água para abastecimento público, em Surubim, foram disponibilizados pela Coordenação de Laboratório de Controle de Qualidade (CLQ) da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). O período de amostragem ocorreu entre janeiro e dezembro de 2008.

2.3 Amostragem

Para detectar variações sazonais de cianobactérias em função das características climáticas da região, foram realizadas coletas na primavera (setembro a dezembro/2008), no verão (janeiro a março/2008), no outono (março a junho/2008) e no inverno (junho a setembro/2008) no ponto de captação da COMPESA, localizado no município de Surubim/PE. Para análise de parâmetros físico-químicos, foram realizadas coletas em todas as estações do ano, respeitando a frequência estabelecida pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

2.4 Variáveis climatológicas

Os dados climatológicos (temperatura média anual, precipitação pluviométrica média) foram obtidos no Instituto Técnico de Pernambuco (ITEP) e são referentes à Estação Climatológica de Surubim.

2.5 Variáveis físico-químicas

Os parâmetros selecionados para avaliação foram: potencial hidrogeniônico (pH), cor aparente, turbidez, cloreto, alcalinidade e fósforo total. As metodologias utilizadas para realização das coletas e análises, pelo Laboratório da COMPESA, são as indicadas pela *American Public Health Association* (Compesa, 1998; APHA, 1998).

2.6 Análise hidrobiológica

Para identificação de cianobactérias, características morfológicas foram analisadas utilizando-se a chave de identificação descrita por Sant'Anna *et al.* (2006). A quantificação foi realizada em câmaras de Sedgwick-Rafter, conforme descrito em APHA (1998), utilizando-se um microscópio invertido Leica com aumento de 200 X.

2.7 Índices biológicos

2.7.1 Índice de Estado Trófico para Fósforo Total (IET-P)

O IET-P foi calculado utilizando-se o índice de Carlson (1977), utilizando-se os critérios de aplicação da equação (1) como descrito em CETESB (2007):

$$\text{IET(P)} = 10 \{ 6 - [\ln (80,32 / P) / \ln 2] \} \quad (1)$$

onde P = concentração média de fósforo total obtida nas amostras, em µg/L.

2.7.2 Abundância relativa dentro da classe *Cyanophyceae* (F): adaptado de Lobo e Leighton (1986)

De acordo com este critério considera-se:

- Espécies dominantes – ocorrência em densidades de cianobactérias superiores a 50% da densidade total da amostra (densidade de cianobactérias);
- Espécies abundantes – ocorrência em densidade superior à densidade média, em função do número total de cianobactérias presentes na amostra.

2.7.3 Frequência de ocorrência dentro da classe *Cyanophyceae* (F): adaptado de Lobo e Leighton (1986), de acordo com a equação (2)

$$F = \frac{Pa}{P} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

F = frequência de ocorrência; Pa = número de amostras em que o gênero “a” está presente; P = número total de amostras analisadas.

Sendo classificadas como: Espécies constantes: $F > 50\%$; Espécies comuns: $20\% < F < 50\%$; Espécies raras: $F < 20\%$.

2.8 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variáveis climatológicas

A Figura 3 apresenta os valores médios de temperatura do ar/pluviosidade para cada estação do ano no município de Surubim (PE), no período estudado.

Observando-se os resultados, percebe-se que houve sazonalidade na região, visto que o período outono-inverno foi o mais frio e chuvoso, com temperatura e pluviosidade médias de 22,5°C e 120 mm, respectivamente, enquanto o período primavera-verão foi o mais quente e seco: 24,3°C e 3 mm. Estes resultados estão de acordo com a classificação climatológica de Köppen para as regiões estudadas: clima AS (tropical chuvoso), cuja característica é o verão quente e seco e o período outono-inverno com altos índices pluviométricos e menores temperaturas.

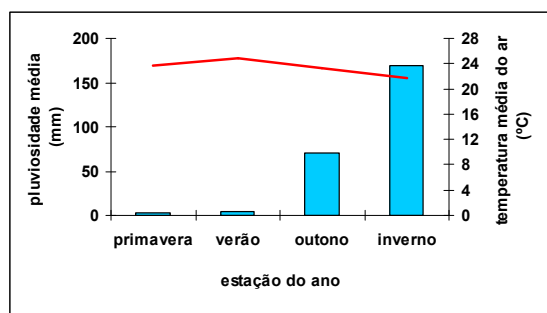


Figura 3 - Relação entre as médias de pluviosidade e temperatura do ar para cada estação do ano entre janeiro e dezembro de 2008 no município de Surubim. As barras azuis representam a pluviosidade média e a linha vermelha indica a temperatura média do ar.

3.2 Variáveis físico-químicas

3.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH médio das amostras foi básico com o valor máximo observado no período primavera-verão (8,5). Tais resultados também foram encontrados por Melo-Júnior *et al.* (2007) e Moura *et al.* (2007a) estudando os reservatórios de Jucazinho e Carpina, respectivamente. Ainda no Estado de Pernambuco, Bouvy *et al.* (2000), avaliando a ocorrência de *Cylindrospermopsis* em 39 reservatórios, encontraram valores de pH que variaram de 6,7 (mínimo) a 9,0 (máximo) e tendo como valor médio 8,1.

Vilar *et al.* (2008), analisando dois reservatórios em cascata do semi-árido paraibano (Luiz Heleno e Namorado), encontraram valores variando de 7,3 - 9,9 e 7,0 - 8,3, respectivamente. Segundo estes autores, as maiores variações encontradas no primeiro reservatório se relacionam com as flutuações da biomassa fitoplantônica, que no estudo foi expressa em clorofila *a*. Minillo (2000) e Lorenzi (2004) destacaram este comportamento no estuário da Lagoa dos Patos (RS) e nas represas Billings e Guarapiranga (SP), todos com elevado grau de eutrofização.

Segundo Esteves (1998), ecossistemas aquáticos com elevados valores de pH, são encontrados geralmente, em regiões com balanço hídrico negativo. Assim, segundo o autor, os reservatórios nordestinos, especialmente durante o período de estiagem, apresentam valores de pH geralmente superiores a 8,0, podendo em alguns casos atingir valores superiores a 9,0.

É sabido também que o pH atua diretamente nos processos de permeabilidade celular, interferindo no transporte iônico intra e extracelular. As comunidades aquáticas podem interferir nos valores de pH, principalmente através do metabolismo do CO₂. Durante o processo da fotossíntese, em que há consumo deste gás pelo fitoplâncton, ocorre um aumento dos valores de pH do meio, bem como, quando da ocorrência dos processos de decomposição e respiração, com conseqüente liberação de CO₂ e formação de ácidos (carbônico e orgânico fraco), onde verifica-se uma diminuição no valor desta variável no meio (Sawyer *et al.*, 1994).

Considerando que o pH é um parâmetro influenciado por diversos fatores ambientais, entre

eles, solos, precipitações pluviométricas, presença de determinados grupos de organismos, os valores encontrados para este e as suas variações podem estar relacionados às características geológicas da região (solos alcalinos), como verificou Watanabe *et al.* (1989), estudando reservatórios nordestinos como também a atividade fotossintética do fitoplâncton.

A Figura 4a apresenta a relação entre as médias de densidade total de cianobactérias e pH em cada estação do ano para o reservatório de Jucazinho. Percebe-se que quando a densidade média de cianobactérias diminui, ocorre um pequeno decréscimo nos valores médios do pH na água do reservatório.

3.2.2 Cloreto

Os cloretos podem estar presentes naturalmente em águas salobras, ou como resultado de poluição por efluentes industriais ou domésticos (BRASIL, 2004).

O máximo valor obtido para este parâmetro ocorreu no verão (604,49mg/L Cl) e o mínimo, no outono (292,33 mg/L Cl).

Este perfil também foi observado por Esteves (1998), o qual considera que, as secas prolongadas, típicas da região semi-árida, do Nordeste brasileiro, refletem nos ecossistemas lacustres através da alta concentração de cloretos e carbonatos, tendo sido encontrado no reservatório de Bodocongó (PB), em 1934, valores de cloreto que variaram de 580 a 2100mg/L. Entretanto, Lima e Garcia (2008), estudando a qualidade da água do açude do Cajueiro e a barragem do João Ferreira (SE), encontram valores de cloretos mais elevados no período chuvoso que variaram de 370 a 780mg/L e 60 a 320 mg/L, respectivamente.

Observando-se a Figura 4b, percebe-se que, quando a densidade de cianobactérias decresce, ocorre uma diminuição concomitante dos valores médios de cloretos (outono-inverno). Este fato indica que no período estudado, as chuvas exerceram influência na concentração do cloreto, atuando como um fator diluidor, como também, causando perturbação nas comunidades aquáticas em decorrência da diminuição da intensidade luminosa.

3.2.3 Turbidez

A turbidez é uma característica resultante da presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, de matéria orgânica dividida, de plâncton e de outros organismos microscópicos (BRASIL, 2004). As algas, comportando-se na água como partículas em suspensão, também influenciam no valor deste parâmetro. Valores de turbidez elevados, em reservatórios, podem ser observados na estação chuvosa, ocasionados pelo carreamento de sólidos da área de drenagem da bacia hidrográfica.

A Figura 4c mostra que, quando os valores médios da turbidez se elevaram, no outono (20,23uT), ocorreu um decaimento na densidade de cianobactérias, ou seja, na estação chuvosa

(outono/inverno), ocorreu um incremento acentuado na turbidez e uma conseqüente diminuição considerável na densidade algal, o que pode indicar a influência das precipitações nas variações deste parâmetro. Lima e Garcia (2008), estudando a qualidade da água do açude do Cajueiro e o reservatório de João Ferreira (SE), também encontraram valores de turbidez maiores no período chuvoso e menores, na estiagem. Este padrão de comportamento foi observado também para os valores de cor obtidos naqueles corpos d'água. Moura *et al.* (2007b), caracterizando as associações fitoplanctônicas no reservatório de Mundaú (PE), encontraram valores médios de turbidez que variaram de 34 uT, no período seco, a 54 uT, no período chuvoso.

3.2.4 Cor aparente

O parâmetro cor aparente, no período estudado, apresentou variações significativas, comportando-se semelhante à turbidez. A Figura 4d mostra que quando houve um decréscimo da densidade média de cianobactérias (outono-inverno), ocorreu um aumento da cor aparente. No período chuvoso, foram encontrados maiores valores para este parâmetro (89 uH Pt/Co), enquanto no período de estiagem, valores menores foram observados (55 uH Pt/Co).

3.2.5 Fósforo

O fósforo é vital nos processos metabólicos dos organismos vivos a começar pela sua função estrutural na membrana celular. Elevações nas concentrações de biomassa fitoplanctônica freqüentemente são precedidas pelo aumento dos níveis de fósforo disponível. A absorção deste elemento pelo fitoplâncton depende não só da sua concentração no meio líquido, como também da intracelular. Alguns gêneros de cianobactérias como *Oscillatoria* e *Cylindrospermopsis* podem acumular fosfato para o período de escassez, o que permite haver florações destes organismos mesmo com baixos teores de fósforo na água (Andreoli e Carneiro, 2005).

Os valores médios das concentrações de fósforo, no reservatório de Jucazinho, apresentaram-se acima do permitido pela Resolução 357/2005 do CONAMA (30 µg/L para águas lênticas classe 2), mostrando-se mais elevado no outono (317 µg/L P) e menor no verão (95 µg/L P; Figura 4e). Os dados mostraram que ocorreu um declínio da densidade média de cianobactérias no período outono/inverno (chuvoso) que coincidiu com o aumento da concentração de fosfato total. Os valores do fósforo mais elevados podem indicar a influência da bacia de drenagem, principalmente no período de maiores precipitações, ocorrendo o arraste deste nutriente para o reservatório.

3.2.6 Alcalinidade

A alcalinidade está relacionada com a quantidade de íons presentes na água que reagirá para neutralizar os íons hidrogênio. Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos, carbonatos e os hidróxidos. A distribuição entre essas três formas na água é função do pH (Laurenty,1997). Os valores de pH encontrados no reservatório de Jucazinho (Figura 4a) indicam

que as formas de alcalinidade existente são de bicarbonatos e carbonatos.

Os valores de alcalinidade na água do reservatório no período pesquisado estiveram entre 101-193mg/L de CaCO_3 , apresentando valor máximo no verão e o valor mínimo no outono que coincide com o início do período de chuvas, indicando uma possível relação com ausência/ocorrência de precipitações, conforme pode ser visualizado na Figura 4f.

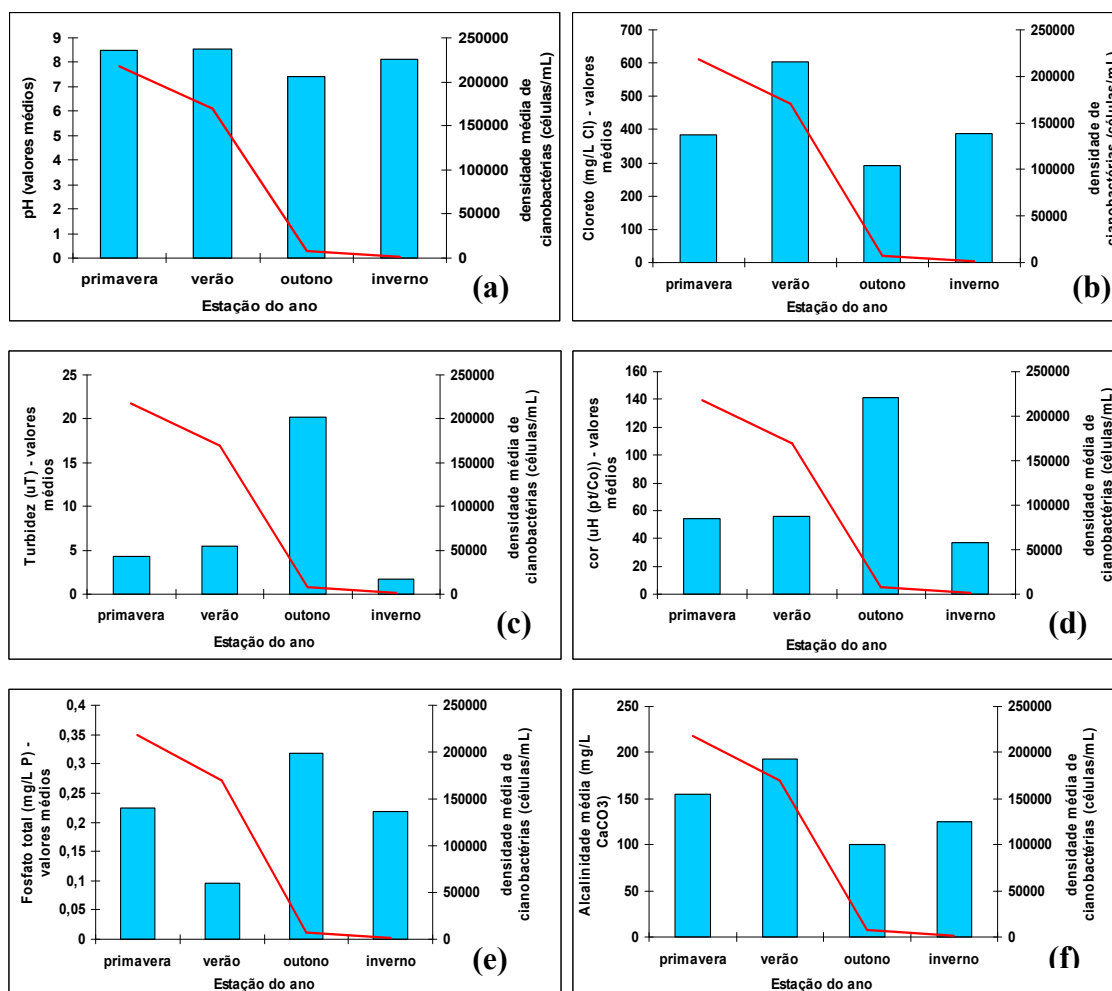


Figura 4 - Relação entre as médias das concentrações das variáveis físico-químicas e densidade de cianobactérias para cada estação do ano entre janeiro e dezembro de 2008 no reservatório de Jucazinho. (a) pH; (b) cloreto; (c) turbidez; (d) cor aparente; (e) fosfato total; (f) alcalinidade. As barras azuis representam as concentrações das variáveis físico-químicas e a linha vermelha indica a concentração de cianobactérias.

3.3 Análise hidrobiológica

3.3.1 Identificação e contagem de cianobactérias

Com relação à análise de cianobactérias, foi observado que em 77% das amostras, ocorreu a presença destes organismos em densidades acima dos padrões estabelecidos pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, para água bruta (20.000 células/mL) e pela Resolução 357/2005 do CONAMA para águas classe 2 (classificação da Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos – CPRH para o reservatório), que é de 50.000 células/mL. Possivelmente, este evento deva-se à

elevada disponibilidade de fósforo excedente na água, cuja concentração máxima permitida é de 30 µg/L (CONAMA 357/05).

Durante o período do estudo, foram identificados 12 gêneros, distribuídos em 6 famílias dentro da classe Cyanophyceae (Tabela 2).

Sant'Anna e Azevedo (2000) relataram seis gêneros de cianobactérias potencialmente tóxicas encontradas em todo o Brasil: *Aphanocapsa*, *Microcystis*, *Anabaena*, *Cylindrospermopsis*, *Raphidiopsis* e *Planktothrix*. Segundo Bouvy *et al.* (2000), 90% dos reservatórios localizados no Nordeste Brasileiro são hipereutróficos, sendo que nesses ambientes, o gênero *Cylindrospermopsis* representa mais de 80% da densidade total do fitoplâncton.

Tabela 2 – Famílias e respectivos gêneros de cianobactérias encontrados nas amostras de água do reservatório de Jucazinho no período estudado

Família	Gênero
Phormidiaceae	<i>Planktothrix</i> ¹
Nostocaceae	<i>Cylindrospermopsis</i> ² , <i>Raphidiopsis</i> ³ , <i>Aphanizomenon</i> ⁴
Pseudoanabaenaceae	<i>Geitlerinema</i> ⁵ , <i>Planktolyngbya</i> ⁶
Merismopediaceae	<i>Merismopedia</i> ⁷ , <i>Aphanocapsa</i> ⁸
Microcystaceae	<i>Microcystis</i> ⁹ , <i>Eucapsis</i> ¹⁰
Synechocaceae	<i>Radiocystis</i> ¹¹ <i>Rhabdoderma</i> ¹²

¹Anagnostidis e Komárek; ²(Woloszýnska) Seenayya e Subba Raju; ³Fritsch e Rich ; ⁴Morren ex Bornet e Flahault ⁵(Anagnostidis e Komárek) Anagnostidis; ⁶Anagnostidis e Komárek; ⁷Meyen; ⁸Nägeli; ⁹Kützing ex Lemmermann; ¹⁰Clements e Shantz; ¹¹Skuja; ¹²Schmidle e Lauterborn.

Durante o período de estudo, o valor máximo registrado para densidade total de cianobactérias foi de 944.735 células/mL (verão), e o valor mínimo registrado foi de 972 (inverno). A Figura 5 apresenta a relação entre as médias de densidade total de cianobactérias e pluviosidade em cada estação do ano.

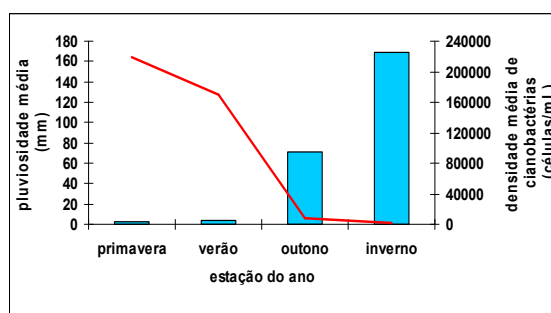


Figura 5 – Relação entre as médias de pluviosidade e densidade de cianobactérias para cada estação do ano entre janeiro e dezembro de 2008 no reservatório de Jucazinho. As barras azuis representam a pluviosidade média e a linha vermelha indica a densidade média de cianobactérias.

De acordo com Huszar *et al.* (1990), o efeito da sazonalidade sob a comunidade fitoplanctônica é um evento bem conhecido nos sistemas temperados, sendo insignificante nos tropicais, como os do Nordeste do Brasil. Entretanto, observando-se os resultados, percebe-se uma

relação inversa entre os valores médios de pluviosidade e concentração de cianobactérias. No período outono-inverno, mais chuvoso, foi observada a menor concentração média destes organismos (4.233 células/mL), ao passo que no período primavera-verão, mais seco, o valor médio da densidade de cianobactérias foi de 193.903 células/mL. Este perfil também foi relatado por Gunkel *et al.* (2003) estudando o Reservatório de Tapacurá em Pernambuco, por Albuquerque e Oliveira (2008), estudando o Reservatório de Carpina, em Pernambuco, por Vilar *et al.* (2008) e Lima *et al.* (2008) estudando reservatórios na Paraíba, e por Lopes (2007) estudando três reservatórios em São Paulo. Esta autora sugere que as chuvas exercem forte influência na biomassa total, atuando como um fator diluidor e, ao mesmo tempo, como um fator de perturbação das comunidades aquáticas. Gunkel *et al.* (2003) e Vilar *et al.* (2008) apontaram florações de cianobactérias concomitantes com baixa cota nos reservatórios e com o fenômeno El Niño, que provoca seca na região Nordeste do Brasil. Além disso, Fernandes *et al.* (2005) sugerem uma diminuição da densidade de cianobactérias no período chuvoso, em decorrência da diminuição da intensidade luminosa, dificultando a realização da fotossíntese por estes organismos. Entretanto, na literatura corrente, o trabalho de Carvalho (2003) registra aumento da densidade de cianobactérias do gênero *Cylindrospermopsis* no Reservatório de Atibainha (SP) concomitante com aumento da pluviosidade média na região, possivelmente em decorrência do carreamento de nutrientes presentes no solo pelas águas das chuvas em direção ao manancial ou devido ao fato deste gênero, segundo Reynolds *et al.* (2002), poder predominar em ambientes limitados por luz.

3.4 Índices biológicos

3.4.1 Índice de Estado Trófico para o Fósforo (IET-P)

Utilizando-se a equação para o cálculo do IET-P, considerando-se valores de $P = 214\mu\text{g/L}$, referentes às médias das médias dos valores de concentração de fósforo total durante o período de estudo, obteve-se IET-P em torno de 76, sendo considerado pela CETESB (2007) como eutróficos.

3.4.2 Abundância relativa

Com relação à abundância relativa dos gêneros dentro da classe Cyanophyceae, a Tabela 3 apresenta os resultados encontrados.

Tabela 3 – Representantes de cianobactérias dominantes e abundantes durante todo o período de estudo e nas estações seca e chuvosa no reservatório de Jucazinho

Período	Gêneros dominantes	Gêneros abundantes
Estação seca	-	<i>Planktothrix</i> , <i>Cylindrospermopsis</i> , <i>Geitlerinema</i> , <i>Planktolyngbya</i>
Estação chuvosa	-	<i>Geitlerinema</i>
Período completo de análise	-	<i>Planktothrix</i> , <i>Cylindrospermopsis</i> , <i>Geitlerinema</i> , <i>Planktolyngbya</i>

Analisando-se os dados da Tabela 3, percebe-se a inexistência de gêneros dominantes no reservatório de Jucazinho durante o período estudado.

Com relação ao número de gêneros identificados, o período seco foi o que apresentou maior riqueza de espécies. Este perfil, entretanto, não foi encontrado nos estudos realizados em reservatórios da Região Nordeste (Câmara, 2007; Albuquerque e Oliveira, 2008; Lima *et al.*, 2008), Sudeste (Gentil, 2000; Bittencourt-Oliveira, 2003; Carvalho, 2003; Lopes, 2007) os quais mostram haver redução da riqueza de espécies no período seco.

3.4.3 *Frequência de ocorrência*

Com relação à frequência de ocorrência dos gêneros pertencentes à classe Cyanophyceae, a Tabela 5 apresenta os resultados encontrados.

Nos reservatórios quentes do Brasil, as oscilações de biomassa são controladas pelos períodos de chuva e seca, implicando no aporte de nutrientes para as águas do reservatório, bem como na amplitude térmica do ar. Assim, algumas espécies surgem em grandes quantidades em um determinado período, mas apresentam densidades discretas em outros (Fernandes *et al.*, 2005).

Tabela 5 – Representantes de cianobactérias constantes, comuns e raros durante todo o período de estudo e nas estações seca e chuvosa no reservatório de Jucazinho

Período	Gêneros constantes	Gêneros comuns	Gêneros raros
Estação seca	<i>Cylin</i> (77%), <i>Plan</i> (59%)	<i>Geit</i> (45%), <i>Plyn</i> (41%), <i>Micr</i> (23%)	<i>Radio</i> , <i>Euc</i> , <i>Aphc</i> , <i>Raph</i> , <i>Mer</i> e <i>Rhab</i> (5%) e <i>Aphn</i> (9%)
Estação chuvosa	<i>Cylin</i> e <i>Plan</i> (75%)	<i>Geit</i> e <i>Micr</i> (50%), <i>Aphn</i> (25%)	<i>Radio</i> , <i>Euc</i> , <i>Aphc</i> , <i>Raph</i> , <i>Mer</i> , <i>Plyn</i> e <i>Rhab</i> (0%)
Período completo da análise	<i>Cylin</i> (77%), <i>Plan</i> (62%)	<i>Geit</i> (46%), <i>Plyn</i> (35%), <i>Micr</i> (27%)	<i>Radio</i> , <i>Euc</i> , <i>Aphc</i> , <i>Raph</i> , <i>Mer</i> e <i>Rhab</i> (4%) e <i>Aphn</i> (12%)

* F = Frequência de ocorrência; Abreviaturas: *Geit* = *Geitlerinema*, *Cylin* = *Cylindrospermopsis*, *Plyn* = *Planktolyngbya*, *Plan* = *Planktothrix*, *Aphn* = *Aphanizomenon*, *Raph* = *Raphidiopsis*, *Micr* = *Microcystis*, *Mer* = *Merismopedia*, *Radio* = *Radiocystis*, *Euc* = *Eucapsis*, *Aphc* = *Aphanocapsa*, *Rhab* = *Rhabdoderma*

De acordo com os resultados, os gêneros *Planktothrix* e *Cylindrospermopsis* apresentaram maiores frequências de ocorrência durante todo o período, fato também relatado em outros estudos, como o de Albuquerque e Oliveira (2008), estudando o reservatório de Carpina (PE). Oliver e Ganf (2000) afirmam que as cianobactérias mais frequentes são dos gêneros com vacúolos gasosos ou aerótopos, como *Planktothrix* e *Cylindrospermopsis*. Vilar *et al.* (2008) também observaram presença de *Cylindrospermopsis* nos açudes hipereutróficos Namorado e Luiz Heleno (PB) em todas as estações do ano. Sant'Anna *et al.* (2006) afirmam que aerótopos conferem vantagem a alguns gêneros de cianobactérias, pois permitem que estes se desloquem na coluna d'água em busca de luz/nutrientes. Estudos realizados por Souza *et al.* (1998) registraram maior presença de *Cylindrospermopsis* no período chuvoso. Reynolds *et al.* (2002) observaram que este gênero é bem adaptado a ambientes com deficiência de luz, temperaturas em torno de 25°, pH neutro a levemente alcalino. Padisák (1997) relata que o sucesso ecológico de *Cylindrospermopsis* se deve além da presença de vacúolos, à sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e utilizar fósforo a partir de reservas internas, permitindo-lhe sobreviver em ambientes com limitação deste elemento. Estudos com esse gênero têm se intensificado devido à sua capacidade potencial de sintetizar toxinas e formar florações que interferem no uso da água do reservatório (Carvalho, 2003).

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados, pode-se concluir que as águas do Reservatório de Jucazinho encontram-se com níveis médios de fósforo (241µg/L) acima do permitido pela Resolução 357/2005 do CONAMA (30 µg/L para águas lênticas classe 2).

Além disso, pode-se indicar a predominância de organismos da classe Cyanophyceae, com registro de densidade média durante todo o período de estudo, de 169.828 células/mL, ultrapassando, também, o valor estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA (50.000 células/mL para águas lânticas classe 2). Os resultados mostraram diferentes gêneros de cianobactérias presente durante o ano indicando um alto nível de eutrofização da água, confirmado pelo IET-P encontrado (76).

5. BIBLIOGRAFIA

- ALBUQUERQUE, N.L (2006). *Estudos da presença do manganês no reservatório Jucazinho localizado na bacia hidrográfica do rio Capibaribe no Agreste pernambucano-Brasil*. Dissertação apresentada à Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP OS, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre em Tecnologia Ambiental. Recife, PE.
- ALBUQUERQUE, N.L.; OLIVEIRA, F.H.P.C. (2008). “*Avaliação sazonal da qualidade da água do Reservatório de Carpina (PE), visando o cultivo de tilápia*” in Anais do IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Salvador, Nov. 2008.
- ALMEIDA, M.M.M.; ALEXANDRE, A.M.B.; ARAÚJO, L.F.P; FIGUEIREDO, M.C.B.; ROSA, M.F. (2006). “*Influência da sazonalidade na qualidade da água dos reservatórios da bacia do acarajú*” in Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, Set.2006.
- ANDRADE, P.R.G.S. (2000). *Operação integrada ótima do sistema hídrico Jucazinho-Carpina, para múltiplos Usos – Rio Capibaribe – PE*. Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba (Departamento de Engenharia Civil). Campina Grande- Paraíba.
- ANDREOLI, C.V.; CARNEIRO, C. (2005). *Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados*. Curitiba, PR, 500p.
- APHA (1998). *Standard methods for examination of water and wastewater*. 20th edition. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C. (2003). “*Detection of potencial microcystins producing cyanobacteria in Brazilian reservoirs with mcyB molecular markers*”. Harmful algae, 2(51-60).
- BOUVY, M.; FALCÃO, D.; MARINHO, M.; PAGANO, M.; MOURA, A. (2000). “*Ocurrence of Cylindrospermopsis (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought*”. Aquatic Microbial Ecology, 23, 13-27.
- BRANCO, S.M. (1978). *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. CETESB, São Paulo-SP, 619p.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). (2004). *Agenda 21 brasileira: ações prioritárias*. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2ª edição. Brasília, 158p.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. (2004). *Portaria n° 518. Estabelece os Padrões de Potabilidade para água de consumo humano*. Brasília.15p.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). (2005). *Resolução n° 357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento bem como estabelece as condições padrões de lançamento de efluentes*. Brasília, 23p.
- CALIJURI, M.C.; ALVES, M.S.A.; SANTOS, A.C.A. (2006). *Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais*. Rima, São Carlos-SP, 109p.
- CÂMARA, F.R.A.(2007). *Demanda química de oxigênio, clorofila-a e comunidade fitoplanctônica como indicadores da qualidade da água no canal do Pataxó/RN*. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Bioecologia aquática. Rio Grande do Norte, 124p.
- CARLSON, R.E.(1977). “*A trophic state index for lakes*”. Limnology and Oceanography, 22(2), 261-269.

- CARMICHAEL, W.W.; BARTRAM, J.; CHORUS, I.; JONES, G.; SKULBERG, O.M. (1999). "Water resources". in *Toxic Cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*. Org. por Chorus, I. e Bartram, J. WHO, London and New York, Pp. 2-5.
- CARVALHO, M.C. (2003). *Comunidade fitoplanctônica como instrumento de biomonitoramento de reservatórios no Estado de São Paulo*. Tese apresentada à Universidade de São Paulo (Departamento de Saúde Ambiental), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de doutor em Saúde Pública. São Paulo, SP.
- CARVALHO, P.V.V.de C.; OLIVEIRA, M.S.; SILVA, J.B.; COSTA, A.N.S.F.; BOTTER-CARVALHO, M.L. "Cyanobacterial blooms in water supply reservoirs of Pernambuco State (Brazil): Interannual differences. in *Anais do VII International Conference on Toxic Cyanobacteria in Brazil*. Rio de Janeiro, Ago. 2007.
- CEARÁ. SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS. COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (COGERH). (2002). *Rede de monitoramento da qualidade de água operada pela COGERH*, Fortaleza-Ceará, 28p.
- CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL.(2007). *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo*. CETESB, São Paulo.
- CIRILO, J.A.; CABRAL, J.J.J.S.P. (2007). *O uso sustentável dos recursos hídricos em Regiões Semi-Áridas*. Editora UFPE ABRH – PE, 508p.
- COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO (COMPESA). DIRETORIA TÉCNICA. GERÊNCIA DE CONTROLE DE QUALIDADE. DIVISÃO DE CONTROLE DE LABORATÓRIO. (1998). *Manual de procedimento para as determinações do fósforo, cloreto, pH, manganês e ferro, cor, turbidez e alcalinidade*. Recife – PE, 60p.
- COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO (COMPESA). DIRETORIA COMERCIAL E DE ATENDIMENTO. (2008). *Relatório de informações comerciais*. Recife-PE.
- ESTEVES, F.A.(1998). *Fundamentos de Limnologia*. 2ª ed. Editora Interciência, RJ, 602p.
- FERNANDES, L.F.; LAGOS, P.D.; WOSIACK, A.C.; PACHECO, C.V.; DOMINGUES, L.; ZENHDER-ALVES, L.; COQUEMALA, V. (2005). "Comunidades fitoplanctônicas em ambientes lênticos" in *Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados*. Org. por Andreoli, C.V.; Carneiro, C. Curitiba, PR, p.300-369.
- GENTIL, R.C. (2000). *Variação sazonal do fitoplâncton de um lago subtropical eutrófico e aspectos sanitários, São Paulo, SP*. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de São Paulo como partes dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Saúde Públicas. São Paulo, SP.
- GONÇALVES, G.R.(2006). "Influência do sedimento em ecossistemas aquáticos". in *Qualidade dos sedimentos*. Org. por Poletto, C. e Merten, G.H. ABRH, Rio Grande do Sul.Pp. 314-342.
- GOOGLE EARTH.(2008). *Imagem de satélite da área do entorno do reservatório de Jucazinho*. 03/06/2008.
- GUNKEL, G.; RUETER, K.; CASALLAS, J.; SOBRAL, M.C. (2003). "Estudos da limnologia do reservatório de Tapacurá em Pernambuco: problemas da gestão de reservatórios no semi-árido brasileiro". in *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Curitiba, Nov. 2003.
- HUSZAR, V.L.M.; SAMPAIO, L.H.S.; ESTEVES, F.A. (1990). "Estrutura das comunidades fitoplanctônicas de 18 lagoas da região do baixo Rio Doce, Linhares, Espírito Santo, Brasil". *Revista Brasileira de Biologia*, 50(13), 585-598.
- LAURENTY, A. (1997). *Qualidade de Água*. Imprensa Universitária. Florianópolis.89p.
- LIMA, A.T.S.; FRANÇA, J.C.; CORDEIRO, R.S.; BARBOSA, J.E.L. (2008). "Ocorrência de cianobactérias perifíticas potencialmente tóxicas em reservatórios do Agreste Paraibano". in: *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, São Paulo, Nov. 2008.
- LIMA, W.S; GARCIA, C.A.B. (2008). "Qualidade da água em Ribeirópolis: o açude Cajueiro e a Barragem do João Ferreira". in *IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. Salvador, Nov. 2008, 20p.

- LOBO, E.A.; LEIGHTON, G. (1986). “Estrutura de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile”. *Revista de Biología Marinha*, 22(1), 143-170.
- LOPES, A.G.D. (2007). *Estudo da comunidade fitoplanctônica como bioindicador de poluição em três reservatórios em série do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP*. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de São Paulo como partes dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Saúde Pública na área de concentração de Saúde Ambiental. São Paulo, SP. 116p.
- LORENZI A.S. (2004). *Abordagens moleculares para detectar cianobactérias e seus genótipos produtores de microcistina presentes na represas Billings e Guarapiranga*. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de São Paulo como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências. São Paulo, SP, 103p.
- MELO, G.L. (2004). “Avaliação da concentração de fósforo total em algumas bacias hidrográficas do semi-árido de Pernambuco.” in XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal, Out. 2004, Pp. 1-9.
- MELO-JÚNIOR, M.M.; ALMEIDA, V.L.S.; PARANAGUÁ, M.N.; MOURA, A.N. (2007). “Crustáceos planctônicos de um reservatório oligotrófico do Nordeste do Brasil.” *Zoociências*, 9(19-30).
- MINILLO A. (2000). *Concentração de toxinas e o efeito das variáveis climáticas e ambientais sobre a ocorrência das florações de Microcystis aeruginosa (Cyanoprocarvota) – Kutz Emend Elenkin - no estuário da Lagoa dos Patos, RS*. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Oceanografia física, química e geológica. Natal, RN, 103p.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS (MIN-DNOCS). 3ª DIRETORIA REGIONAL. (1991). *Projeto básico da Barragem de Juczinho. Estudo Hidrológico*. Recife: Geogruppo, 236p.
- MOURA, A N.; DANTAS, E.W.; OLIVEIRA, M.C.B. (2007a). “Structure of the Phytoplankton in a Water Supply System in the State of Pernambuco- Brazil”. *Brazilian archives of biology and technology*, 50(4), 645-654.
- MOURA, A.N.; OLIVEIRA, M.C.B.; DANTAS, E.W.; ARRUDA-NETO, J.D.T. (2007b). “Phytoplanktonic associations: a tool to understanding dominance events in a tropical Brazilian reservoir”. *Acta bot. bras.*, 21(3), 641-648.
- MUR, L.R.; SKULBERG, O.M.; UTKILEN, H. (1999). “Cyanobacterial in the environment”. in *Toxic Cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*. Org. por Chorus, I. e Bartram, J. WHO, London and New York. Pp. 25-54.
- OLIVER, R.L.; GANF, G.G.(2000). “Freshwater blooms” in *The ecology of Cyanobacteria – Their diversity in time and space*. Org. por Whitton, B.A. and Potts, M. Kluwer Academic Publishers, pp.149-194.
- PADISÁK, J. (1997). “Cylindrospermopsis raciborskii (Woloszynnska) Seenayya et Subba Raju, an expanding highly adaptive cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology”. *Archiv für Hydrobiologie*, 107, 563-593.
- PERNAMBUCO. SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS (SRH). (1998). *Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco – PERH/PE*, v. 1, 6, 7. 516p.
- PERNAMBUCO. SECRETARIA DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE (SECTMA). PROÁGUA. (2004). *Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos da Região Metropolitana do Recife, Zona da Mata e Agreste Pernambucano. Ações complementares- Controle de Enchentes*. Techine Engenheiros Consultores, TomoV. 54p.
- REIS, L.G de M. (2002). *Avaliação de critérios de outorga associados a políticas de operação de reservatório na Bacia do Rio Moxotó, semi-árido brasileiro*. Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 202p.
- REYNOLDS, C.S.; HUSZAR, V.; KRUK, C. NASELLI-FLORES, L.; MELO, S. (2002). “Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton.” *J. Plankton Res.*, 24 (417-428).

- SALATI, E.; MATSUÍ, E.; LEAL, J.M. (1981). “Otimização do manejo de água da região semi-árida do Nordeste Brasileiro”. in *Anais do IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos*, Fortaleza, 1981. 26p.
- SANT’ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P. (2000). “Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil”. *Nova Hedwigia*, 71(3-4), pp.359-385.
- SANT’ANNA, C.L.; BRANCO, L.H.Z.; AZEVEDO, M.T.P. (2006). “Cyanophyceae/Cyanobacteria”, in *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições*. Org. por Bicudo, C.E.M e Menezes, M., ed. Rima, São Carlos-SP, pp. 19-82.
- SAWYER, C. N.; MACCARTY, P.L.; PARKIN, G.F. (1994). *Chemistry for Environmental Engineering*. 4th ed. International Student Edition, Mac Graw- Hill Book Company, New York. 658p.
- SILVA, L.M.C.(2002). *Açudes e reservatórios: mecanismos técnicos, legais e institucionais para uma gestão sustentável*. Tese de Doutorado apresentada à Universidade de Brasília. Brasília, DF. 319p
- SOUZA, R.C.R.; CARVALHO, M.C.; TRUZZI, A.C. (1998). “Cylindrospermopsis raciborskii (Wolloszynska) Seenaya et Subba Raju (Cyanophyceae) dominance and contribution to the knowledge of Rio Pequeno arm, Billings reservoir, Brazil. *Environmental Toxicology and Water Quality*, 13, 73:81.
- TUCCI, E.M. (2000). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 2ªed. Editora da Universidade UFRGS,ABRH, v. 4, 943p.
- TUNDISI, J.G.(1998). “Impactos ecológicos da construção de represas: aspectos específicos e problema de manejo”. In: *Limnologia e manejo de represas*. Org. por Tundisi, J.G. USP/EESC/CRHEA. V. 1,tomo 1, São Carlos, p 1-76.
- TUNDISI, J.G. ; TUNDISI, T.M. (2008). *Limnologia*. Oficina de Textos, SP, 631p.
- VILAR, M.S.A.; SANTANA, R.M.C.; GUERRA, A.B.; ALCÂNTARA, H.M.; GALVÃO, C.O.; CEBALLOS, B.S.O. “Aspectos limnológicos de dois reservatórios em cascata do semi-árido paraibano”. in: *Anais do IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, Salvador, Nov. 2008.
- VOLLENWEIDER, R.A.; JORGENSEN, S.E. (1989). *Guidelines of lake management*. International Lake Environment Committee Foundation, 199p.
- WATANABE, T. GADELHA, C.L.M.; PASSERAT, A.M.S. (1989). “Análise estatística da relação entre a presença de plantas aquáticas e parâmetros físico-químicos da água de açudes”. in *VIII Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos*, Foz de Iguaçu, Abr. 1989, 10p.