

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

FATORES QUE INFLUENCIAM NA DOMINÂNCIA E DAS VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS DE
POPULAÇÕES DE *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju
E *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis and Komárek, EM RESERVATÓRIOS
LOCALIZADOS NO TRÓPICO SEMIÁRIDO - NORDESTE DO BRASIL

Recife
2015

PATRÍCIA CAMPOS DE ARRUDA QUEIROZ

**FATORES QUE INFLUENCIAM NA DOMINÂNCIA E DAS VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS DE
POPULAÇÕES DE *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju
E *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis and Komárek, EM RESERVATÓRIOS
LOCALIZADOS NO TRÓPICO SEMIÁRIDO - NORDESTE DO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Botânica.

Orientadora:

Dra. Enide Eskinazi Leça

(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Co-orientadoras:

Dra. Ariadne do Nascimento Moura

(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Dr. José Etham de Lucena Barbosa

(Universidade Estadual da Paraíba)

Recife

2015

PATRÍCIA CAMPOS DE ARRUDA QUEIROZ

**FATORES QUE INFLUENCIAM NA DOMINÂNCIA E DAS VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS DE
POPULAÇÕES DE *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju
E *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis and Komárek, EM RESERVATÓRIOS
LOCALIZADOS NO TRÓPICO SEMIÁRIDO - NORDESTE DO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Botânica da Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Doutora em Botânica.

Tese defendida e aprovada em ____/_____/____

COMISSÃO EXAMINADORA

Dra. Enide Eskinazi Leça (Orientadora)

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Presidente

Dr. Manuel de Jesus Flores Montes

Universidade Federal de Pernambuco
Titular

Dra. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha

Universidade Federal de Pernambuco
Titular

Dra. Nísia Karine Cavalcanti Aragão Tavares

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Titular

Dra. Sonia Maria Barreto Pereira

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Titular

Dra. Carmen Sílvia Zickel

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Suplente

Dra. Maria Luise Koenig

Universidade Federal de Pernambuco
Suplente

Recife

2015

A educação dada pelos meus pais, Erivan e Gal.

Ao amor e dedicação do meu esposo, Gilberto

A razão da minha vida, Isadora.

Foram peças fundamentais na minha caminhada de aprendizado.

AGRADECIMENTOS

A caminhada na busca dos objetivos é longa e nela encontramos alguns obstáculos que jamais seriam superados se não existissem a fé em Deus, os familiares, amigos e profissionais para que se alcance a vitória. A estes os meus sinceros agradecimentos:

A Deus por nunca ter deixado fraquejar diante das dificuldades, sempre mostrando que cada etapa da vida são momentos que precisam ser superados.

A professora Dr^a Enide Eskinazi Leça, minha eterna gratidão pela confiança, amizade, respeito, compreensão, dedicação, sempre disposta a partilhar valiosos ensinamentos que acrescentaram muito na minha vida profissional e pessoal. Muito obrigada por tudo que você representa e por todo conhecimento adquirido neste jornada.

Ao professor Dr José Etham de Lucena Barbosa, por ter dado a oportunidade de conhecer o "mundo das algas", sendo a peça fundamental nessa longa caminhada de dez anos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Botânica, pelos ensinamentos, em especial a professora Ariadne do Nascimento Moura, por ter disponibilizado o laboratório para análises e pela contribuição na execução dos trabalhos.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Botânica, Dra. Carmen Silvia Zickel (Coordenadora), pelo apoio e compreensão.

Aos funcionários da secretaria Kênnia e Manassés pela dedicação nos trabalhos prestados, sempre dispostos a ajudar.

Ao pessoal do Laboratório de Ficologia: Marcílio, Mauro, Micheline, Anamaria, em especial a Juliana e Nísia pelo carinho, respeito, amizade e que deram um pouco de si no dia a dia na execução do trabalho. Muito obrigada por tudo!

A Manoel Messias pela grande ajuda nas coletas de campo, a etapa seria mais difícil se não tivesse sua contribuição. Sou muito grata por todo esforço.

Ao laboratório de Plâncton da UFPE, em especial a Alessandro por partilhar um pouco do seu conhecimento para as análises no FlowCAM, obrigada pela valiosa contribuição.

À Coordenação de Apefeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro, através da concessão da Bolsa de Doutorado.

Aos meus pais Erivan e Gal, pelo esforço que depositaram durante toda minha vida acadêmica, sempre ensinando que o melhor caminho a ser seguido está nos estudos. Serei eternamente grata.

Aos meus irmãos, por compreender que minha ausência em alguns momentos foram essenciais para a minha caminhada.

Ao meu esposo Gilberto, pela presença constante, incentivo, compreensão e por todos os momentos que você segurou em minhas mãos para que não desistisse dos meus objetivos, não tenho nem palavras para agradecer por tudo que você fez e faz desde o início da graduação até hoje, foram dez anos de partilha de conhecimentos e, espero poder compartilhar contigo muitos momentos de aprendizado. Obrigada por ser peça fundamental na minha vida.

A minha filha Isadora, minha fonte de inspiração à procura do aprendizado. Razão da minha vida!

Para todos que diretamente ou indiretamente colaboraram para a concretização deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Págs.
Lista de figuras	viii
Lista de tabelas	x
Resumo	xi
Abstract	xii
1. Introdução Geral	13
2. Revisão – Fundamentação Teórica	16
2.1. Cianobactérias: Considerações gerais	16
2.2. <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis and Komárek	18
2.3. <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju	20
3. Objetivos	24
3.1. Geral	24
3.2. Específicos	24
4. Referências Bibliográficas	25
5. Artigos	38
5.1. Artigo 1: Influência dos fatores ambientais sobre as populações de <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju e <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komarek em reservatórios tropicais (Nordeste do Brasil)	38
Resumo	39
Abstract	40
Introdução	42
Material e métodos	44
Área de estudo	44
Coleta de dados	45
Variáveis abióticas	45
Variáveis bióticas	46
Tratamento estatístico	47
Resultados	47
Discussão	40
Referências	45

5.2. Artigo 2: Variação vertical e nictemeral de <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis and Komárek (Oscillatoriales – Phormidiaceae) em reservatório tropical, Nordeste do Brasil.....	57
Resumo	57
Introdução	69
Material e métodos	71
Área de estudo	71
Coletas de dados	71
Variáveis abióticas	72
Variáveis bióticas	72
Análise estatística	73
Resultados	73
Variáveis abióticas	73
Variáveis bióticas	74
Discussão	75
Referências	80
Considerações Finais	96
Anexos	97

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

	Págs.
Figura 1. Localização geográfica dos reservatórios de Carpina-PE e Acauã-PB e sua inserção na geografia regional, Nordeste do Brasil.	71
Figura 2. Índice pluviométrico durante o período de coleta dos reservatórios de Carpina-PE (a) e Acauã-PB (b), Nordeste do Brasil.	72
Figura 3. Biomassa ($\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) de <i>P. agardhii</i> e <i>C. raciborskii</i> nos reservatórios de Acauã, A) período chuvoso e B) período de estiagem) e Carpina, C) período chuvoso e D) período de estiagem, nos meses de maio a julho e outubro a dezembro de 2014.	
Figura 4. Comprimento (CT) e largura (LT) dos tricomas de <i>P. agardhii</i> nos reservatórios de Acauã (a; c) e Carpina (b; d), entre os meses de maio a julho e outubro a dezembro de 2014. LITO = região litorânea; LIM = região limnética.	
Figura 5. Comprimento (CT) e largura (LT) dos tricomas de <i>C. raiborskii</i> nos reservatórios de Acauã (a; c) e Carpina (b; d), entre os meses de maio a julho e outubro a dezembro de 2014. LITO= região litorânea; LIM= região limnética	
Figura 6. Biplot da CCA com as variáveis abióticas (T °C = temperatura da água, PT = fósforo total, Luz, OD= oxigênio dissolvido e pH) e a biomassa e morfometria de <i>P. agardhii</i> e <i>C. raciborskii</i> no reservatório de Acauã (A) e Carpina (B). bioplank = biomassa de <i>P. agardhii</i> , ctplank = comprimento do tricoma de <i>P. agardhii</i> , ltplank= largura do tricoma de <i>P. agardhii</i> , biocylin= biomassa de <i>C. raciborskii</i> , ctcylindro= comprimento do tricoma de <i>C. raciborskii</i> e lt cylindro= largura do tricoma de <i>C. raciborskii</i> .	

ARTIGO 2

	Págs.
Figura 1. Localização geográfica do reservatório de Acauã/Paraíba, Nordeste do Brasil. (⊗) Local de coleta.	93
Figura 2. Comportamento das variáveis abióticas nas diferentes profundidades ao longo dos horários claros e escuros, no período chuvoso e de estiagem, no reservatório de Acauã (Paraíba, Nordeste, Brasil). A) Temperatura da água (°C); B) oxigênio dissolvido (OD); C) pH; D) Turbidez; E) Amônia (NH ₃); F) Nitrato (NO ₃); G) Nitrogênio Total (NT); H) Nitrito (NO ₂); I) Fósforo total (PT); J) Ortofosfato (PO ₄); K) NT:PT; L) Intensidade luminosa (μmol).	
Figura 3. Médias e Desvio padrão dos comprimentos e larguras dos tricomas de <i>Planktothrix agardhii</i> nas diferentes profundidades (sup. 1,5m e 12m), nos períodos claro (PC) e escuro (PE), durante 30 de julho de 2012 (Período chuvoso) e 05 de dezembro de 2012 (período de estiagem) no reservatório de Acauã, Paraíba- Nordeste, Brasil. (•) = médias (---) = desvio padrão	94 95

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1**Págs.**

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão das variáveis abióticas dos reservatórios de Acauã-PB e Carpina-PE no período chuvoso e de estiagem de 2012.

51**ARTIGO 2****Págs.**

Tabela 1. Biomassa ($\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) dos principais representantes do fitoplâncton, no período chuvoso (30 de julho de 2012) e estiagem (05 de dezembro de 2012), no reservatório de Acauã, Paraíba, Nordeste do Brasil.

69

RESUMO

Os reservatórios do nordeste do Brasil apresentam alto grau de eutrofização, decorrente de seus múltiplos usos, e são caracterizados por alta concentração de fósforo e nitrogênio, baixa transparência e baixa amplitude anual da temperatura. Neste cenário, florescimentos de cianobactérias são constantes e se caracterizam, principalmente, por altas densidades de *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju e *Planktothrix agardhii* Komárek, algas reconhecidas por produzirem substâncias tóxicas capazes de causar sérios distúrbios hepáticos. O objetivo do presente trabalho foi determinar os fatores ambientais (hidrológicos e climatológicos) controladores das populações dessas duas espécies em reservatórios localizados na região nordeste do Brasil, através da identificação das variações morfológicas, morfométricas e biomassa das populações em escala anual, espacial e vertical. A pesquisa esteve baseada em coletas nictemerais e bimensais, realizadas com garrafa de van Dorn, em diversos pontos (região litorânea e limnética) do reservatório de Carpina (estado de Pernambuco) e Acauã (estado da Paraíba). As coletas foram realizadas em três profundidades de acordo com a penetração da luz: 100% luminosidade, 50% e profundidade máxima, seguindo-se o ciclo pluviométrico das regiões, de modo que se caracterizem com distinção as variações das duas populações em um ciclo anual. As variáveis biológicas (morfometria, densidade, biovolume e biomassa) foram correlacionadas com as variáveis ambientais (temperatura do ar, precipitação pluviométrica, oxigênio dissolvido, temperatura da água, turbidez, pH e nutrientes: nitrito, nitrato, fósforo total dissolvido e ortofosfato). A pesquisa resultou na elaboração de dois artigos. No primeiro (Manuscrito I) avalia a co-ocorrência das duas espécies face as características ambientais, especialmente em relação ao desempenho ecológico individual, incluindo características morfológicas e biomassa em resposta às condições ambientais. O segundo artigo (Manuscrito II) foi feita uma correlação entre os fatores ambientais e a biomassa e a morfologia de *P. agardhii* no reservatório de Acauã (Paraíba), com a finalidade de determinar os fatores que controlam as variações nictemerais da espécie. Com este estudo espera-se contribuir para o conhecimento da ecologia de cianobactérias que ocorrem em reservatórios de abastecimento da região nordeste e caracterizar as citadas espécies como descritores, capazes de identificar a qualidade ambiental de reservatórios de abastecimento do semiárido nordestino.

Palavras Chave: cianobactéria, morfometria, ecologia, semiárido.

ABSTRACT

Northeast of Brazil reservoirs have a high degree of eutrophication, due to its multiple uses, and are characterized by high concentrations of phosphorus and nitrogen, low transparency and low annual amplitude of temperature. In this scenario, blooms of cyanobacteria are constant and are characterized mainly by high densities of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju and *Planktothrix agardhii* Komárek, recognized by algae produce toxic substances that can cause serious liver disorders. The objective of this study was to determine the environmental factors (hydrological and climatological) controlling the populations of these two species in reservoirs located in the northeast of Brazil, through the identification of morphological variations, morphometric and biomass of populations in annual, spatial and vertical scale. The research was based on Diel and bimonthly collection held with van Dorn bottle, at various points (littoral and limnetic region) of Carpina reservoir (Pernambuco state) and Acauã (State of Paraíba). Samples were collected at three depths in accordance with the penetration of light: 100% brightness, 50% and maximum depth, followed by the rainfall cycle of the regions, so are characterized with distinction variations of the two populations in an annual cycle. The biological variables (morphology, density, biovolume and biomass) were correlated with environmental variables (air temperature, precipitation, dissolved oxygen, water temperature, turbidity, pH and nutrients: nitrite, nitrate, total phosphorus and dissolved orthophosphate). The research resulted in the development of two articles. In the first (Manuscript I) evaluates the co-occurrence of the two species face the environmental characteristics, especially in relation to individual environmental performance, including morphological and biomass in response to environmental conditions. The second article (MS II) was made a correlation between environmental factors and biomass and the morphology of *P. agardhii* Acauã the reservoir (Paraíba), in order to determine the factors controlling the variations Diel species. This study is expected to contribute to the knowledge of cyanobacterial ecology occurring in the Northeast supply reservoirs and characterize the species mentioned as descriptors, able to identify the environmental quality of supply reservoirs in the semi-arid northeast.

Key words: cyanobacteria, morphology, ecology, semiarid.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A instabilidade temporal e espacial nas condições ambientais determina a composição e a estrutura do fitoplâncton em lagos, represas e reservatórios (REYNOLDS, 1984). Porém, a formação de aglomerados urbanos, o rápido crescimento da população e o aumento da produção agrícola e industrial resultam no despejo de poluentes nestes corpos d'água, tornando os ecossistemas continentais cada vez mais eutróficos, nestas condições, as cianobactérias podem se tornar a parcela dominante da flora planctônica (REYNOLDS, 1987; BONILLA et al., 2012).

Os florescimentos excessivos de cianobactérias decorrem do crescimento destes organismos em quantidades superiores a 10^3 células por ml, formando, muitas vezes, florações que podem levar a diminuição do oxigênio, e à produção de toxinas que ameaçam a saúde humana e podem causar efeitos prejudiciais à saúde ambiental dos reservatórios (CARMICHAEL e FALCONER, 1993; REYNOLDS, 1998; AZEVEDO et al., 2002; REYNOLDS, 2006; PAERL e HUISMAN, 2009).

Fatores como limitação de luz, baixa relação N:P, elevada temperatura da água e a estratégia de estocar fósforo, tem sido considerados como os responsáveis pelas variações na densidade, biomassa e na ampla diversidade de características morfológicas entre as espécies de cianobactérias (DOKULIL e TEUBNER, 2000; MARGHERI et al., 2003).

Reynolds (1987) acredita que as variações ambientais podem favorecer a dominância de uma espécie, pelo fato de levar vantagem sob determinada condição ambiental que estiver prevalecendo, por possuir características fisiológicas e morfológicas necessárias para maximizar seu crescimento. Sendo assim, a composição específica, a dominância e a distribuição vertical de espécies dependem não só do sinergismo das condições climáticas e das variáveis hidrológicas como também das exigências fisiológicas peculiares de cada espécie, além de outras características como taxa de crescimento e afundamento, tamanho da população e biomassa (KRUK et al., 2010). Um importante fator fisiológico que pode favorecer a dominância de cianobactéria em reservatórios é a presença de aerótopos, vesículas de gás que auxiliam na flutuação da espécie, os quais reduzem a sedimentação e aumentam as possibilidades de acesso à luz e aos nutrientes ao longo da coluna d'água (REYNOLDS, 1987; WALSBY et al., 1995).

Por outro lado, alguns autores reforçam o fato de que o aumento da temperatura, em torno de $0,2^{\circ}\text{C}$ por década e seus efeitos no regime de mistura das águas, pode concorrer para

o aumento da ocorrência, frequência e duração dos florescimentos de cianobactérias em várias regiões do planeta (FALKOWSKI e OLIVIER, 2007). As mudanças climáticas podem, ainda, causar modificação na composição das cianobactérias em favor de outras espécies invasivas, como decorrência das diferentes adaptações e características fenotípicas de cada espécie (WHITTON e POTTS, 2000; MEHNERT et al., 2010).

Neste sentido, Bonilla et al. (2012) e Soares et al. (2013) acreditam que o conhecimento dos fatores ambientais que promovam e facilitam a instalação de florações de cianobactérias é fundamental para orientar o manejo destes eventos e suas consequências.

As cianobactérias filamentosas *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju e *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis and Komárek têm sido mencionadas como espécies bem sucedidas em lagos eutróficos de todo o mundo, chegando a formar densas florações (PADISAK e REYNOLDS, 1998; NIXDORF; MISCHKE e RÜCKER, 2003; PAERL et al., 2011).

Estas espécies têm características fenotípicas semelhantes, como tolerância à mistura da coluna d'água, alta capacidade de estocar o fósforo, resistência ao afundamento e tolerância ao sombreamento (PADISAK e REYNOLDS, 1998; PADISAK, 2003), além de semelhanças morfológicas, o que sugere que ambas podem ser funcionalmente equivalentes e ocuparem nichos ecológicos similares (KRUK et al., 2010). Por outro lado, as duas espécies são diferentes em suas capacidades de incorporação do nitrogênio, uma vez que *C. raciborskii* tem a capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico através do heterócito, o que representa uma vantagem competitiva em locais com evidente depleção de nitrogênio, uma vez que *P. agardhii* não apresenta esta capacidade. Em compensação, *P. agardhii* possui aerótopos que facilitam a flutuabilidade e aumentam o acesso de luz e nutrientes (WALSBY, 1994; DAVIS et al., 2003), podendo sobreviver em locais mais sombreados (VAN LIERE e MUR, 1980), enquanto *C. raciborskii* necessita de maior intensidade de luz (BRIAND et al., 2004). Em vista disto, Kokocinski et al. (2010) e Mehnert et al. (2010) sugerem que podem ocorrer diferenças nas dimensões dos nichos das duas espécies.

No Brasil, os impactos diretos e indiretos nos reservatórios, decorrentes da constante interferência das atividades humanas, têm trazido, com consequência, prejuízos para a qualidade da água, para a biota aquática e para o funcionamento desses ecossistemas. Entre as consequências causadas pelo impacto antrópico, Vasconcelos et al. (2011) e Barbosa et al. (2012) relacionam a eutrofização resultante de descargas de água contaminada com alta concentração de Nitrogênio e Fósforo, como um dos fatores mais agravantes, que tem favorecido o crescimento acelerado de cianobactérias.

Várias cianobactérias potencialmente produtoras de florações já foram relatadas em reservatórios do Brasil, destacando-se espécies de *Microcystis*, *Cylindrospermopsis* e *Planktothrix* (HUSZAR et al., 2000; BOUVY et al., 2003; SANT'ANNA et al., 2008; CHELLAPPA et al., 2009a; BITTENCOURT-OLIVEIRA, 2011; PULINA et al., 2011).

Em reservatórios localizados no nordeste do Brasil, a ocorrência de florações mais intensas, em virtude de elevadas temperaturas da água durante todo o ano e concentrações de nutrientes, estimulam a multiplicação das cianobactérias levando ao processo de eutrofização (BOUVY et al., 2000; AZEVEDO, 2005; MOLICA et al., 2005; VASCONCELOS et al., 2011). Essas florações são caracterizadas, principalmente, pela presença de *C. raciborskii* e *P. agardhii* (BOUVY et al., 2000, 2001; MOLICA et al., 2005; BARBOSA e MENDES, 2005; MOURA et al., 2007, 2011; LIRA et al., 2010, ARAGÃO-TAVARES et al., 2013; BITTENCOURT-OLIVEIRA, 2014;), algas reconhecidas por produzirem substâncias tóxicas capazes de causar sérios distúrbios hepáticos, podendo levar à morte por hemorragia (FALCONER et al., 1999; LI et al., 2008).

Apesar da literatura confirmar a ocorrência de *C. raciborskii* e *P. agardhii* em reservatórios do nordeste, os estudos publicados apontam para o conhecimento da distribuição espacial e variação anual (CHELLAPPA et al., 2009; LIRA et al., 2011; DANTAS et al., 2011; BITTENCOURT et al., 2012; MOURA et al., 2012;), biologia molecular e produção de toxinas (BITTENCOURT-OLIVEIRA e PICCIN-SANTOS, 2012), sendo poucos os trabalhos que atestem como estas espécies respondem aos efeitos dos fatores ambientais, que podem ser refletidos em modificações na estrutura morfológica dos indivíduos (forma e dimensões). O conhecimento de tais modificações representa uma importante ferramenta na indicação dessas espécies como descritores biológicos e podem predizer sobre a ocorrência de distúrbios na qualidade ambiental dos reservatórios do Nordeste.

Neste contexto, o presente trabalho pretende testar as seguintes hipóteses:

- As espécies *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Planktothrix agardhii*, encontradas com frequência nos reservatórios do Nordeste do Brasil, respondem aos efeitos dos fatores ambientais (hidrológicos e meteorológicos) através de modificações na sua biomassa e características morfométricas;
- Em reservatório de abastecimento do Nordeste do Brasil, as variações na biomassa e morfometria de *Planktothrix agardhii* em curtos intervalos de tempo (nictemeral), são decorrentes da ação das precipitações pluviométricas e seus efeitos na elevação das concentrações de nutrientes e da intensidade luminosa.

2. REVISÃO – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Cianobactérias: Considerações Gerais

As cianobactérias representam um grupo antigo de procariontes fotossintetizantes que possuem habilidade de sintetizar a clorofila *a*, sendo os primeiros produtores primários a liberarem O₂ na atmosfera e os únicos capazes de fixar o nitrogênio atmosférico (CARMICHAEL, 1994). A reprodução é exclusivamente assexuada e ocorre por simples divisão celular, pela fragmentação do tricoma ou pela formação de hormogônios ou hormocistos (GRAHAM; WILCOX, 2000).

As cianobactérias ocorrem em uma ampla diversidade de habitats e podem ser encontradas em ambientes dulciaquícolas, marinhos, fontes termais, podendo tolerar temperaturas elevadas até oceanos gelados. Algumas são encontradas em ambientes terrestres ou nas mais áridas regiões desérticas (DOMITROVIC; FORASTIER, 2005). As cianobactérias suportam uma radiação intensa e grandes variações de temperatura, porém algumas delas podem sobreviver em maiores intensidades luminosas (REVIERS, 2006).

Esse grupo de microrganismos apresenta uma considerável diversidade morfológica, com estrutura vegetativa, que varia da forma unicelular mais simples, cocóide, até formas filamentosas capazes de desenvolver células especializadas responsáveis pela fixação de nitrogênio, conhecidas como heterócitos, que representam uma vantagem evolutiva em relação às outras espécies não heterocitadas (LEE, 2008).

Algumas cianobactérias podem formar acinetos, células de resistência que acumulam reservas proteicas e facilitam a sobrevivência das espécies em condições desfavoráveis. Outras formam aerótopos, vesículas de gás que dificultam a sedimentação e aumentam o acesso de luz e nutrientes, otimizando a obtenção destes recursos, utilizando-os eficientemente e evitando suas perdas (REYNOLDS, 1987; WALSBY, 1994; CALIJURI; ALVES; SANTOS, 2006).

A taxonomia das cianobacterias está baseada nas observações de características morfológicas, como hábito, forma e tamanho da célula, presença e posição das células diferenciadas (acinetos e aerótopos), planos de divisão celular, padrão de bainha mucilaginosa e habitat (ANAGNOSTIDIS; KOMÁREK, 1985, 1988, 1990; KOMÁREK; ANAGNOSTIDIS, 1998). Portanto, as análises de características morfológicas e morfométricas das células e filamentos são importantes na identificação e muitas vezes são consideradas indicadores das condições ambientais.

De acordo com o sistema de classificação proposto por Anagnostidis e Komárek (1985, 1988 e 1990) e Komárek e Anagnostidis (1998 e 2005) as cianobactérias estão agrupadas em quatro ordens Chroococcales, Oscillatoriales, Nostocales e Stigonematales, separadas pelo hábito, estrutura celular e forma de multiplicação.

Este grupo de agas geralmente formam florações maciças que dominam a comunidade fitoplanctônica em lagos e reservatórios eutrofizados (CARMICHAEL, 1992; CAO; BALA; CALDEIRA, 2011; SOARES et al., 2013), causando efeitos prejudiciais sobre a qualidade da água de ecossistemas lacustres, levando a depleção de oxigênio e a produção de toxinas que ameaçam a saúde humana e ambiental (AZEVEDO; SANTOS; AQUINO NETO, 2002). Muitas vezes, o desenvolvimento dessas elevadas densidades pode ser causado por condições naturais ou antrópicas ocasionadas por pulsos produzidos no próprio reservatório, alterando, na maioria das vezes, a disponibilidade de luz subaquática e dos nutrientes (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; ROCHA, 1999).

Soares et al. (2013), com base em uma revisão de literatura, avaliaram os períodos de dominância de cianobactérias em reservatórios eutrofizados em diversas regiões do Brasil e concluíram que os representantes de *Cylindrospermopsis*, *Dolichospermum* e *Microcystis* são os mais frequentes, com *Cylindrospermopsis* normalmente ocorrendo, durante o período de estiagem, em co-dominância com cianobactérias filamentosas, incluindo-se *Planktothrix*.

Nos reservatórios localizados no nordeste do Brasil os florescimentos de cianobactérias são constantes e se caracterizam, principalmente, pela presença de *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Planktothrix agardhii* (BOUVY et al., 2000; BOUVY; PAGANO; TROUSSELLIER, 2001; BARBOSA; MENDES, 2005; MOLICA et al., 2005; MOURA; DANTAS; BITTENCOURT-OLIVEIRA, 2007b; LIRA et al., 2010; MOURA et al., 2011; ARAGÃO-TAVARES et al., 2013; BITTENCOURT-OLIVEIRA, 2014), algas reconhecidas por produzirem substâncias tóxicas capazes de causar sérios distúrbios hepáticos, podendo levar à morte por hemorragia (FALCONER et al., 1999; LI et al., 2008). Entretanto, estes estudos enfatizam apenas a ocorrência das duas espécies em reservatórios eutrofizados do Brasil, poucos são os estudos que enfocam a co-dominância de *Cylindrospermopsis raciborskii/Planktothrix agardhii*, suas variações espaciais e temporais e os fatores que condicionam a essas variações.

Portanto, o entendimento desses processos e sua relação com as condições ambientais irão promover uma melhor compreensão da dominância dessas espécies de cianobactérias, aumentando a capacidade de prever e gerenciar eventos nocivos ao meio ambiente.

2.2. *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek

O gênero *Planktothrix* (Gomont) Anagnostidis & Komárek foi descrito e incluído no gênero *Oscillatoria* (Vaucher ex Gomont), em virtude de possuir tricomas solitários e não apresentar bainha, heterócito e acineto. Mais tarde, foi separado de *Oscillatoria*, com base em aspectos ultraestruturais diferenciados, estratégia de vida, aspecto fenotípico de suas espécies, e aceito como uma entidade taxonômica válida. De acordo com Komárek e Anagnostidis (2005), o gênero está representado por nove espécies: *P. agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, *P. compressa* (Utermohl) Anagnostidis & Komárek, *P. clathara* (Skuja) Komárek & Komárková, *P. cryptovaginata* (Skorbatov) Anagnostidis & Komárek, *P. isothrix* (Skuja) Komárek & Komárková, *P. planctonica* (Elenkin) Anagnostidis & Komárek, *P. prolifica* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, *P. rubescens* (De Candolle ex Gomont) Anagnostidis & Komárek e *P. suspensa* (Pringsheim) Anagnostidis & Komárek. O gênero apresenta uma ampla distribuição geográfica (SUDA et al., 2002; KOMÁREK; ANAGNOSTIDIS, 2005) e quase todas as espécies são planctônicas, com exceção de *P. cryptovaginata* que cresce entre as plantas aquáticas submersas. As demais espécies ocorrem no plâncton de lagos e reservatórios mesotróficos e eutróficos, destacando-se *P. agardhii* (KOMÁREK; ANAGNOSTIDIS, 2005; HOSSAIN et al., 2012).

P. agardhii é um espécie amplamente distribuída em regiões temperadas (KOMÁREK; ANAGNOSTIDIS, 2005), estando especialmente representada em países da Europa como, por exemplo, em lagos localizados na França (FEUILLADE; JANN-PARA; FEUILLADE, 1996), Alemanha (FASTNER et al., 1999, TEUBNER et al., 1999), Inglaterra (DAVIS et al., 2003), Espanha (ALMODÓVAR; NICOLA; NUEVO, 2004), Suécia (HALSTVEDT et al., 2007), Polônia (KOLKOCIŃSKI et al., 2010) e Itália (BOGIALLI et al., 2013). De acordo com Hašler e Poulícková (2003), a espécie ocorre abundantemente durante o verão quando as condições ambientais estão caracterizadas por elevadas temperaturas e intensidades luminosas. Além disso, esta espécie é reconhecida por sua capacidade de acelerar os índices de crescimento e, também, produzir densas florações com alto teor de toxicidade (SCHEFFER et al., 1997; TONK et al., 2005; AKCAALAN et al., 2006).

Pesquisas realizadas com populações perenes de *P. agardhii* mostram que a espécie pode tolerar baixas intensidades luminosas, sendo frequentemente dominante em comunidades planctônicas de lagos rasos hipereutróficos, podendo apresentar diferenças

anuais e diurnas na morfologia dos filamentos (ROMO, 1994; HAŠLER; POULÍCKOVÁ, 2003; POULÍCKOVÁ; HASLER; KITNER, 2004; KOKOCIŃSKI et al., 2010).

Segundo Post, Wit e Mur (1985), as variáveis irradiância e temperatura exercem efeito positivo sobre o crescimento de *P. agardhii*, sendo que maiores taxas de crescimento diário estão diretamente relacionadas a irradiância e temperatura. No entanto, Van Liere e Mur (1979; 1980) confirmaram que o crescimento de *Planktothrix* é inibido quando exposto a períodos prolongados de intensidade de luz acima de $180 \text{ m } \mu\text{E}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e que exposições longas acima de $320 \text{ m } \mu\text{E}^{-2} \text{ s}^{-1}$ são letais.

Hašler, Pouličková e Vařeková (2003), analisando *P. agardhii* em diferentes condições de luz e nutrientes, em laboratório, comprovaram que esta é uma espécie de sombra, porém com adaptação fisiológica a diversas amplitudes luminosas, o que a torna bastante competitiva e, portanto, com ampla possibilidade de formar florações.

Pouličková, Hasler e Kitner (2004), observaram que, no verão de regiões temperadas, a luz determina a posição dos tricomas do gênero *Planktothrix* na coluna d'água em virtude da escala de luz, ou seja, tricomas maiores e mais largos concentram-se, na maior parte das vezes, na porção mais profunda dos lagos, enquanto que, os tricomas menores e mais finos permanecem na superfície da coluna d'água. Além disso, o crescimento desta espécie pode também ser favorecido pela limitação de nutrientes (RÜCKER; WIEDNER; ZIPPEL, 1997) e altas concentrações de fósforo total (BONILLA et al., 2012).

P. agardhii tem sido amplamente distribuída em reservatórios do Brasil, com registros, inclusive, de florações (SANT'ANNA; AZEVEDO, 2000; COSTA, 2003, SANT'ANNA et al., 2008; CHELLAPPA; CÂMARA; ROCHA, 2009; GEMELGO; MUCCI; NAVAS-PEREIRA, 2009; WERNER et al., 2010; WERNER, 2010; NOGUEIRA et al., 2011; BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2012b).

Em reservatórios localizados na região nordeste do País, a ocorrência dessa espécie está relacionada a fatores como elevada temperatura e altas concentrações de nutrientes, especialmente fósforo (CHELLAPPA; CÂMARA; ROCHA, 2009; DANTAS; MOURA; BITTENCOURT-OLIVEIRA, 2011b; MOURA et al., 2011; MOURA; NASCIMENTO; DANTAS, 2012). A maioria dos estudos dessa região avalia aspectos ecológicos e fisiológicos de *P. agardhii* ou outras espécies de cianobactérias (BOUVY et al., 2003; BARBOSA; MENDES, 2005; MOURA et al., 2007; PANOSSO et al., 2007; CHELLAPPA; CÂMARA; ROCHA, 2009; COSTA et al., 2009; LIRA et al., 2011; BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2012a).

Moura et al. (2011) concluíram que em ambiente eutrofizado com temperaturas elevadas em toda a coluna d'água, *P. agardhii* é capaz de regular sua posição na coluna d'água, dominando a população fitoplanctônica, em meses do período de estiagem, nas camadas fótica e afótica, em virtude da presença de vesículas de gás.

2.3. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju

Cylindrospermopsis Seenayya et Subba Raju (Ordem Nostocales, Família Nostocaceae) é um gênero com tricomas solitários retos, ligeiramente curvados ou enrolados em espiral, com heterócito em posição terminal e acineto elipsóide ou cilíndrico na posição intercalar (KOMÁREK; HAUER, 2008). Atualmente, inclui dez espécies: *C. africana* Komárek et Kling, *C. cuspis* Komárek et Kling e *C. raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju, *C. catemaco* Komárková-Legnerová, *C. curvispora* Watanabe, *C. helicoidea* Cronberg et Komárek, *C. philippinensis* (Taylor) Komárek e *C. tavaerae* Komárek et Kling, *C. sinuosa* Couté et al. e *C. acuminato-crispa* Couté et Bouvy. Todas são planctônicas, dulciaquícolas, típicas de ambientes tropicais e subtropicais, mas que podem também ocorrer em regiões temperadas no verão (KOMÁREK; HAUER, 2008).

C. raciborskii é a espécie mais amplamente distribuída do gênero e a mais estudada do ponto de vista ecológico e de saúde pública. Inicialmente descrita como *Anabaena raciborskii* por Woloszynska (1912) e posteriormente como *Anabaenopsis raciborskii* por Miller (1923) (PADISÁK, 1997). Foi transferida para *Cylindrospermopsis* por Seenayya e Subba Raju (1972) devido a uma diferença no posicionamento do heterócito no tricoma: enquanto em *Anabaenopsis* o heterócito aparece como um par de células dividindo o tricoma em dois, em *Cylindrospermopsis* tem um posicionamento terminal no tricoma.

Os tricomas de *C. raciborskii* podem ser retos ou enrolados espiraladamente, com 50-250 µm de comprimento, com pouca ou nenhuma constrição na parede celular. As células vegetativas são cilíndricas, 5-10 µm de comprimento e 1,5-2,5 µm de diâmetro, com conteúdo celular homogêneo ou granuloso, usualmente com cor azul-esverdeada. O heterócito terminal pode ocorrer em uma ou ambas as extremidades do tricoma, sendo solitários, cônicos, pontiagudos ou arredondados na extremidade, 3,5-10 µm de comprimento e 1,5-2,5 µm de largura. Os acinetos são solitários ou em pares, usualmente contêm inclusões globulares (JEEJI-BAI; HEGEWALD; SOEDER, 1977; HORECKÁ; KOMÁREK, 1979; KOMÁRKOVÁ, 1998; TUCCI; SANT'ANNA, 2003). Diferenças no tamanho das células é

um aspecto bem conhecido em populações naturais de *C. raciborskii* (DVOŘÁK; HAŠLER, 2007).

A variedade morfológica é comum entre populações de *C. raciborskii*, ocorrendo dois tipos principais de morfotipos: um reto e outro espiralado. O morfotipo reto tende a ser maior e produzir mais toxina por célula, cresce com ou sem heterocistos e raramente têm acinetos (SAKER; THOMAS; NORTON, 1999; BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2011a). A plasticidade em morfotipos e tricomas tem sido atribuída às variações nas condições ambientais. Formas espiraladas parecem crescer mais rápido que as formas retas em elevadas temperaturas e menores intensidades de luz (SAKER; THOMAS; NORTON, 1999).

Apesar de ser considerada uma espécie originariamente de regiões tropicais, em virtude de sua preferência por águas com temperaturas elevadas, entre 25–30°C, *C. raciborskii* pode sobreviver e se desenvolver em regiões subtropicais e temperadas, devido a sua capacidade de tolerar uma ampla variedade de temperatura (SAKER; GRIFFITHS, 2001; MOUSTAKA-GOUNI; VARDAKA; TRYFON, 2007). Este fato pode ter facilitado a migração da espécie para as médias e altas latitudes, através do transporte dos acinetos pelas aves migratórias ou outros agentes (O'BRIEN; BURFORD; BROOKES, 2009; PADISÁK 1997). Para Briand et al. (2004), além da tolerância à temperatura, a migração da espécie é uma combinação do aumento da temperatura da água nos lagos do hemisfério norte. Em vista disto, a dinâmica da população de *C. raciborskii* em regiões subtropicais e temperadas segue um padrão anual definido, com picos de abundância durante os meses de verão, confirmando a preferência desta espécie por altas temperaturas (PADISÁK, 1997; SAKER; GRIFFITHS, 2001; KARADŽIĆ, 2013).

Para Antunes, Leão e Vasconcelos (2012), a característica invasiva de *C. raciborskii* pode, também, ser uma consequência de sua capacidade de produzir vários compostos alelopáticos, ou seja, substâncias capazes de inibir o crescimento de outras espécies, promovendo uma vantagem ecológica para esta cianobactéria.

De acordo com Padisák (1997) e Saker e Griffiths (2001), população anual de *C. raciborskii* em lagos temperados, não forma *blooms* na superfície dos lagos, com densidades máximas ocorrendo em profundidade menores que 10 metros abaixo da superfície. Por isto, os *blooms* da espécie em regiões temperadas são difíceis de serem detectados.

Dessa forma, a temperatura representa um dos principais fatores que afetam as populações de *C. raciborskii*. Enquanto nas regiões subtropicais e temperadas os florescimentos ocorrem, quando a temperatura da água atinge valores próximos a 25° C (BERGE et al., 2006), nas regiões tropicais as populações são perenes e encontradas durante

todo o ano. Nestas baixas latitudes, *C. raciborskii* pode dominar a comunidade fitoplanctônica e apresentar uma elevada biomassa, com valores em torno de 70 mg.L^{-1} , com dominância de filamentos espiralados (média de 70%) sobre os filamentos retos (BOUVY et al., 1999; BOUVY, 2000; BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2011; LIRA, 2011).

C. raciborskii tem uma alta tolerância ao sombreamento (BRIAND et al., 2002) e suas florações podem persistir sem desaparecer inesperadamente (PADISÁK, 1997). Estas florações podem sobreviver em $0,5 \mu\text{mol f\u00f3tons/m}^2\text{s}^2$ em lagos tropicais rasos e turvos (BOUVEY et al., 2000; BRIAND et al., 2004). Além disso, esta espécie tem uma alta afinidade e capacidade de estocar o f\u00f3sforo (ISTV\u00c1NOVICS et al., 2000). Esta condi\u00e7\u00e3o permite que a esp\u00e9cie cres\u00e7a em lagos com baixos n\u00edveis deste nutriente e lhe d\u00ea uma vantagem competitiva sobre as demais esp\u00e9cies de cianobact\u00e9rias (BRANCO et al., 1994; BRIAND et al., 2002). Al\u00e9m disso, *C. raciborskii* produz v\u00e1rias toxinas: Cylindrospermopsina \u00e9 a principal toxina da esp\u00e9cie, podendo causar, como analisado em bioensaios de rato, danos ao f\u00edgado e rim (FALCONER et al., 1999).

Em virtude de seu car\u00e1ter invasivo e capacidade de produzir toxinas altamente nocivas ao ambiente e, mesmo, \u00e0 sa\u00fade humana, *C. raciborskii* tem recebido aten\u00e7\u00e3o cient\u00edfica de pesquisadores do mundo inteiro (TUCCI; SANT'ANNA, 2003; BERGER et al., 2006).

No Brasil, os primeiros registros de *C. raciborskii* foram relatados para o sudeste (SANT'ANNA; XAVIER; SORMUS, 1988) e sul do Pa\u00eds (TORGAN; GARCIA, 1989), os quais trataram dos aspectos taxon\u00f4micos da esp\u00e9cie. Trabalhos que relacionaram os aspectos ecol\u00f3gicos da esp\u00e9cie foram inicialmente apresentadas por Branco e Senna (1994, 1996), Bouvy et al. (1999, 2000) e Huszar et al. (2000), que analisaram os efeitos dos impactos ambientais sobre o desenvolvimento da esp\u00e9cie.

Tucci e Sant'Anna (2003) realizaram estudo com o objetivo de reconhecer os padr\u00f5es temporais de *C. raciborskii*, buscando compreender os principais fatores que propiciam a ocorr\u00eancia e a domin\u00e2ncia da esp\u00e9cie em lago raso no estado de S\u00e3o Paulo. Para as autoras, os valores mais elevados de densidade ocorreram nos meses do ver\u00e3o (novembro e dezembro), quando foram registrados elevados valores na temperatura da \u00e1gua e na turbidez, baixos valores de transpar\u00eancia da \u00e1gua e presen\u00e7a de estratifica\u00e7\u00e3o t\u00e9rmica. Os meses de outono e inverno foram caracterizados pela aus\u00eancia da esp\u00e9cie, enquanto as condi\u00e7\u00f5es ambientais se caracterizaram por baixas temperaturas da \u00e1gua, maiores valores de transpar\u00eancia e desestratifica\u00e7\u00e3o t\u00e9rmica da coluna d' \u00e1gua. Estes resultados mostraram uma varia\u00e7\u00e3o sazonal bem marcada, confirmando o car\u00e1ter tropical da esp\u00e9cie.

No nordeste do Brasil, a ocorrência e a dominância de *C. raciborskii* tem sido citada desde 1999 (BOUVY et al., 1999). Outros resultados (BOUVY et al., 2000, BOUVY; PAGANO; TROUSSELLIER, 2001; PANOSSO et al., 2007; CHELLAPPA; CÂMARA; ROCHA, 2009; DANTAS; MOURA; BITTENCOURT-OLIVEIRA, 2011; LIRA et al., 2011; MOURA et al., 2011), apontam que nesta região *C. raciborskii* ocorre durante todo o ano, porém pode ser dominante em períodos de estratificação termal (período de estiagem), com valores significativamente mais elevados na subsuperfície dos reservatórios.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

- Conhecer os fatores ambientais (hidrológicos e climatológicos) que influenciam na dominância e nas variações morfológicas e morfométricas de populações de *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Planktothrix agardhii* em reservatórios localizados no Nordeste do Brasil.

3.2. Específicos

- Identificar as variações na biomassa, morfometria e morfologia das duas espécies, em escala anual e espaciais: longitudinal e vertical dos reservatórios (região litorânea e limnética);
- Correlacionar às variações morfométricas e biomassa das duas espécies com as variáveis ambientais analisadas;
- Verificar a influência dos fatores ambientais na biomassa e morfometria de *Planktothrix agardhii* em um ciclo nictemeral;
- Contribuir para avanços nos estudos sobre as cianobactérias na região nordeste, especificamente nos estados da Paraíba e Pernambuco.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKCAALAN, R.; YOUNG, F. M.; METCALF, J. S.; MORRISON, L. F.; ALBAY, M.; CODD, G. A. Microcystin analysis in single filaments of *Planktothrix* spp. in laboratory cultures and environmental blooms. *Water research*, v. 40, n. 8, p. 1583-1590. 2006.
- ALMODÓVAR, A.; NICOLA, G. G.; NUEVO, M. Effects of a bloom of *Planktothrix rubescens* on the fish community of a Spanish reservoir. *Limnetica*, v. 23, n. 1-2, p. 167-178. 2004.
- ANAGNOSTIDIS, K.; KOMÁREK, J. Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 1: Introduction. *Archiv für Hydrobiologie, Supplement*, n. 38/39, p. 291-302. 1985.
- ANAGNOSTIDIS, K.; KOMÁREK, J. Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 3: Oscillatoriales. *Archiv für Hydrobiologie, Supplement*, n. 50/53, p. 327-472. 1988.
- ANAGNOSTIDIS, K.; KOMÁREK, J. Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 5: Stigonematales. *Archiv für Hydrobiologie, Supplement*, n. 59, n. 1-73. 1990.
- ANTUNES, J. T.; LEÃO, P. N.; VASCONCELOS, V. M. Influence of biotic and abiotic factors on the allelopathic activity of the cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* strain LEGE 99043. *Microbial Ecology*, v. 64, n. 3, p. 584-92. 2012.
- ARAGÃO-TAVARES, N.K.C.; MOURA, A N; BITTENCOURT-OLIVEIRA, MARIA DO CARMO. Cianobactérias planctônicas formadoras de florações em reservatórios do nordeste do Brasil. *Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife-PE, v.8, n.4, p.662-668. 2013.
- AZEVEDO, D. A.; SANTOS, C. Y. M.; AQUINO NETO, F. R. Identification and seasonal variation of atmospheric organic pollutants in Campos dos Goytacazes, Brazil. *Atmospheric Environment*, v. 36, n. 14, p. 2383-2395. 2002.
- AZEVEDO, S. M. F. O. South and Central America: toxic cyanobacteria. In: Codd, G. A.; Azevedo, S. M. F. O.; Bagchi, S. N.; Burch, M. D.; Carmichael, W. W.; Harding, W. R.; Kaya, K.; Utkilen, H. C. (Eds.). *Cyanonet: a global network for cyanobacterial bloom and toxin risk management*. Paris: IHP-Unesco. p. 115-126. 2005.

- AZEVEDO, S. M. F. O.; CARMICHAEL, W. W.; JOCHIMSEN, E. M.; RINEHART, K. L.; LAU, S.; SHAW, G. R.; EAGLESHAM, G. K. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru-Brazil. *Toxicology*, v. 181-182, p. 441-446. 2002.
- BARBOSA, J. E.; MENDES, J. Estrutura da comunidade fitoplanctônica e aspectos físicos e químicos da água do reservatório Acauã, semi-árido paraibano. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FICOLOGIA, 10, 2005, Salvador. *Resumos...* Rio de Janeiro, Anais da Reunião Brasileira de Ficologia, Museu Nacional, p. 339-390.2005.
- BARBOSA, J. E.;MEDEIROS, E.S.F.; BRASIL, J.; ORDEIRO, R.S.; CRISPIM, M. C.; SILVA, G.H. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 24, no. 1, p. 103-118. 2012.
- BERGER, C.; BA, N.; GUGGER, M.; BOUVY, M.; RUSCONI, F.; COUTÉ, A.; TROUSSELLIER, M.; BERNARD, C..Seasonal dynamics and toxicity of *Cylindrospermopsis raciborskii* in Lake Guiers (Senegal, West Africa).*FEMS Microbiology Ecology*, v. 57, n. 3, p. 355-366. 2006.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; BUCH, B.; HEREMAN, T. C.; ARRUDANETO, J. D. T.; MOURA, A. N.; ZOCCHI, S. S. Effects of light intensity and temperature on *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) with straight and coiled trichomes: growth rate and morphology. *Brazilian Journal of Biology*, v. 72, n. 2, p. 343-351. 2012a.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; DIAS, S. N.; MOURA, A. N.; CORDEIRO-ARAÚJO, M. K.; DANTAS, E. W. Seasonal dynamics of cyanobacteria in a eutrophic reservoir (Arcoverde) in a semi-arid region of Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v.72, n.3, p.533-544. 2012b.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOLICA, R. Cianobactérias Invasoras. *Revista Biotecnologia Ciências e Desenvolvimento*, v. 30, p. 82-90.2003.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA, A. N.; HEREMAN, T. C.; DANTAS, E. W. Increase in straight and coiled *Cylindrospermopsis raciborskii*(Cyanobacteria) populations under conditions of thermal de-stratification in a shallow tropical reservoir.*Journal of Water Resource and Protection*, v. 3, n. 4, p. 245-252. 2011.

- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; PICCIN-SANTOS, V.; GOUVÊA-BARROS, S. Microcystin-producing genotypes from cyanobacteria in Brazilian reservoirs. *Environmental Toxicology*, v. 27, n. 8, p. 461-71. 2012.
- BOGIALLI, S.; GREGORIO, F. N.; LUCENTINI, L.; FERRETTI, E.; OTTAVIANI, M.; UNGARON,.; ABIS, P. P.; GRAZIA, M. C. Management of a Toxic Cyanobacterium Bloom (*Planktothrix rubescens*) Affecting an Italian Drinking Water Basin: A Case Study. *Environ. Sci. Technol.*, 47, 574–583. 2013.
- BONILLA, S.; AUBRIOT, L.; SOARES, M. C. S.; GONZÁLEZ-PIANA, M.; FABRE, A.; HUSZAR, V. L. M.; LÜRLING, M.; ANTONIADES, D.; PADISÁK, J.; KRUK, C. What drives the distribution of the bloom-forming cyanobacteria *Planktothrix agardhii* and *Cylindrospermopsis raciborskii*? *FEMS Microbiology Ecology*, v. 79, n. 3, p. 594-607. 2012.
- BOUVY, M.; FALCÃO, D.; MARINHO, M.; PAGANO, M.; MOURA, A. Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. *Aquatic Microbial Ecology*, v. 23, n. 1, p. 13-27. 2000.
- BOUVY, M.; MOLICA, R. R.; DE OLIVEIRA, S.; MARINHO, M.; BECKER, B. Dynamics of a toxic cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) in a shallow reservoir in the semi-arid region of northeast Brazil. *Aquatic Microbial Ecology*, v. 20, n. 3, p. 285-297. 1999.
- BOUVY, M.; NASCIMENTO, S. M.; MOLICA, R. J. R.; FERREIRA, A.; HUSZAR, V.; AZEVEDO, S. M. F. O. Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia*, v. 493, n. 1-3, p. 115-130. 2003.
- BOUVY, M.; PAGANO, M.; TROUSSELLIER, M. Effects of a cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) on bacteria and zooplankton communities in Ingazeira reservoir (Northeast Brazil). *Aquatic Microbial Ecology*, v. 25, n. 3, p. 215-227. 2001.
- BRANCO, C. W. C.; SENNA, P. A. C. Factors influencing the development of *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Microcystis aeruginosa* in Paranoá Reservoir, Brasília, Brazil. *Algological Studies*, n. 75, p. 85-96. 1994.
- BRANCO, C. W. C.; SENNA, P. A. C. Phytoplankton composition, community structure and seasonal changes in a tropical reservoir (Paranoá Reservoir, Brazil). *Algological Studies*, n. 81, p. 69-84. 1996.
- BRIAND, J. F.; ROBILLOT, C.; QUIBLIER-LIOBÉRAS, C.; HUMBERT, J. F.; COUTÉ A.; BERNARDE, C. Environmental context of *Cylindrospermopsis*

- raciborskii* (Cyanobacteria) blooms in shallow pond in France. *Water Research*, v. 36, n. 13, p. 3183-3192. 2002.
- BRIAND, J-F.; LÉBOULANGER, C.; HUMBERT, J-F.; BERNARD, C.; DUFOUR, P. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) invasion at mid-latitudes: selection, wide physiological tolerance, or global warming? *Journal of Phycology*, v. 40, n. 2, p. 231-238. 2004.
- CALIJURI, M. C.; ALVES, M. S. A.; SANTOS, A. A. *Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais*. São Carlos: Rima, 109 p. 2006.
- CAO, L.; BALA, G.; CALDEIRA, K. Why is there a short-term increase in global precipitation in response to diminished CO₂ forcing? *Geophysical Research Letters*, v. 38, n. 6, p. 1-6. 2011.
- CARMICHAEL, W. W. A review: cyanobacteria secondary metabolites - the cyanotoxins. *Journal of Applied Bacteriology*, v. 72, n. 6, p. 445-459. 1992.
- CARMICHAEL, W. W. The toxins of cyanobacteria. *Scientific American*, v. 270, n. 1, p. 78-86. 1994.
- CARMICHAEL, W. W.; FALCONER, I. R. Disease related to freshwater blue-green algal toxins, and control measures. In: FALCONER, I. R. *Algal toxins in seafood and drinking water*. San Diego: CA: Academic Press, p. 187-209. 1993.
- CHELLAPPA, N. T.; CÂMARA, F. R. A.; ROCHA, O. Phytoplankton community: indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves Reservoir and Pataxó Channel, Rio Grande do Norte, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, n. 2, p. 241-251. 2009 a.
- CHELLAPPA, N. T.; CHELLAPPA, T.; CÂMARA, F. R. A.; ROCHA, O.; CHELLAPPA, S. Impact of stress and disturbance factors on the phytoplankton communities in northeastern Brazil reservoir. *Limnologica*, v. 39, n. 4, p. 273-282. 2009 b.
- COSTA, I. A. S. Dinâmica de populações de cianobactérias em um reservatório eutrofizado do semi-árido nordestino brasileiro. 2003. 232p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP. 2003.
- COSTA, I. A. S.; CUNHA, S. R. S.; PANOSSO, R.; ARAÚJO, M. F. F.; MELO, J. L. S.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. *Oecologia Brasiliensis*, v.13, n.2, p. 382-401. 2009.

- DANTAS EW, BITTENCOURT-OLIVEIRA MC AND MOURA AN. Spatial-temporal variation in coiled and straight morphotypes of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolsz) Seenayya et Subba Raju (Cyanobacteria). *Acta Bot Bras* 24: 585-591.2010.
- DANTAS, E. W.; MOURA, A. N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. Cyanobacterial blooms in stratified and destratified eutrophic reservoirs in semi-arid region of Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 83, n. 4, p. 1327-1338. 2011.
- DAVIS, P. H. A.; BEARD, S. J.; WALSBY, A. E. Variation in filament width and gas vesicles of red and green isolates of *Planktothrix* spp. *Algological Studies Supplement*, v. 108, p. 15-29. 2003.
- DOKULIL, M.; TEUBNER, K. Dominância de cianobactérias em lagos. *Hydrobiologia*, v. 438, n. 1, p 1-12. 2000. doi: 10,1023 / a: 1004155810302
- DOKULIL, M.;TEUBNER, K.Deep living *Planktothrix rubescens* modulated by environmental constraints and climate forcing.*Hydrobiologia*, v. 698, n. 1, p. 29-46.2012.
- DOMITROVIC, Y. Z.; FORASTIER, M. E. Biodiversidad de Cyanophyceae (Cyanobacteria) y especies toxigénicas del litoral fluvial argentino. Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO). *Miscelánea*, v. 14, p. 213-228. 2005.
- DVOŘÁK, P.; HAŠLER, P. Occurrence and morphological variability of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz.)Seenayya et Subba Raju (Cyanophyta, Nostocales) near Olomouc in 2006. *Fottea*, v. 7, n. 1, p. 39-42.2007.
- FALCONER, I. R.; HARDY, S. J.; HUMPAGE, A. R.; FROSCIO, S. M.; TOZER, G. J.; HAWKINS, P. R. Hepatic and renal toxicity of the blue-green algae (cyanobacterium) *Cylindrospermopsis raciborskii* in male Swiss albino mice. *Environmental Toxicology*, v. 14, n. 1, p. 143-150. 1999.
- FALCONER, I. R.An overview of problems caused by toxic Blue-Green Algae (Cyanobacteria) in drinking and recreational water.*Environmental Toxicology and Water Quality*, v. 14, n. 1, p. 5-12. 1999.
- FALCONER, I.; BARTRAM, J.; CHORUS, I.; KUIPER-GOODMAN, T.; UTKILEN, H.; BURCH M.; CODD G. A. Safe levels and safe practices In: CHORUS, I.; J. BARTRAM (Eds). *Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management*. London e New York: E & FN Spon, 416 pp.

- FALKOWSKI, P. G.; OLIVER, M. J. Mix and match: how climate selects phytoplankton. *Nature Reviews Microbiology*, v. 5, p. 813-819. 2007.
- FASTNER, J., ERHARD, M.; CARMICHAEL, W. W.; SUN, F.; RINEHART, K. L.; RÖNICKE, H.; CHORUS, I. Characterization and diversity of microcystins in natural blooms and strains of the genera *Microcystis* and *Planktothrix* from German freshwaters. *Archiv für Hydrobiologie*, v. 145, 147-163. 1999.
- FEUILLADE, M.; JANN-PARA, G.; FEUILLADE, J. Toxic compounds to *Artemia* from blooms and isolates of the cyanobacterium *Planktothrix rubescens*. *Archiv für Hydrobiologie*, v. 138, n. 2, p. 175-186. 1996.
- GEMELGO, M. C. P.; MUCCI, J. L. N.; NAVAS-PEREIRA, D. Population dynamics: seasonal variation of phytoplankton functional groups in Brazilian reservoirs (Billings and Guarapiranga, São Paulo). *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, n. 4, p. 1001-1013. 2009.
- GRAHAM, L. E., WILCOX, L. W. *Algae*. New Jersey: Prentice-Hall, 640 p. 2000.
- HALSTVEDT, C. B.; ROHRLACK, T.; ANDERSEN, T.; SKULBERG, O.; EDVARDSEN, B. Seasonal dynamics and depth distribution of *Planktothrix* spp. in Lake Steinsfjorden (Norway) related to environmental factors. *Journal of Plankton Research*, v. 29, n. 5, p. 471-482. 2007.
- HAŠLER, P.; POULÍČKOVÁ, A. Diurnal changes in vertical distribution and morphology of a natural population of *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagnostidis et Komárek (Cyanobacteria). *Hydrobiologia*, v. 506-509, n. 1-3, p. 195-201. 2003.
- HAŠLER, P.; POULÍČKOVÁ, A.; VAŘEKOVA, Š. Comparative studies on two strains of the genus *Planktothrix* (Cyanophyta, Cyanoprokaryota). *Archiv für Hydrobiologie Supplement*, v. 108, p. 15-29. 2003.
- HORECKÁ, M.; KOMÁREK, J. Taxonomic position of three planktonic blue-green algae from the genera *Aphanizomenon* and *Cylindrospermopsis*. *Preslia*, v. 51, p. 289-312. 1979.
- HOSSAIN, Y.; JEWEL, A. S.; FULANDA, B.; AHAMED, F.; RAHMAN, S.; JASMINE, S.; OHTOMI, J. *Dynamics of cyanobacteria planktothrix species (Oscillatoriales: Phormidiaceae) in Earthen fish ponds, Northwestern Bangladesh*. *Sains Malaysiana*, v. 41, n. 3, p. 277-284. 2012.
- HUSZAR, V. L. M.; SILVA, L. H. S.; MARINHO, M. M.; DOMINGOS, P.; SANT'ANNA, C. L. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. In: Reynolds, C. S.; Dokulil, M.; Padisák, J. (Eds.). *The Trophic*

- Spectrum Revisited: The influence of trophic state on the assembly of phytoplankton communities.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishersp. 67-77.2000.
- ISTVÁNOVICS, V.; SHAFIK, H. M.; PRÉSING, M.; JUHOS, S. Growth and phosphate uptake kinetics of the cyanobacterium, *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanophyceae) in throughflow cultures.*Freshwater Biology*, v.43, n. 2, p. 257-275. 2000.
- JEEJI-BAI, N.; HEGEWALD, E.; SOEDER, C. J. Revision and taxonomic analysis of genus *Anabaenopsis*.*Algological Studies*, n. 18, p. 25-32. 1977.
- KARADŽIĆ, V. Changes in the phytoplankton community and dominance of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz.)Subba Raju in a temperate lowland river (Ponjavica, Serbia).*Hydrobiologia*, v. 711, n. 1, p. 43. 2013.
- KARADŽIĆ, V.;SIMIĆ, G. S.;NATIĆ, D.;RŽANIČANIN, A.;ĆIRIĆ, M.; GAČIĆ, Z. Changes in the phytoplankton community and dominance of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz.)Subba Raju in a temperate lowland river (Ponjavica, Serbia).*Hydrobiologia*, v. 711, n. 1, p. 43-60. 2013.
- KOKOCIŃSKI, M.; STEFANIAK, K.; MANKIEWICZ-BOCZEK, J.; IZYDORCZYK, K.; SOININEN, J.The ecology of the invasive cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*(Nostocales, Cyanophyta) in two hypereutrophic lakes dominated by *Planktothrix agardhii*(Oscillatoriales, Cyanophyta).*European Journal of Phycology*, v. 45, n. 4, p. 365-374. 2010.
- KOMÁREK J.; ANAGŃOSTIDIS K. Cyanoprokaryota 1.*Teil: Chroococcales*. In: Ettl, H.; GÄRTNER, G.; HEYNIG, H.; MOLLENHAUER D. (Eds): Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1, Gustav Fischer, Jena-Stuttgart-Lübeck-Ulm, 548 pp.1998.
- KOMÁREK, J.; ANAGŃOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota 2.*Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales*. In: BÜDEL, B.; KRIENITZ, L.; GÄRTNER. G.; SCHAGERL M. (Eds).Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2, Elsevier/Spektrum, Heidelberg, 759 pp.2005.
- KOMÁREK, J.; HAUER, T. CyanoDB.cz - On-line database of cyanobacterial genera (state in January 2008).Disponível em:<<http://www.cyanodb.cz>>. Acesso em: 07 de junho de 2014.
- KOMÁRKOVÁ, J. 1998. The tropical planktonic genus *Cylindrospermopsis*(Cyanophytes, Cyanobacteria).In: ANAIS DO IV

- CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE FICOLOGIA, 1, 1998, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Sociedade Ficológica da America Latina e Caribe, p. 327-340.1998.
- KRUK, C.; HUSZAR, V. L. M.; PEETERS, F.; BONILLA, S.; COSTA, L.; LÜRNING, M.; REYNOLDS, C. S.; SCHEFFER, M. A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwater Biology*, v. 55, n. 3, p. 614-627. 2010.
- LEE, R. E. *Phycology*. 4^a ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 547p.
- LI, R.; WILHELM, S. W.; CARMICHAEL, W. W.; WATANABE, M. M. Polyphasic characterization of water bloom forming *Raphidiopsis* species (cyanobacteria) from central China. *Harmful Algae*, v. 7, n. 2, p. 146-153. 2008.
- LIRA, G. A. S. T.; ARAÚJO, E. L.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA, A. N. Phytoplankton abundance, dominance and coexistence in an eutrophic reservoir in the state of Pernambuco, northeast Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 83, n. 4. 2011.
- MACK, R. N.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W. M.; EVANS, H.; CLOUT, M.; BAZZAZ, F. A. Biotic invasions: causes, epi- demiology, global consequences and control. *Ecological Applications*, v. 10, n. 5, p. 689-710. 2000.
- MANTI, G.; MATTEI, D.; MESSINEO, V.; MELCHIORRE, S.; BOGIALLI, S.; SECHI, N.; CASIDDU, P.; LUGLIO, L.; DI BRIZIO, M.; BRUNO, M. First report of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Nostocales, Cyanophyta) in Italy. *Harmful AlgaeNews*, v. 28, p. 8-9. 2005.
- MARGALEF, R. *Limnología*. Barcelona: Omega, 1010p.1983.
- MARGHERI, M. C.; PICCARD, R.; VENTURA, S.; VITI, C.; GIOVANNETTI, L. Genotypic diversity of Oscillatoriacean strains belonging to the genera *Geitlerinema* and *Spirulina* determined by 16S rDNA restriction analysis. *Current Microbiology*, v.46, n. 5, p. 359-64. 2003.
- MEHNERT, G.; LEUNERT, F.; CIRES, S.; JOHNK, K. D.; RUCKER, J.; NIXDORF, B.; WIEDNER, C. Competitiveness of invasive and native cyanobacteria from temperate freshwaters under various light and temperature conditions. *Journal of Plankton Research*, v. 32, n. 7, p. 1009-1021. 2010.
- MILLER, V.V. K. Sistematike roda *Anabaena* Bory. *Arch.Russk. Protistol.* v. 2:, p. 116-126. 1923.

- MOLICA, R. J. R.; OLIVEIRA, E. J. A.; CARVALHO, P. V. V. C.; COSTA, A. N. S. F.; CUNHA, M. C. C.; MELO, G. L.; AZEVEDO, S. M. F. O. Occurrence of saxitoxins and an anatoxin-a(s)-like anticholinesterase in a Brazilian drinking water supply. *Harmful Algae*, v. 4, n. 4, p. 743-753. 2005.
- MOURA, A. N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; DANTAS, E. W.; ARRUDA NETO, J. D. T. Phytoplanktonic associations: a tool to understanding dominance events in a tropical Brazilian reservoir. *Acta Botanica Brasílica*, v. 21, n. 3, p. 641-648. 2007.
- MOURA, A. N.; DANTAS, E. W.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. Structure of the phytoplankton in a water supply system in the state of Pernambuco-Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 50, n. 4, p. 645-654. 2007.
- MOURA, A. N.; DANTAS, E. W.; OLIVEIRA, H. S. B.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. Vertical and temporal dynamics of cyanobacteria in the Carpina potable water reservoir in Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 71, n. 2, p. 451-459. 2011.
- MOURA, A. N.; NASCIMENTO, E. C.; DANTAS, E. W. Temporal and spatial dynamics of phytoplankton near farm fish in eutrophic reservoir in Pernambuco, Brazil. *Revista de Biología Tropical*, v. 60, n. 2, p. 581-597. 2012.
- MOUSTAKA-GOUNI, M.; VARDAKA, E.; TRYFON, E. Phytoplankton species succession in a shallow Mediterranean lake (L. Kastoria, Greece): steady-state dominance of *Limnothrix redekei*, *Microcystis aeruginosa* and *Cylindrospermopsis raciborskii*. *Hydrobiologia*, v. 575, n. 1, p. 129. 2007.
- NIXDORF, B.; MISCHKE, U.; RÜCKER, J. Phytoplankton assemblages and steady state in deep and shallow eutrophic lakes – an approach to differentiate the habitat properties of Oscillatoriales. *Hydrobiologia*, v. 502, n. 502, p. 111–121. 2003.
- NOGUEIRA, I. S.; GAMA JR., W. A.; D'ALESSANDRO, E. B. Cianobactérias planctônicas de um lago artificial urbano na cidade de Goiânia, GO. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 34, n. 4, p. 575-592. 2011.
- O'BRIEN, K. R.; BURFORD, M. A.; BROOKES, J. D. Effects of light history on primary productivity in a *Cylindrospermopsis raciborskii*-dominated reservoir, *Freshwater Biology*, v. 54, n. 2, p. 272-282. 2009.
- PADISÁK, J. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju, an expanding, highly adaptive cyanobacterium: worldwide distribution and

- review of its ecology. *Archiv für Hydrobiologie/Supplementband. Monographic studies*, v. 107: p. 563-93. 1997.
- PADISÁK, J. Phytoplankton. In: O'SULLIVAN P. E.; REYNOLDS, C. S. (Eds). *The Lakes Handbook 1.Limnology and Limnetic Ecology*. Oxford: Blackwell Science Ltd., p. 251-308.2003
- PADISÁK, J.; HAJNAL, E.; NASELLI-FLORES, L.; DOKULIL, M. T.; NOGES, P.; ZOHARY, T. Convergence and divergence in organization of phytoplankton communities under various regimes of physical and biological control. *Hydrobiologia*, v. 639, n. 1, p. 205-220. 2010.
- PADISÁK, J.; REYNOLDS, C. S. Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to the cyanoprokaryotes. *Hydrobiologia*, v. 384, n. 1-3, p. 41-53. 1998.
- PAERL, H. W.; HUISMAN, J. Blooms like it hot. *Science*, v. 320, n. 5872, p. 57-58, 2008.
- PAERL, H. W.; HUISMAN, J. Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environmental Microbiology Reports*, v. 1, n. 1, p. 27-37. 2009.
- PANNARD, A.; BORMANS, M.; LAGADEUC, Y. Phytoplankton species turnover controlled by physical forcing at different time scales. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 65, n. 1, p. 47-60.2008.
- PANOSSO, R. F.; COSTA, I. A. S.; SOUZA, N. R.; ATTAYDE, J. L.; CUNHA, S. R. S.; GOMES, F. C. F. Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Oecologia Brasiliensis*, v. 11, n. 3, p. 433-449. 2007.
- PEARL, H. W.; HALL, N. S.; CALANDRINO, E. S. Controlling harmful cyanobacterial blooms in a world experiencing anthropogenic and climatic-induced change. *Science of the Total Environment*, v. 409, n. 10, p. 1739-1745. 2011.
- POST, A. F.; DE WIT, R.; MUR, L. R. Interactions between temperature and light intensity on growth and photosynthesis of the cyanobacterium *Oscillatoria agardhii*. *Journal of Plankton Research*, v. 7, n. 4, p. 487-495. 1985.
- POULÍCKOVÁ, A.; HASLER, P.; KITNER, M. Annual cycle of *Planktothrix agardhii* (Gom.)Anagn.& Kom.Nature population. *International Review of Hydrobiology*, v. 89, n. 3, p. 278-288. 2004.

- PULINA, S.; PADEDDA, B. M.; SECHI, N.; LUGLIE, A. The dominance of cyanobacteria in Mediterranean hypereutrophic lagoons: a case study of Cabras Lagoon (Sardina, Italy). *Scientia Marina*, v. 75, n. 1, p. 111-120. 2011.
- REVIERS, B. *Biologia e filogenia das algas*. 1ª ed. Porto Alegre: Artmed, 280p.2006.
- REYNOLDS, C. S. 2006. *Ecology of phytoplankton (Ecology, Biodiversity and Conservation)*. Cambridge: Cambridge University Press, 535p.2006.
- REYNOLDS, C. S. Cyanobacterial water blooms. In: CALLOW, J. A. (Ed.). *Advances in Botanical Research*. v. 13. London: Academic Press, p. 67-143.1987.
- REYNOLDS, C. S. Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. *Freshwater Biol.*, v. 14, n. 2, p.111-142.1984.
- REYNOLDS, C. S. What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status? *Hydrobiologia*, v. 369/370, p.11-26. 1998.
- ROMO, S. Seasonal variation in size of the cyanophytes *Planktothrix agardhii*, *Pseudanabaena galeata* and *Geitlerinema* sp. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, v. 25, p. 2221–2225. 1994.
- RÜCKER J.; WIEDNER C.; ZIPPEL P. Factors controlling the dominance of *Planktothrix agardhii* and *Limnothrix redekei* in eutrophic shallow lakes. *Hydrobiologia*, v. 342/343, p. 107-115. 1997.
- SAKER, M. L.; GRIFFITHS, D. J. Occurrence of blooms of the cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*(Woloszynska) Seenayya and Subba Raju in a north Queensland domestic water supply. *Marine and Freshwater Research*, v. 52, n. 6, p. 907-915. 2001.
- SAKER, M. L.; NEILAN, B. A. Varied diazotrophies, morphologies, and toxicities of genetically similar isolates of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Nostocales, Cyanophyceae) from Northern Australia. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 67, n. 4, p. 1839-1845. 2001.
- SAKER, M. L.; NOGUEIRA, I. C. G.; VASCONCELOS, V. M.; NEILAN, B. A.; EAGLESHAM, G. K.; PEREIRA, P. First report and toxicological assessment of the cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* from Portuguese freshwaters. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 55, n. 2, p. 243-250. 2003.
- SAKER, M. L.; THOMAS, A. D.; NORTON, J. H. Cattle mortality attributed to the toxic cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* in an outback region of north Queensland. *Environmental Toxicology*, v. 14, n. 1, p. 179-182. 1999.

- SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P. Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil. *Nova Hedwigia*, v. 71, n. 3-4, p. 359-385. 2000.
- SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; WERNER, V. R.; DOGO, C. R.; RIOS, F. R.; CARVAHO, R. L. Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. *Algological Studies*, v. 126, p. 251-265. 2008.
- SANT'ANNA, C. L.; XAVIER, M. B.; SORMUS, L. Estudo qualitativo do fitoplâncton da represa de Serraria, Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, v.48, p. 83-102. 1988.
- SCHEFFER, M.; RINALDI, S.; GRAGNAMI, A.; MUR, L. R.; VAN NES, E. H. On the dominance of filamentous Cyanobacteria in shallow, turbid lakes. *Ecology*, v. 78, n. 1, p. 272-282. 1997.
- SEENAYYA, G.; SUBBA RAJU. N. On the ecology and systematic position of the alga known as *Anabaenopsis raciborskii* (Wolosz.) Elenk. and a critical evaluation of the forms described under the genus *Anabaenopsis*. In: FIRST INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TAXONOMY AND BIOLOGY OF BLUE-GREEN ALGAE, Madras University, Madras, India. *Anais...*, Madras: Desikachary T. V. (Ed.), p. 52-57. 1972.
- SOARES, M. C. S.; LÜRLING, M.; HUSZAR, V. L. M. Growth and temperature-related phenotypic plasticity in the cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*. *Phycological Research*, v. 61, n. 1, p. 61-67. 2013.
- SUDA, S.; WATANABE, M. M.; OTSUKA, S.; MAHAKAHANT, A.; YONGMANITICHAI, W.; NOPARTNARAPORN, N.; LIU, Y.; DAY, J. G. Taxonomic revision of water-bloom-forming species of oscillatoroid cyanobacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, v. 52, p. 1577-1595. 2002.
- TEFANIAK, K.; KOKOCIŃSKI, M. Occurrence of invasive Cyanobacteria species in polymictic lakes of the Wielkopolska region (Western Poland). *Oceanological and Hydrobiological Studies*, v. 34, n. 3, p. 137-148. 2005.
- TEUBNER, K., FEYERABEND, R.; HENNING, M.; NICKLISCH, A.; WOITKE P.; J.-G.KOHL. Alternative blooming of *Aphanizomenon flos-aquae* or *Planktothrix agardhii* induced by the timing of the critical nitrogen: phosphorus ratio in hypertrophic riverine lakes. *Archiv für Hydrobiologie/Special Issues Advances in Limnology*, v. 54, p. 325-344. 1999.

- TONK, L.; VISSER, P. M.; CHRISTIANSEN, G.; DITTMANN, E.; SNELDER, E. O. F. M.; WIEDNER, C.; MUR, L. R.; HUISMAN, J. The microcystin composition of the cyanobacterium *Planktothrix agardhii* changes toward a more toxic variant with increasing light intensity. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 71, n. 9, p. 5177-5181. 2005.
- TORGAN, L. C.; GARCIA, M. Novas ocorrências (Cyanophyta e Chlorophyta) para a fitoflora planctônica do Rio Grande do Sul. *Hoehnea*, v. 16, p. 57-64. 1989.
- TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. L. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wloszynska) Seenayya and Subba Raju (Cyanobacteria): variação semanal e relações com fatores ambientais em um reservatório eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 26, p. 97-112. 2003.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. Theoretical basis for reservoir management, In: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. (Eds.). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. São Carlos: International Institute of Ecology/Backhuys Publishers, p. 505-528. 1999.
- TUNDISI, J. G.; SEBASTIEN, N. Y.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. E. M.; MANZINI, N. F. The responses of reservoir of Southern Brazil to the passage of cold fronts as reflected by physical, chemical and biological variables. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, v. 29, p. 2124-2128. 2006.
- TUNDISI, J.G. & T.M. TUNDISI. *Limnologia*. Oficina de Textos. ISBN978-85-86238-66-6, 631pgs. 2008.
- VAN LIERE, L.; MUR, L. R. *Some experiments on the competition between a greben alga and a cyanobacterium*. In: Van Liere, L. Thesis, University of Amsterdam. 1979.
- VAN LIERE, L.; MUR, L.R. Occurrence of *Oscillatoria agardhii* and some related species, a survey. *Developments in Hydrobiology*, v. 2, p. 67-77. 1980.
- VASCONCELOS, J.F.; BARBOSA, J.E.L.; DINIZ, C.R.; CEBALLOS, B.S.O. *Cianobactérias em reservatórios do Estado da Paraíba: ocorrência, toxicidade e fatores reguladores*. *Boletim Ablimno*, 39 (2). 2011.
- VITOUSEK, P. M. Biological invasions and ecosystem process: towards an integration of population biology and ecosystem studies. *Oikos*, v. 57, n. 1, p. 7-13. 1990.
- WALSBY, A. E. Gas vesicles. *Microbiological Reviews*, v. 58, n. 1, p. 94-144. 1994.

- WALSBY, A. E.; HAYES, P. K.; BOJE, R. The gas vesicles buoyancy and vertical distribution of cyanobacteria in the Baltic Sea. *European Journal of Phycology*, v. 30, n. 2, p. 87-94. 1995.
- WERNER, V. R. Cyanophyceae. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB098990>. Acessado em: 12 de março de 2011. 2010.
- WHITTON, B. A.; POTTS, M. *The ecology of Cyanobacteria: their diversity in time and space*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 669 p. 2000.
- WIEDNER C, RÜCKER J, BRÜGGEMANN R, NIXDORF B. Climate change affects timing and size of populations of an invasive cyanobacterium in temperate regions *Oecologia*. 152: 473-484. 2007.
- WIEDNER, C.; NIXDORF, B.; HEINZE, R.; WIRSING, B.; NEUMANN, U.; WECKESSER, J. Regulation of Cyanobacteria and microcystin dynamics in polymictic shallow lakes. *Archiv für Hydrobiologie*, v. 155, n. 383-400. 2002.
- WOLOSZYNSKA, J. Das phytoplankton einiger Javanian seen mit Berücksichtigung des sawa-Planktons. *Bulletin International de l'Academie des Sciences de Cracovie*. v. 6, p. 649-709. 1912.
- ZALOCAR DE DOMITROVIC, Y.; FORASTIER, M. E. Biodiversidad de Cyanophyceae (Cyanobacteria) y especies toxigénicas del litoral fluvial argentino. In: En Aceñolaza F.G. (Ed.). *Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino II*. Miscelánea: INSUGEO, p. 213-228. 2005.
- ZOHARY, T.; PADISÁK, J.; NASELLI-FLORES, L. Phytoplankton in the physical environment: beyond nutrients, at the end, there is some light. *Hydrobiologia*, v. 639, n. 1, p. 261-269. 2010.

ARTIGO 1

INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS SOBRE POPULAÇÕES DE *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju E *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komarek EM RESERVATÓRIOS TROPICAIS (NORDESTE DO BRASIL)

Artigo submetido à revista Brazilian Journal of Biology

Qualis Capes: B1

Fator de impacto: 0.678

**BRAZILIAN
JOURNAL OF
BIOLOGY**

Recife

2015

Influência dos fatores ambientais sobre populações de *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju e *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komarek em reservatórios tropicais (nordeste do Brasil)

Patrícia Campos de Arruda Queiroz¹, Ariadne do Nascimento Moura², José Etham de Lucena Barbosa³, Manoel Messias da Silva Costa¹, Ênio Wocyli Dantas³ & Enide Eskinazi Leça²

1. Autor para correspondência: Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52.171-900, Recife, Pernambuco, Brasil. e-mail: pattycomposbio@yahoo.com.br

2. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Rua Dom Manoel de Medeiros, s / n, Dois Irmãos, 52.171-900, Recife, Pernambuco, Brasil.

3. Depto. Biologia /CCBS / Laboratório de Ecologia Aquática - LEAq. Rua Baraúnas, 351 – Bairro Universitário, 58429-500 – Campina Grande, Paraíba, Brasil.

Resumo: O desempenho ecológico individual de duas espécies de cianobactérias, *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju e *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, incluindo as características morfológicas e a biomassa em resposta às condições ambientais, foi avaliado em reservatórios localizados no nordeste do Brasil. As coletas foram bimestrais, com uso da garrafa de van Dorn, em quatro profundidades nas regiões litorânea e limnética dos reservatórios de Carpina (estado de Pernambuco) e Acauã (estado da Paraíba). As variáveis biológicas (morfometria, morfologia e biomassa) foram correlacionadas com as variáveis ambientais (precipitação pluviométrica, oxigênio dissolvido, temperatura da água, turbidez, pH, fósforo total, ortofosfato, nitrogênio inorgânico e nitrogênio total). As duas espécies ocorreram durante os dois períodos anuais nos dois reservatórios, porém mostraram distribuição distintas, ocorrendo em diferentes dimensões na coluna d'água dos reservatórios. Enquanto os tricomas de *P. agardhii* foram maiores e mais largos nas camadas mais iluminadas do reservatório de Acauã, onde os valores de temperatura foram menores e a transparência da água foi maior, *C. raciborskii* ocorreu,

em maiores quantidades e mais frequentemente, no reservatório de Carpina, com destaque para o morfotipo espiralado, principalmente nas camadas menos iluminadas no período de estiagem. Portanto, a presença das duas espécies em ambientes tropicais no semiárido brasileiro, está relacionada, principalmente a disponibilidade de luz e concentração de nutrientes.

Palavras-chave: biomassa, cianobactérias, morfometria, região semiárida.

Abstract: The objective of this study was to evaluate two species of cyanobacteria, *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju & *Planktothrix agardhii* Komárek, especially in relation to individual environmental performance, including the morphological characteristics and biomass in response to environmental conditions in reservoirs located in northeastern Brazil. The research was based on bi-monthly by sampling with van Dorn bottle, at various points (littoral and limnetic region) of Carpina reservoir (Pernambuco state) and Acauã (State of Paraíba). Samples were collected at four depths in accordance with the penetration of light: 100% brightness, 50%, 1% brightness and maximum depth, followed by the rainfall cycle of the regions, so that they characterize with distinction variations of the two populations in the annual cycle. The biological variables (morphology, density and biomass) were correlated with environmental variables (precipitation, dissolved oxygen, water temperature, turbidity, pH, total dissolved phosphorus and total nitrogen). Both species occurred during the two annual periods in both reservoirs, but showed uneven distribution, occurring in different dimensions of the water column of the reservoir. While the trichomes of *P. agardhii* were larger and wider layers into the light Acauã the reservoir, where the temperature values were lower and the transparency of the water was higher, *C. raciborskii* occurred in larger quantities and more often in the reservoir Carpina, especially in the less illuminated layers in the dry season. Therefore, the

presence of two species in tropical environments in the Brazilian semiarid, may be related, especially the availability of light.

Keywords: biomass, cyanobacteria, morphometry, semiarid region.

Introdução

As invasões de cianobactérias em regiões temperadas e tropicais têm crescido consideravelmente nos últimos anos e são consideradas uma das maiores ameaças aos ecossistemas, modificando o funcionamento das comunidades naturais (Mack et al., 2000), afetando a dinâmica, estrutura e dominância das espécies, além dos níveis de nutrientes e produção primária dos ecossistemas (Vitousek, 1990). Essas mudanças podem ser explicadas por interações complexas entre fatores físicos, químicos e biológicos (Margalef, 1983; Pannard et al., 2008; Padisak et al., 2010). Os efeitos dos fatores físicos e químicos sobre o fitoplâncton têm sido amplamente estudados, e um menor número de estudos tem considerado o papel destes fatores sobre espécies invasoras (Zohary et al., 2010).

Os ecossistemas aquáticos são especialmente sensíveis a estas mudanças, que muitas vezes incluem florações de cianobactérias mais frequentes, permitindo o estabelecimento de espécies de cianobactérias invasoras, entre elas a expansão de *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju, espécie de região tropical em ecossistemas aquáticos temperados (Padisak, 1997; Wiedner et al., 2002; Saker et al., 2003; Manti et al., 2005.). Esta espécie geralmente aparece co-ocorrendo com a espécie nativa *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komarek (Stefaniak e Kokocinski, 2005). Estas espécies são cianobactérias planctônicas, filamentosas pertencentes às ordens Nostocales e Oscillatoriales, respectivamente. Ambas são de grande preocupação devido à capacidade de produzirem toxinas prejudiciais aos seres humanos e animais.

Cianobactérias filamentosas como *Planktothrix* e *Cylindrospermopsis*, bem como o gênero colonial *Microcystis*, são os organismos que formam florações mais bem sucedidas nos lagos rasos (Padisak e Reynolds, 1998; Nixdorf et al., 2003; Paerl et al., 2011; Tomioka et al., 2011). Em particular, *P. agardhii* e *C. raciborskii* podem ser utilizados como espécies modelo por causa da extensa informação disponível sobre as suas distribuições. *P. agardhii* é uma espécie resiliente, tolerante à pouca intensidade luminosa e pode produzir microcistinas, sendo as florações mais comuns em lagos temperados (Scheffer et al., 1997), e cada vez mais frequentes em reservatórios tropicais (Tucci et al., 2006; Chaves et al., 2009; Lira et al., 2011; Nogueira et al., 2011; Moura et al., 2011). *C. raciborskii*, um táxon originalmente tropical, por causa do comportamento aparentemente invasivo da espécie (Padisak, 1997), atualmente vem se estabelecendo e apresentando dominância cada vez mais frequente em regiões tropicais (Bouvy et al., 1999; Bouvy et al., 2001; Bouvy et al., 2003; Panosso et al., 2007; Dantas et al., 2008; Chellapa et al., 2009; Figueredo e Giani, 2009; Gemelgo et al., 2009; Cordeiro-Araújo et al., 2010; Dantas et al., 2010; Lira et al., 2011; Moura et al., 2011), subtropical (Vidal e Kruk, 2008; Everson et al., 2011) e temperados (Borics et al., 2000; Briand et al., 2002; Fastner et al., 2003; Briand et al., 2004; Hamilton et al., 2005; Stuken et al., 2006)

Cylindrospermopsis raciborskii e *Planktothrix agardhii* têm necessidades fisiológicas semelhantes, incluindo tolerância a mistura da coluna de água, capacidade de armazenamento de fósforo, a regulação de flutuabilidade e tolerância ao sombreamento (Reynolds, 1993; Padisak e Reynolds, 1998; Istvanovics et al., 2000; Padisak, 2003). Estas semelhanças também são refletidas em sua morfologia, o que indica que elas podem ser funcionalmente equivalentes e ocupar um nicho ecológico semelhante (Kruk et al., 2010).

Embora a ecologia dessas espécies seja bem conhecida, as relações entre o meio ambiente e sua ocorrência em reservatórios tropicais, levando em consideração características morfológicas, são pouco compreendidas. No Brasil, *Planktothrix agardhii* e *Cylindrospermopsis raciborskii* tem sido frequentemente citadas em reservatórios utilizados no abastecimento público, irrigação e recreação (Chellappa et al., 2009, Gemelgo et al., 2009, Werner, 2010, Nogueira et al., 2011, Bittencourt-Oliveira et al., 2012). Em reservatórios localizados na região nordeste do País são poucos os trabalhos que tratam das características morfológicas (Dantas et al., 2010; Bittencourt-Oliveira et al., 2011), e os fatores que regulam a co-ocorrência das duas espécies.

Poucos estudos comparam ambas as espécies (Dokulil e Teubner, 2012; Wiedner et al., 2007; Kokocinski et al., 2010), especificamente em relação ao desempenho ecológico individual, incluindo características morfológicas em resposta as condições ambientais (Violle et al., 2007; Kruk et al., 2010). Portanto, uma abordagem comparativa para estudar as características morfológicas e as distribuições de *C. raciborskii* e *P. agardhii*, além de compreender os atributos que permitem o sucesso destas espécies em diferentes ambientes é importante para fornecer informações relevantes sobre o comportamento dessas espécies-chave de cianobactérias e prever o comportamento futuro na formação de florações em decorrência das condições ambientais.

Portanto, o objetivo deste estudo foi verificar os fatores ambientais (hidrológicos e climatológicos) controladores da dominância e das variações morfológicas de populações de *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Planktothrix agardhii* em reservatórios localizados no trópico semiárido do Nordeste do Brasil.

Com este trabalho pretende-se responder a seguinte questão: As modificações na biomassa, morfologia e morfometria de *C. raciborskii* e *P. agardhii* e a presença destas espécies em regiões tropicais estão associadas a quais fatores ambientais?

Material e Métodos

Área estudada

O estudo foi realizado em dois reservatórios, os quais apresentam cianobactérias durante o ano inteiro: reservatório de Carpina (Pernambuco), localizado na Bacia hidrográfica do rio Capibaribe (município de Carpina, Agreste Pernambuco, entre as latitudes 7°51' e 7°57' S e longitudes 35°19' e 35°27' W (Figura 1). Este reservatório possui 270 milhões m³ de capacidade de acumulação, com profundidade média de 17 metros. E o reservatório de Acauã, localizado na bacia hidrográfica do rio Paraíba, na região do médio curso do rio Paraíba (7°27,5'3''S e 7°28'31,4''S e longitudes 35°35'52,6''W e 35°35'3,4''W) (Figura 1). Este reservatório possui 253.142,247 m³ de capacidade de acumulação, com profundidade máxima de 40 m e média de 25 m (Figura 1).

O clima da região onde estão localizados os reservatórios de Carpina e Acauã é caracterizado como quente e úmido, de acordo com a classificação de Köppen. Há duas estações distintas: uma estação chuvosa de março a agosto, com médias mensais acima de 100 mm (Figura 2A), e uma estação seca de setembro a fevereiro, com médias mensais abaixo de 100 mm (Figura 2B) (APAC, 2012; AESA, 2012).

Coleta de dados

As coletas de água foram realizadas em trélicas com auxílio da garrafa de *Van Dorn*, em dois períodos anuais: chuvoso (maio a julho de 2012) e estiagem (outubro a dezembro de 2012), em duas estações de coleta – zona litorânea e zona limnética. As profundidades de amostragens foram determinadas de acordo com o gradiente de penetração da luz, sendo três profundidades na zona fótica: 100% de luz, 50% de luz,

1% de luz e uma na zona afótica. A zona fótica foi determinada através do procedimento descrito por Cole (1994).

Variáveis abióticas

As variáveis ambientais medidas *in situ* foram: transparência da água (m) com o uso do disco de Secchi, pH com potenciômetro (Digimed, DMPH-2), turbidez com turbidímetro (Hanna Instruments, HI 93703), temperatura da água (°C) e o oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) com oxímetro (Schott Glaswerke Mainz, handylab OX1) e intensidade de luz com fotômetro marca LICor 250.

Os nutrientes analisados foram fósforo total (PT, $\mu\text{g.L}^{-1}$), nitrogênio total (NIT, $\mu\text{g.L}^{-1}$), de acordo com Valderrama (1981), a razão das concentrações de N:P foi calculada baseado no método descrito por Downing e McCauley (1992).

Variáveis bióticas

As amostras de água (~ 200 mL) coletadas com a garrafa de van Dorn foram preservadas com lugol acético a 1% em frascos âmbar. Para determinação da densidade (ind.mL^{-1}), uma subamostra de 2 mL (~ 80-1200 partículas) foi quantificada pelo FlowCAM, equipado com uma célula de fluxo de 2 mm de largura \times 0,1 milímetros de espessura e uma objetiva 10 \times ampliação (0,67 μm por pixel), sendo analisado pelo método de auto-imagem que capta uma imagem de todas as partículas dentro de um intervalo de tamanho específico. As subamostras foram introduzidas a partir de um funil situado acima do FlowCAM, com agitação suave e bombeadas a uma velocidade de 1,0 mL min^{-1} (seguindo as instruções do fabricante). Antes de cada medição, foram eliminadas da célula de fluxo bolhas e detritos, utilizando água destilada e do ambiente filtrada.

Em seguida foram realizadas as seguintes análises com os dados armazenados no FlowCAM. Todas as partículas foram divididas em tamanho de $>5 \mu\text{m}$ a $<1000 \mu\text{m}$, e o número de partículas foi efetuado nas respectivas categorias de tamanho. As partículas >

5 μm foram então capturadas e em seguida selecionadas para posterior análise. O volume de cada partícula (V) foi calculado de acordo com a seguinte fórmula: $V = 4\pi a^2 b / 3$, em que a e b são o curto e o longo eixo da partícula, respectivamente. Os dois eixos de cada partícula foram medidos e registrados automaticamente.

A análise morfométrica das populações de *C. raciborskii* e *P. agardhii* foi realizada de acordo com as características morfológicas apresentadas no sistema de Komárek e Anagnostidis (2005), tais como largura e tamanho do tricoma. O número de tricomas medidos (n=100) foi determinada através do cálculo da suficiência amostral como uma função do coeficiente de variação do comprimento do tricoma e dimensões celulares no intervalo de 10% de acordo com Scheaffer et al. (1979). A biomassa foi determinada a partir da densidade (ind.mL^{-1}) e do biovolume específico do indivíduo (μm^3) e transformada para mm^3 .

Tratamento estatístico

Análise de variância (ANOVA fatorial a x b) foram realizadas para verificar a existência de diferenças nas variáveis bióticas e abióticas ($p < 0,05$) entre as profundidades e as estações de coletas, e verificar as diferenças sazonais entre estas variáveis foi utilizado o teste *t* usando o software BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2007). Foram realizados testes de correlação de Spearman para investigar as principais variáveis abióticas relacionadas com a biomassa e atributos morfométricos de *P. agardhii* e *C. raciborskii*. O programa estatístico utilizado para estas análises foi o Statistica 7.

Foi realizada a análise conjunta dos dados abióticos e bióticos, através da análise de correspondência canônica (CCA). O teste de Monte Carlo (499 permutações; $p < 0,05$) foi usado nesta análise para informar a probabilidade dos autovalores dos eixos terem sido distribuídos ou não ao acaso. Posteriormente, foram selecionadas as variáveis ambientais correlacionadas significativamente com as espécies *P. agardhii* e

C. raciborskii para gerar o gráfico. Ambas as análises foram realizadas através do software Canoco 4.5 (ter Braak e Smilauer, 2002) para Windows.

Resultados

Os reservatórios apresentaram águas quentes ($>26^{\circ}\text{C}$), óxicas, pH alcalino, limitação de nitrogênio durante todo ano ($\text{N:P}<3$) com elevadas concentrações de fósforo total (Tabela 1). Diferenças significativas foram analisadas para algumas variáveis como, temperatura da água ($p<0.0001$, $F=15.57$); turbidez ($p<0.0002$, $F=20.85$); fósforo total ($p<0.0001$, $F=149.19$) e nitrogênio total ($p<0.01$, $F=5.95$) com valores mais elevados no reservatório de Carpina. Enquanto que as variáveis, oxigênio dissolvido ($p<0.0001$, $F=23.73$) e relação N:P ($p<0.02$, $F=5.45$) foram mais elevados no reservatório de Acauã.

A temperatura foi elevada com variação sazonal ($p<0.003$, $t=4.8$) para o reservatório de Carpina e entre as estações de coleta nos dois reservatórios (Tabela 1).

A concentração de oxigênio dissolvido apresentou diferenças apenas entre profundidades para o reservatório de Carpina ($p<0.007$, $F=3.7$) e entre os períodos sazonais para o reservatório de Acauã ($p<0.007$, $t=-4.3$). O pH variou entre as profundidades nos dois reservatórios, com diferenças espaciais ($p<0.003$, $F=11.7$) e sazonais ($p<0.01$, $t=2.6$) significativas apenas para o reservatório de Carpina (Tabela 1).

No reservatório de Acauã os maiores valores de turbidez foram encontrados na região limnética (período chuvoso), com diferença sazonal significativa ($p<0.008$, $t=3.8$), e menores valores no reservatório de Carpina, durante o período de estiagem, nas duas estações de coleta ($p<0.01$, $F=9.1$) (Tabela 1).

Diferenças significativas ($p<0,05$) foram verificadas nas variações sazonais das concentrações de nitrogênio total e da relação N:P apenas para o reservatório de Acauã, sendo estas mais elevadas durante o período de estiagem (Tabela 1). Foram detectadas

elevadas concentrações de nitrogênio total e baixa relação N:P com diferenças espaciais significativas para os dois reservatórios.

Os valores de biomassa de *P. agardhii* mais elevados foram registrados no reservatório de Acauã (Figura 3A), especificamente no período chuvoso, com diferença significativa entre os períodos sazonais ($p < 0.0001$, $t = 5.44 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$). Espacialmente a maior biomassa desta espécie foi registrada em Acauã, na camada de 50% de luz ($31.22 \pm 16.96 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$), e na profundidade máxima em Carpina ($22.50 \pm 19.88 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) (Figura 3B), sem diferenças espaciais significativas.

Foram observadas diferenças significativas na biomassa de *C. raciborskii* entre os reservatórios ($p = 0.01$; $t = 2.8$) com valores médios em Carpina ($11.91 \pm 15.36 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) 14 vezes mais elevado que no reservatório de Acauã ($0.83 \pm 0.40 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) (Figura 3A e B), sendo observada maior biomassa nas camadas mais iluminadas (100% e 50% de luz), sem diferenças espaciais significativas. Sazonalmente, verificou-se, no período de estiagem, um aumento da biomassa de *Cylindrospermopsis raciborskii* (morfotipo espiralado) nas camadas mais iluminadas (região limnética) no reservatório de Carpina (Figura 3D). A biomassa das duas espécies variou significativamente no reservatório de Acauã ($p < 0.0001$, $t = 7.45$) onde foi registrada a maior biomassa do estudo, especificamente por *P. agardhii*.

Quanto aos morfotipos de *C. raciborskii*, percebe-se no reservatório de Acauã uma biomassa mais elevada do morfotipo reto em todos os pontos analisados e nos dois períodos sazonais (Figura 4 A e B), sem diferenças espaciais e sazonais significativas.

Para o reservatório de Carpina (Figura 4 C e D), a biomassa mais elevada de *C. raciborskii* foi representada pelo morfotipo espiralado, com maiores valores no período de estiagem, com diferenças sazonais significativas ($p = 0.04$ $t = 2.1$).

Os maiores comprimentos dos tricomas de *P. agardhii* foram registrados no reservatório de Acauã ($205.2 \pm 48.8 \text{ } \mu\text{m}$) (Figura 5A), com diferenças significativas

entre os dois reservatórios ($p=0.006$ $t=-3.6$). Sazonalmente, os maiores tricomas foram encontrados no período de estiagem, no reservatório de Acauã ($229.1 \pm 48.8 \mu\text{m}$), e em Carpina ($164.16 \pm 12.44 \mu\text{m}$) (Figura 5B), com diferenças sazonais significativas ($p=0.02$, $t=-2.5 \mu\text{m}$), apenas para o reservatório de Acauã.

Variações espaciais longitudinais significativas, ocorreram apenas no reservatório de Carpina ($p=0.03$, $F=4.6$), com maiores valores na zona litorânea ($261.53 \pm 17.59 \mu\text{m}$). Foram observadas variações verticais, sendo que os maiores tricomas estiveram nas camadas mais iluminadas, a 100% de luz ($174.8 \pm 12.7 \mu\text{m}$) em Acauã, e a 50% de luz em Carpina, sem diferenças verticais significativas.

Quanto as larguras do tricoma de *P. agardhii*, foram verificadas diferenças significativas entre os dois reservatórios ($p=0.02$, $t=2.5$), com os tricomas mais largos em Carpina ($4.9 \pm 0.37 \mu\text{m}$) (Figura 5D), especificamente no período de estiagem ($4.93 \pm 0.37 \mu\text{m}$), com diferença sazonal significativa apenas para o reservatório de Acauã ($p=0.04$, $t=2.2$).

Especialmente, os tricomas mais largos estiveram presentes nas camadas menos iluminadas, a 1% de luz em Acauã ($2.74 \pm 0.53 \mu\text{m}$) no período chuvoso (Figura 5C), e a 50% de luz em Carpina ($5.05 \pm 0.16 \mu\text{m}$) no período de estiagem, sem diferenças significativas entre as profundidades e nem entre as estações.

Para a espécie *C. raciborskii*, os maiores tricomas foram encontrados no reservatório de Acauã ($76.85 \pm 7.9 \mu\text{m}$) (Figura 6A), sem diferenças significativas entre os dois ambientes.

No período de estiagem os tricomas foram maiores em Acauã ($74.04 \pm 3.6 \mu\text{m}$), e no período chuvoso em Carpina ($55.40 \pm 8.6 \mu\text{m}$) com diferenças sazonais significativas apenas em Carpina ($p=0.01$ $t=-2.8$). Quanto às estações de coleta os maiores tricomas se concentraram na zona litorânea, em Acauã ($74.6 \pm 3.7 \mu\text{m}$) e em Carpina ($85.58 \pm 12.6 \mu\text{m}$) (Figura 6A e B).

Entre os reservatórios foram observadas diferenças significativas ($p=0.002$, $t=3.3$) com tricomas mais largos em Carpina ($3.11\pm 0.57 \mu\text{m}$) (Figura 6D). Sazonalmente a maior largura dos tricomas foram observadas no período de estiagem, em Acauã ($2.87\pm 0.21 \mu\text{m}$) (Figura 6C), e no chuvoso em Carpina ($3.33\pm 0.55 \mu\text{m}$), sem diferenças significativas entre os dois períodos.

Para o reservatório de Acauã durante o período chuvoso, foram verificadas correlações significativas ($p<0.05$) entre a espécie *P. agardhii* com algumas variáveis ambientais. A biomassa de *P. agardhii* correlacionou negativamente com as concentrações de PT ($r = - 0.86$) e turbidez da água ($r = - 0.83$), e positivamente com a relação N:P ($r = 0.83$), T °C ($r = 0.79$), pH ($r = 0.76$). Com as variáveis morfométricas, o comprimento do tricoma esteve correlacionado com o oxigênio dissolvido ($r = 0.71$) e T ° C ($r = 0.82$), enquanto a largura do tricoma esteve relacionado de forma negativa apenas com a concentração de NT ($r = - 0.79$).

Para a espécie *C. raciborskii*, durante este mesmo período sazonal, o fator que correlacionou com a biomassa de *C. raciborskii* foi o pH ($r = 0.82$). Em relação às variáveis morfométricas, os fatores ambientais: concentrações de fósforo ($r = - 0.81$), T°C ($r = 0.90$) e pH ($r = 0.86$) estiveram correlacionadas apenas com o comprimento do tricoma.

No período de estiagem, houve correlação positiva com os fatores ambientais apenas em relação às variáveis morfométricas, sendo verificada correlação do pH ($r = 0.85$) com o comprimento do tricoma de *P. agardhii* e do oxigênio dissolvido ($r = - 0.73$) e da T °C ($r = - 0.70$) sobre a largura do tricoma. Em relação a *C. raciborskii* foi verificada apenas correlação positiva da T °C ($r = 0.73$) sobre a largura do tricoma da espécie.

Para o reservatório de Carpina no período chuvoso, foi verificada correlação negativa das concentrações de NT sobre a largura do tricoma de *P. agardhii* ($r = - 0.79$) e *C. raciborskii* ($r = - 0.72$).

No período de estiagem, os fatores ambientais correlacionaram apenas com a espécie *C. raciborskii*. Os valores de biomassa foram influenciados pelas concentrações de PT ($r = - 0.71$) e luz ($r = 0.91$), e as variações morfométricas como o comprimento dos tricomas, correlacionou com o oxigênio dissolvido ($r = 0.76$) e a luz ($r = 0.80$), e a largura dos tricomas com as concentrações de PT ($r = - 0.75$).

A ACC para o reservatório de Acauã (Figura 7A), indicou relações significativas entre as espécies e parte das variáveis ambientais, de acordo com o teste de Monte Carlo ($F=4.7$, $p=0.008$) para todos os eixos. Não considerando as variáveis ambientais, o eixo I explicou 76.9% da variabilidade dos dados, e as variáveis ambientais explicaram 61% da variabilidade. Houve influência do Ptotal e disponibilidade de luz sobre a biomassa de *C. raciborskii*. A temperatura e o OD influenciaram a biomassa de *P. agardhii*. De acordo com o eixo I da ACC, houve relação significativa de *C. raciborskii* com a luz, que influenciou positivamente na sua biomassa. Por outro lado, há uma relação inversa da luz com a biomassa de *P. agardhii*. Esta espécie ainda foi influenciada positivamente pelo OD. Também em função do eixo I, pode-se verificar uma relação da temperatura com a morfometria das duas espécies .

Para o reservatório de Carpina (Figura 7B), a ACC revelou relações significativas entre as espécies e parte das variáveis ambientais, de acordo com o teste de Monte Carlo ($F=5.38$, $p=0.004$) para todos os eixos. Não considerando as variáveis ambientais, o eixo I explicou 56.1 % da variabilidade dos dados, e as variáveis ambientais explicaram 72 % da variabilidade. De acordo com a ACC a biomassa *P. agardhii* esteve mais influenciada de forma significativa pela temperatura. Já a

biomassa *C. raciborskii*, em função do eixo II, teve relação com a luz. A morfometria das duas espécies, apresentou relação inversa com o pH.

Discussão

Os reservatórios de Acauã e Carpina, inserem-se no contexto que caracteriza a grande maioria dos reservatórios tropicais brasileiros, em função dos elevados valores de nutrientes. Ambos são destinados ao consumo humano e apresentam atividades semelhantes quanto aos usos, em relação em seu entorno, pela comunidade ribeirinha. Especificamente no reservatório de Acauã, há criação de toneladas de peixes com mais de cem tanques rede distribuídos nas suas margens, além das atividades de agricultura, refletindo nas condições tróficas do ambiente.

As águas destes reservatórios, tiveram sua disponibilidade de luz ainda mais reduzida no período chuvoso. A estabilidade, ocasionada na barragem do Carpina pela intermitência do rio a sua montante (SRHE, 2012), permite uma maior penetração de luz na estiagem. Entretanto, a luminosidade esteve reduzida durante o período de maior precipitação, para os dois reservatórios.

Embora, os valores de fósforo e nitrogênio tenham oscilado entre os dois períodos sazonais para Acauã e Carpina, de forma geral, percebe-se uma elevada carga de nutrientes em ambos os reservatórios com elevados valores de nitrogênio, acima de limites estabelecidos para saúde ambiental, tal como a resolução CONAMA/357 (classe 2).

Portanto, as flutuações apresentadas pelas variáveis abióticas nos períodos sazonais distintos, como observado neste estudo, assumem papel fundamental na caracterização dos ecossistemas aquáticos, especialmente daqueles localizados em regiões tropicais, como é o caso dos reservatórios de Acauã e Carpina.

A característica marcante desses reservatórios é a dominância durante todo ano de cianobactérias, devido a sua grande diversidade morfológica, fisiológica e

adaptações comportamentais. Segundo Reynolds (1987), determinadas espécies são adaptadas a algumas condições ambientais, decorrentes de diferenças nas estruturas e disponibilidade de recursos.

Portanto, os resultados apresentados demonstram que a dominância de cianobactérias em ambos os reservatórios, pode resultar de uma variedade de interações entre fatores ambientais, apresentada pela baixa razão N:P.

As diferentes adaptações das cianobactérias contribuem para que o grupo seja capaz de explorar um amplo espectro de variabilidade ambiental (Moura et al., 2011), sendo talvez esta gama da estratégia evolutiva, adotada por algumas espécies individuais, como foi o caso de *P. agardhii* e *C. raciborskii*, mostrando ser um grupo de organismos bem sucedido nos reservatórios estudados.

Os resultados mostram que, embora haja co-ocorrência de *P. agardhii* e *C. raciborskii*, estas espécies filamentosas possuem características fisiológicas que facilitam as florações em condições ambientais similares (Bonilla, 2012), além de responderem com diferenças para alguns fatores ambientais.

Este comportamento foi verificado durante o período chuvoso, onde a biomassa de *P. agardhii* correlacionou-se com a razão N:P, corroborando com os resultados encontrados por Rucker et al. (1997), em que a baixa razão favorece o desenvolvimento da espécie, enquanto *C. raciborskii* é caracterizado pela sua associação com elevada razão N:PT (Brind, et al., 2004). Alguns estudos sugerem que o crescimento de *P. agardhii* é dependente da disponibilidade de fosfato (Catherine et al., 2008;. Crossetti e Bicudo, 2008; Kokocinski et al., 2010; Aubriot et al., 2011), enquanto que *C. raciborskii* é capaz de dominar em baixa concentração de fósforo (Posselt e Burford, 2009).

No entanto, as análises mostram que nos dois reservatórios, os principais fatores que regularam a elevada biomassa das espécies foram a temperatura para *P. agardhii* e o pH para ambas as espécies.

Para o período de estiagem, os fatores ambientais como a temperatura e intensidade de luz foram fundamentais para a substituição de *P. agardhii* por *C. raciborskii*, observado no reservatório de Carpina, o papel dos nutrientes no desenvolvimento de *C. raciborskii* não foi relevante, em ambientes com concentrações de fósforo reativos solúveis superior a 10 $\mu\text{g.L}^{-1}$, o desenvolvimento de cianobactérias é regulada pelos fatores físicos (Saker et al., 1999), ocorrendo uma resposta gradual às mudanças ambientais.

A dinâmica populacional de *C. raciborskii* é dependente de determinadas condições ambientais, que influenciam principalmente a presença dos morfotipos retos e espiralados, como no caso do pH, que contribuiu para elevar a biomassa do morfotipo reto no reservatório de Acauã. Além disso, o aumento da biomassa do morfotipo espiralado no reservatório de Carpina, especificamente no período de estiagem, sofreu influência com a intensidade luminosa, bem como observado por Dantas et al. (2008).

As temperaturas, foram mais altas nas camadas superficiais, característica comum quando ocorrem microestratificações diárias (Bouvy et al., 1999; Dantas et al., 2011), tendo influenciado principalmente a presença do morfotipo espiralado no reservatório de Carpina. No período chuvoso, as condições de mistura na coluna d'água, pode ter favorecido a biomassa elevada do morfotipo reto de *C. raciborskii*, nos dois reservatórios.

O sucesso de *P. agardhii* observado em nosso estudo, indica que esta espécie pode crescer em amplas condições de luminosidade, estando os maiores valores de biomassa no reservatório de Acauã, na camada de 50% de luz (período chuvoso), enquanto que no reservatório de Carpina, a biomassa mais elevada esteve presente na

camada menos iluminada (0% de luz), indicando ser uma espécie especializada, considerando a qualidade da luz (Oberhaus et al., 2007). Moura et al., (2011), concluíram que em ambiente eutrófico tropical, *P. agardhii* é capaz de regular sua posição na coluna d'água, nas camadas fótica e afótica, em virtude da presença de vesículas de gás.

Além disso, o domínio de *P. agardhii* em quase todo estudo, pode ser explicado pela sua elevada biomassa, aumentando a turbidez, favorecendo o seu desenvolvimento, devido a sua vantagem competitiva em tolerar pouca intensidade de luz, além de requerer menos energia que as outras algas para manutenção da estrutura e função celular (Scheffer et al., 1997).

Com base na distribuição do comprimento dos tricomas, *P. agardhii* nos dois reservatórios, apresentou respostas semelhantes a diferentes variáveis ambientais, durante o período de estiagem. Por outro lado, a plasticidade da espécie se encaixa com a sua distribuição mais restrita na natureza.

Em ambos os períodos sazonais, as variações observadas no comprimento e largura dos tricomas de *P. agardhii*, estiveram relacionadas principalmente as oscilações na temperatura em ambos os reservatórios, influenciando o crescimento da espécie, assim como verificado por Oberhaus et al., (2007).

Portanto, os tricomas de *P. agardhii* encontrados em ambos reservatórios, especificamente no período de estiagem, foram maiores e mais largos nas camadas mais iluminadas das regiões limnética e litorânea. Este estudo revelou, uma correlação significativa entre a temperatura e as variações morfométricas desta espécie para Acauã, e o oxigênio dissolvido, fósforo total e luz no reservatório de Carpina.

Para as variações morfométricas observadas em relação a *C. raciborskii*, as análises de correlação e CCA indicaram uma semelhança com a distribuição morfométrica da espécie *P. agardhii* e os fatores que influenciaram no comprimento e

largura dos tricomas de *Cylindrospermopsis*. Os tricomas maiores encontrados no reservatório de Acauã também foram influenciados pela temperatura, diferindo apenas em relação à largura do tricoma, durante o período chuvoso que se correlacionou com as concentrações de fósforo. No reservatório de Carpina, foram as mesmas variáveis de força que interferiram na distribuição morfométrica dos tricomas das duas espécies. Portanto, alguns estudos apontam as concentrações de nutrientes, a temperatura e a luz como fatores que afetam a ocorrência das duas espécies (Hašler et al. 2003; Grover e Chrzanowski, 2006; Dantas et al. 2011; Bonilla et al. 2012), sendo este último um fator que influenciou nas variações morfométricas das espécies.

Em Acauã, foi persistente a elevada biomassa de *P. agardhii*, ao passo que em Carpina, um pequeno acréscimo da disponibilidade de luz no período de estiagem, permitiu a substituição de *P. agardhii* por *C. raciborskii*, uma vez que a luz foi um forte fator competitivo para a última espécie, influenciando também na sua morfometria.

Portanto, a co-ocorrência das duas espécies em ambientes tropicais no semi-árido brasileiro, pode estar relacionada a disponibilidade de luz. Uma vez que os nutrientes, no caso dos ambientes eutrofizados em estudo, são elevados e a temperatura tem pouca amplitude temporal e espacial. Infere-se que as propriedades ópticas dos reservatórios são os principais fatores limitantes à co-ocorrência das duas espécies de cianobactérias. A variação da luminosidade por sua vez é dependente de outros fatores ambientais tais como os pulsos das chuvas e as condições locais.

Referências

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA.

RECURSOS HÍDRICOS. PARAÍBA: AESA; Accessed: 23 julho 2013.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC- Monitoramento

Pluviométrico do Estado de Pernambuco. Accessed: 12 de dezembro de 2013.

- AUBRIOT, L., S. BONILLA & G. FALKNER. 2011. Adaptive phosphate uptake behaviour of phytoplankton to environmental phosphate fluctuations. *FEMS Microbiology Ecology*, 77: 1–16.
- AYRES M., AYRES J.R.M., AYRES D.L. & SANTOS A.S. 2007. BioEstat 5.0- Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas: Sociedade Civil Mamirauá, Belém. *CNPq*, Brasília. 290p.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA, A. N.; HEREMAN, T. C.; DANTAS, E.W. 2011. Increase in straight and coiled *Cylindrospermopsis raciborskii*(Cyanobacteria) populations under conditions of thermal de-stratification in a shallow tropical reservoir. *Journal of Water Resource and Protection*, v. 3, n. 4, p. 245-252.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.;PICCIN-SANTOS, V.; GOUVÊA-BARROS, S. 2012. Microcystin-producing genotypes from cyanobacteria in Brazilian reservoirs. *Environmental Toxicology*, v. 27, n. 8, p. 461-71.
- BONILLA, S.; AUBRIOT, L.; SOARES, M. C. S.; GONZÁLEZ-PIANA, M.; FABRE, A.; HUSZAR, V. L. M.; LÜRLING, M.; ANTONIADES, D.; PADISÁK, J.; KRUK, C. 2012. What drives the distribution of the bloom-forming cyanobacteria *Planktothrix agardhii* and *Cylindrospermopsis raciborskii*? *FEMS Microbiology Ecology*, v. 79, n. 3, p. 594-607.
- BORICS, G., I. GRIGORSZKY, S. SZABO, AND J. PADISAK. 2000. Phytoplankton associations in a small hypertrophic fishpond in East Hungary during a change from bottom-up to top-down control. *Hydrobiologia* 424(1-3):79-90
- BOUVY, M., NASCIMENTO, S. M., MOLICA, R. J. R., FERREIRA, A., HUSZAR, V. and AZEVEDO, S. M. F. O. 2003. Limnological features in Tapacurá reservoir (northeastern Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia*, 493, 115-130.

- BOUVY, M., PAGANO, M. AND TROUSSELLIER, M. 2001. Effects of a cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) on bacteria and zooplankton communities in Ingazeira reservoir (northeast Brazil). *Aquatic Microbiology Ecology*, 25, 215-227.
- BOUVY, M.; MOLICA, R. R.; DE OLIVEIRA, S.; MARINHO, M.; BECKER, B. 1999. Dynamics of a toxic cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) in a shallow reservoir in the semi-arid region of northeast Brazil. *Aquatic Microbial Ecology*, v. 20, n. 3, p. 285-297.
- BRIAND, J.-F., ROBILLOT, C., QUIBLIER-LLOBERAS, C., HUMBERT, J.-F., COUTE, A. & BERNARD, C. 2002. Environmental context of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) blooms in a shallow pond in France. *Water Res.* 36:3183-92.
- BRIAND, J.-F.; LÉBOULANGER, C.; HUMBERT, J.-F.; BERNARD, C.; DUFOUR, P. 2004. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) invasion at mid-latitudes: selection, wide physiological tolerance, or global warming? *Journal of Phycology*, v. 40, n. 2, p. 231-238.
- CATHERINE A, QUIBLIER C, YEPREMIAN C, GOT P, GROLEAU A, VINCON-LEITE B, BERNARD C AND TROUSSELLIER M. 2008. Collapse of a *Planktothrix agardhii* perennial bloom and microcystin dynamics in response to reduced phosphate concentrations in a temperate lake. *FEMS Microbiol Ecol* 65: 61–73.
- CHAVES, P. F., ROCHA, S. B. DE LA, DUTRA, A. T.M. & YUNES, J. S. 2009. Ocorrência de cianobactérias produtoras de toxinas no rio dos sinos (RS) entre os anos de 2005 e 2008. *Oecol.Bras.*, 13(2): 319-328.
- CHELLAPPA, NT., CÂMARA, FAR. and ROCHA, O. 2009. Phytoplankton community: indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves

Reservoir and Pataxo Channel, Rio Grande do Norte State, Brazil. *Braz. J. Biol.*, vol. 69, no. 2, p. 631-637.

COLE, G.A. Textbook of limnology. 4th ed. Illinois: Waveland Press, 1994.

CORDEIRO-ARAÚJO, M. K; FUENTES, E.; ARAGÃO, N. K.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA, A. N. 2010. Dinâmica fitoplanctônica relacionada às condições ambientais em reservatório de abastecimento público do semiárido brasileiro. *Rev. Bras. Ciênc. Agrár.* Recife, v.5, n.4, p.592-599.

CROSSETTI, LO and BICUDO, CEM. 2008. Phytoplankton as a monitoring tool in a tropical urban shallow reservoir (Garças Pond): the assemblage index application. *Hydrobiologia*, 610: 161-173.

DANTAS EW, BITTENCOURT-OLIVEIRA MC AND MOURA AN. 2010. Spatial-temporal variation in coiled and straight morphotypes of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolsz) Seenayya et Subba Raju (Cyanobacteria). *Acta Bot Bras* 24: 585-591

DANTAS, E. W.; MOURA, A. N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. 2011. Cyanobacterial blooms in stratified and destratified eutrophic reservoirs in semi-arid region of Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 83, n. 4, p. 1327-1338.

DANTAS, EW., MOURA, AN., BITTENCOURT-OLIVEIRA, MC., ARRUDA NETO, JDT. and CAVALCANTI, ADC. 2008. Temporal variation of the phytoplankton community at short sampling intervals in the Mundau reservoir, Northeastern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, vol. 22, p. 970-982.

DOKULIL M., TEUBNER K. 2000. Cyanobacterial dominance in lakes – *Hydrobiologia*, 438, 1-12.

- DOKULIL, M.;TEUBNER, K.2012.Deep living *Planktothrix rubescens* modulated by environmental constraints and climate forcing. *Hydrobiologia*, v. 698, n. 1, p. 29-46.
- DOWNING JA, MCCAULEY E. 1992. The nitrogen: phosphorus relationship in lakes. *Limnol. Oceanogr* 37: 936-945.
- EVERSON S, FABBRO L, KINNEAR S & WRIGHT P. 2011. Extreme differences in akinete, heterocyte and cylindrospermopsin concentrations with depth in a successive bloom involving *Aphanizomenon ovalisporum* (Forti) and *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenaya and Subba Raju. *Harmful Algae News*
- FIGUEREDO CC AND GIANI A. 2009. Phytoplankton community in the tropical lake of Lagoa Santa (Brazil): Conditions favoring a persistent bloom of *Cylindrospermopsis raciborskii*. *Limnologica*, 39: 264-272.
- GEMELGO MCP, MUCCI JLN e NAVAS-PEREIRA D.2009.Population dynamics: seasonal variation of phytoplankton functional groups in Brazilian reservoirs (Billings and Guarapiranga, Saõ Paulo). *Braz J Biol*, 69:1001-1013.
- GOLUBIC, S. &FOCK,E, J.W., 1978. Identity and significance of a modern stromatolites building organism. *Jour. Sed. Petr.*, 48: 751-764.
- GROVER J. P. AND CHRZANOWSKI T. H. 2006. Seasonal dynamics of phytoplankton in two warm temperate reservoirs: association of taxonomic composition with temperature. *Journal of Plankton Research*, 28: 1-17. doi:10.1093/PLANKT/FBI095.
- HAMILTON P, LINDA M, STUART D & PICK FR. 2005. The occurrence of the cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* in Constance Lake: an exotic cyanoprokaryote new to Canada. *Phycologia*. 44: 17-25.

- HASLER P AND POULÍCKOVÁ A. 2003. Diurnal changes in vertical distribution and morphology of natural population of *Planktothrix agardhii* (GOM.) ANAGN. et KOM. (Cyanobacteria). *Hydrobiologia*. 506-509: 195-201.
- HENRY, R. 1999. Heat budgets, thermal structure and dissolved oxygen in Brazilian reservoirs. In: Tundisi, J.G., Straskraba, M. (eds.) Theoretical reservoir ecology and its applications. International Institute of Ecology, Backhuys Publishers, São Carlos, p.125-151
- ISTVANOVICS V, SHAFIK HM, PREŠING M & JUHOS S. 2000. Growth and phosphate uptake kinetics of the cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanophyceae) in throughflow cultures. *Freshw Biol* 43: 257-275.
- KOKOCINSKI M, STEFANIAK K, MANKIEWICZ-BOCZEK J, IZYDORCZYK K AND SOININEN J. 2010. The ecology of the invasive cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* (Nostocales, Cyanophyta) in two hypereutrophic lakes dominated by *Planktothrix agardhii* (Oscillatoriales, Cyanophyta). *European Journal of Phycology*. 45: 365-374.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. 2005. Cyanoprokaryota 2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. In: BÜDEL, B.; KRIENITZ, L.; GÄRTNER, G.; SCHAGERL M. (Eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2, Elsevier/Spektrum, Heidelberg, 759 pp.
- KRUK, C., V. L. M. HUSZAR, F. PEETERS, S. BONILLA, L. COSTA, M. LURNING, C. S. REYNOLDS, AND M. SCHEFFER. 2010. A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshw. Biol.* 55: 614-627.
- LIRA GAST, ARAÚJO EL, BITTENCOURT-OLIVEIRA, MC AND MOURA AN. 2011. Phytoplankton abundance, dominance and coexistence in an eutrophic reservoir in the state of Pernambuco, northeast Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 83: 1313-1326.

- MACK, R.N., SIMBERLOFF, D., LONSDALE, W.M., EVANS, H., CLOUT, M. & BAZZAZ, F.A. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecol. Appl.*, 10: 689-710.
- MANTI, G., MATTEI, D., MESSINEO, V., MELCHIORRE, S., BOGIALLI, S., SECHI, N., CASIDDU, P., LUGLIO, L., DI BRIZIO, M. & BRUNO, M. 2005. First report of *Cylindrospermopsis racibors* (Nostocales, Cyanophyta) in Italy. *Harmful Algae News*, 28: 8-9.
- MARGALEF, R. 1983. Limnología. Omega. Barcelona, Spain. 1010 pp.
- MOURA, A. N.; DANTAS, E. W.; OLIVEIRA, H. S. B.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. 2011. Vertical and temporal dynamics of cyanobacteria in the Carpina potable water reservoir in Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 71, n. 2, p. 451-459.
- NIXDORF, B., MISCHKE, U. & RUCKER, J. 2003. Phytoplankton assemblages and steady state in deep and shallow eutrophic lakes – an approach to differentiate the habitat properties of Oscillatoriales. *Hydrobiologia*, 502: 111-121.
- NOGUEIRA, I. S.; GAMA JR., W. A.; D'ALESSANDRO, E. B. 2011. Cianobactérias planctônicas de um lago artificial urbano na cidade de Goiânia, GO. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 34, n. 4, p. 575-592.
- OBERHAUS L, BRIAND JF, LEBOULANGER C, JACQUET S AND HUMBERT JF. 2007. Comparative effects of the quality and quantity of light and temperature on the growth of *Planktothrix agardhii* and *P. rubescens*. *Journal of Phycology* 45: 1191-1199.
- PADISAK J 1997. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszyska) Seenayya et Subba Raju, an expanding, highly adaptive cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology. *Arch. Hydrobiol. Supp* 107: 563-593.

- PADISAK J. 2003. Phytoplankton. The Lakes Handbook 1. Limnology and Limnetic Ecology. (O'Sullivan PE & Reynolds CS, eds), pp. 251-308. Blackwell Science Ltd. Oxford, Oxford.
- PADISAK, J. & REYNOLDS, C.S. 1998. Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to the cyanoprokaryotes. *Hydrobiologia*, 384: 41-53.
- PADISAK, J., E. HAJNAL, L. NASELLI-FLORES, M. T. DOKULIL, P. NOGES & T. ZOHARY. 2010. Convergence and divergence in organization of phytoplankton communities under various regimes of physical and biological control. *Hydrobiologia*, 639: 205-220.
- PAERL, H.W. & HUISMAN, J. 2008. Blooms like it hot. *Science*, 320: 57-58.
- PANNARD, A., M. BORMANS & Y. LAGADEUC. 2008. Phytoplankton species turnover controlled by physical forcing at different time scales. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65: 47-60.
- PANOSSO, R.F.; COSTA, I.A.S.; SOUZA, N.R.; ATTAYDE, J.L.; CUNHA, S.R.S. & GOMES, F.C.F. 2007. Cianobactérias e Cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Oecologia Brasiliensis*. 11: 433-449.
- POSSELT AJ e BURFORD MA. 2009. Pulses of phosphate promote dominance of the toxic cyanophyte *Cylindrospermopsis raciborskii* in a subtropical water reservoir. *J Phycol* 45: 540-546.
- REYNOLDS CS. 1993. Scales of disturbance and their importance in plankton ecology. *Hydrobiologia* 249: 157-171.
- REYNOLDS, C. S. 1987. Cyanobacterial water blooms. In: CALLOW, J. A. (Ed.). *Advances in Botanical Research*. v. 13. London: Academic Press, p. 67-143.

- RIBEIRO FILHO, R.A., M. PETRERE-JR., S.F. BENASSI E J.M.A. PEREIRA. 2011. Itaipu Reservoir limnology: Eutrophication degree and the horizontal distribution of its limnological variables. *Brazilian Journal of Biology*, 71: 889-902.
- RÜCKER J.; WIEDNER C.; ZIPPEL P. 1997. Factors controlling the dominance of *Planktothrix agardhii* and *Limnothrix redekei* in eutrophic shallow lakes. *Hydrobiologia*, v. 342/343, p. 107-115.
- SAKER, M.L., NOGUEIRA, I.C.G., VASCONCELOS, V.M., NEILAN, B.A., EAGLESHAM, G.K. & PEREIRA, P. 2003. First report and toxicological assessment of the cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* from Portuguese freshwaters. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, 55: 243-250.
- SCHEFFER, M., RINALDI, S., GRAGNAMI, A., MUR, L.R. & VAN NES, E.H. 1997. On the dominance of filamentous Cyanobacteria in shallow, turbid lakes. *Ecology*, 78: 272-282.
- SRHE. 2010. Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos de Pernambuco. Plano Hidroambiental do rio Capibaribe. Disponível em: <<http://www.sirh.srh.gov.br/hidroambiental/>>.
- STEFANIAK, K. & KOKOCINSKI, M. 2005. Occurrence of invasive Cyanobacteria species in polymictic lakes of the Wielkopolska region (Western Poland). *Ocean. Hydrob. Stud.*, 34, Suppl, 3: 137-148.
- STÜCKEN A, RÜCKER J, ENDRULAT T, PREUSSEL K, HEMN M, NIXDORF B, KARSTEN U & WIEDNER C. 2006. Distribution of three alien cyanobacterial species (Nostocales) in northeast Germany: *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Anabaena bergeii* and *Aphanizomenon aphanizomenoides*. *Phycologia* 45: 696-703.

- TER BRAAK, C.J.F., SMILAUER, P., 2002. CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, New York.
- TOMIOKA N, IMAI A & KOMATSU A. 2011. Effect of light availability on *Microcystis aeruginosa* blooms in shallow hypereutrophic Lake Kasumigaura. *J Plankton Res* 33: 1263-1273.
- TUNDISI, J.G. & T.M. TUNDISI. 2008. Limnologia. Oficina de Textos. ISBN978-85-86238-66-6, 631pgs.
- VALDERRAMA, GC. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural Waters. *Marine Chemistry*, vol. 10, p. 109-122. doi:10.1016/0304-4203(81)90027-X
- VIDAL L & KRUK C. 2008 *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) extends its distribution to Latitude 34°53'S: taxonomical and ecological features in Uruguayan eutrophic lakes. *Panam J Aquat Sci* 3: 142-151.
- VIOLE, C., NAVAS, M.-L., VILE, D., KAZAKOU, E., FORTUNEL, C., HUMMEL, I. et al. 2007. Let the concept of trait be functional! *Oikos*. 116, 882-892.
- VITOUSEK, P.M. 1990. Biological invasions and ecosystem process – towards an integration of population biology and ecosystem studies. *Oikos*, 57: 7-13.
- WALSBY AE, SCHANZ F. 2002. Light-dependent growth rate determines changes in the population of *Planktothrix rubescens* over the annual cycle in Lake Zürich, Switzerland. *New Phytologist* 154: 671–687.
- WEBER, C.I. 1973. Plankton. In: National Environmental Research Center Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati (Ed.). Biological field and laboratory methods for measuring the quality of surface water and effluents. p.1-17.

- WERNER, V. R. 2010. Cyanophyceae. In Lista de Espécies da Flora do Brasil (Jardim Botânico do Rio de Janeiro). Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB098990>. Acessado em: 12 de março de 2011.
- WIEDNER C, RÜCKER J, BRÜGGEMANN R, NIXDORF B. 2007. Climate change affects timing and size of populations of an invasive cyanobacterium in temperate regions. *Oecologia*. 152: 473-484.
- WIEDNER, C., NIXDORF, B., HEINZE, R., WIRSING, B., NEUMANN, U. & WECKESSER, J. 2002. Regulation of Cyanobacteria and microcystin dynamics in polymictic shallow lakes. *Arch. Hydrobiologia*, 155: 383-400.
- ZOHARY, T., J. PADISÁK & L. NASELLI-FLORES. 2010. Phytoplankton in the physical environment: beyond nutrients, at the end, there is some light. *Hydrobiologia*, 639: 261-269.

Legenda das figuras

Figura 1. Localização geográfica dos reservatórios de Carpina-PE (a) e Acauã-PB (b) e sua inserção na geografia regional, Nordeste do Brasil. Colunas pontilhadas referentes aos meses de coleta (maio a julho e outubro a dezembro de 2012).

Figura 2. Índice pluviométrico durante o período de coleta dos reservatórios de Carpina-PE (a) e Acauã-PB (b), Nordeste do Brasil.

Figura 3. Biomassa média ($\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) de *P. agardhii* e *C. raciborskii* nos reservatórios de Acauã, A) período chuvoso e B) período de estiagem) e Carpina, C) período chuvoso e D) período de estiagem, nos meses de maio a julho e outubro a dezembro de 2012.

Figura 4. Biomassa média ($\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) de morfotipos de *C. raciborskii* (reto e espiralado) nos reservatórios de Acauã, A) período chuvoso e B) período de estiagem) e Carpina, C) período chuvoso e D) período de estiagem, nos meses de maio a julho e outubro a dezembro de 2012.

Figura 5. Média do comprimento (CT) e largura (LT) dos tricomas de *P. agardhii* nos reservatórios de Acauã (a; c) e Carpina (b; d), entre os meses de maio a julho e outubro a dezembro de 2012. LITO = região litorânea; LIM = região limnética; $\bar{\square}$ (média); \square (desvio padrão).

Figura 6. Média do comprimento (CT) e largura (LT) dos tricomas de *C. raciborskii* nos reservatórios de Acauã (a; c) e Carpina (b; d), entre os meses de maio a julho e outubro a dezembro de 2012. LITO= região litorânea; LIM= região limnética; $\bar{\square}$ (média); \square (desvio padrão).

Figura 7. Biplot da CCA com as variáveis abióticas T (°C) = temperatura da água, PT = fósforo total, Luz, OD= oxigênio dissolvido e pH; biomassa e morfometria de *P. agardhii* e *C. raciborskii* no reservatório de Acauã (A) e Carpina (B). bioplank = biomassa de *P. agardhii*, ctplank = comprimento do tricoma de *P. agardhii*, ltplank= largura do tricoma de *P. agardhii*, biocylindro= biomassa de *C. raciborskii*, ctcylindro= comprimento do tricoma de *C. raciborskii* e ltcylindro= largura do tricoma de *C. raciborskii*.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão das variáveis abióticas dos reservatórios de Acauã-PB e Carpina-PE no período chuvoso e de estiagem de 2012, em diferentes profundidades e estações de coleta. Zlim (zona limnética); Zlit (zona litorânea).

Variáveis	Período Sazonal	Perfil	Reservatórios			
			Acauã		Carpina	
			ZLim	ZLit	ZLim	ZLit
Temperatura da água (°C)	Chuvoso	100%	27.1 ± 0.8	27.4 ± 0.2	29.4 ± 2.5	29.4 ± 2.6
		50%	27.1 ± 0.8	27.5 ± 0.2	29.1 ± 2.7	29.2 ± 2.7
		1%	26.8 ± 0.7	26.9 ± 0.6	29.2 ± 2.6	28.7 ± 2.7
		0%	26.3 ± 0.3	26.6 ± 0.6	28.2 ± 1.9	28.6 ± 2.6
	Estiagem	100%	26.7 ± 0.4	27.8 ± 0.1	28.4 ± 0.5	28.1 ± 0.4
		50%	26.7 ± 0.4	27.7 ± 0.1	28.1 ± 0.5	27.7 ± 0.3
		1%	26.7 ± 0.4	27.7 ± 0.9	27.8 ± 0.7	27.4 ± 0.5
		0%	26.6 ± 0.6	27.7 ± 1.0	27.6 ± 0.6	28.6 ± 2.6
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	Chuvoso	100%	5.2 ± 2.6	6.9 ± 4.5	2.7 ± 2.2	2.7 ± 2.4
		50%	5.1 ± 3.2	6.8 ± 4.7	2.8 ± 2.1	2.7 ± 2.3
		1%	6.1 ± 3.8	7.1 ± 6.0	2.7 ± 2.2	2.6 ± 2.3
		0%	4.1 ± 1.4	4.8 ± 2.7	2.6 ± 2.4	2.2 ± 2.0
	Estiagem	100%	3.0 ± 1.5	4.4 ± 1.6	4.3 ± 0.7	3.4 ± 0.4
		50%	2.9 ± 1.1	4.2 ± 1.5	4.2 ± 0.4	3.0 ± 0.3
		1%	3.1 ± 1.6	4.3 ± 2.3	3.0 ± 0.7	2.3 ± 0.3
		0%	2.8 ± 1.6	4.7 ± 4.6	1.5 ± 0.5	1.4 ± 0.5
Intensidade luminosa (µmol.s ⁻¹)	Chuvoso	100%	114.7 ± 1.4	303.8 ± 12.2	370.8 ± 10.3	26.7 ± 11.2
		50%	39.3 ± 3.5	85.9 ± 9.6	85.0 ± 8.3	17.6 ± 7.6
		1%	3.7 ± 0.5	11.7 ± 2.3	4.4 ± 1.1	3.8 ± 1.3
		0%	0.1 ± 0.3	1.4 ± 0.3	0.01 ± 0.1	0.8 ± 0.1
	Estiagem	100%	888.0 ± 15.3	980 ± 16.9	1088.0 ± 34.2	1480.7 ± 43.2
		50%	372.4 ± 9.4	185.6 ± 13.2	872.4 ± 23.4	1185.6 ± 23.2
		1%	68.4 ± 4.5	28.5 ± 8.9	88.4 ± 15.6	98.5 ± 14.3
		0%	0.8 ± 0.1	1.0 ± 0.8	1.8 ± 0.8	0.006 ± 0.001
pH	Chuvoso	100%	8.6 ± 0.2	8.5 ± 0.2	8.8 ± 0.1	8.8 ± 0.1
		50%	8.5 ± 0.1	8.5 ± 0.3	8.9 ± 0.1	8.8 ± 0.1
		1%	8.5 ± 0.1	8.4 ± 0.2	8.8 ± 0.2	8.6 ± 0.2
		0%	8.0 ± 0.3	8.4 ± 0.2	8.3 ± 0.2	8.3 ± 0.1
	Estiagem	100%	8.8 ± 0.1	8.5 ± 0.2	8.8 ± 0.1	8.4 ± 0.4
		50%	8.8 ± 0.1	8.5 ± 0.3	8.6 ± 0.3	8.3 ± 0.3
		1%	8.8 ± 0.1	8.4 ± 0.2	8.3 ± 0.4	8.1 ± 0.2
		0%	8.1 ± 0.3	8.4 ± 0.2	8.0 ± 0.1	8.0 ± 0.5
Turbidez (NTU)	Chuvoso	100%	42.2 ± 10.4	40.6 ± 8.1	70.3 ± 8.9	73.6 ± 8.7
		50%	37.2 ± 5.6	40.9 ± 8.0	63.3 ± 2.8	72.0 ± 6.2
		1%	41.1 ± 1.5	38.0 ± 6.1	64.0 ± 1.0	74.0 ± 12.2
		0%	60.4 ± 32.7	55.5 ± 5.0	61.6 ± 13.2	66.6 ± 6.6
	Estiagem	100%	33.1 ± 3.8	36.2 ± 4.0	45.6 ± 7.3	41.7 ± 2.8
		50%	31.5 ± 2.6	36.4 ± 6.1	40.3 ± 4.5	37.5 ± 2.1
		1%	33.7 ± 0.5	34.9 ± 5.1	62.6 ± 16.0	38.0 ± 6.9
		0%	27.6 ± 12.2	41.1 ± 7.7	86.6 ± 30.5	48.8 ± 5.7
Fosforo Total (µg.L ⁻¹)	Chuvoso	100%	89.5 ± 31.0	99.5 ± 43.6	170.3 ± 90.4	188.6 ± 104.7
		50%	97.0 ± 17.6	88.1 ± 43.5	150.8 ± 31.6	267.8 ± 229.5
		1%	97.8 ± 53.0	116.1 ± 39.0	217.8 ± 116.9	209.5 ± 87.0
		0%	146.7 ± 50.9	134.2 ± 259.6	209.7 ± 75.5	263.6 ± 224.4
	Estiagem	100%	104.5 ± 9.0	113.6 ± 23.2	233.6 ± 33.7	239.5 ± 65.1
		50%	87.8 ± 23.2	97.0 ± 28.8	222.0 ± 23.8	247.0 ± 25.3
		1%	89.5 ± 26.3	103.1 ± 93.9	252.1 ± 38.8	233.6 ± 11.8
		0%	117.1 ± 15.6	47.2 ± 53.1	260.0 ± 31.6	260.3 ± 3.81

Nitrogênio Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Chuvoso	100%	91.5 ± 74.7	82.4 ± 54.9	104.5 ± 52.0	134.9 ± 112.0
		50%	88.2 ± 49.1	62.0 ± 46.1	91.6 ± 47.0	191.8 ± 179.1
		1%	46.6 ± 71.3	77.5 ± 57.4	127.2 ± 51.6	104.3 ± 46.1
		0%	92.4 ± 73.6	67.6 ± 41.0	107.3 ± 40.5	102.3 ± 43.4
	Estiagem	100%	117.7 ± 64.6	46.1 ± 38.9	62.4 ± 90.8	228.4 ± 60.4
		50%	109.9 ± 59.7	95.0 ± 85.7	149.5 ± 125.6	148.7 ± 130.0
		1%	117.1 ± 57.8	103.6 ± 15.2	148.7 ± 128.2	130.0 ± 219.7
		0%	104.4 ± 42.5	234.5 ± 177.9	142.9 ± 127.5	132.9 ± 116.1
NT/PT ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Chuvoso	100%	0.92 ± 0.6	0.84 ± 0.57	0.64 ± 0.32	0.61 ± 0.42
		50%	0.89 ± 0.4	0.65 ± 0.44	0.65 ± 0.46	0.69 ± 0.24
		1%	0.66 ± 1.0	0.61 ± 0.41	0.63 ± 0.27	0.52 ± 0.27
		0%	0.55 ± 0.4	0.42 ± 0.23	0.53 ± 0.23	0.50 ± 0.28
	Estiagem	100%	1.11 ± 0.5	0.42 ± 0.33	0.26 ± 0.38	0.95 ± 0.10
		50%	1.34 ± 0.9	1.21 ± 1.37	0.66 ± 0.52	0.62 ± 0.53
		1%	1.31 ± 0.5	1.10 ± 1.08	0.61 ± 0.59	0.94 ± 0.18
		0%	0.87 ± 0.2	0.35 ± 0.47	0.56 ± 0.47	0.51 ± 0.44

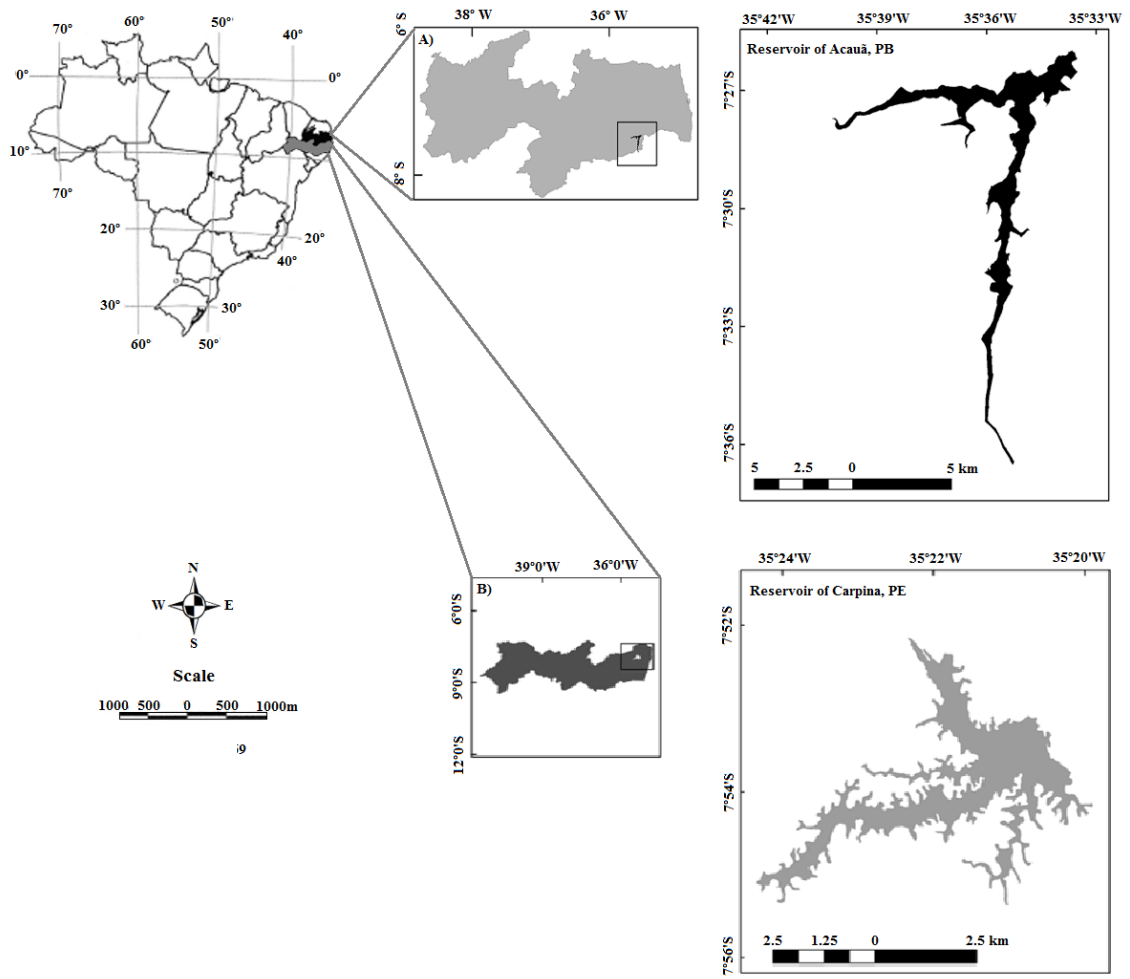


Fig. 1

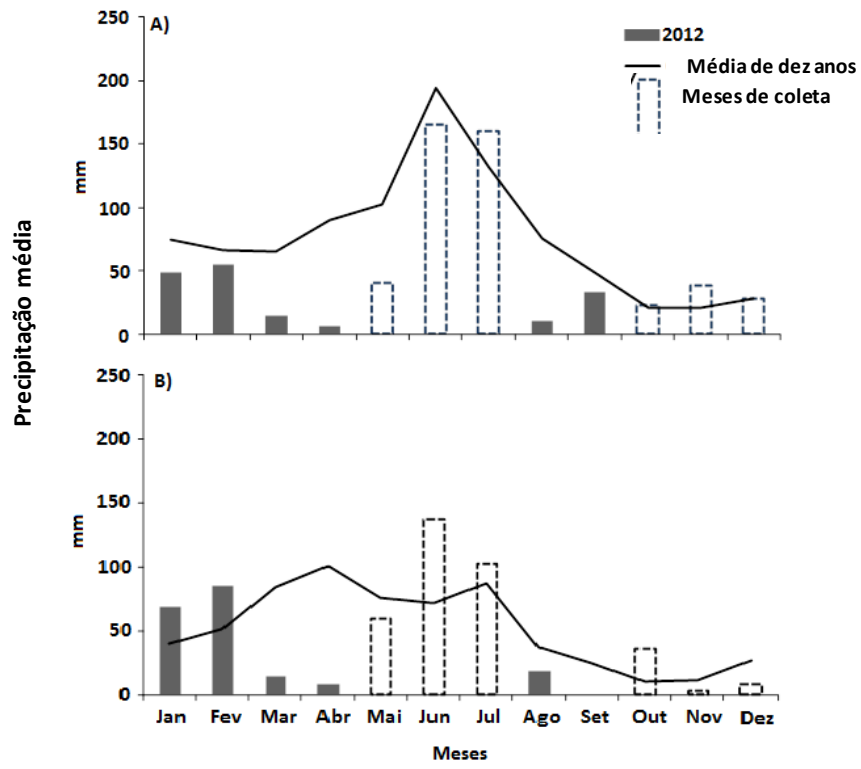


Fig. 2

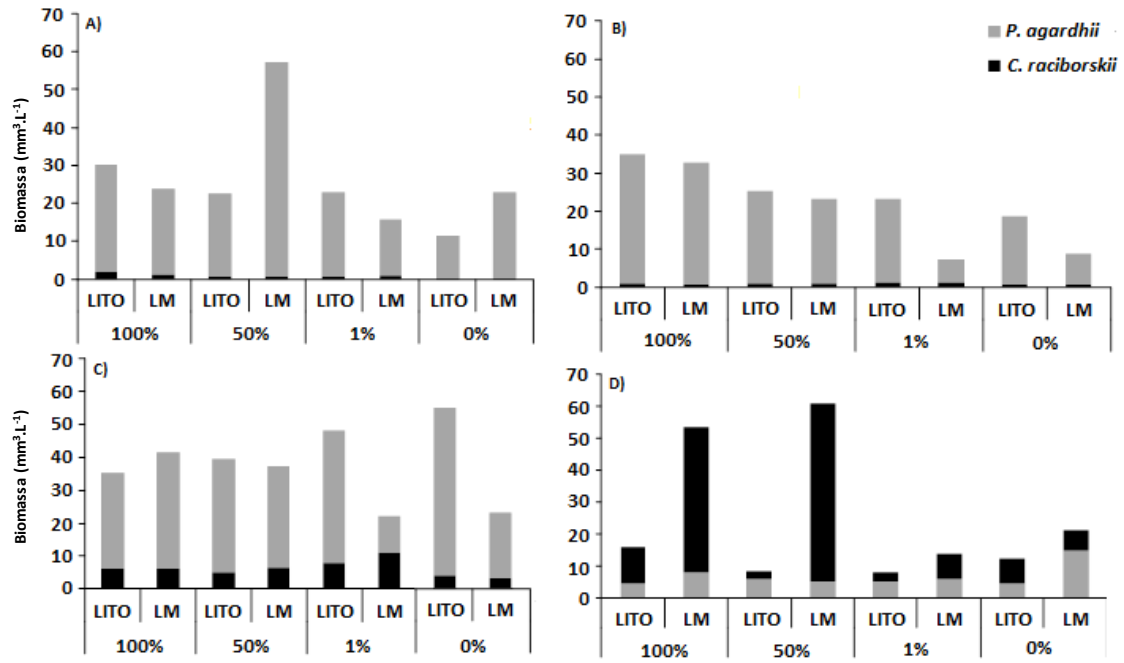


Fig. 3

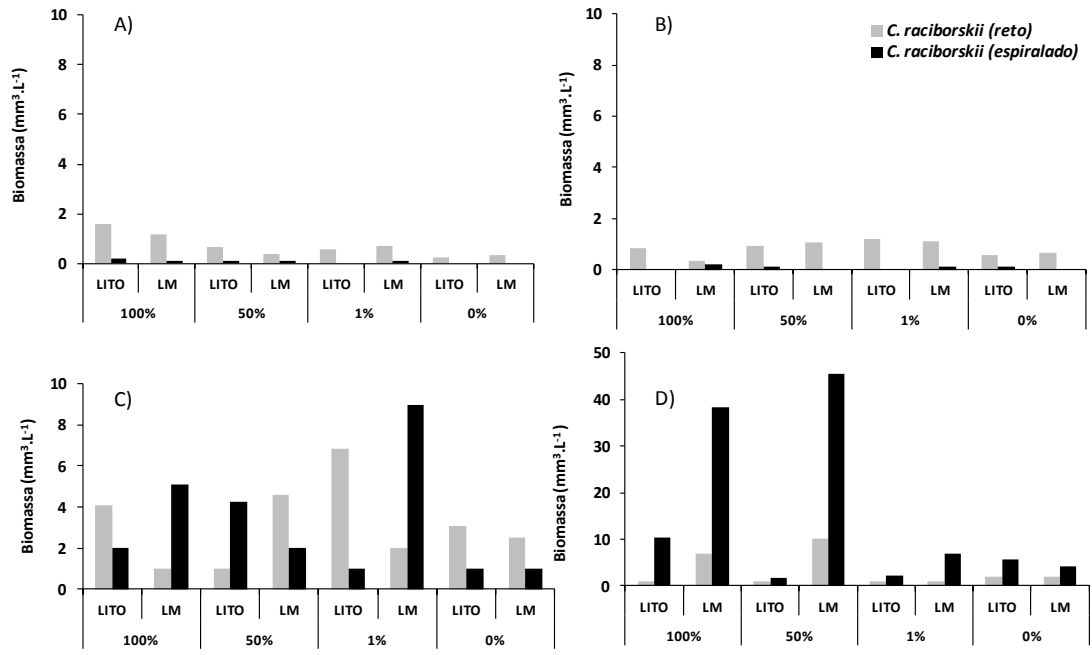


Fig.
4

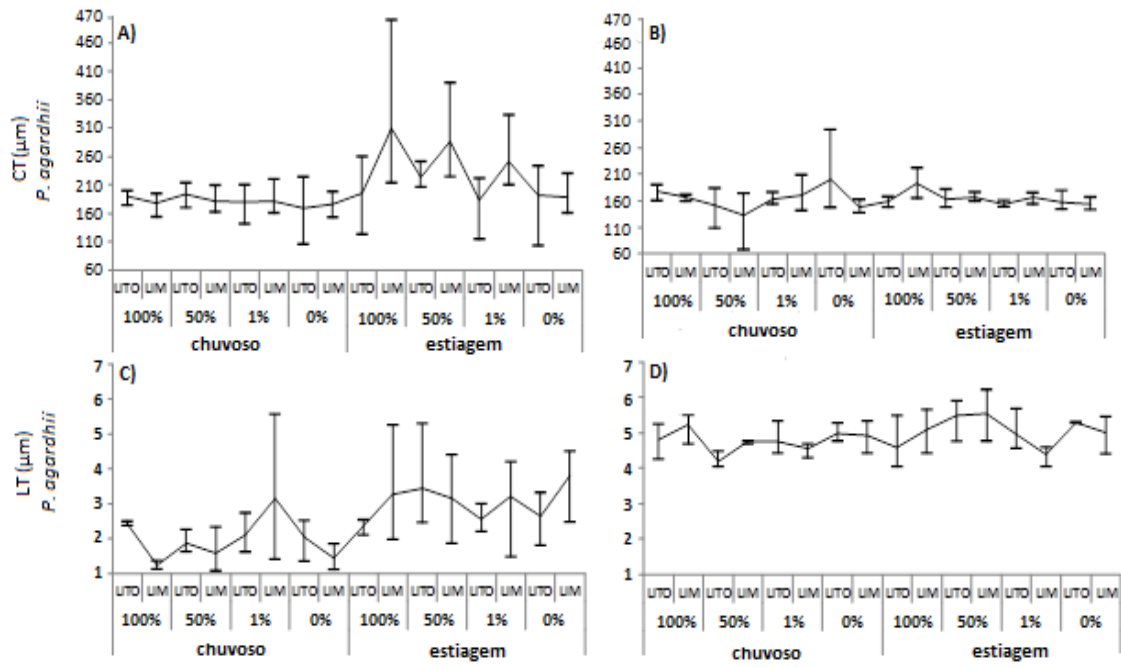


Fig.5

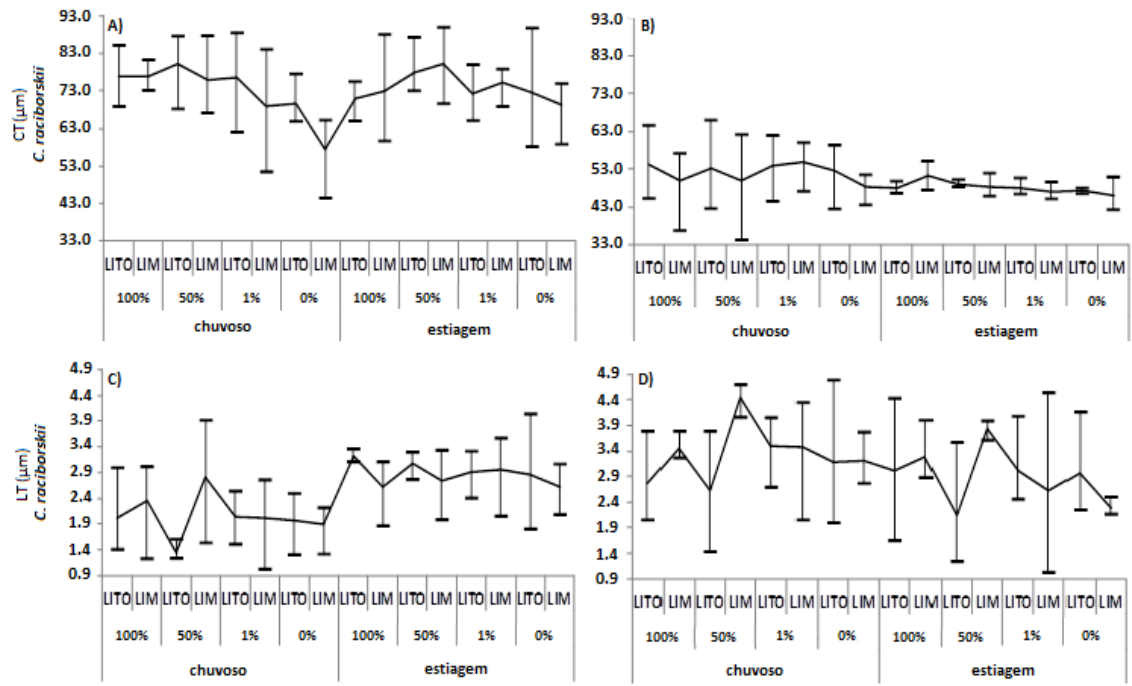


Fig. 6

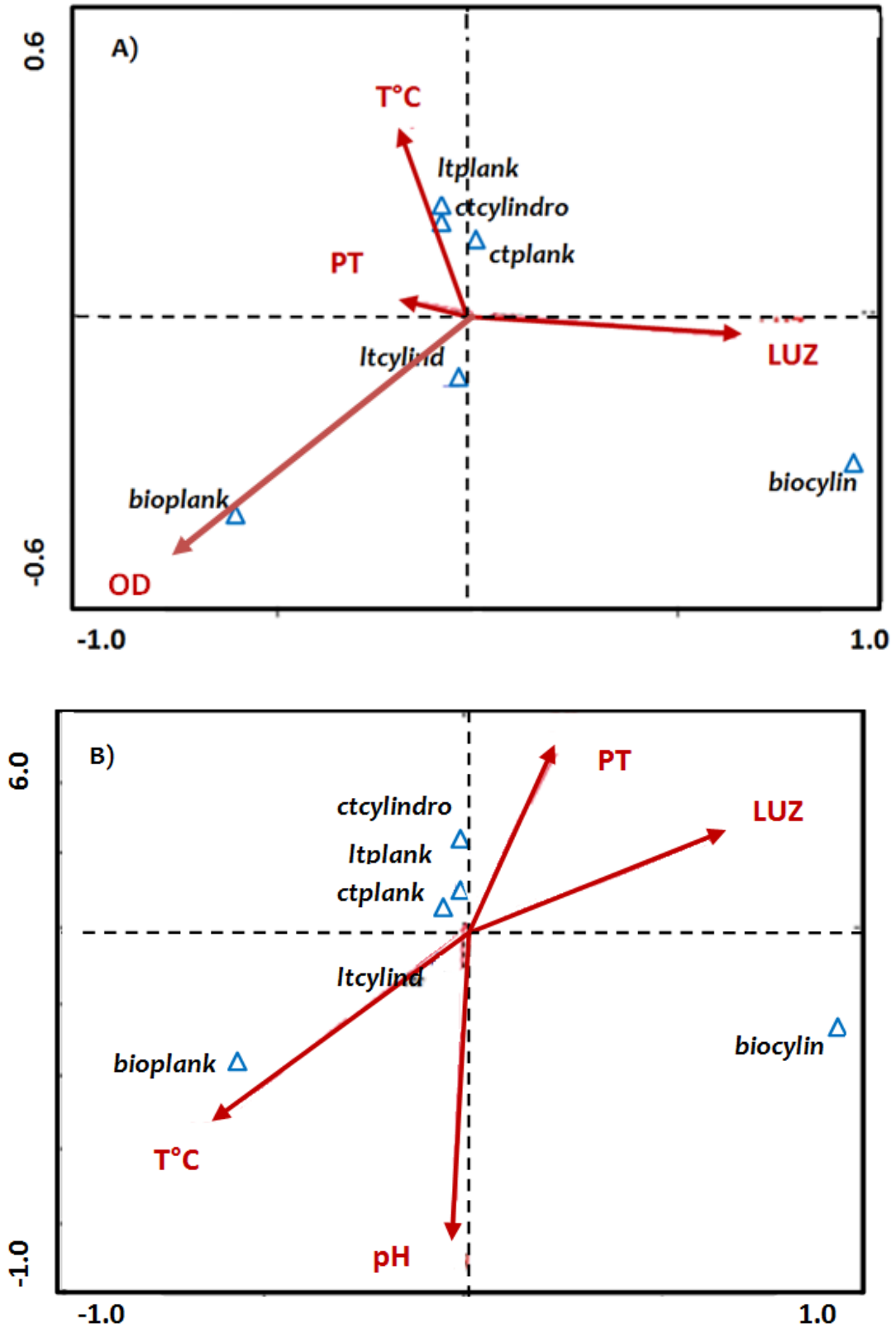


Fig. 7

ARTIGO 2

VARIAÇÃO VERTICAL E NICTEMERAL DE *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek (Oscillatoriales – Phormidiaceae) EM RESERVATÓRIO TROPICAL, NORDESTE DO BRASIL

Artigo a ser enviado para a revista

Qualis Capes: A2

Fator de Impacto: 1.985

Hydrobiologia
 Springer

Recife

2015

Variação vertical e nictemeral de *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek (Oscillatoriales – Phormidiaceae) em reservatório tropical (Nordeste do Brasil).

* Patrícia Campos de Arruda Queiroz • Ariadne do Nascimento Moura • José Etham de Lucena Barbosa • Manoel Messias da Silva Costa • Ênio Woclyli Dantas • Enide Eskinazi Leça

Variação vertical e temporal de *Planktothrix agardhii*.

*** Patrícia Campos de Arruda**

Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52.171-900, Recife, Pernambuco, Brasil.

e-mail: pattycamposbio@yahoo.com.br

Ariadne do Nascimento Moura

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Rua Dom Manoel de Medeiros, s / n, Dois Irmãos, 52.171-900, Recife, Pernambuco, Brasil.

José Etham de Lucena Barbosa

Depto. Biologia/CCBS/Laboratório de Ecologia Aquática – LEAq. Rua Baraúnas, 351 – Bairro Universitário, 58429-500 – Campina Grande, Paraíba, Brasil.

Manoel Messias da Silva Costa

Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52.171-900, Recife, Pernambuco, Brasil.

Ênio Woclyli Dantas

Depto. Biologia/CCBS/Laboratório de Ecologia Aquática – LEAq. Rua Baraúnas, 351 – Bairro Universitário, 58429-500 – Campina Grande, Paraíba, Brasil.

Enide Eskinazi Leça

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Rua Dom Manoel de Medeiros, s / n, Dois Irmãos, 52.171-900, Recife, Pernambuco, Brasil.

Resumo: Os fatores ambientais (hidrológicos e climatológicos) que influenciam na morfométricas e biomassa de *Planktothrix agardhii*, ao longo das variações espaciais e temporais em reservatório localizado na região semiárida do Brasil (Acauã, Paraíba). As coletas foram realizadas em três profundidades com intervalos de quatro horas (períodos claro e escuro), em dois períodos sazonais (período chuvoso e de estiagem). *P. agardhii* foi dominante durante o ano todo. Os maiores tricomas ocorreram nos dois primeiros estratos da coluna d'água, em 100% de luz (média= 406 ± 96.5) e 50% de luz (623 ± 126.73). A distribuição da espécie foi influenciada pelos níveis de intensidade de luz, independentemente do período sazonal, estando os tricomas maiores e mais finos distribuídos nas camadas em que a incidência luminosa foi menor. *P. agardhii* foi dominante no reservatório de Acauã, estando persistente durante o ano todo. A variação da biomassa também foi influenciada pela sazonalidade, com elevação no período chuvoso, em decorrência das alterações nas concentrações de fósforo. Estas variações apresentaram relação significativa com a biomassa fitoplanctônica, permitindo perceber que a dominância de *P. agardhii* influencia a comunidade algal.

Palavras-chave: biomassa, morfometria, fatores ambientais.

Introdução

O crescimento excessivo de cianobactérias planctônicas está entre as principais ameaças que comprometem o uso dos recursos hídricos continentais (Reynolds et al., 1987; Bonilla et al., 2012). A presença e o crescimento destes organismos são determinados pelos seus requerimentos ecológicos, com influência de fatores como luz, temperatura e nutrientes (Collier et al., 1978; Reynolds, 1984). As modificações dessas variáveis ambientais podem explicar o fenômeno das florações (Hašler et al., 2003).

Entre as cianobactérias formadoras de florações destacam-se aquelas espécies enquadradas no gênero *Planktothrix*, as quais além de se destacarem pela abundância e dominância são também responsáveis pela produção de toxinas, substâncias bastante nocivas ao meio ambiente (Komarek & Komarkova, 2004; Tonk et al., 2005).

Estudos referentes às relações dos fatores ambientais sobre o crescimento de *Planktothrix* apontam que eles necessitam de uma menor intensidade de luz em comparação com outros organismos fototróficos (Van Liere, 1979; Feuillade et al., 1992; Halstvedt et al., 2007).

Dentre as espécies deste gênero, destaca-se *P. agardhii*, a qual, apesar de ser cosmopolita, é considerada componente importante na flora planctônica de lagos rasos,

especialmente em países da Europa como, por exemplo, em lagos localizados na França (Feuillade et al., 1996), Alemanha (Fastner et al., 1999; Teubner et al., 1999), Inglaterra (Davis et al., 2003), Espanha (Almodóvar et al., 2004), Suécia (Halstvedt et al., 2007) e Polônia (Kokocinski et al., 2011), onde é reconhecida por sua capacidade de produzir densas florações (Scheffer et al., 1997; Tonk et al., 2005; Akcaalan et al., 2006). Populações de *P. agardhii* ocorrem frequentemente nos primeiros estratos da coluna d'água em reservatórios eutrofizados, caracterizados por pequenas profundidades, alta temperatura, baixa intensidade luminosa e grande disponibilidade de nutrientes (Oberhaus et al., 2007). Nessas condições, esta espécie pode acelerar seu crescimento (Tonk et al., 2005; Halstvedt et al., 2007) podendo comprometer o crescimento das outras algas.

Alguns estudos também atestam que podem ocorrer diferenças anuais e nictemerais na morfologia dos filamentos de *P. agardhii*, quando a espécie se torna perene e sofre a ação das variações anuais das condições ambientais (Romo, 1994; Hašler & Poulícková, 2003).

No Brasil, *P. agardhii* tem sido registrada em reservatórios utilizados no abastecimento público, irrigação e recreação (Chellappa et al., 2009; Gemelgo et al., 2009; Werner, 2010; Nogueira et al., 2011; Bittencourt-Oliveira et al., 2012). Em reservatórios localizados na região nordeste do País, a ocorrência da espécie está relacionada a fatores como a alta temperatura e elevadas concentrações de nutrientes, especialmente fósforo (Dantas et al., 2011; Moura et al., 2011; Moura et al., 2012). A maioria dos estudos, nessa região, avalia aspectos ecológicos e fisiológicos de *P. agardhii* ou de outras espécies de cianobactérias (Bouvy et al., 2003; Barbosa & Mendes, 2005; Moura et al., 2007; Panosso et al., 2007; Chellappa et al., 2009; Costa et al., 2009; Dantas et al., 2011; Lira et al., 2011; Bittencourt-Oliveira et al., 2012). Entretanto, no que se refere à caracterização morfológica de espécies do gênero *Planktothrix*, as informações ainda são escassas e pouco detalhadas.

Em virtude da ocorrência e importância ecológica de *P. agardhii* em reservatórios da região semiárida do Brasil, torna-se necessário o desenvolvimento de estudos que visem avaliar os efeitos das condições hidrológicas e climatológicas sobre as variações morfométricas, biomassa e distribuição na coluna d'água, em um ciclo anual completo ou sob curtos intervalos de tempo (horas). O conhecimento de tais modificações representa uma ferramenta importante para a bioindicação das influências ambientais em regiões tropicais e poderá trazer informações inéditas, sobre a forma de lidar com futuras florações destas populações.

O objetivo deste trabalho foi determinar os fatores ambientais (hidrológicos e climatológicos) que influenciam nas variações espaciais e temporais através de dados

morfométricos e de biomassa de *P. agardhii*, em reservatório localizado no trópico semiárido do nordeste do Brasil (Acauã, Paraíba).

Com este trabalho pretende-se responder a seguinte questão: 1) Em regiões tropicais as mudanças verticais e temporais (nictemerais e sazonais) na distribuição da biomassa e morfometria de *P. agardhii* são promovidas por quais fatores ambientais?

Material e métodos

ÁREA DE ESTUDO

O reservatório de Acauã, situado na região do médio curso do rio Paraíba, (latitudes 7°27,5'3''S e 7°28'31.4''S e longitudes 35°35'52.6''W e 35°35'3.4''W) (Fig. 01), possui 253,142.247 m³ de capacidade de acumulação, com profundidade máxima de 40 m e média de 25 m. O clima da região é do tipo A'- tropical chuvoso, quente e úmido, com o período de chuvas concentrado entre os meses de março a agosto, com totais pluviométricos mensais acima de 100 ml e o período de estiagem para esta região se estende de setembro a fevereiro abaixo de 100 ml (AESAs, 2013). Os seus afluentes (rios Paraíba e Paraibinha), são os que contribuem para o aporte de água neste reservatório, tendo uma alimentação especialmente fluvial.

COLETA DE DADOS

As coletas foram realizadas em tréplicas com auxílio da garrafa de van Dorn, em dois períodos anuais e nectemerais: chuvoso (30 e 31 de julho de 2012) e estiagem (04 e 05 de dezembro de 2012), com intervalos de quatro horas. Os horários claros corresponderam aos intervalos de 08h:00min, 12h:00min e 16h:00min e os escuros, 20h:00min, 00h:00min e 04h:00min. As profundidades de amostragens foram determinadas, de acordo com o gradiente de penetração da luz, através do procedimento descrito por Cole (1994), sendo duas profundidades na zona fótica: superfície (100% de luz), subsuperfície (50% de luz) e uma na zona afótica (0% de luz).

VARIÁVEIS ABIÓTICAS

As variáveis ambientais medidas *in situ* foram: transparência da água (m) com o uso do disco de Secchi, pH com potenciômetro (Digimed, DMPH-2), turbidez com turbidímetro (Hanna Instruments, HI 93703), temperatura da água (°C) e o oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹) com oxímetro (Schott Glaswerke Mainz, handylab OX1) e intensidade de luz com fotômetro marca LICor 250.

Os nutrientes analisados foram fósforo total (PT, $\mu\text{g.L}^{-1}$), nitrogênio inorgânico total (NT, $\mu\text{g.L}^{-1}$), de acordo com Valderrama (1981), nitrato (NO_3 , $\mu\text{g.L}^{-1}$), amônia (NH_3 , $\mu\text{g.L}^{-1}$), nitrito (NO_2 , $\mu\text{g.L}^{-1}$), segundo Standard Methods (APHA, 1992) e ortofosfato (PO_4 , $\mu\text{g.L}^{-1}$), de acordo com a metodologia descrita por Mackareth et al (1978) e a razão das concentrações de NT:PT foi calculada baseado no método descrito por Downing & McCauley (1992).

VARIÁVEIS BIÓTICAS

Das amostras de água coletadas com a garrafa de van Dorn foram retiradas subamostras de 200 ml que foram preservadas com lugol acético a 1%. Os organismos fitoplanctônicos foram analisados sob um microscópio óptico (Zeiss/Axioskop) e identificados no menor nível taxonômico possível, utilizando-se bibliografia especializada Prescott & Vinyard (1982), Komárek & Fott (1983), Komárek & Anagnostidis (1999; 2005), Popovský & Pfiester (1990), Krammer & Lange-Bertalot (1991a, b). Para a determinação da densidade (ind.L^{-1}), seguiu-se o método de Utermöhl (1958). Os organismos foram quantificados em transectos, usando um microscópio invertido Zeiss, modelo Axiovert 135M, de acordo com Weber (1973). A biomassa ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$) foi determinada a partir da densidade (ind.mL^{-1}) e do biovolume específico do indivíduo (μm^3), este foi calculado segundo Hillebrand et al. (1999).

A análise morfométrica de *P. agardhii* foi realizada de acordo com as características morfológicas apresentadas no sistema de Komárek & Anagnostidis (2005), tais como: dimensão celular (comprimento e largura da célula) e comprimento do tricoma. As observações das variações morfológicas foram realizadas em um microscópio óptico (Zeiss/Axioskop) com ocular micrometrada. O número de tricomas medidos ($n=100$) foi determinada através do cálculo da suficiência amostral como uma função do coeficiente de variação do comprimento do tricoma e dimensões celulares no intervalo de 10% de acordo com Scheaffer et al. (1979). As médias e desvios padrão das larguras e comprimento celulares foram calculados através do Software SAS versão 8.0 (1999). Para melhor visualização das diferenças e similaridades entre o comprimento e largura dos tricomas foi utilizado o método de Golubic & Focke (1978).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Análise de variância (ANOVA fatorial a x b) foram realizadas para verificar a existência de diferenças nas variáveis bióticas e abióticas ($p < 0,05$) entre as profundidades e os períodos claros e escuros. Para verificar as diferenças sazonais entre estas variáveis foi utilizado o teste *t* usando o software BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2007). Foram realizados testes de correlação de Spearman entre a biomassa e atributos morfométricos de *P. agardhii* e as

variáveis abióticas para investigar as principais variáveis relacionadas à distribuição desta espécie. O programa estatístico utilizado para estas análises foi o Statistica 7.

Resultados

VARIÁVEIS ABIÓTICAS

O reservatório possui águas oxigenadas, alcalinas e quentes, com temperaturas elevadas na superfície no período chuvoso (Figura 2) e variação significativa ($p < 0.03$) entre as profundidades ao longo da coluna de água durante a estiagem. As concentrações de fósforo e nitrogênio foram elevadas, com diferenças sazonais significativas ($p < 0,05$) para o nitrito, nitrogênio total e ortofosfato solúvel (Figura 2). No período de estiagem ocorreu diminuição na concentração do fósforo dissolvido, sem diferenças significativas na coluna de água. A amônia, nitrato e o fósforo total apresentaram variações espaciais significativas ($p < 0,04$) apenas no período chuvoso. Diferenças significativas diárias foram observadas apenas para o nitrogênio total ($p < 0,01$).

VARIÁVEIS BIÓTICAS

A comunidade fitoplanctônica esteve representada por 31 espécies distribuídas em 6 classes, sendo as mais representativas Cyanophyceae (45%), Chlorophyceae (26%) e Bacillariophyceae (13%), seguida por Euglenophyceae (3%) e Dynophyceae (3%). Representantes das classes Chamydophyceae e Zygnemaphyceae foram exclusivas para o período chuvoso. A riqueza específica foi maior no período chuvoso (29 espécies), com valores reduzidos no período de estiagem (19 espécies). A biomassa do fitoplâncton também foi maior no período chuvoso (Tabela I), sendo as espécies de *Planktotrix agardhii*, *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Geitlerinema amphibium* as que mais contribuíram para a elevação da biomassa nos dois períodos sazonais.

Tricomas de *P. agardhii* com maiores comprimentos foram registrados durante o período chuvoso (162 a 687 μm , $X = 94.1 \pm 179.5$) e os menores no período de estiagem (145 a 499 μm , $X = 346 \pm 132.2$) (Figura 3). Não foram verificadas diferenças significativas no comprimento dos tricomas entre os períodos sazonais.

Tricomas mais largos foram observados no período chuvoso (4.1 a 6.2 μm , $X = 5.1 \pm 0.62$) e os menores durante o período de estiagem (4.04 a 5.5 μm , $X = 4.6 \pm 0.4$) com diferenças significativas entre os dois períodos ($t = 2.3$, $p = 0.02$).

Os maiores comprimentos celulares foram registrados no período de estiagem com variação de 2.8 a 3.8 μm ($X=3.2\pm 0.34$) e os menores comprimentos no período chuvoso 2.05 a 3.95 ($X=3.1\pm 0.80$), sem diferenças significativas entre os dois períodos.

Análise de correlação mostrou que durante o período chuvoso o comprimento de *P. agardhii* esteve diretamente correlacionado com a relação N:P ($r=0.57$), com a intensidade luminosa ($r=0.54$) e o pH ($r=0.69$) e a largura do tricoma correlacionou-se inversamente com o PT ($r=-0.7$), NT ($r=-0.5$) e diretamente com a razão N:P ($r=0.70$).

No período de estiagem foi verificada correlação direta do comprimento do tricoma com a intensidade de luz ($r=0.54$) e turbidez ($r=0.47$) e a largura do tricoma correlacionou-se com a turbidez da água ($r=0.69$).

As variações dos comprimentos e larguras dos tricomas nos diferentes horários e profundidades amostrais são apresentadas na figura 3. Foram verificadas diferenças significativas para o comprimento do tricoma apenas entre as profundidades ($F=67.69$, $p=0.0001$).

Variações na biomassa de população de *P. agardhii* estão na tabela I. Diferenças significativas da biomassa foram verificadas entre as profundidades, no período chuvoso ($F=9.13$ $p<0.01$) e entre os horários no período de estiagem ($F=52.35$ $p<0.01$). A análise de correlação mostrou durante o período chuvoso a influência dos fatores ambientais: N:P ($r=0.65$) e pH ($r=0.60$) na biomassa de *P. agardhii*, e no período de estiagem, intensidade luminosa ($r=0.70$), temperatura ($r=0.68$), turbidez ($r=0.61$) e a relação N:P ($r=0.50$).

Discussão

Os reservatórios do nordeste do Brasil apresentam alto grau de eutrofização, decorrente de seus múltiplos usos, e são caracterizados por alta concentração de fósforo e nitrogênio, baixa transparência e baixa amplitude anual da temperatura. Nestes mananciais, as variações físicas e químicas da água estão diretamente relacionadas às variações climáticas regionais (Barbosa et al., 2012; Soares et al., 2013), tendo estas flutuações um papel fundamental na caracterização dos ecossistemas aquáticos, especialmente naqueles localizados em regiões tropicais.

No reservatório de Acauã (nordeste do Brasil) as condições hidrológicas seguiram o mesmo padrão dos demais reservatórios da região, com características típicas de um ambiente tropical eutrofizado. Ambientes eutróficos, principalmente reservatórios e lagos rasos, têm sido considerados propícios para o desenvolvimento maciço de cianobactérias, as quais chegam a dominar a comunidade fitoplanctônica, não só no Brasil como em diversas partes do

mundo (Reynolds et al., 1987; Santos et al., 2013). Em alguns casos, essas florações são dominadas por espécies filamentosas, produtoras de substâncias tóxicas, destacando-se *P. agardhii*, espécie amplamente distribuída em águas continentais caracterizadas por alta temperatura, alta intensidade luminosa e alta disponibilidade de nutrientes (Van Liere & Mur, 1980; Hašler et al., 2003).

Neste cenário, a espécie pode acelerar os índices de crescimento e, também, aumentar a produção de microcistina (Tonk et al., 2005). Pesquisas realizadas em populações perenes de *P. agardhii* sugerem que a espécie pode tolerar baixas intensidades luminosas e é frequentemente a espécie dominante em comunidades planctônicas de lagos rasos hipereutróficos (Scheffer et al., 1997; Nixdorf et al., 2003; Kokocinski et al., 2011), podendo apresentar diferenças anuais e diurnas na morfologia dos filamentos (Romo, 1994; Hašler & Poulícková, 2003; Poulícková et al., 2004). O crescimento desta espécie pode também ser favorecido pela limitação de nutrientes (Rücker et al., 1997) e altas concentrações de fósforo total (Bonilla et al., 2012).

No reservatório de Acauã (Nordeste do Brasil), *P. agardhii* foi dominante, ocorreu durante os dois períodos anuais (chuvoso e estiagem) e em toda a coluna da água, podendo ser considerada uma espécie perene no reservatório. A espécie apresentou variações nos seus atributos morfométricos, em função da influência de alguns fatores ambientais que agiram diferentemente nos períodos anuais (chuvoso e estiagem).

Nos dois períodos anuais, verificou-se uma distribuição vertical, semelhante ao que se refere com o tamanho do tricoma, ou seja, durante o dia tanto na chuva quanto na estiagem, os tricomas maiores se concentraram na camada próxima a 50% de penetração da luz, enquanto tricomas menores ocorreram nas camadas a 100% de luz. Esta ocorrência pode estar relacionada ao fato das amostras terem sido coletadas em ano atípico quanto à distribuição das chuvas, com um prolongado período de estiagem, favorecendo uma maior penetração da luz nas camadas mais profundas durante os dois períodos anuais. Estes dados comprovam que no reservatório de Acauã, as variações morfométricas de indivíduos de *P. agardhii* estão condicionadas aos níveis limitantes de intensidade luminosa, tendo sido comprovado que, independentemente do período sazonal, tricomas maiores estão bem distribuídos nas camadas em que a incidência luminosa foi menor, assemelhando-se a resultados obtidos a partir de estudos controlados em cultivo (Van Liere, 1979; Van Liere & Mur, 1979; Ahlgren, 1985; Post et al., 1985; Thompson et al., 1991).

As variações no comprimento dos tricomas nas diferentes intensidades luminosas, especificamente na superfície e subsuperfície, comprovam que a luz promove uma migração vertical da espécie, que por sua vez é uma importante característica das cianobactérias

formadoras de florações (Walsby & Schanz, 2001). Trabalhos realizados em regiões temperadas (Pouličková et al., 2004, Hašler et al., 2003) mostram que maiores tricomas são encontrados nas regiões mais profundas dos lagos, em diferentes condições de luz e nutrientes. Em Acauã, os tricomas permanecem menores nas camadas mais profundas, com menores intensidades de luz (P0%) e temperatura, confirmando ser a luz um fator limitante para o crescimento da espécie, uma vez que a ausência da luz interferiu no crescimento da espécie nesta camada de água.

Considerando-se a variação nictemeral de *P. agardhii*, a distribuição vertical dos tricomas na coluna d'água no reservatório de Acauã apresentou algumas variações, com aumento das dimensões na superfície, durante o período noturno, provocando maiores concentrações no estrato superior da coluna d'água. Esses resultados vêm confirmar que a posição dos tricomas foi influenciada pela luz, a qual influenciou nas migrações e, conseqüentemente, na distribuição vertical dos tricomas em curtos espaços de tempo.

De acordo com Halstvedt et al. (2007), várias cianobactérias planctônicas filamentosas possuem vesículas gasosas que facilitam a permanência dos indivíduos em determinadas camadas da coluna d'água em resposta a alguns fatores ambientais. Essas vantagens, associadas à flutuação, incluem redução da perda por sedimentação, melhor aproveitamento da luz e acesso aos nutrientes, fatores que estão relacionados à facilidade de migração (Reynolds et al., 1981; Oliver & Ganf, 2000). Portanto, a mudança na distribuição vertical dos tricomas durante a variação nictemeral pode estar relacionada à migração, devido ao curto intervalo de tempo que ocorre.

Outro fator ambiental que também influenciou na redução nas dimensões de *P. agardhii* foi à diminuição da turbidez, conferindo menor vantagem ao seu desenvolvimento, sem interferir significativamente na sua condição de dominância. Em geral, a diminuição no tamanho dos tricomas pode ser considerado um mecanismo de redução da energia para manutenção das células sob condições de altas temperaturas e luminosidade (Romo, 1994).

Sendo assim, variáveis físicas comparadas à influência dos nutrientes explicam mais claramente as mudanças nas dimensões de espécies em sistemas dominados, durante todo o ano, por cianobactérias (Soares et al., 2009). Neste aspecto, as variações na incidência de luz e a turbidez foram os fatores que mais influenciaram na morfometria de *P. agardhii*, no reservatório de Acauã.

Especificamente no período chuvoso, ocorreu uma relação significativa da morfometria de *P. agardhii* com a relação N/P, seguindo padrão verificado em Rucker et al. (1997) e Huszar et al. (2000) que concluíram ser a redução de N/P vantajosa para espécies de cianobactérias, inclusive *P. agardhii*.

Uma vez que, o reservatório se caracterizou como eutrófico durante todo o ano, as variações no tamanho da célula podem, também, terem sido influenciadas pelos atributos físicos da espécie, inclusive o auto-sombreamento provocado pela sua elevada biomassa, a qual pode ter induzido as mudanças nas dimensões dos seus tricomas nas profundidades com penetração de 50% de luz.

A variação sazonal e nictemeral da biomassa de *P. agardhii* ($\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) seguiu o mesmo padrão das variações morfométricas da espécie, com maiores valores durante o período chuvoso e menores no período de estiagem, variando de acordo com o comprimento dos filamentos. O aumento da biomassa durante o período chuvoso esteve condicionado, não só pelas dimensões dos filamentos como, também, pelas elevadas concentrações de fósforo.

Em ambos os períodos sazonais a maior biomassa se deu na superfície e subsuperfície, diferentemente dos lagos das regiões temperadas em que florações de *P. rubences* foram encontradas em regiões metalimnéticas (Davis et al., 2003), mostrando estratégias ambientais diferentes de espécies pertencentes ao mesmo gênero.

Muitos autores concordam que altas temperaturas provocam aumento da taxa de crescimento de muitos organismos fitoplancônicos, entretanto, tal situação acaba promovendo a substituição dos grupos taxonômicos, tais como clorofíceas e diatomáceas por cianobactérias, favorecidas e mais adaptadas às variações das condições ecológicas (Reynolds, 1984; Konopka & Brock, 1978; Pechar, 1995), podendo ser um dos fatores que contribuiu para a elevada biomassa de *P. agardhii* no reservatório de Acauã. Além disso, variações na biomassa do fitoplâncton podem ser indicadores sensíveis de alterações naturais ou antrópicas nos ecossistemas aquáticos (Padisák, 1992).

Conclusão

Pelo exposto, pode-se concluir que *P. agardhii* é uma espécie frequente e dominante no reservatório de Acauã (Paraíba, Brasil), ocorrendo nos dois períodos sazonais, em toda coluna d'água e nos períodos claro e escuro; sua distribuição vertical é influenciada pelos níveis de luminosidade, ocorrendo tricomas maiores e mais finos nas camadas em que a incidência luminosa é menor; a biomassa é maior durante o período chuvoso e está condicionada pelas elevadas concentrações de fósforo.

Referências

- Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Recursos Hídricos. Paraíba: AESA; Accessed: 23 julho 2013.
- Akcaalana, R., F.M. Youngb, S. James, J. S. Metcalfb, L. F. Morrisonb, M. Albaya & G. A. Codd, 2006. Microcystin analysis in single filaments of *Planktothrix* spp. in laboratory cultures and environmental blooms. *Water Research* 40: 1583-1590.
- Almodóvar, A., G. G. Nicola & M. Nuevo, 2004. Effects of a bloom of *Planktothrix rubescens* on the fish community of a Spanish reservoir. *Limnetica* 23: 167-178.
- Anagnostidis, K & J. Komárek, 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatoriales. *Archiv für Hydrobiologie Supplement* 80: 327-472.
- APHA, AWWA & WPCF, 1992. Standard methods for the examination of waster and waster-water. n.18. New York. 1193p.
- Ahlgren, G., 1985. Growth of *Oscillatoria agardhii* in chemostat culture 3. Simultaneous limitation of nitrogen and phosphorus. *British Phycological Journal* 20: 249-261.
- Barbosa, J. E. & J. Mendes, 2005. Estrutura da comunidade fitoplanctônica e aspectos físicos e químicos das águas do reservatório acauã, semi-árido paraibano. Reunião brasileira de Ficologia, 10, 2004, Salvador. *Anais da reunião brasileira de Ficologia*, Rio de Janeiro, museu nacional, p. 339-390.
- Bittencourt-Oliveira, M.C., S. N. Dias, A. N. Moura, M. K. Cordeiro-Araújo & E. W. Dantas, 2012. Seasonal dynamics of cyanobacteria in a eutrophic reservoir (Arcoverde) in a semi-arid region of Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 72: 533-544.
- Blom, J. F., J. A. Robinson & F. Jüttner, 2001. High grazer toxicity of [D-Asp(3) (E)-Dhb(7)] microcystin-RR of *Planktothrix rubescens* as compared to different microcystins. *Toxicon* 39:1923-1932.
- Bonilla, S., L. Aubriot, M. C. Soares, M. González-Piana, A. Fabre, V. L. Huszar, M. Lüring, D. Antoniades, J. Padisák & C. Kruk, 2012. What drives the distribution of the bloom-forming cyanobacteria *Planktothrix agardhii* and *Cylindrospermopsis raciborskii*? *FEMS Microbiology Ecology Marine* 79: 594-607.
- Bouvy, M., S. M. Nascimento, R. J. R. Molica & A. Ferreira, 2003. Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia* 493: 115-130.
- Calijuri, M. C., M. C. A., Alves & A. C. A. Santos, 2006. Cianobactérias e Cianotoxinas em Águas Continentais. *Rima*, São Carlos. 118p.

- Catherine, A., C. Quiblier, C. Yépreman, P. Got, A. Groleau, B. Vincon-Leite, C. Bernard & M. Troussellier, 2008. Collapse of a *Planktothrix agardhii* perennial bloom and microcystin dynamics in response to reduced phosphate concentrations in a temperate lake. *FEMS Microbiology Ecology Marine* 65: 61-73.
- Chellappa, N., F. Camara & O. Rocha, 2009. Phytoplankton community: indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves Reservoir and Pataxó Channel, Rio Grande do Norte, Brazil. *Brazilian Journal Biology* 69: 241-251.
- Collier, B. C., G. W. Cox, A. W. Johnson & P. C. Miller, 1978. *Ekologia dynamiczna (Dynamic ecology)*. PWRiL, Warszawa. 544p.
- Costa, I. A. S., S. R. S. Cunha, R. Panosso, M. F. F. Araújo, J. L. S. Melo & E. M. Eskinazi-Sant'anna, 2009. Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semiárido do Rio Grande do Norte. *Oecologia Brasiliensis* 13: 382-401.
- Dantas, E. W., A. N. Moura & M. C. Bittencourt-Oliveira, 2011. Cyanobacterial blooms in stratified and destratified eutrophic reservoirs in semiarid region of Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 83: 1327-1338.
- Davis, P. A., M. Dent, J. Parker, C. S. Reynolds & A. E. Walsby, 2003. The annual cycle of growth rate and biomass change in *Planktothrix* spp., in Blelham Tarn, English Lake District. *Freshwater Biology* 48: 852-867.
- Djediat, C., D. Moyenga, M. Malécot, K. Comte, C. Yéprémian, C. Bernard, S. Puiseux-Dao & M. Edery, 2011. Oral toxicity of extracts of the microcystin-containing cyanobacterium *Planktothrix agardhii* to the medaka fish (*Oryzias latipes*). *Toxicon* 58: 112-122.
- Downing, J. A. & E. Mccauley, 1992. The nitrogen: phosphorus relationship in lakes. *Limnology and Oceanography* 37: 936-945.
- Fastner, J., M. Erhard, W. W. Carmichael, F. Sun, K. L. Rinehart, H. Ronicke & I. Chorus, 1999. Characterization and diversity of microcystins in natural blooms and strains of the genera *Microcystis* and *Planktothrix* from German freshwaters. *Archiv für Hydrobiologie* 145: 147-163.
- Feuillade, M., J. Feuillade & J. P. Pelletier, 1992. Photosynthate partitioning in phytoplankton dominated by the cyanobacterium *Oscillatoria rubescens*. *Archiv für Hydrobiologie* 125: 441-461.
- Feuillade, C., R. W. Nero & R. H. Love, 1996. A low-frequency acoustic scattering model for small schools of fish. *Journal of the Acoustical Society of America* 99: 196-208.

- Gemelgo, M., J. Mucci & D. Navas-Pereira, 2009. Population dynamics: seasonal variation of phytoplankton functional groups in Brazilian reservoirs (Billings and Guarapiranga, São Paulo). *Brazilian Journal Biology* 69: 1001-1013.
- Gliwicz, Z. M., 1990. Why do cladocerans fail to control algal blooms? *Hydrobiologia* 200/201: 83-97.
- Halstvedt, C. B., T. Rohrlack, T. Andersen, O. Skulberg & B. Edvardsen, 2007. Seasonal dynamics and depth distribution of *Planktothrix* spp. in Lake Steinsfjorden (Norway) related to environmental factors. *Journal of Plankton Research* 29: 471-482.
- Hasler, P. & A. Poulícková, 2003. Diurnal changes in vertical distribution and morphology of natural population of *Planktothrix agardhii* (GOM.) Anagn., et Kom., (Cyanobacteria). *Hydrobiologia* 506-509: 195-201.
- Hillebrand, H., C. Rselén, D. Kirschtel, U. Pollinger & T. Zohary, 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal Phycology* 35: 403-424.
- Hossain, M. Y., M. A. S. Jewel, B. Fulanda, F. Ahamed, S. Rahman, S. Jasmine & J. Ohtomi, 2012. Dynamics of Cyanobacteria *Planktothrix* species (Oscillatoriales: Phormidiaceae) in Earthen Fish Ponds, Northwestern Bangladesh. *Sains Malaysiana* 41: 277-284.
- Huszar, V. L. M., L. H. S. Silva, M. Marinho, P. Domingos & C. L. Sant'anna, 2000. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia* 424: 67-77.
- Kokocinski, M., K. Stefaniak, J. Mankiewicz-Boczek, K. Izydorczyk & J. Soininen, 2010. The ecology of the invasive cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* (Nostocales, Cyanophyta) in two hypereutrophic lakes dominated by *Planktothrix agardhii* (Oscillatoriales, Cyanophyta). *European Journal of Phycology* 45: 365-374.
- Kokocinski, M., K. Stefaniak, J. Mankiewicz-Boczek, K. Izydorczyk, T. Jurczak & J. Soininen, 2011. Temporal variation in microcystin production by *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis and Komárek (Cyanobacteria, Oscillatoriales) in a temperate lake. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 47: 363-371.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis, 1999. Cyanoprokayota 1. In Ettl, H., G. Gartner, H. Heyning & D. Mollenhauer (eds), *Chroococcales. Subwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis, 2005. Cyanoprokayota 2. In Bridel, B., L. Krienitz, G. Gartner & M. Schargerl (eds), *Oscillatoriales. Müncher: Subwasserflora von Mitteleuropa*. Elsevier GmbH.
- Komárek, J. & B. Fott, 1983. *Chlorophyceae: Chlorococcales. Begründent von August Thienemann*, Stuttgart.

- Konopka, A. & T. D. Brock, 1978. Effect of temperature on blue-green algae (Cyanobacteria) in Lake Mendota. *Applied Environmental Microbiology* 36: 572-576.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot, 1991a. Bacillariophyceae, 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, Semper Bonis Artibus.
- Krammer, K. & H. Lange-Bertalot, 1991b. Bacillariophyceae, 4. Teil: Achananthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) and Gomphonema Gesamthitratverzeichnis Teil 1-4, Semper Bonis Artibus.
- Kruk, C., V. L. M. Huszar, E. T. H. M. Peeters, S. Bonilla, L. Costa, M. Lurling, C. S. Reynolds & M. Scheffer, 2010. A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwater Biology* 55: 614-627.
- Lira, G. A. S. T., E. L. Araújo, M. C. Bittencourt-Oliveira & A. N. Moura, 2011. Phytoplankton abundance, dominance, coexistence, and eutrophic reservoir in the state of Pernambuco, northeast Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 83: 1313-1326.
- Marckereth, F. Y. H., J. G. Heron & J. J. Talling, 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists Freshwater. *Biological Association* 36, 120p.
- Moura, A. N., E. W. Dantas, H. S. B. Oliveira & M. C. Bittencourt-Oliveira, 2011. Vertical and temporal dynamics of cyanobacteria in the Carpina potable water reservoir in northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 71:451-459.
- Moura, A. N., E. W. Dantas & M. C. Bittencourt-Oliveira, 2007. Structure of the phytoplankton in a water supply system in the state of Pernambuco - Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50: 645-654.
- Nogueira, I. S., W. A. Gama-Júnior & E. B. D'alessandro, 2011. Cianobactérias planctônicas de um lago artificial urbano na cidade de Goiânia, GO. *Revista Brasileira de Botânica* 34: 575-592.
- Oberhaus, L., M. Linas, B. Pinel-Alloul, A. Ghadouani & O. H. Jean-Fran, 2007. Grazing of two toxic *Planktothrix* species by *Daphnia pulex*: potential for bloom control and transfer of microcystins. *Journal of Plankton Research* 29: 827-838.
- Oberhaus, L., J. F. Briand, C. Lebouranger, S. Jacquet & J. F. Humbert, 2007. Comparative effects of the quality and quantity of light and temperature on the growth of *Planktothrix agardhii* and *P. rubescens*. *Journal of Phycology* 45: 1191-1199.
- Olrik, K., 1994. Phytoplankton ecology. Danish Environmental Protection Agency, Denmark. 183p.
- Oliver, R. L. & G. G. Ganf, 2000. Freshwater blooms. In B. A. Whitton & M. Potts (eds), The ecology of Cyanobacteria: their Diversity in Time and Space. *Kluwer Academic Publishers* 149-194.

- Padisák, J., 1992. Seasonal succession of phytoplankton in a large shallow lake (Balaton, Hungary) - a dynamic approach to ecological memory, its possible role and mechanisms. *Journal of Ecology* 80: 217-230.
- Panosso, R., I. A. S. Costa, N. R. Souza, J. L. Attayde, S. R. S. Cunha and F. C. F. Gomes, 2007. Cianobactérias e Cianotoxinas em Reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o Potencial Controle das Florações pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Oecologia Brasiliensis* 11: 433-449.
- Pechar, L., 1995. Long term changes in fishpond management as “unplanned ecosystem experiment”. *Water Science and Technology* 32(4): 187-196.
- Popovský, J. & L. A. Pfister, 1990. Dinophyceae (Dinoflagellida). Süßwasserflora von Mitteleuropa, Stuttgart.
- Prescott, G. W. & W. C. Vinyard, 1982. A Synopsis of North American Desmids. University of Nebraska Press, Nebraska.
- Paerl, H. W. 2008. Nutrient and Other Environmental Controls of Harmful Cyanobacterial Florações along the freshwater-marine continuum. In H. K. Hudnell (ed), Cyanobacterial Harmful Algal Florações: state of Science and Research Needs. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 619: 217-213.
- Post, A. F., R. Wit & L. R. Mur, 1985. Interactions between temperature and light intensity on growth and photosynthesis of the cyanobacterium *Oscillatoria agardhii*. *Journal of Plankton Research* 7: 487-495.
- Pouličková, A., P. Hašler & M. Kitner, 2004. Annual Cycle of *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. & Kom. Nature Population. *International Review of Hydrobiology* 89: 278-288.
- Reynolds, C. S., G. H. M. Jaworski, H. A. Cmiech & G. F. Leedale, 1981. On the annual cycle of the blue-green alga *Microcystis aeruginosa* Kütz. Emend Elenkin. *Philosophical transactions of the royal society of London* 293: 419-477.
- Reynolds, C. S., 1984. Phytoplankton periodicity: The interactions of form, function and environmental variability. *Freshwater Biology* 14: 111-142.
- Reynolds, C. S., V. Huszar, C. Kruk, L. Naselli-Flores & S. Melo, 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24:417-428.
- Romo, S., 1994. Seasonal variation in size of the cyanophytes *Planktothrix agardhii*, *Pseudoanabaena galeata* and *Geitlerinema* sp. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 25: 2221-2225.
- Rücker, J., C. Wiedner & P. Zippel, 1997. Factors controlling the dominance of *Planktothrix agardhii* and *Limnothrix redekei* in eutrophic shallow lakes. *Hydrobiologia* 342-343: 107-115.

- Sant'Anna, C. L. & M. T. P. Azevedo, 1995. Oscillatoriaceae (Cyanophyceae) from São Paulo State, Brazil. *Nova Hedwigia* 60: 19-58.
- Sant'Anna, C. L. & M. T. P. Azevedo, 2000. Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil. *Nova Hedwigia* 71: 359-385.
- Sant'Anna, C. L., S. S. Melcher, M. C. Carvalho, M. P. Gemelgo & M. T. P. Azevedo, 2007. Planktic Cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs, SP, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 1-17.
- Suda, S., M. M. Watanabe, S. Otsuka, A. Mahakahant, W. Yongmanitchai, N. Nopartnaraporn, Y. Liu & J. G. Day, 2002. Taxonomic revision of water-bloom-forming species of oscillatoroid cyanobacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 52: 1577-1595.
- Soares, M. C. S., M. I. A. Rocha, M. M. Marinho, A. M. F. O. Azevedo, C. W. C. Branco & V. M. Huszar, 2009a. Changes in species composition during annual cyanobacterial dominance in a tropical reservoir: physical factors, nutrients and grazing effects. *Aquatic Microbial Ecology* 57: 137-149.
- Scheffer, M., S. Rinaldi, A. Gragnani, L. R. Mur & E. H. Van Nes, 1997. On the dominance of tricomatous Cyanobacteria in shallow, turbid lakes. *Ecology* 78: 272-282.
- Teubner, K., R. Feyerabend, M. Henning, A. Nicklisch, P. Voitke & J. G. Kohl, 1999. Alternative blooming of *Aphanizomenon flos-aquae* or *Planktothrix agardhii* induced by the timing of the critical nitrogen: phosphorus ratio in hypertrophic riverine lakes. *Archives of Hydrobiology, Special Issues Advanced Limnology* 54: 325-344.
- Thompson, P. A., P. J. Harrison & J. S. Parslow, 1991. Influence of irradiance on cell volume and carbon quota for ten species of marine phytoplankton. *Journal of Phycology* 27: 351-360.
- Tonk, L., P. M. Visser, G. Christiansen, E. Dittmann, E. O. F. M. Snelder, C. Wiedner, L. R. Mur & J. Huisman, 2005. The Microcystin Composition of the Cyanobacterium *Planktothrix agardhii* Changes toward a More Toxic Variant with Increasing Light Intensity. *Applied and Environmental Microbiology* 71: 5177-5181.
- Tucci, A., C. L. Sant'Anna, R. C. Gentil & M. T. P. Azevedo, 2006. Fitoplâncton do Lago das Garças, São Paulo, Brasil: um reservatório urbano eutrófico. *Hoehnea* 33: 147-175.
- Utermöhl, H., 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie* 9: 1-38.
- Valderrama, G. C., 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry* 10: 109-122.

- Van Liere, L., 1979. Growth kinetics of *Oscillatoria agardhii* Gomont in continuous culture, limited in its growth by the light energy supply. *Journal of general microbiology* 115: 153-160.
- Van Liere, L. & L. R. Mur, 1979. Occurrence of *Oscillatoria agardhii* and some related species, a survey. In Barica, J. & L. R. Mur (eds), *Developments in Hydrobiology*, Dr W. Junk b.v. Publishers, The Hague, Netherlands: 2: 67-77.
- Werner, V. R., 2010. Cyanophyceae. In Forzza, R.C. (eds), *Catálogo de plantas e fungos do Brasil* 1: 356-366.

LEGENDAS DAS FIGURAS

Fig. 01 Localização geográfica do reservatório de Acauã/Paraíba, Nordeste do Brasil.

(☒) Local de coleta.

Fig. 02 Comportamento das variáveis abióticas nas diferentes profundidades ao longo dos horários claros e escuros, no período chuvoso e de estiagem, no reservatório de Acauã (Paraíba, Nordeste, Brasil). A) Temperatura da água (°C); B) oxigênio dissolvido (OD); C) pH; D) Turbidez; E) Amônia (NH₃); F) Nitrato (NO₃); G) Nitrogênio Total (NT); H) Nitrito (NO₂); I) Fósforo total (PT); J) Ortofosfato (PO₄); K) NT:PT; L) Intensidade luminosa (μmol).

Fig. 03 Médias e Desvio padrão dos comprimentos e larguras dos tricomas de *Planktothrix agardhii* em diferentes profundidades, nos períodos claro (PC) e escuro (PE), durante os ciclos nictemerais no Período chuvoso e período de estiagem no reservatório de Acauã, Paraíba- Nordeste, Brasil. (•) = médias (___) = desvio padrão.

CLASSES/ESPÉCIES	CHUVOSO						ESTIAGEM					
	P. CLARO			P. ESCURO			P. CLARO			P. ESCURO		
	100%	50%	0%	100%	50%	0%	100%	50%	0%	100%	50%	0%
CYANOPHYCEAE												
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West, W. & West, G.S.	0.13	-	-	0.05	0.06	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aphanizomenum</i> sp.	0.01	-	-	0.04	-	-	0.13	0.21	0.01	0.07	0.04	0.01
<i>Cylindrospermopsis racyborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju	2.08	1.90	0.43	1.08	0.82	0.37	2.68	2.25	0.93	1.54	1.32	0.53
<i>Coelomorum</i> sp.	0.11	0.27	1.72	0.45	0.01	0.17	-	-	-	-	-	-
<i>Geitlerinema amphibium</i> (C.Agardh ex Gomont) Anagnostidis	0.59	0.66	0.25	0.13	0.21	0.19	3.40	2.77	0.13	1.39	0.52	0.23
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	41.04	42.28	3.83	60.29	22.74	5.13	47.55	33.28	3.00	26.57	35.92	3.63
<i>Pseudoanabaena catenata</i> (Lemmermann) Komárek	-	-	-	-	-	-	0.11	0.05	-	0.04	0.01	-
<i>Sphaerpermopsis aphanizomenoides</i> (Forti) Hortobágyi & Komárek	0.03	0.03	0.04	0.05	0.02	0.02	-	1.04	0.03	-	-	-
CHLOROPHYCEAE												
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> H.C. Wood	0.03	-	0.03	0.05	0.08	-	-	-	-	-	-	-
<i>Monoraphidium contorta</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-
BACILLARIOPHYCEAE												
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simosen	0.07	0.01	0.03	-	-	0.92	-	-	-	-	-	-
<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simosen	0.87	1.11	0.46	1.00	0.43	0.22	0.17	0.14	0.04	0.13	0.09	0.07
<i>Cyclotella meghiniana</i> Kützing	0.01	0.01	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-
ZYGNEMAPHYCEAE												
<i>Closterium</i> sp.	0.01	0.02	-	0.02	0.01	-	-	-	-	-	-	-
EUGLENOPHYCEAE												
<i>Euglena</i> sp.	0.15	0.02	-	-	0.02	-	0.01	-	-	0.02	-	-
DINOPHYCEAE												
<i>Peridinium</i> sp.	-	0.25	0.12	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-

(-) dados não existentes.

Tabela 1 Biomassa ($\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) dos principais representantes do fitoplâncton, no período chuvoso (30 e 31 de julho de 2012) e estiagem (05 e 06 de dezembro de 2012), no reservatório de Acauã, Paraíba, Nordeste do Brasil.

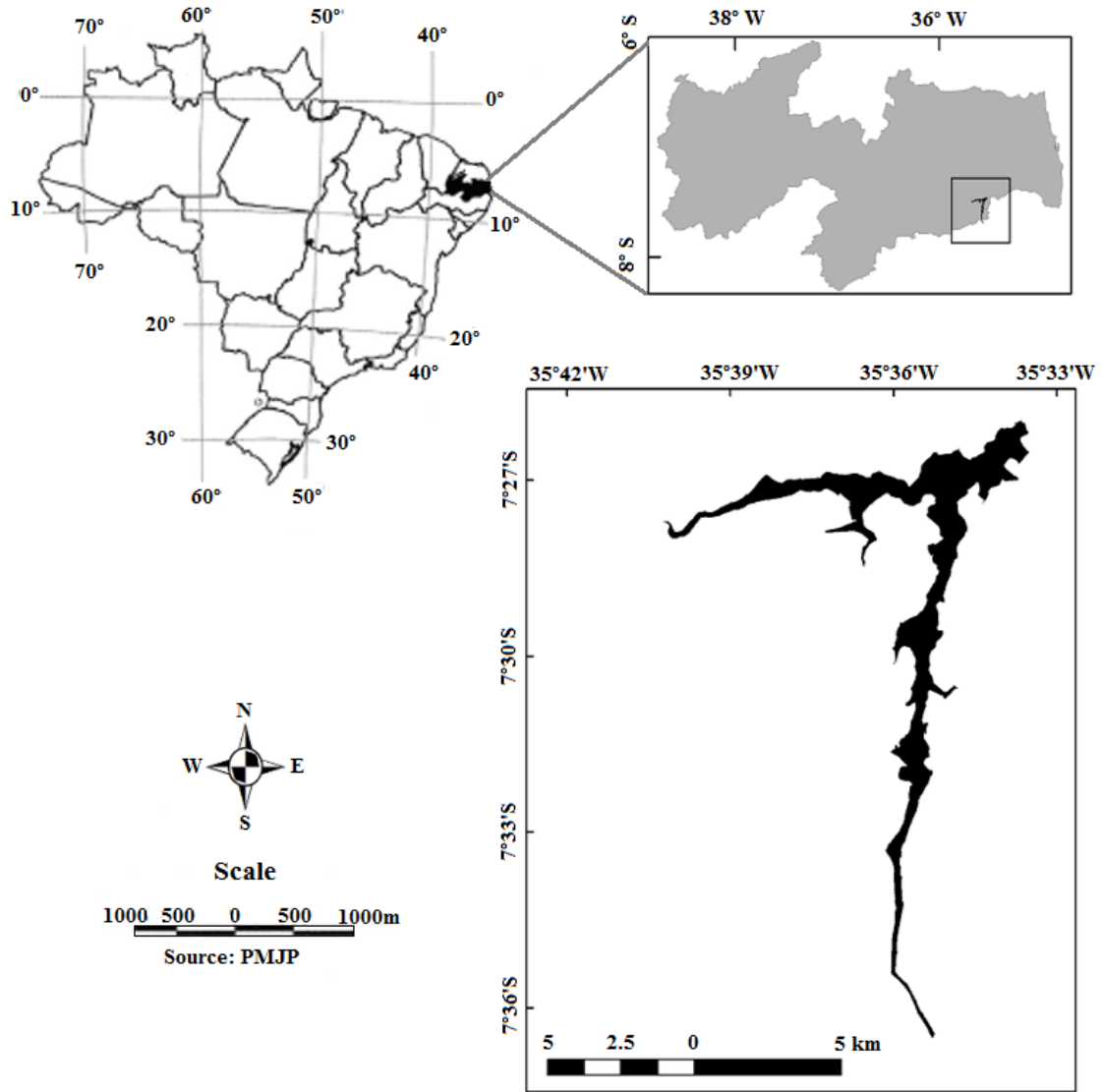


Fig. 01

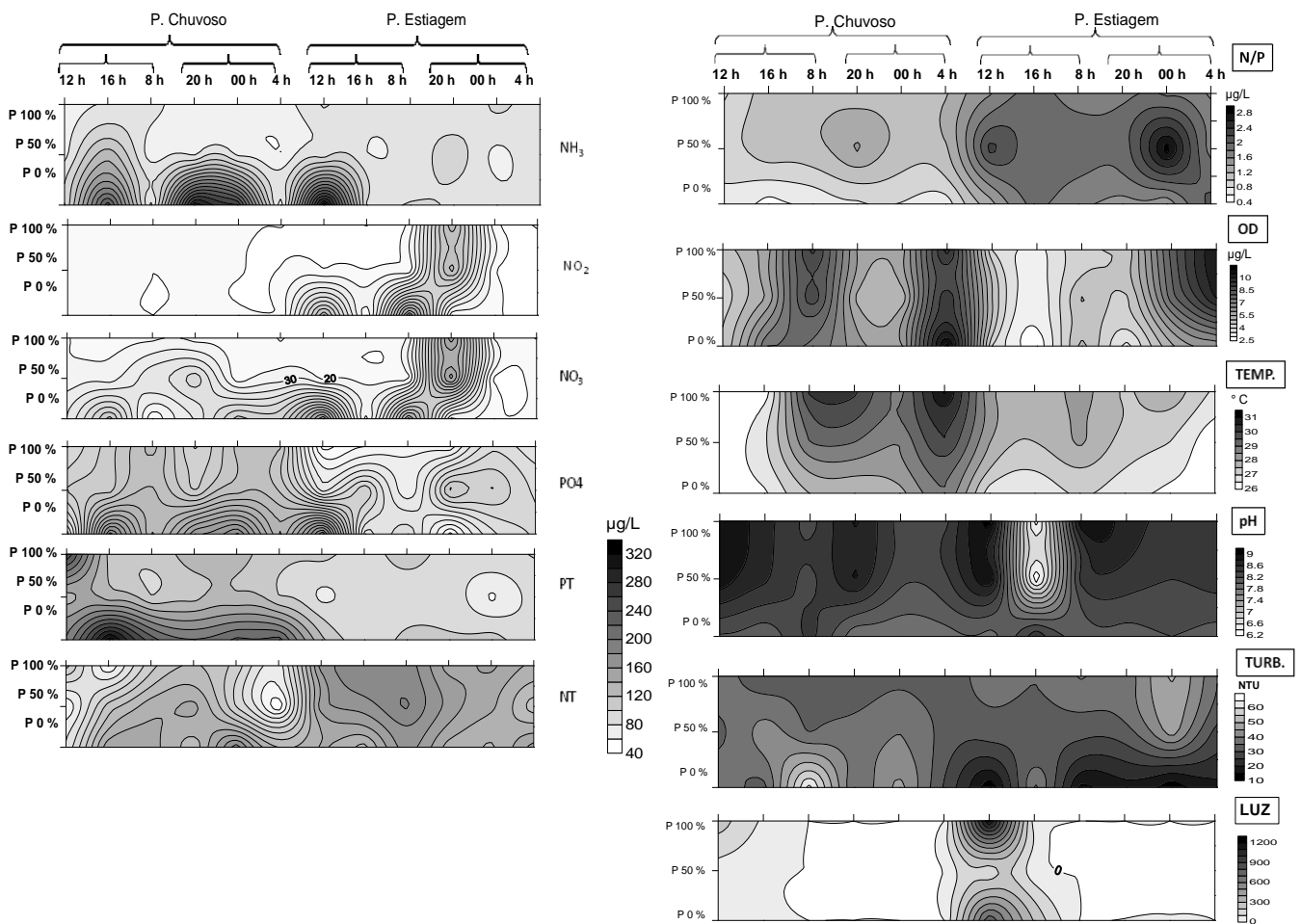


Fig. 02

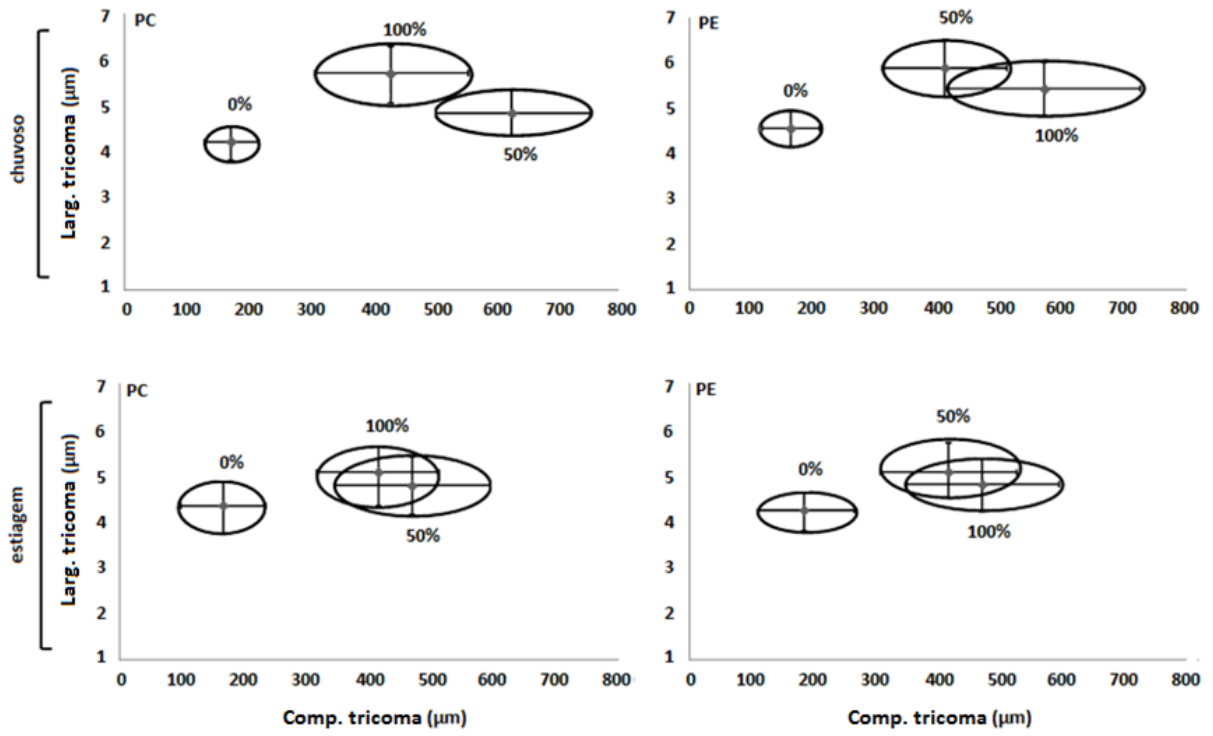


Fig. 03

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ecossistemas aquáticos são especialmente sensíveis as mudanças ambientais, que muitas vezes incluem florações de cianobactérias mais frequentes, permitindo o estabelecimento de espécies de cianobactérias como: *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Planktothrix agardhii*. Ambas são de grande preocupação devido à sua capacidade de produzir toxinas prejudiciais aos seres humanos e animais.

O presente trabalho, contribuiu para o conhecimento da ecologia de cianobactérias que ocorrem em reservatórios de abastecimento da região nordeste e caracterizar as citadas espécies como descritores, capazes de identificar a qualidade ambiental de reservatórios de abastecimento do semiárido nordestino. Os resultados permitiram a confirmação das seguintes conclusões:

- As modificações na biomassa e morfometria de *P. agardhii* e *C. raciborskii* foram influenciadas principalmente pela temperatura e intensidade luminosa, que por sua vez é dependente de outros fatores ambientais, tais como os pulsos de chuvas e as condições locais. Portanto, a presença das duas espécies em ambientes tropicais no semiárido brasileiro, está relacionada, principalmente a disponibilidade de luz.
- *P. agardhii* é uma espécie frequente e dominante no reservatório de Acauã (Paraíba, Brasil), ocorrendo nos dois períodos sazonais, em toda coluna d'água e nos períodos claro e escuro; sua distribuição vertical é influenciada pelos níveis de luminosidade, ocorrendo tricomas maiores e mais finos nas camadas em que a incidência luminosa é menor; a biomassa é maior durante o período chuvoso e está condicionada pelas concentrações de fósforo.

ANEXOS

NORMAS DA REVISTA – Brazilian Journal of Biology

Finalidade e normas gerais

O **Brazilian Journal of Biology** publica resultados de pesquisa original em qualquer ramo das ciências biológicas. Estará sendo estimulada a publicação de trabalhos nas áreas de biologia celular, sistemática, ecologia (auto-ecologia e sinecologia) e biologia evolutiva, e que abordem problemas da região neotropical.

A revista publica somente artigos em inglês. Artigos de revisões de temas gerais também serão publicados desde que previamente propostos e aprovados pela Comissão Editorial.

Informações Gerais: Os originais deverão ser enviados à Comissão Editorial e estar de acordo com as Instruções aos Autores, trabalhos que não se enquadrem nesses moldes serão imediatamente devolvidos ao(s) autor(es) para reformulação. Os trabalhos que estejam de acordo com as Instruções aos Autores, serão enviados aos assessores científicos, indicados pela Comissão Editorial. Em cada caso, o parecer será transmitido anonimamente aos autores. Em caso de recomendação desfavorável por parte de um assessor, será usualmente pedida a opinião de um outro. Os trabalhos serão publicados na ordem de aceitação pela Comissão Editorial, e não de seu recebimento. Serão fornecidas gratuitamente 25 separatas de cada artigo.

Preparação de originais

O trabalho a ser considerado para publicação deve obedecer às seguintes recomendações gerais:

Ser digitado e impresso em um só lado do papel tipo A4 e em espaço duplo com uma margem de 3 cm à esquerda e 2 cm à direita, sem preocupação de que as linhas terminem alinhadas e sem dividir palavras no final da linha. Palavras a serem impressas em itálico

podem ser sublinhadas.

O título deve dar uma idéia precisa do conteúdo e ser o mais curto possível. Um título abreviado deve ser fornecido para impressão nas cabeças de página.

Nomes dos autores – As indicações Júnior, Filho, Neto, Sobrinho etc. devem ser sempre antecedidas por um hífen. Exemplo: J. Pereira-Neto. Usar também hífen para nomes compostos (exemplos: C. Azevedo-Ramos, M. L. López-Rulf). Os nomes dos autores devem constar sempre na sua ordem correta, sem inversões. Não usar nunca, como autor ou co-autor nomes como Pereira-Neto J. Usar *e, y, and, et* em vez de & para ligar o último co-autor aos antecedentes.

Os trabalhos devem ser redigidos de forma concisa, com a exatidão e a clareza necessárias para sua fiel compreensão. Sua redação deve ser definitiva a fim de evitar modificações nas provas de impressão, muito onerosas e cujo pagamento ficará sempre a cargo do autor. Os trabalhos (incluindo ilustração e tabelas) devem ser submetidos em triplicata (original e duas cópias).

Serão considerados para publicação apenas os artigos redigidos em inglês. Todos os trabalhos deverão ter resumos em inglês e português. Esses resumos deverão constar no início do trabalho e iniciar com o título traduzido para o idioma correspondente. O Abstract e o Resumo devem conter as mesmas informações e sempre sumariar resultados e conclusões.

Em linhas gerais, as diferentes partes dos artigos devem ter a seguinte seriação:

1♦ página – Título do trabalho. Nome(s) do(s) autor(es). Instituição ou instituições, com endereço. Indicação do número de figuras existentes no trabalho. Palavras-chave em português e inglês (no máximo 5). Título abreviado para cabeça das páginas. Rodapé: nome do autor correspondente e endereço atual (se for o caso).

2♦ página e seguintes – Abstract (sem título). Resumo: em português (com título); Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Agradecimentos.

Em separado - Referências, Legendas das figuras, Tabelas e Figuras.

As seguintes informações devem

acompanhar todas as espécies citadas no artigo:

- Para zoologia, o nome do autor e da data de publicação da descrição original deve ser dada a primeira vez que a espécie é citada nos trabalhos;
- Para botânica e ecologia, somente o nome do autor que fez a descrição deve ser dada a primeira vez que a espécie é citada nos trabalhos.

O trabalho deverá ter, *no máximo*, 25 páginas, incluindo tabelas e figuras, em caso de Notes and Comments limitar-se a 4 páginas.

A seriação dos itens de Introdução e Agradecimentos só se aplicam, obviamente, a trabalhos capazes de adotá-la. Os demais artigos (como os de Sistemática) devem ser redigidos de acordo com critérios geralmente aceitos na área.

Referências Bibliográficas:

1. Citação no texto: Use o nome e ano: Reis (1980); (Reis, 1980); (Zaluar e Rocha, 2000). Há mais de dois autores usar *et al.*

2. Citações na lista de referências, em conformidade com a norma **ISO 690/1987**.

No texto, será usado o sistema autor-ano para citações bibliográficas (estritamente o necessário) utilizando-se o utilizando-se **and** no caso de 2 autores. As referências, digitadas em folha separada, devem constar em ordem alfabética. Deverão conter nome(s) e iniciais do(s) autor(es), ano, título por extenso, nome da revista (abreviado e sublinhado), volume, e primeira e última páginas. Citações de livros e monografias deverão também incluir a editora e, conforme citação, referir o capítulo do livro. Deve(m) também ser referido(s) nome(s) do(s) organizador(es) da coletânea. Exemplos:

LOMINADZE, DG., 1981. Cyclotron waves in plasma. 2nd ed. Oxford: Pergamon Press. 206 p. International series in natural philosophy, no. 3.

WRIGLEY, EA., 1968. Parish registers and the historian. In STEEL, DJ. National index of parish registers. London: Society of Genealogists. p. 15-167.

CYRINO, JEP. and MULVANEY, DR., 1999. Mitogenic activity of fetal bovine serum, fish fry extract, insulin-like growth factor-I, and fibroblast

growth factor on brown bullhead catfish cells - BB line. Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology, vol. 59, no. 3, p. 517-525.

LIMA, PRS., 2004. Dinâmica populacional da Serra Scomberomorus brasiliensis (Osteichthyes; Scombridae), no litoral ocidental do Maranhã-Brasil. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco. 45 p. Dissertação de Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura.

WU, RSS., SHANG, EWV. and ZHOU, BS., 2006. Endocrine disrupting and teratogenic effects of hypoxia on fish, and their ecological implications. In Proceedings of the Eighth International Symposium on Fish Physiology, Toxicology and Water Quality, 2005. Georgia, USA: EPA. p. 75-86.

Para outros pormenores, veja as referências bibliográficas em um fascículo.

A Revista publicará um Índice inteiramente em inglês, para uso das revistas internacionais de referência.

As provas serão enviadas aos autores para uma revisão final (restrita a erros e composição) e deverão ser devolvidas imediatamente. As provas que não forem devolvidas no tempo solicitado - 5 dias - terão sua publicação postergada para uma próxima oportunidade, dependendo de espaço.

Material Ilustrativo – Os autores deverão limitar as tabelas e as figuras (ambas numeradas em arábicos) ao **estritamente necessário**. No texto do manuscrito, o autor indicará os locais onde elas deverão ser intercaladas.

As tabelas deverão ter seu próprio título e, em rodapé, as demais informações explicativas. Símbolos e abreviaturas devem ser definidos no texto principal e/ou legendas.

Na preparação do material ilustrativo e das tabelas, deve-se ter em mente o tamanho da página útil da REVISTA (22 cm x 15,0 cm); (coluna: 7 cm) e a idéia de conservar o sentido vertical. Desenhos e fotografias exageradamente grandes poderão perder muito em nitidez quando forem reduzidos às dimensões da página útil. As pranchas deverão ter no máximo 30

cm de altura por 25 cm de largura e incluir barra(s) de calibração.

As ilustrações devem ser agrupadas, sempre que possível. A Comissão Editorial reserva-se o direito de dispor esse material do modo mais econômico, sem prejudicar sua apresentação.

Todos os desenhos devem ser feitos à tinta da China e apresentados de tal forma que seja possível sua reprodução sem retoques. As fotografias devem vir em papel brilhante. Nas fotos, desenhos e tabelas deve-se escrever, a lápis, no verso, o nome do autor e o título do trabalho.

Disquete – Os autores são encorajados a enviar a versão final (e somente a final), **já aceita**, de seus manuscritos em disquete. Textos devem ser preparados em Word for Windows e acompanhados de uma cópia idêntica em papel.

Recomendações Finais: Antes de remeter seu trabalho, preparado de acordo com as instruções anteriores, deve o autor relê-lo cuidadosamente, dando atenção aos seguintes itens: correção gramatical, correção datilográfica (apenas uma leitura sílaba por sílaba a garantir), **correspondência entre os trabalhos citados no texto e os referidos na bibliografia**, tabelas e figuras em arábicos, correspondência entre os números de tabelas e figuras citadas no texto e os referidos em cada um e posição correta das legendas.

NORMAS DA REVISTA *Hydrobiologia*

General

Hydrobiologia publishes original articles in the fields of limnology and marine science that are of interest to a broad and international audience. The scope of *Hydrobiologia* comprises the biology of rivers, lakes, estuaries and oceans and includes palaeolimnology and –oceanology, taxonomy, parasitology, biogeography, and all aspects of theoretical and applied aquatic ecology, management and conservation, ecotoxicology, and pollution. Purely technological, chemical and physical research, and all biochemical and physiological work that, while using aquatic biota as test-objects, is unrelated to biological problems, fall outside the journal's scope.

THERE IS NO PAGE CHARGE, provided that manuscript length, and number and size of tables and figures are reasonable (see below). Long tables, species lists, and other protocols may be put on any web site and this can be indicated in the manuscript. Purely descriptive work, whether limnological, ecological or taxonomic, can only be considered if it is firmly embedded in a larger biological framework.

Language

Manuscripts should conform to standard rules of English grammar and style. Either British or American spelling may be used, but consistently throughout the article. Conciseness in writing is a major asset as competition for space is keen.

Editorial Policy

Submitted manuscripts will first be checked for language, presentation, and style. Scientists who use English as a foreign language are strongly recommended to have their manuscript read by a native English-speaking colleague. Manuscripts which are substandard in these respects will be returned without review.

Papers which conform to journal scope and style are sent to at least 2 referees, mostly through a member of the editorial board, who will then act as coordination editor. Manuscripts returned to authors with referee reports should be revised and sent back to the editorial as soon as possible. Final decisions on acceptance or rejection are made by the editor-in-chief. *Hydrobiologia* endeavours to publish any paper within 6 months of acceptance. To achieve this, the number of volumes to be published per annum is readjusted periodically.

Authors are encouraged to place all species distribution records in a publicly accessible database such as the national Global Biodiversity Information Facility (GBIF) nodes

(www.gbif.org) or data centers endorsed by GBIF, including BioFresh (www.freshwaterbiodiversity.eu)

Categories of Contributions

There are four categories of contributions to *Hydrobiologia*:

[1.] Primary research papers generally comprise up to 25 printed pages (including tables, figures and references) and constitute the bulk of the output of the journal. These papers **MUST** be organized according to the standard structure of a scientific paper: Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, References, Tables, Figure captions.

[2.] Review papers, and Taxonomic revisions are long papers; prospective authors should consult with the editor before submitting such a long manuscript, either directly or through a member of the editorial board. Review papers may have quotations (text and illustrations) from previously published work, but authors are responsible for obtaining copyright clearance wherever this applies.

[3.] Opinion papers reflect authors' points of view on hot topics in aquatic sciences. Such papers can present novel ideas, comments on previously published work or extended book reviews.

Occasionally, regular volumes contain a special section devoted to topical collections of papers: for example, Salt Ecosystems Section and Aquatic Restoration Section.

Manuscript

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink "Submit online" on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Title Page

The title page should include:

The name(s) of the author(s)

A concise and informative title

The affiliation(s) and address(es) of the author(s)

The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 200 words. Abstracts longer than 200 words cannot be uploaded. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Text**Text Formatting**

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).
- Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.
- LaTeX macro package (zip, 182 kB)

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols. Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

Scientific style

Authors are urged to comply with the rules of biological nomenclature, as expressed in the International Code of Zoological Nomenclature, the International Code of Botanical Nomenclature, and the International Code of Nomenclature of Bacteria. When a species name is used for the first time in an article, it should be stated in full, and the name of its describer should also be given. Descriptions of new taxa should comprise official repository of types (holotype and paratypes), author's collections as repositories of types are unacceptable. Genus and species names should be in italics.

References

References in the text will use the name and year system: Adam & Eve (1983) or (Adam & Eve, 1983). For more than two authors, use Adam et al. (1982). References to a particular page, table or figure in any published work is made as follows: Brown (1966: 182) or Brown (1966: 182, fig. 2). Cite only published items; grey literature (abstracts, theses, reports, etc) should be avoided as much as possible. Papers which are unpublished or in press should be cited only if formally accepted for publication. References will follow the styles as given in the examples below, i.e. journals are NOT

abbreviated (as from January 2003), only volume numbers (not issues) are given, only normal fonts are used, no bold or italic.

- Engel, S. & S. A. Nichols, 1994. Aquatic macrophytes growth in a turbid windswept lake. *Journal of Freshwater Ecology* 9: 97–109.
- Horne, D. J., A. Cohen & K. Martens, 2002. *Biology, taxonomy and identification techniques*. In Holmes, J. A. & A. Chivas (eds), *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*. American Geophysical Union, Washington DC: 6–36.
- Maitland, P. S. & R. Campbell, 1992. *Fresh Water Fishes*. Harper Collins Publishers, London.
- Tatrai, I., E. H. R. R. Lammens, A. W. Breukelaar & J. G. P. Klein Breteler, 1994. The impact of mature cyprinid fish on the composition and biomass of benthic macroinvertebrates. *Archiv für Hydrobiologie* 131: 309–320.

Tables

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

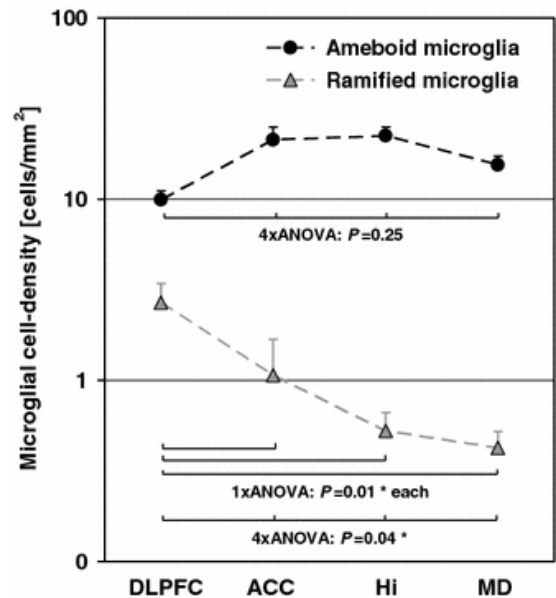
Artwork and Illustrations Guidelines

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

Electronic Figure Submission

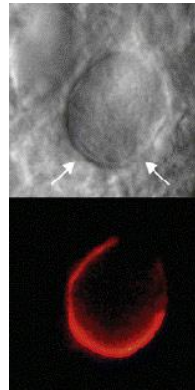
- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art



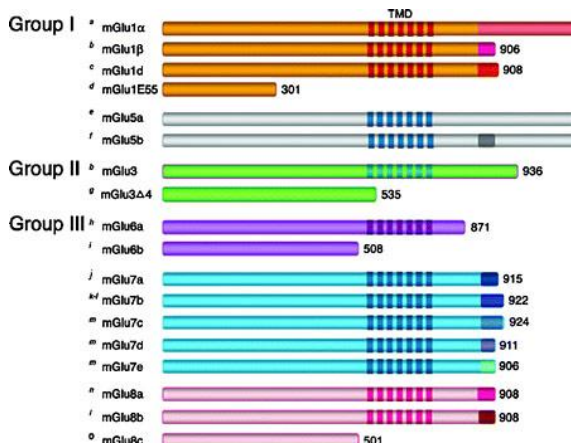
- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art



- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Combination Art



- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.
- Color Art
- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a

xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.

- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed

by the figure number, also in bold type.

- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.
- Permissions
- If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.
 - Accessibility
 - In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that
 - All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
 - Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)
 - Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

Electronic Supplementary Material

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

- Always use MPEG-1 (.mpg) format.

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., “... as shown in the animation (Online Resource 3)”, “... additional data are given in Online Resource 4”.
- Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.
- Accessibility
- In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that
- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

After acceptance

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer’s web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice and offprints.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer

now provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer’s online platform SpringerLink.

Springer Open Choice***Copyright transfer***

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License.

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color illustrations

Publication of color illustrations is free of charge.

Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

Does Springer provide English language support?

Manuscripts that are accepted for publication will be checked by our copyeditors for spelling and formal style. This may not be sufficient if English is not your native language and substantial editing would be required. In that case, you may want to have your manuscript edited by a native speaker prior to submission. A clear and concise language will help editors and reviewers concentrate on the scientific content of your paper and thus smooth the peer review process.

The following editing service provides language editing for scientific articles in all areas Springer publishes in.

Use of an editing service is neither a requirement nor a guarantee of acceptance for publication.

Please contact the editing service directly to make arrangements for editing and payment.

Developments in Hydrobiology

The book series *Developments in Hydrobiology* reprints verbatim, but under hard cover, the proceedings of specialized scientific meetings which also appear in *Hydrobiologia*, with the aim of making these available to individuals not necessarily interested in subscribing to the journal itself. Papers in these volumes must be cited by their original reference in *Hydrobiologia*. In addition, *Developments in Hydrobiology* also publishes monographic

studies, handbooks, and multi-author edited volumes on aquatic ecosystems, aquatic communities, or any major research effort connected with the aquatic environment, which fall outside the publishing policy of *Hydrobiologia*, but are printed in the same format and follow the same conventions. Guest editors of such volumes should follow the guidelines presented above and are responsible for all aspects of presentation and content, as well as the refereeing procedure and the compilation of an index. Prospective editors of special, subject-oriented volumes of *Hydrobiologia/Developments in Hydrobiology* are encouraged to submit their proposals to the editor-in-chief.

- www.springer.com/prod/s/DIH
Y

