



Ambiente & Água - An Interdisciplinary
Journal of Applied Science

ISSN: 1980-993X

ambi-agua@agro.unitau.br

Universidade de Taubaté
Brasil

dos Santos Machado, Leila; Gonçalves Santos, Larissa; Lopez Doval, Julio Cesar;
Martins Pompêo, Marcelo Luiz; Moschini-Carlos, Viviane
Fatores ambientais relacionados à ocorrência de cianobactérias potencialmente tóxicas
no reservatório de Guarapiranga, SP, Brasil
Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, vol. 11, núm. 4,
octubre-diciembre, 2016, pp. 810-818
Universidade de Taubaté
Taubaté, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92847951006>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto



Fatores ambientais relacionados à ocorrência de cianobactérias potencialmente tóxicas no reservatório de Guarapiranga, SP, Brasil

doi:10.4136/ambi-agua.1941

Received: 16 May 2016; Accepted: 23 Aug. 2016

Leila dos Santos Machado^{1*}; Larissa Gonçalves Santos¹;
Julio Cesar Lopez Doval²; Marcelo Luiz Martins Pompêo²;
Viviane Moschini-Carlos¹

¹Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Sorocaba, SP, Brasil
Departamento de Engenharia Ambiental

²Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brasil
Departamento de Ecologia

*Autor correspondente: e-mail: leila_snt@hotmail.com,
laribtos@gmail.com, jlopezdoval@gmail.com,
mpompeo@ib.usp.br, viviane@sorocaba.unesp.br

RESUMO

Este estudo objetivou investigar quais variáveis ambientais estão relacionadas à ocorrência e a dominância de gêneros potencialmente tóxicos no reservatório de Guarapiranga, na região metropolitana de São Paulo/SP - Brasil. Para isso, foram coletadas amostras de água do reservatório no período chuvoso e seco na região montante, intermediária e barragem. Em laboratório, foram analisadas as características físico-químicas, identificação taxonômica e contagem em microscópio óptico dos organismos, os quais tiveram suas dimensões aferidas para o cálculo da biomassa. Os resultados indicaram que as características ambientais de cada região do reservatório são distintas, e a biomassa, assim como a ocorrência dos gêneros de cianobactérias potencialmente tóxicas, varia em função destas características. Por meio da análise de correspondência canônica verificou-se correlação entre o alto teor de amônio, baixa zona eufótica e pH neutro-alcálico, com a biomassa de *Cylindrospermopsis raciborskii*, no período chuvoso e com a *Planktolyngbya limnetica* no período de seca, na região intermediária do reservatório (região de Parelheiros). Provavelmente, a alta biomassa de cianobactérias e a deterioração da qualidade da água no reservatório na estação seca foram influenciadas pela ativação da transposição da água do reservatório Billings durante um período prolongado do ano, devido à seca intensa que ocorreu no ano de 2014.

Palavras-chave: biomassa, eutrofização, nutrientes.

Environmental factors related to the occurrence of potentially toxic cyanobacteria in Guarapiranga Reservoir, SP, Brazil

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate which environmental variables are correlated to the occurrence and dominance of potentially toxic species in Guarapiranga Reservoir, in the metropolitan region of São Paulo/SP - Brazil. Water samples were collected

in order to conduct physical, chemical and biologic analyses in the rainy and dry seasons in the reservoir's upstream and intermediate zones and near its dam. The organisms were microscopically analyzed, identified and quantified, and their dimensions were measured for biomass calculation. The results indicated that the environmental characteristics of each zone of the reservoir are distinct and the biomass, as well as the occurrence of potentially toxic genera of cyanobacteria, vary according to these characteristics. The canonical correspondence analysis showed a correlation between high ammonium levels, low photic zone and neutral-alkaline pH with the biomass of *Cylindrospermopsis raciborskii* in the rainy season and of *Planktolyngbya limnetica* in the dry season in the intermediate zone of the reservoir (the Parelheiros zone). The high cyanobacteria biomass and water quality deterioration in the reservoir in the dry season have probably been influenced by the transposition of the Billings reservoir water over an extended period of the year, due to the intense drought of 2014.

Keywords: biomass, eutrophication, nutrients.

1. INTRODUÇÃO

Reservatórios localizados próximos a grandes centros urbanos, como a região metropolitana de São Paulo, geralmente são propensos a eutrofização, constituindo ecossistemas favoráveis para a expansão das florações de algas e cianobactérias (Rodrigues et al., 2010). Estes ambientes são os habitats mais apropriados para o crescimento de cianobactérias, as quais comumente são encontradas em águas neutroalcalinas (pH de 6,0 a 9,0), em temperaturas entre 15°C e 30°C e com elevadas concentrações de nutrientes, particularmente, o nitrogênio e o fósforo (Paerl e Paul, 2012).

A dinâmica das cianobactérias em ambientes eutrofizados está atrelada a diferentes estratégias ecológicas, as quais são conferidas a grande capacidade adaptativa que estes organismos possuem. Dentre as principais características está a otimização do aproveitamento da luz e assimilação de nutrientes, a capacidade de fixação de nitrogênio em colunas d'água com elevada incidência solar, formação de acinetos em águas turbulentas e a dispersão pouco homogênea em águas com maior turbidez (Paerl e Paul, 2012). Estas características assumem um papel alarmante, diante do histórico que o Brasil apresenta, a respeito das florações e contaminações por cianotoxinas nos seus ecossistemas de água doce e da expansão da eutrofização em seus reservatórios (Moschini-Carlos et al., 2009; Rodrigues et al. 2010); Bittencour-Oliveira et al., 2014).

Assim, conhecer a dinâmica das cianobactérias em reservatórios de abastecimento público significa gerar subsídios teóricos que facilitem formas de monitoramento cada vez mais eficientes, devido ao potencial de toxicidade associado a estes organismos. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi de investigar quais as variáveis ambientais estão relacionadas à ocorrência e dominância de gêneros de cianobactérias potencialmente tóxicas no reservatório de Guarapiranga, na estação chuvosa e na estação seca.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O reservatório de Guarapiranga é responsável pelo fornecimento de água para grande parte da região metropolitana de São Paulo. Trata-se do segundo maior manancial do sistema de abastecimento. Ele está localizado a 23°43'S e 46°32'W, a uma altitude de 742 m, profundidade média de 7 m e máxima de 13 m. O tempo médio de retenção no ano de 2014 foi de 85 dias, o qual representou uma queda em relação a anos anteriores (CETESB, 2015). O ano de 2014 foi marcado por um período de estiagem intensa e, com a diminuição do

volume de armazenamento do sistema Cantareira, as áreas de atendimento do reservatório Guarapiranga foram expandidas. Assim, a transposição de água do braço Taquacetuba da Billings para Guarapiranga esteve operante praticamente o ano todo para suprir esta demanda, elevando sua capacidade de abastecimento (SABESP, 2015). Embora, em 2014 o volume de precipitação tenha ficado abaixo da média histórica, os dados hidrológicos registrados pelo DAEE-SP (Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo, 2015) permitiram classificar as duas campanhas realizadas nos meses de fevereiro e outubro, em período chuvoso e seco, respectivamente.

As amostras foram coletadas em triplicatas nos três pontos ao longo do reservatório, nesta ordem: região à montante próxima ao Rodoanel (local A), região do tributário Parelheiros (local B) e na região próxima a barragem (local C). Estes locais foram determinados com base em estudos, os quais têm mostrado que o reservatório apresenta uma compartimentalização indicando que a água em cada uma destas três principais regiões possui características específicas (Nishimura et al., 2014). Com isso, foi determinada a condutividade elétrica e pH no perfil da coluna d'água (sonda multiparâmetros YSI 63). Foram tomadas amostras integradas da coluna d'água nos primeiros cinco metros. A partir destas amostras foram determinadas as concentrações das variáveis físicas, químicas e biológicas conforme as metodologias apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Variáveis físicas, químicas e biológicas avaliadas.

Variáveis	Métodos	Equipamentos	Referências
Penetração da Luz	Medida direta	Disco de Secchi	-
Nítrito	Espectrofotométrico	Femto UV/VIS Cirrus 80	Mackereth et al. (1978)
Nitrato	Espectrofotométrico	Femto UV/VIS Cirrus 80	Mackereth et al. (1978)
Amônia	Espectrofotométrico	Femto UV/VIS Cirrus 80	Koroleff (1976)
Clorofila <i>a</i>	Espectrofotométrico	Femto UV/VIS Cirrus 80	Lorenzen (1967)
Fosfato total	Espectrofotométrico	Femto UV/VIS Cirrus 80	Valderrama (1981)
Nitrogênio Total	Espectrofotométrico	Femto UV/VIS Cirrus 80	Valderrama (1981)

Para análise quantitativa e qualitativa das cianobactérias, foi retirado da amostra integrada da coluna d'água um volume de 100 mL, colocado em frasco de vidro e fixado com lugol acético 1%. A identificação das cianobactérias baseou-se nos trabalhos de Komárek e Anagnostidis (1989; 1999; 2005). A composição dos organismos foi analisada em microscópio binocular ZEISS (Axio Scope e Axio Imager). A contagem dos indivíduos das cianobactérias foi realizada pelo método descrito por Utermöl (1958), em câmaras de sedimentação e microscópio invertido Zeiss (Axiovert 40 C).

O cálculo do biovolume foi realizado com base na forma geométrica mais aproximada de cada espécie, multiplicando cada densidade específica pelo volume celular médio. Para obtenção do volume celular médio de cada espécie, foram medidos sempre que possível, até 30 espécimes. Estes cálculos tiveram embasamento na metodologia de Hillebrand et al. (1999).

Para avaliar como as espécies se comportam de acordo com as variáveis limnológicas e a variação entre os locais amostrais, foi efetuada uma análise de correspondência canônica

(ACC), cujo critério de inclusão destas variáveis se baseou numa análise de correlação linear de Pearson ($\alpha < 0,05$). Os dados de biovolume das espécies foram normalizados para \log_{10} . Os dados das variáveis ambientais foram normalizados para scores Z. As análises estatísticas foram realizadas por meio do software Past 3[®] e R Project for Statistical Computing[®].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores brutos das variáveis ambientais selecionadas para as análises de correspondência canônica (ACC), segundo a correlação de Pearson, estão apresentados na Tabela 1. Clorofila-*a* e nutrientes (NO_2 , NO_3 , NH_4 , P e N) representaram os maiores coeficientes de variação (CV).

Foi identificada a ocorrência de cianobactérias em todos os locais, na estação chuvosa e seca. Entretanto, os resultados revelaram que a região do tributário Parelheiros (local B) se destacou quanto a biomassa destes organismos nos dois períodos analisados, de modo que os valores de biomassa no período seco superaram os do período chuvoso (Figura 1 e Figura 2).

Tabela 1. Características físicas, químicas e biológicas obtidas no eixo longitudinal do reservatório de Guarapiranga separadas de acordo com o período chuvoso e seco.

	local	Cl <i>a</i> ($\mu\text{g L}$)	pH	CE ($\mu\text{S cm}$)	NO_2 ($\mu\text{g L}$)	NO_3 ($\mu\text{g L}$)	NH_4 ($\mu\text{g L}$)	P ($\mu\text{g L}$)	N (mg L)	Zeuf (m)
período chuvoso	A1	5,3	5,6	48,0	7,9	122,3	106,9	11,4	2,1	1,3
	A2	8,3	5,6	50,0	8,1	109,5	90,4	12,4	3,0	2,1
	A3	6,7	5,6	48,0	7,2	146,8	75,9	19,1	1,1	1,7
	B1	28,1	6,6	168,0	71,1	399,7	459,4	77,5	1,5	2,6
	B2	32,9	7,1	168,0	75,7	447,5	438,4	85,2	2,5	3,2
	B3	21,5	6,7	203,0	25,7	166,6	650,4	165,7	3,8	2,2
	C1	24,6	7,1	134,0	33,1	611,8	123,9	44,0	0,5	4,9
	C2	24,7	7,6	136,0	25,4	618,8	80,4	38,2	0,9	4,9
período de seca	A1	3,4	6,7	44,7	8,5	144,5	95,4	68,5	1,8	3,2
	A2	3,8	6,1	51,8	8,8	198,8	172,2	63,4	1,4	3,4
	A3	6,1	6,2	47,3	10,5	198,8	141,1	80,5	1,4	2,9
	B1	66,0	6,8	238,7	15,4	56,6	582,6	628,9	6,2	1,8
	B2	53,3	7,0	188,3	39,8	224,3	234,9	322,2	4,0	2,5
	B3	76,4	7,6	172,7	46,1	441,6	155,7	174,8	3,5	2,4
	C1	34,4	7,1	160,0	27,4	904,0	54,3	49,7	2,1	2,8
	C2	28,7	7,1	157,8	50,3	1372,0	33,8	75,4	1,7	2,9
	C3	25,7	7,4	160,8	57,0	1113,2	75,4	53,1	3,2	2,8
	DP	21,7	0,7	65,2	22,8	384,5	195,3	152,6	1,4	1,0
	CV	82,1	9,9	50,9	74,8	89,8	93,0	131,7	59,8	35,2

Legenda: Clorofila-*a* (Cl *a*); pH, condutividade elétrica (CE), nitrito (NO_2), nitrato (NO_3), amônio (NH_4), nitrogênio total (N), fósforo total (P) e zona eufótica (Zeuf). Foram calculados o desvio padrão (DP) e o coeficiente de variação (CV) para todas as variáveis. Os locais amostrais estão apresentados em triplicatas*, conforme foram coletados, como se segue: região à montante próxima ao Rodoanel (local A1, A2, A3), região de Parelheiros (local B1, B2, B3) e região da barragem (local C1, C2, C3).

*No período chuvoso, devido a problemas na coleta, não foi possível coletar a amostra C3, por este motivo a mesma não consta na tabela.

Alguns dos gêneros de cianobactérias potencialmente tóxicas foram constatados, principalmente na região de Parelheiros (local B) em ambos os períodos (Figura 3). Concomitantemente, alguns destes gêneros foram abundantes ou dominantes. Nesse contexto, a região de Parelheiros na estação chuvosa teve como espécies abundantes *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Dolichospermum crassum*, *Geitlerinema unigranulatum* e espécies do gênero *Planktothrix*. Entretanto, na estação seca foi observada a dominância de *Planktolynghya limnetica* e abundância de indivíduos do gênero *Dolichospermum* e *Planktothrix*.

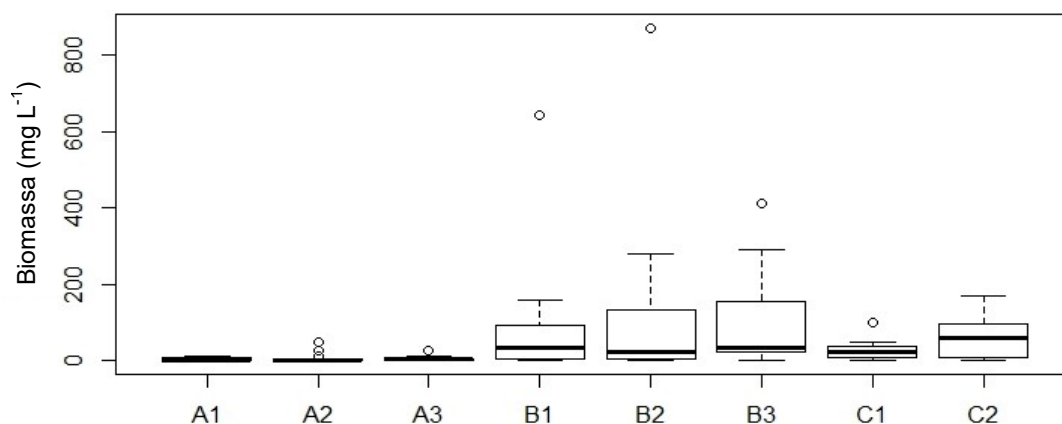


Figura 1. Biomassa de cianobactérias por local no período chuvoso. Locais amostrais: região à montante próxima ao Rodoanel (local A), região de Parelheiros (local B) e região da barragem (local C).

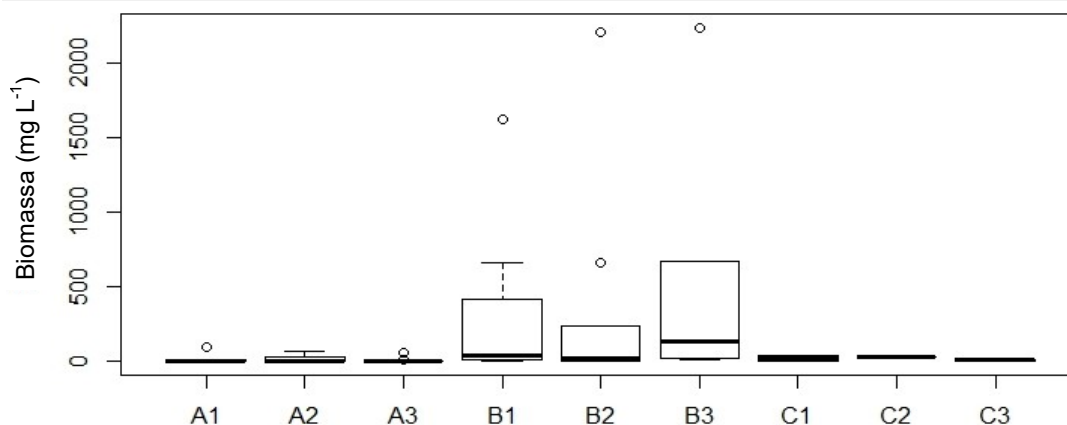


Figura 2. Biomassa de cianobactérias por local no período seco. Locais amostrais: região à montante próxima ao Rodoanel (local A), região de Parelheiros (local B) e região da barragem (local C).

Na região do Rodoanel e da barragem (locais A e C) foram identificados gêneros potencialmente tóxicos, porém compondo uma dinâmica diferente em cada um deles. Embora, no local A tenham sido identificadas espécies de cianobactérias potencialmente tóxicas, estas representaram biomassa relativamente baixa em comparação aos demais locais. Provavelmente, isso se deve ao fato de a região possuir características de ambiente mais preservado, com baixos teores de nutrientes, corroborando com Nishimura et al. (2014). Já na região da barragem (local C) foi constatada menor riqueza de cianobactérias sem que

houvesse a abundância ou dominância de gêneros potencialmente tóxicos. Porém, o manejo feito com algicidas dificulta uma análise mais precisa, já que ele pode influenciar na composição da comunidade fitoplanctônica. Ainda assim, a baixa qualidade da água no local pode estar sendo influenciada pelo tributário Parelheiros, o que representa um estado de atenção já que espécies tóxicas podem ser favorecidas por conta dos elevados teores de nutrientes detectados no local, principalmente no período de seca. Concomitantemente, existe a influência da transposição de água do braço Taquacetuba da Billings para a Guarapiranga, principalmente no período de seca que ocorreu em 2014. Como neste período ocorreu bombeamento de maneira mais constante (SABESP, 2015), este pode ter sido um fator importante no que tange a piora da qualidade da água no reservatório, modificando também a composição da comunidade fitoplanctônica.

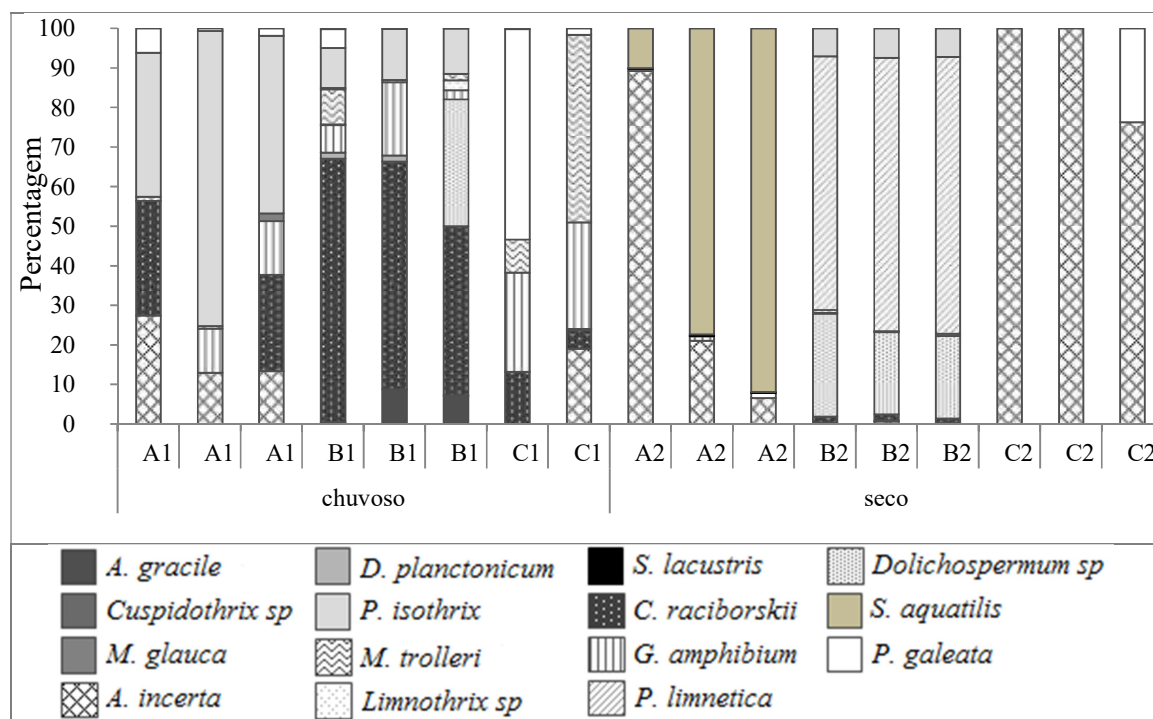


Figura 3. Biomassa relativa das cianobactérias por local entre os períodos (*Aphanizomenon gracile*, *Cuspidothrix sp.*, *Merismopedia glauca*, *Aphanocapsa incerta*, *Dolichospermum planctonicum*, *Planktothrix isothrix*, *Merismopedia trolleri*, *Limnothrix sp.*, *Snowella lacustris*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Geitlerinema amphibium*, *Planktolynghya limnetica*, *Dolichospermum sp.*, *Sinococystis aquatilis*, *Pseudanabaena galeata*). Locais amostrais: região à montante próxima ao Rodoanel (local A), região de Parelheiros (local B) e região da barragem (local C).

A ACC demonstrou alto poder explanatório, explicando 66,77% da correlação entre os dados, 42,62% pelo eixo 1 e 24,15% pelo eixo 2 (Figura 4). A região de Parelheiros (local B), nos dois períodos, esteve correlacionada à elevada biomassa de cianobactérias potencialmente tóxicas. Com isso, a análise indicou que, na estação seca, a biomassa das cianobactérias foi uma resposta mais específica à variação dos dados em cada local, ao passo que a ordenação das espécies correlacionadas ao período chuvoso foi mais homogênea. A região montante (próxima ao Rodoanel, local A) não teve correlação com espécies potencialmente tóxicas, o que se deve provavelmente às características de ambiente mais preservado com uma zona eufótica maior, já descritas para o local. No período chuvoso, a correlação entre *C. raciborskii* e o local B esteve relacionada à variação de pH (entre 6 e 7) e nitrito. Já no período seco, *P. limnetica*, teve alta correlação com amônio, o que sugere que a dominância desta e a

abundância de *P. isothrix* e *Dolichospermum* sp esteja relacionada às altas concentrações desta variável, compondo fortes características de ambientes eutrofizados. A região da barragem (local C) por sua vez, teve correlação com cianobactérias potencialmente tóxicas no período de seca (*G. amphibium* e *D. planctonicum*), porém, com valores de biomassa bem mais discretos em relação à região de Parelheiros.

A região de Parelheiros, diferentemente das demais regiões analisadas, tem características que favorecem a dominância de cianobactérias como presença de amônio em teores elevados e baixa zona eufótica. Segundo Nishimura et al. (2014) a situação do local B reflete a alta influência que o tributário Parelheiros exerce na região, a qual foi classificada como eutrófica pelo autores, onde foram identificados altos níveis de nutrientes e baixa concentração de oxigênio dissolvido. Porém, esta condição também pode estar atrelada ao fato de a transposição estar operante em grande parte do ano devido ao período de seca intenso (SABESP, 2015). O bombeamento somado a deficiência de saneamento podem ter potencializado a piora da qualidade da água na região do tributário Parelheiros e ao longo do reservatório. Neste sentido, Rodrigues et al. (2010) observaram modificações na comunidade de clorofíceas, indicando uniformidade entre os reservatórios Billings e Guarapiranga, sugerindo que a transposição esteja alterando a composição de espécies e densidade do fitoplâncton, sobretudo de cianobactérias, corroborando com o observado pelo presente estudo. Esta observação é preocupante, já que nutrientes de origem antrópica observados em teores elevados no reservatório favorecem a dominância de cianobactérias potencialmente tóxicas e, tendo em vista a alta capacidade adaptativa que estes organismos possuem, é possível que em condições ambientais alteradas, um ou mais destes traços eco-fisiológicos coloque as cianobactérias em uma posição altamente competitiva dentro da comunidade fitoplanctônica (Paerl e Paul, 2012).

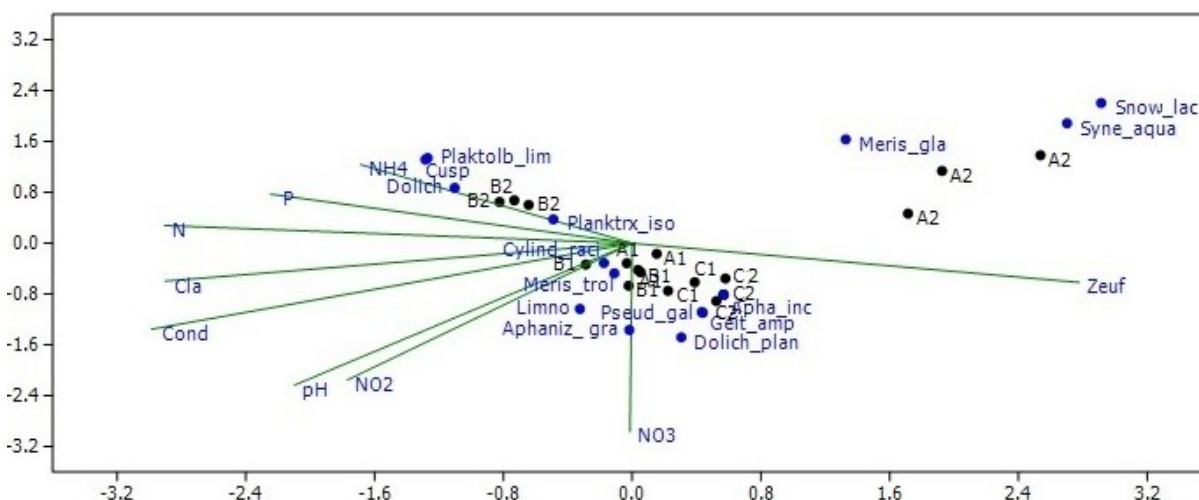


Figura 4. Triplot da análise de correspondência canônica (ACC) entre os dados físico-químicos e a biomassa das cianobactérias, nos locais amostrais, no período chuvoso (1) e seco (2). Locais amostrais: região à montante próximo ao Rodoanel (local A), região de Parelheiros (local B) e região da barragem (local C). Variáveis: zona eufótica (Zeuf) Clorofila-a (Cla); pH, condutividade elétrica (Cond), nitrito (NO_2), nitrato (NO_3), amônio (NH_4), nitrogênio total (N), fósforo total (P). Espécies de cianobactérias: *Aphanizomenon gracile*, *Cuspidothrix* sp, *Merismopedia glauca*, *Aphanocapsa incerta*, *Dolichospermum planctonicum*, *Planktothrix isothrix*, *Merismopedia trolleri*, *Limnothrix* sp, *Snowella lacustris*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Geitlerinema amphibium*, *Planktolyngbya limnetica*, *Dolichospermum* sp, *Sinecocystis aquatilis*, *Pseudanabaena galeata*.

Havendo repetição de períodos de seca prolongados como o que correu em 2014, é possível que o sistema de bombeamento seja acionado com uma frequência cada vez maior, o que pode representar um risco para o reservatório já que florações multi-específicas, bem como a transferência de espécies potencialmente tóxicas poderão ser favorecidas. Assim, estudos deste tipo serão cada vez mais necessários considerando que a presença de mais de uma espécie de cianobactéria potencialmente tóxica pode proporcionar florações mais constantes e de forma alternada devido à maior diversidade adaptativa, tornando seu controle mais difícil e potencializando a elevação e permanência de toxicidade no ambiente (Bittencourt-Oliveira et al., 2014).

4. CONCLUSÃO

As características físico-químicas e biológicas do reservatório de Guarapiranga têm variação espacial e temporal e, conseqüentemente, a ocorrência/dominância das cianobactérias varia em função destas características com alternância de determinados táxons entre o período chuvoso e seco. Esta dinâmica foi comprovada pela relação entre a elevada biomassa constatada para estes organismos e altos teores de nutrientes, principalmente de amônio, pH neutro-alcálico e baixa zona eufótica, indicando que no reservatório, estes são os fatores que favorecem a ocorrência de gêneros de cianobactérias potencialmente tóxicas.

A região do tributário Parelheiros é o local onde foram identificados os maiores teores para a maior parte das variáveis, e a transposição de água da Billings para o reservatório por um longo período pode ter sido responsável pela piora na qualidade da água nesta região. É importante que em episódios climáticos similares aos do ano de 2014, a transposição seja rigorosa e intensamente monitorada já que a baixa qualidade da água constatada na região de escoamento pode vir a influenciar a água do reservatório com alta magnitude. Conseqüentemente, estas características podem favorecer a abundância e dominância de cianobactérias potencialmente tóxicas no reservatório, elevando a toxicidade no ambiente por conta da produção de cianotoxinas.

5. REFERÊNCIAS

- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; PICCIN-SANTOS, V.; MOURA, A. N.; ARAGÃO-TAVARES, N. K. C.; CORDEIRO-ARAÚJO, M. K. Cyanobacteria, microcystins and cylindrospermopsin in public drinking supply reservoirs of Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 1, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201302512>
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2014**. 2015. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/> Acesso em 27 jun. 2016.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP. **Relatório de Sustentabilidade 2014**. 2015. Disponível em: http://site.sabesp.com.br/uploads/file/sociedade_meioamb/rs_2014.pdf. Acesso em: 27 jun. 2016.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE (São Paulo). **Banco de dados hidrológicos**. 2015. Disponível em <http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/> Acesso em: 27 jul. 2015.

- HILLEBRAND, H.; DURSELEN, C. D.; KIRSHTEL, D.; POLLINGHER, U.; ZOHARY, E. T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. **Journal of Phycology**, v. 35, p. 403–424, 1999. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1529-8817.1999.3520403.x>
- KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (ed.). **Methods of seawater analysis**. Weinheim: Verlag Chemie, 1976. p. 117-181. <http://dx.doi.org/10.1002/9783527613984.ch10>
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Modern approach to the classification system of cyanophytes, 4: Nostocales. **Algological Studies**, v. 56, p. 247-345, 1989.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota, 1. Teil: Chroococcales. In: ETTL, H.; GÄRTNER, G.; HEYNIG, H.; MÖLLENHAUER, D. (Eds.). **Süßwasserflora von Mitteleuropa**. Vol. 19/1. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1999. p. 1-548.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota, 2: Oscillatoriales. In: BÜDEL, B.; KRIENITZ, L.; GÄRTNER, G.; SCHAGERL, M. (Eds.). **Süßwasserflora von Mitteleuropa**. Vol. 19/2. München: Elsevier GmbH, 2005. p. 1-758.
- LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and pheo-pigments: spectrophotometric equations. **Limnology and Oceanography**, v. 12, p. 343-346, 1967. <http://dx.do.org/10.4319/lo.1967.12.2.0343>
- MACKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. **Water analysis**: some revised methods for limnologists. Kendall: Titus Wilson e Son, 1978. 117 p. <http://dx.doi.org/10.1002/iroh.19790640404>
- MOSCHINI-CARLOS, V.; BORTOLI, S.; PINTO, E.; NISHIMURA, P. Y.; FREITAS, L. G.; POMPÊO, M. L. M.; DÖRR F. Cyanobacteria and Cyanotoxin in the Billings Reservoir (São Paulo, SP, Brazil). **Limnetica**, v. 28, p. 273-282, 2009.
- NISHIMURA, P. Y.; MEIRINHO, P. A.; MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPÊO, M. L. M. Does the plankton community follow the water quality heterogeneity in a tropical urban reservoir (Guarapiranga reservoir, São Paulo, Brazil). **Limnetica**, v. 33, n. 2, p. 263-280, 2014.
- PAERL, H. W.; PAUL, V. J. Climate change: links to global expansion of harmful cyanobacteria. **Water Research**, v. 46, p. 1349–1363, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2011.08.002>
- RODRIGUES, L. L.; SANT'ANNA, C. L.; TUCCI, A. Chlorophyceae das Represas Billings (Braço Taquacetuba) e Guarapiranga, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 2, p. 247-264, abr.-jun. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042010000200006>
- UTERMOHL, H. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. Mitteilungen Internieationale Vereinigung für Theoretische und. **Angewandte Limnolo**, v. 9, p. 1-38, 1958.
- VALDERRAMA, J. C. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. **Marine Chemistry**, v. 10, p. 109-122, 1981. [http://dx.doi.org/10.1016/0304-4203\(81\)90027-X](http://dx.doi.org/10.1016/0304-4203(81)90027-X)