

OCORRÊNCIA DE CIANOBACTÉRIAS PRODUTORAS DE TOXINAS NO RIO DOS SINOS (RS) ENTRE OS ANOS DE 2005 E 2008

Priscila Freitas Chaves, Sabrina B. de la Rocha, Amanda T.M. Dutra & João S. Yunes*

Unidade de Pesquisas em Cianobactérias, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Campus Carreiros, Av. Itália km 8. Caixa Postal 474. CEP 96.201-900. Rio Grande, RS, Brasil.

*E-mail: jsyunes@furg.br

RESUMO

Cianobactérias são microorganismos procariontes e autotróficos encontrados em diversos habitats. A disponibilidade de nitrogênio e fósforo e de condições ideais de temperatura e de pH nas águas favorecem as florações. No rio dos Sinos (RS), a contaminação por efluentes domésticos e industriais estimulam as florações. Este trabalho teve como objetivo o monitoramento da ocorrência de cianobactérias no rio dos Sinos, seguindo normas de potabilidade de água para consumo humano. As coletas foram realizadas de fevereiro de 2005 a março de 2008, na captação da Refinaria Alberto Pasqualine S/A em Esteio (RS), totalizando 64 amostragens. Em laboratório, foram identificados os gêneros de cianobactérias e quantificados em câmara de Sedgewick-Rafter. Os gêneros *Planktothrix*, *Cylindrospermopsis* e uma cianobactéria unicelular foram os de maior ocorrência. *Planktothrix* sp. apresentou o valor mais alto de 87.009 células mL⁻¹ em março de 2005, enquanto *Cylindrospermopsis* sp. alcançou 65.100 células mL⁻¹ em agosto de 2006 e uma cianobactéria unicelular, 20.000 células mL⁻¹ em janeiro de 2006. Somente em seis amostragens não foram encontradas células de cianobactérias nas águas do rio dos Sinos. Os dois gêneros predominantes *Planktothrix* e *Cylindrospermopsis*, são potencialmente tóxicos, mas não foram encontradas cianotoxinas na água tratada quando as contagens ultrapassaram a 20.000 células mL⁻¹ na água bruta. Constatou-se uma maior concentração de células de *Cylindrospermopsis* sp. durante a cheia do rio dos Sinos (maio, junho e agosto) e de *Planktothrix* sp. durante a estiagem (janeiro, fevereiro e março). Há possibilidade de relacionar-se a presença de uma ou outra cianobactéria predominante com o sentido do fluxo no sistema lago Guaíba – rio dos Sinos.

Palavras-chave: Cianobactérias, eutrofização, potabilidade, REFAP, rio dos Sinos.

ABSTRACT

OCCURRENCE OF A TOXIN-PRODUCING CYANOBACTERIA IN THE SINOS RIVER (RIO GRANDE DO SUL STATE, BRAZIL) DURING THE YEARS 2005 AND 2008. Cyanobacteria are widely distributed autotrophic prokaryotic microorganisms, whose blooms depend on ideal amounts of nitrogen and phosphorous as well optimal temperature and pH conditions. Cyanobacterial blooms in the Sinos River, Rio Grande do Sul state, Brazil, are triggered by the influx of household and industrial wastes. The present study aimed at monitoring the occurrence of cyanobacteria in the Sinos River and tracking the water quality for human consumption. Water samples were taken from February 2005 to March 2008 at the Alberto Pasqualine Oil Refinery in the municipality of Esteio, Rio Grande do Sul state, totaling 64 samples. The different genera of cyanobacteria found were identified and counted in the laboratory in Sedgewick-Rafter chambers. The genera *Planktothrix* and *Cylindrospermopsis*, as well as an unidentified unicellular cyanobacterium were the most frequently found in the samples. *Planktothrix* sp. achieved 87,009 cells.mL⁻¹ in March 2005, *Cylindrospermopsis* sp. achieved 65,100 cells.mL⁻¹ in August 2006, and the unidentified unicellular cyanobacterium achieved 20,000 cells.mL⁻¹ in January 2006. Only six samples contained no cyanobacteria. *Planktothrix* and *Cylindrospermopsis* are potentially toxic, but cyanotoxins could not be detected in the samples containing more than 20,000 cells.mL⁻¹. *Cylindrospermopsis* sp, were most numerous during seasonal floods of the Sinos River (over March, June and August) whereas *Planktothrix* sp. were most numerous during the drought periods (January, February and March). The presence of each predominant cyanobacterium may be correlated with direction of the water flow in Lake Guaíba–Sinos River system.

Keywords: Cyanobacteria, eutrophication, water quality, REFAP, Sinos River.

RESUMEN

OCURRENCIA DE CIANOBACTERIAS PRODUCTORAS DE TOXINAS EN EL RÍO DOS SINOS (RS) ENTRE LOS AÑOS 2005 Y 2008. Las cianobacterias son microorganismos procariotes y autotróficos que viven en distintos hábitats. El nitrógeno y el fósforo, así como condiciones adecuadas de temperatura y pH en el agua, pueden dar lugar a la formación de floraciones. En el río dos Sinos (RS), la contaminación por efluentes domésticos e industriales estimula la ocurrencia de floraciones. Este trabajo tiene como objetivo monitorear la ocurrencia de cianobacterias en el río dos Sinos, siguiendo las normas de potabilidad de agua para consumo humano. Las colectas fueron realizadas desde febrero del 2005 hasta marzo del 2008, en la zona de captación de la refinería Alberto Pasqualine S/A en Esteio (RS), haciendo un total de 64 muestreos. En laboratorio, los géneros de cianobacterias fueron identificados y luego cuantificados en una cámara Sedgewick-Rafter. Los géneros *Planktothrix*, *Cylindrospermopsis* y una cianobacteria unicelular fueron los de mayor ocurrencia. *Planktothrix* sp. presentó el valor más alto de 87.009 células mL⁻¹ en marzo del 2005; *Cylindrospermopsis* sp. llegó a 65.100 células mL⁻¹ en agosto del 2006 y una cianobacteria unicelular 20.000 células mL⁻¹ en enero del 2006. Sólo en 6 muestreos no se hallaron células de cianobacterias en el agua del río dos Sinos. Los dos géneros predominantes *Planktothrix* y *Cylindrospermopsis* son potencialmente tóxicos, pero no se encontraron cianotoxinas en el agua tratada cuando los conteos de células sobrepasaron las 20.000 células mL⁻¹ en el agua sin potabilizar. Se constató una mayor concentración de células de *Cylindrospermopsis* sp. durante las crecidas del río dos Sinos (mayo, junio y agosto) y de *Planktothrix* sp durante el estiaje (enero, febrero y marzo). Habría la posibilidad de que este relacionada la presencia predominante de una u otra cianobacteria con el sentido de flujo en el sistema que forman el lago Guaíba y el río dos Sinos.

Palabras clave: Cianobacterias, eutrofización, potabilidad, REFAP, río dos Sinos.

INTRODUÇÃO

AS CIANOBACTÉRIAS

As cianobactérias são microorganismos procariotes fotossintetizantes e apresentam fotossistemas I e II, não estando organizados em cloroplastos, como ocorre nas plantas. Possuem características típicas de organismos diazotróficos (fixadores de nitrogênio) e podem ser produtoras de hepatotoxinas ou neurotoxinas. O surgimento destes organismos está associado à oxigenação da atmosfera primitiva, há 3,2 bilhões de anos. Por estarem em uma posição evolutiva entre os procariotes e eucariotes, apresentam grande vantagem adaptativa, o que lhes propicia uma larga ocorrência geográfica (Schopft & Walter 1982, Rippka 1988). Apesar desta facilidade de adaptação a diferentes ambientes, esses organismos são em sua maioria de água doce.

Atualmente são conhecidos cerca de 150 gêneros e 2.000 espécies de cianobactérias, dos quais aproximadamente 40 gêneros são descritos como produtores de cianotoxinas, o que torna o estudo da morfologia e fisiologia desses microorganismos extremamente importante (Carmichael & Falconer 1993).

Várias espécies de cianobactérias tóxicas dos gêneros *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*

e *Oscillatoria* (*Planktothrix*) foram identificadas como produtoras de compostos neurotóxicos conhecidos como toxina paralisante de mariscos (PSTs – paralytic shellfish toxins) (Strickartz 1984). Já as chamadas hepatotoxinas contêm heptapeptídeos cíclicos, inclusive microcistinas, que são produzidas por gêneros como *Microcystis*, *Anabaena*, *Nodularia*, *Oscillatoria* e *Nostoc* (Carmichael 1992).

Nos ambientes ricos em nutrientes, com condições ideais de temperatura e pH, esses microorganismos podem formar florações, que são caracterizadas pelo intenso aumento da biomassa, podendo ocasionar sérias alterações ambientais e conseqüentes danos à saúde pública devido à ocorrência de cianobactérias produtoras de cianotoxinas (Yunes *et al.* 1994, Ferrão-Filho *et al.* 2002).

Ambientes como rios, lagos e mananciais com grande aporte de nutrientes são propícios ao desenvolvimento destes microorganismos, favorecendo, muitas vezes, florações (Chorus & Bartram 1999, Codd 2000). No Brasil, florações de cianobactérias tornam-se cada vez mais freqüentes, sobretudo em mananciais utilizados para o abastecimento público conforme registrado nos Estados de São Paulo, Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul (Lagos *et al.* 1999, Conte *et al.* 2000, Matthiensen & Barbosa 2003, Yunes *et al.* 2003).

Baseado nessas informações e na vontade da Refinaria de Petróleo Alberto Pasqualine S/A (REFAP) de garantir um desenvolvimento e monitoramento ambiental adequado ao seu manancial, foi realizado o monitoramento de cianobactérias nas águas do Rio dos Sinos durante o período entre fevereiro de 2005 e março de 2008, a partir do projeto REFAP/ FURG. Este monitoramento seguiu as exigências ambientais para a potabilidade de água para consumo humano - Portaria 518, de 26 de março de 2004 (Ministério da Saúde 2004). Com esta iniciativa, tem-se a possibilidade de buscar a melhoria da qualidade ambiental dos recursos hídricos.

ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (Figura 1) apresenta uma área de aproximadamente 4.300km² e está localizada no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul (Pereira & Lanna 1998, Conte *et al.* 2000). Delimitando esta bacia ao norte e oeste tem-se a Bacia do rio Caí; ao sul, parcialmente o rio Gravataí e encostas da Serra Geral; enquanto que a leste está delimitada também pelas encostas da Serra Geral. (Pereira 1996). O rio dos Sinos nasce nas montanhas de Caraá, percorre um percurso de 190km e deságua no Delta do Jacuí, formando seqüencialmente o Lago Guaíba, cuja as águas mais adiante seguem para a Lagoa dos Patos por onde chegam ao Oceano Atlântico.

O Rio dos Sinos apresenta-se sob risco de eutrofização devido à contaminação por efluentes domésticos e industriais que são lançados em suas águas. A eutrofização deve-se ao aumento da entrada das formas combinadas de nitrogênio e de fósforo ao longo dos tributários e/ou desde a sua nascente.

Sua dinâmica depende das condições à montante do sistema hidrelétrico de Salto. A partir da barragem de Salto, as águas são conduzidas em direção ao rio Santa Maria, no município de Canela, onde são utilizadas pelas barragens de Bugre e Canastra, chegando ao Rio Paranhana. Seus principais afluentes são os rios da Ilha, Rolante e Paranhana. O rio dos Sinos passa por 28 municípios e deságua no Lago Guaíba em Porto Alegre, sendo utilizado para atividades industriais, por empresas de abastecimento de água, para liberação de efluentes e também para irrigação agrícola. (Pereira 1996, Conte *et al.* 2000).

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram coletadas no Rio dos Sinos, no local de captação de água para o reservatório da REFAP, no período entre fevereiro de 2005 e março de 2008, com frequência quinzenal durante os anos de 2005 e 2006 e mensal em 2007 e 2008, totalizando 64 amostragens. As coletas foram realizadas com um balde e transferidas para garrafas plásticas estéreis de 100mL (Nalgene, E.U.A.), contendo lugol ácido (100g KI + 50g I₂ em 100mL de ácido acético, aferido à 1L de água destilada).

No laboratório, foi realizada a identificação dos gêneros de cianobactérias presentes nas amostras coletadas. Para isso, agitou-se a amostra e colocou-se um pequeno volume desta em dois tubos para centrifugação a 10.000g por 10min (Eppendorf, Alemanha). Em seguida, foi realizada a identificação dos organismos presentes no precipitado através de microscopia óptica (Studarlab, Polônia), utilizando os manuais de Bicudo & Menezes (2005), Cybis *et al.* (2006) e Sant'Anna *et al.* (2006). Logo após, fez-se a contagem de células e filamentos em câmara de Sedgewick-Rafter (Graticules, Inglaterra).

Para a análise da toxicidade das florações, a detecção de microcistinas seguiu o método de Chu *et al.* (1989), utilizado um Imunoensaio enzimático comercial Envirologix (USA). Este kit é indicado para detecção quantitativa de microcistinas em amostras de água. Já para as saxitoxinas, seguiu-se o método de separação e identificação por cromatografia líquida acoplada a detecção por fluorescência e derivatização pós-coluna (Oshima 1995), utilizando padrões adquiridos do NRC – CNRC (Institute for Marine Biosciences, Canadá).

RESULTADOS

CIANOBACTÉRIAS TOTAIS NO RIO DOS SINOS

Durante o período monitorado, o número de cianobactérias totais presentes nas águas do rio dos Sinos no local de captação da REFAP variou de 0 célula mL⁻¹ (em 6 amostragens) a 87.009 células mL⁻¹. As maiores concentrações celulares ocorreram nos meses de fevereiro e março/2005; janeiro, junho e agosto/2006; maio/2007 e janeiro/2008, com os maiores picos no verão de 2005 e no inverno de 2006 (Figura 2).

CIANOBACTÉRIAS DE MAIOR OCORRÊNCIA

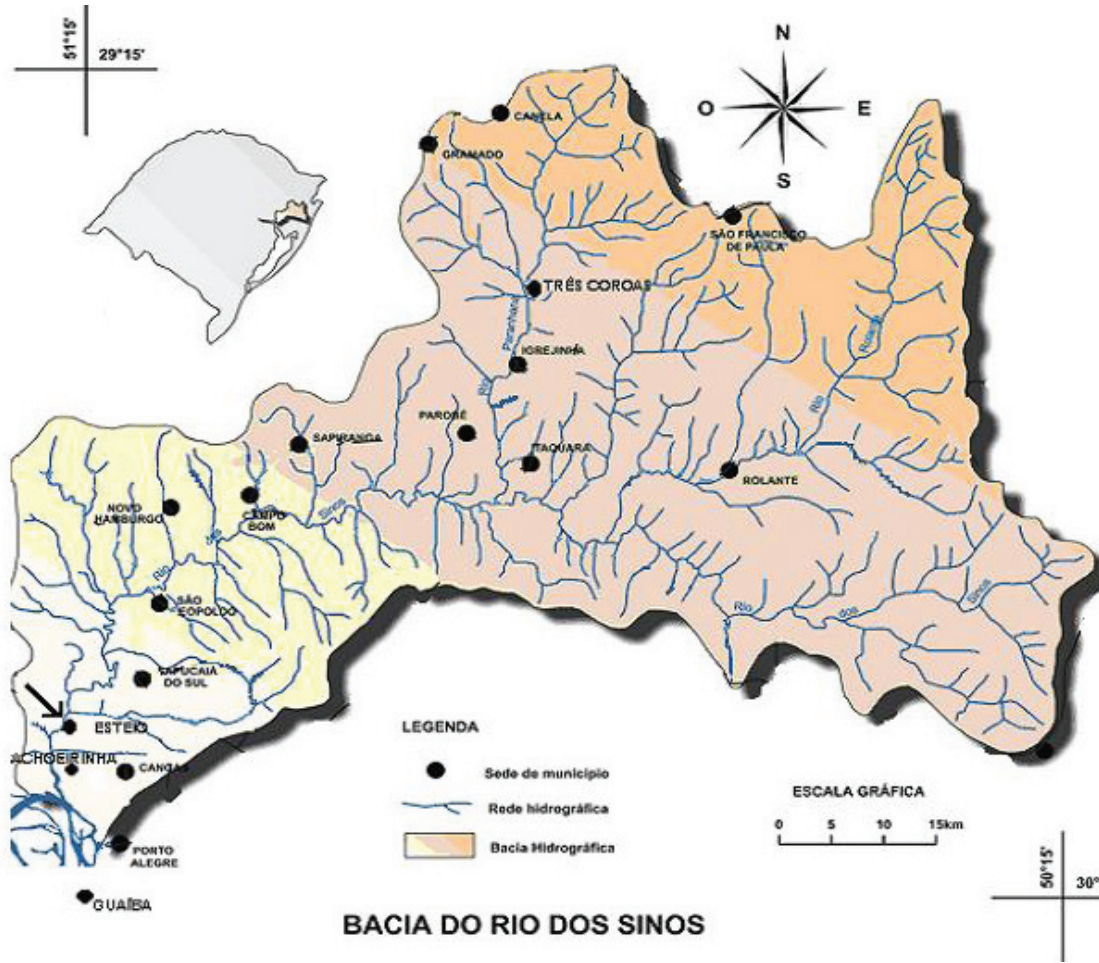


Figura 1. Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, com ênfase nas cidades da região. O símbolo (➔) indica a estação fixa de coleta na margem esquerda do Rio dos Sinos em Esteio (RS).

Figure 1. Map of the Sinos River Basin, focusing on the region of the study area. The arrow (➔) indicates the fixed sampling station, on the left margin of the Sinos River; Esteio, Rio Grande do Sul state, Brazil.

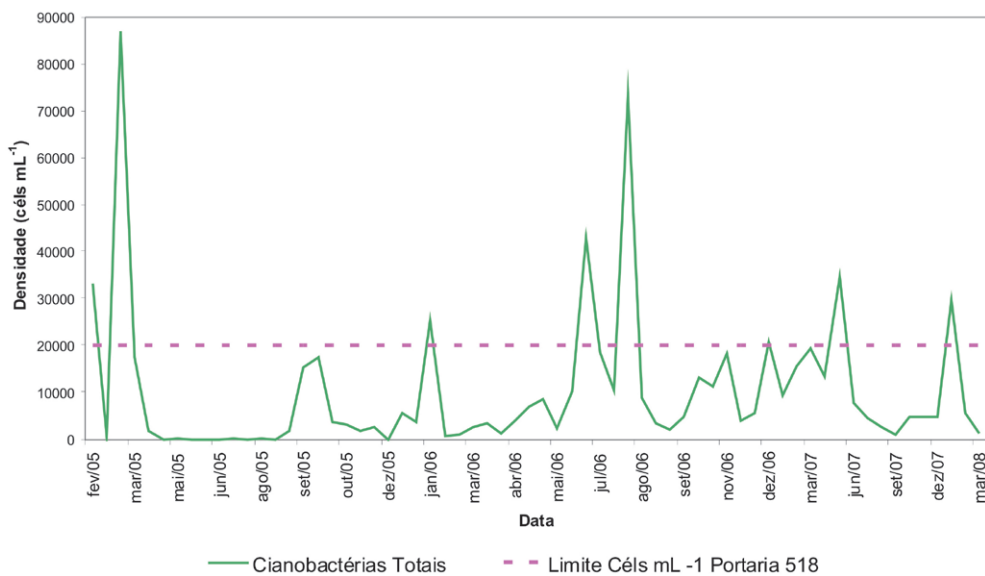


Figura 2. Cianobactérias totais no rio dos Sinos, em células mL⁻¹, durante o período de fevereiro de 2005 a março de 2008 e o limite estabelecido pela exigência da potabilidade de água para consumo humano (Ministério da Saúde, Portaria 518, de março de 2004)

Figure 2. Total cyanobacteria density in the Sinos River, Rio Grande do Sul, Brazil, in cells.mL⁻¹, over the period February 2005 to March 2008. The dotted pink line indicates the maximum cyanobacterial density for water to be considered suitable for human consumption (according to the Brazilian Ministry of Health, Ordinance 518, March 2004)

NO RIO DOS SINOS

Os resultados obtidos a partir das contagens realizadas no período de fevereiro/2005 a março/2008 indicaram que os gêneros de cianobactérias que apresentaram maior ocorrência nas águas do rio dos Sinos foram *Planktothrix*, *Cylindrospermopsis* e cianobactérias unicelulares (Figura 3).

Desde o início deste período foram identificadas células do gênero *Planktothrix* nas amostras de água do rio dos Sinos, enquanto que as células do gênero *Cylindrospermopsis* e também as cianobactérias unicelulares tornaram-se freqüentes somente a partir de abril/2006, com exceção de um pico isolado das cianobactérias unicelulares em janeiro/2006. Ao longo do tempo, o número de células de *Planktothrix* variou de 0 células mL⁻¹ a 87.009 células mL⁻¹, com maior ocorrência nos meses de verão (fevereiro e março/2005), quando foi registrado este último. A concentração de cianobactérias unicelulares esteve de 0 a 9.942 células mL⁻¹, com exceção do mês de janeiro/2006, no qual ocorreu um pico de 20.000 células mL⁻¹. Já o gênero *Cylindrospermopsis* variou de 0 célula mL⁻¹ a 15.000 células mL⁻¹, com maior

ocorrência nos meses de inverno (junho e agosto/2006), e maio/2007. Em agosto/2006 registrou-se um pico elevado de 65.100 células mL⁻¹.

Durante o período estudado, as cianobactérias unicelulares e as do gênero *Planktothrix* apareceram em maior quantidade no verão e no início do outono, época de estiagem do rio dos Sinos, enquanto que foi encontrado um maior número de filamentos de *Cylindrospermopsis* nos meses de inverno e final do outono, época de cheia. Este padrão foi muito nítido nas quatro estações nos anos de 2006 e 2007.

CIANOBACTÉRIAS DE MENOR OCORRÊNCIA NO RIO DOS SINOS

Os gêneros de cianobactérias de menor ocorrência nas águas do rio dos Sinos no período entre fevereiro/2005 e março/2008 foram *Oscillatoria*, *Anabaena* e *Pseudoanabaena* (Figura 4). Com relação a estes gêneros, verificou-se que estiveram ausentes na maior parte do período em que foram realizadas as coletas, e que também a maior ocorrência foi de apenas 4.500 células mL⁻¹ de *Oscillatoria* em janeiro/2006.

Espécies de *Anabaena* foram as mais freqüentes,

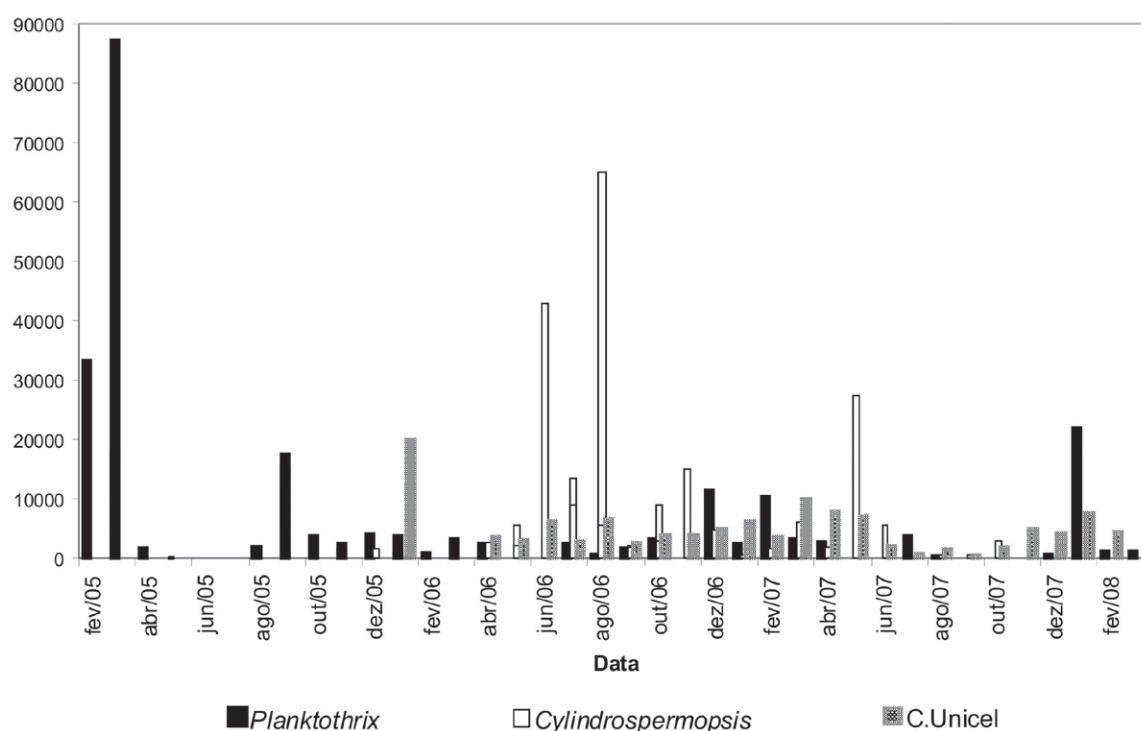


Figura 3. Cianobactérias de maior ocorrência no rio dos Sinos (*Planktothrix*, *Cylindrospermopsis* e cianobactérias unicelulares), no período de fevereiro de 2005 a março de 2008.

Figure 3. Density per month of the most common cyanobacteria in the Sinos River, Rio Grande sul, Brazil, over the period of February 2005 to March 2008. C. unicelulares = unicellular cyanobacterium.

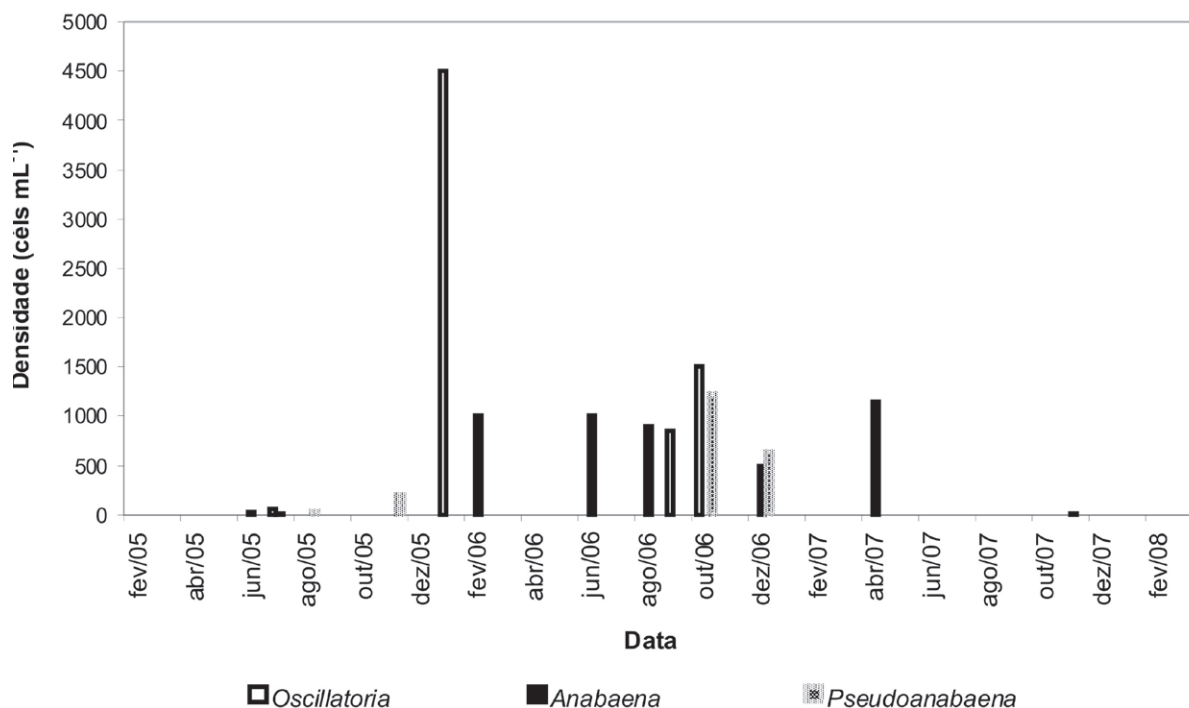


Figura 4. Cianobactérias de menor ocorrência no rio dos Sinos (*Oscillatoria*, *Anabaena* e *Pseudoanabaena*), ao longo do período de fevereiro/2005 a março/2008.

Figure 4. Density per month of less common cyanobacteria in samples from the Sinos River, Rio Grande do Sul state, Brazil, over the period February 2005 to March 2008.

sendo observadas nos meses de fevereiro, junho, agosto e dezembro/2006, e abril/2007. O gênero *Oscillatoria* apareceu somente nos meses de janeiro setembro e outubro/2006, enquanto que o gênero *Pseudoanabaena* esteve presente em agosto e novembro/2005 e outubro e dezembro/2006.

TOXICIDADE DAS FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS NA REGIÃO DA BACIA DO RIO DOS SINOS

Devido a exigências da norma da potabilidade de águas (Ministério da Saúde 2004) para que as águas das Estações de Tratamento de Águas (ETAs) sejam analisadas, algumas amostras na captação (água bruta) no rio dos Sinos em Esteio que ultrapassaram a contagem de 20.000 células mL⁻¹ tiveram análise de cianotoxinas realizadas.

Sendo assim, no intuito de oferecer dados complementares da presença de cianotoxinas nas florações dos dois gêneros principais indicados (*Planktothrix* sp. e *Cylindrospermopsis* sp.) foram buscados em outros municípios da Bacia do Sinos, onde a norma da potabilidade de água para consumo humano também é aplicada, outros dados da presença

de cianotoxinas nas florações ao longo do período estudado (Tabela I).

A Tabela I cita ocorrências de florações na região de estudo da bacia do Rio dos Sinos. Nota-se que em outros locais de coleta, além daquele estudado, a presença de *Planktothrix* sp. e *Cylindrospermopsis* sp. também é sazonal, isto é, *Planktothrix* sp. predomina no verão e *Cylindrospermopsis* sp. predomina principalmente no inverno.

Nas florações de *Planktothrix* sp. detectou-se a presença das cianotoxinas microcistinas em níveis que vão de < 0,10 a 2,88 µg L⁻¹, com abundâncias celulares entre 53.573 e 296.769 células mL⁻¹.

Nas florações de *Cylindrospermopsis* sp. na região, detectou-se a presença de equivalentes de saxitoxina em níveis que vão de 0,01 a 1,5 µg L⁻¹, com abundâncias celulares entre 19.579 e 76.244 células mL⁻¹.

DISCUSSÃO

Ao longo do período estudado foi observada a presença de cianobactérias na grande maioria das amostras coletadas na captação do rio dos Sinos. Os gêneros de cianobactérias de maior ocorrência durante o período de fevereiro de 2005 a março de

Tabela I. Toxicidade das florações de cianobactérias na região da Bacia do Rio dos Sinos. ⁽¹⁾ Determinado através de imunoensaio enzimático; ⁽²⁾ Determinado através de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), com detecção por fluorescência; NR = não realizado.
Table I. Toxicity of cyanobacterial blooms in the Sinos River Basin, Rio Grande Sul, Brazil. (1) = determined by enzymatic immunoassay; (2) = determined by High Performance Liquid Chromatography with detection by fluorescence; NR = not determined.

Local	Data	Cianobactéria predominante	Células mL ⁻¹	Cianotoxinas µg L ⁻¹	
				Microcistina ⁽¹⁾	Equivalentes Saxitoxina ⁽²⁾
Esteio	05/01/2006	<i>Planktothrix</i> sp.	30.000	<0,10	NR
	07/11/2006	<i>Planktothrix</i> sp.	1.178	0,24	NR
	15/05/2007	<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	60.159	NR	0,5
Cachoeirinha	02/01/2006	<i>Planktothrix</i> sp.	296.769	1,25	NR
	14/02/2006	<i>Planktothrix</i> sp.	88.883	2,88	NR
Guaíba	05/01/2006	<i>Planktothrix</i> sp.	53.573	< 0,10	NR
Três Coroas	06/02/2007	<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	72.967	NR	0,34
	05/06/2007	<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	19.579	NR	0,05
	12/02/2007	<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	71.543	NR	0,5
Parobé	26/06/2007	<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	57.046	NR	0,525
	05/07/2007	<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	65.836	NR	0,01
	12/02/2007	<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	23.076	NR	0,07
Canela	16/04/2007	<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	72.003	NR	0,013
	26/06/2007	<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	70.077	NR	1,53
	03/07/2007	<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	76.244	NR	0,02
	11/07/2007	<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	67.231	NR	0,03

2008 foram *Planktothrix* e *Cylindrospermopsis*, e as cianobactérias unicelulares, enquanto que os gêneros de menor frequência foram *Oscillatoria*, *Anabaena* e *Pseudoanabaena*. Os dois gêneros principais observados nas contagens, *Planktothrix* e *Cylindrospermopsis*, têm sido largamente citados na literatura como produtores de cianotoxinas (Chorus & Bartram 1999).

Neste período, por oito vezes a contagem total de cianobactérias ultrapassou o limite estabelecido pela legislação de 20.000 células mL⁻¹ (Ministério da Saúde 2004). Nesta ocasião as amostras de água tratada pela ETA da REFAP foram analisadas para as toxinas microcistinas, saxitoxinas e cilindrospermopsinas. Em todos os eventos os resultados destas análises não ultrapassaram aos limites máximos aceitáveis (LMA's) da referida Portaria.

Em geral, evidencia-se que o gênero de cianobactéria que apresentou os valores mais elevados na concentração de células durante o período pesquisado foi *Planktothrix*, que foi observado desde as primeiras amostragens. Já o gênero *Cylindrospermopsis* e as cianobactérias unicelulares começaram a ocorrer com frequência a partir de abril/2006, destacando-se o pico de 20.000 células mL⁻¹ das unicelulares em janeiro/2006. Os gêneros *Oscillatoria*, *Anabaena*

e *Pseudoanabaena* tiveram baixa concentração de células e menor ocorrência ao longo do período.

No verão de 1999, as bacias dos rios Caí e Sinos foram intensamente afetadas por uma floração de *Cylindrospermopsis raciborskii* produzida muitos quilômetros acima na Barragem Hidrelétrica de Salto, em Canela (Figura 1). Naquele momento, a Barragem lançou cerca de 60.000 filamentos mL⁻¹ no rio Caí e 45.000 filamentos mL⁻¹ na Bacia do Sinos. Não foi relatada mortandade de animais. Nesta Bacia, as concentrações atingiram 60.000 filamentos mL⁻¹ na cidade de Três Coroas. Na captação em Canela ocorreram 63.444 filamentos mL⁻¹. No mesmo período, foi observada uma grande acumulo da cianobactéria *Cylindrospermopsis* sp em duas captações abaixo no Rio dos Sinos (em Campo Bom e em Esteio), ambas monitoradas pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN). Na captação de Campo Bom, a concentração atingiu a 40.000 filamentos mL⁻¹, enquanto que a captação de Esteio, ficou em 10.250 filamentos mL⁻¹ (Conte *et al.* 2000).

A partir disso, sugere-se que estas barragens presentes no percurso do rio dos Sinos gerem modificações ambientais alterando o fluxo da água (tempo de retenção) e mudando a dinâmica natural deste sistema ecológico que influencia a dispersão

das células de cianobactérias a jusante do rio. Desta forma, constata-se que na captação da REFAP em Esteio (RS), onde foram realizadas as coletas deste trabalho, o número de células não seria tão elevado quanto nas captções próximas à Barragem hidrelétrica, porque aqueles pontos próximos às represas estão sofrendo maior ação antrópica (lançamento de efluentes domésticos e industriais) que alteram os processos naturais do ambiente, como o acúmulo e disponibilização de nutrientes, que favorecem as florações.

Já no Lago Guaíba, que também apresenta captação monitorada pela CORSAN, foi verificada uma floração predominante de *Planktothrix* sp. no verão e no outono dos anos 2000, 2002, 2004, 2006 e 2007, com valores superiores a 5.000 filamentos mL⁻¹.

Na época de estiagem, o rio dos Sinos sofre o efeito de refluxo, resultante do seiche (força do vento sobre a superfície líquida) provocado pelo lago Guaíba e Lagoa dos Patos. O aumento do nível da água na Lagoa dos Patos tem efeito semelhante no Guaíba, esses dois sistemas são interligados com relação ao efeito do seiche provocando reflexos no rio dos Sinos. Geralmente esses reflexos ocorrem na época de estiagem, existindo a tendência do fluxo das águas mudar de direção. Esse fenômeno de refluxo ocorre geralmente no verão, nos meses de dezembro a fevereiro (Garcia & Tucci 2000). A partir desse fenômeno, tem-se possibilidade de relacionar a ocorrência de cianobactérias do gênero *Planktothrix* no rio Guaíba com a presença dessas cianobactérias também no rio dos Sinos, no outono de 2006 e no verão e outono de 2007.

A partir da análise dos resultados obtidos neste trabalho, constatou-se que ocorreu maior concentração de células de *Cylindrospermopsis* sp. durante a época de cheia do rio dos Sinos (outono e inverno), enquanto que foi encontrada uma maior quantidade de cianobactérias do gênero *Planktothrix* na época de estiagem (outono e verão).

De acordo com os dados de vazões medidos pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) entre os anos de 1939 e 1980, foi definido como a época de estiagem o período de novembro a maio, e a época de chuva (cheia do rio) o período entre junho e outubro, com relação ao regime de pluviosidade da região sul. A partir desses dados, percebe-se que os efeitos da pluviosidade refletem-se na vazão dos rios desta região, influenciando a vazão

do rio dos Sinos, determinando um período de cheia no inverno e de estiagem no verão (FEPAM 1992/94 citado em Salomoni 2004).

Quanto a toxicidade dos dois gêneros principais encontrados nesta bacia, há evidências em análises anteriores do Rio dos Sinos que *Planktothrix* sp. é produtora de microcistinas (SEMAE 2001). Comparando-se os valores encontrados de microcistinas nas florações de *Planktothrix* sp. no rio dos Sinos e em outros locais percebem-se valores muito baixos. Esses valores são inferiores àqueles encontrados nas florações de *Microcystis* na Lagoa dos Patos por Yunes *et al.* (1996) e Minillo *et al.* (2000).

Em relação à presença de *Cylindrospermopsis* sp. no rio dos Sinos, a toxicidade destas cianobactérias já era conhecida desde 1999, quando as bacias dos rios Caí e Sinos foram afetadas por floração de *Cylindrospermopsis raciborskii*. Material coletado dessa floração desde a barragem de Salto passando por diversas captções rio abaixo provou a toxicidade da floração. O resultado foi apresentado seguindo o método da AOAC (1997) de toxicidade padrão a um nível de 1,57 µg L⁻¹ de equivalentes de saxitoxinas (Conte *et al.* 2000). Análises de cilindrospermopsinas também foram realizadas, mas não foram identificadas na amostra (Yunes *et al.* 2003). Os valores de saxitoxinas encontrados para floração de *Cylindrospermopsis* nas diversas captções entre 2005 e 2008 foram próximos aos valores encontrados em outras regiões no sul do Brasil. (Yunes *et al.* 2003).

CONCLUSÕES

Considerando a importância da saúde pública, da biodiversidade deste ambiente e dos processos naturais e antrópicos que ocorrem nestas águas, faz-se necessário o monitoramento contínuo das cianobactérias no Rio dos Sinos. Ao longo do período estudado foram encontradas concentrações elevadas de células de *Planktothrix* sp e *Cylindrospermopsis* sp. A produção de microcistinas e saxitoxinas, respectivamente, por estas cianobactérias foi constatada ao longo de todo o período amostral, ora com predominância de uma ou outra toxina, dependendo da cianobactéria dominante. Estas florações, portanto, apresentam risco potencial à saúde humana, já que os valores de densidade celular ultrapassaram muitas vezes os valores máximos

recomendados pela legislação (Ministério da Saúde, 2004). Sobretudo, o trabalho ressalta a importância do sentido do fluxo do rio e das estações do ano, que influenciam diretamente os regimes de cheia ou seca do rio e a influência destas variáveis sobre as diversas captações de água da Bacia.

AGRADECIMENTOS: Agradecemos à REFAP a oportunidade de realizar esse levantamento de dados na Bacia do Rio dos Sinos e na disponibilização destes resultados à ciência. Agradecemos a CORSAN a disponibilização dos dados das florações em outras captações na Bacia do Rio dos Sinos (tab. I). A bióloga Priscila Chaves e o oceanólogo João S. Yunes agradecem ao CNPq pelas bolsas de BIC e Produtividade, respectivamente, concedidas. Agradecemos também à Lic. Fabiana Berenge e ao químico Wilson A. Colvara pela importante participação no monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas no local de estudo.

REFERÊNCIAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1997. Paralytic shellfish poison: Biological method. Final Action. AOAC Official Method 959.08. Pp. 22-23. In: P.A. Cunniff (ed.). Fish and other marine products, Sec. 35.1.37. AOAC, Baltimore.
- BICUDO, C.E.M. & MENEZES, M. 2005. *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil - Chave para identificação e descrições*. Rima, São Carlos. 508p.
- CARMICHAEL, W.W. 1992. Cyanobacterial secondary metabolites – the cyanotoxins. *Applied Bacteriology*, 72: 445-459.
- CARMICHAEL, W.W. & FALCONER, I.R. 1993. Diseases related to Freshwater Blue-Green Algae Toxins, and Control Measures. Pp. 187-209. In: I.R. Falconer (ed.). *Algae Toxins in Seafood and Drinking Water*. Academic Press, Cambridge. 224p.
- CHORUS, I. & BARTRAM, J. 1999. Water Resources. Pp. 211-234. In: I. Chorus & J. Bartram (eds.). *Toxic cyanobacteria in water. A guide to their Public Health consequences, monitoring and management*. Spon Press, New York. 416p.
- CHU, P.S.; HUANG, X; WEL, R.D. & CARMICHAEL, W.W. 1989. Production and characterization of antibodies against microcystins. *Applied Environmental Microbiology*, 55: 1928-1933.
- CYBIS, L.F.; BENDATI, M.M.; MAIZONAVE, C.R.M.; WERNER, V.R. & DOMINGUES, C.D. 2006. *Manual para estudo de cianobactérias planctônicas em mananciais de abastecimento público: caso da represa Lomba de Sabão e Lago Guaíba, Porto Alegre, Rio Grande do Sul*. Pallotti, Porto Alegre. 64p.
- CODD, G.A. 2000. Cyanobacterial toxins, the perception of water quality, and the prioritisation of eutrophication control. *Ecological Engineering*, 16: 51-50.
- CONTE, S.M.; RABELO, I.M.M.; GIORDANI, A.T. & DEWES, W. 2000. Ocorrência de *Cylindrospermopsis raciborskii* nas bacias hidrográficas dos Rios dos Sinos e Caí, RS. – Brasil. Pp. 273-274. In: Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, RS. 521p.
- FERRÃO-FILHO, A.S.; SUZUKI B.K. & AZEVEDO, S.M.F.O. 2002. Accumulation of microcystins by tropical zooplankton community. *Aquatic Toxicology*, 59: 201-208.
- GARCIA, R.L. & TUCCI, C.E.M. 2000. Simulação da qualidade da água em rios em regime não permanente: Rio dos Sinos. *Revista Recursos Hídricos*, 21: 17-26.
- LAGOS, N.; ONODERA, H.; ZAGATTO, P.A.; ANDRINOLO, D.; AZEVEDO, S.M.F. & OSHIMA, Y. 1999. The first evidence of paralytic shellfish toxins in the freshwater cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*, isolated from Brazil. *Toxicon*, 37: 1359- 1373.
- MATTHIENSEN, A. & BARBOSA, T.C.P. 2003. Fitoplâncton potencialmente nocivo em corpos d'água costeiros utilizados para o consumo humano: dados preliminares da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC, Brasil. In: IX Congresso Brasileiro de Limnologia, Juiz de Fora, MG. (Meio digital)
- MINILLO, A.; FERREIRA, A.H.F.; YOGUI, G.T. & YUNES, J.S. 2000. Concentrações de Microcistinas e toxicidade nas formas coloniais de *Microcystis aeruginosa* de florações no Estuário da Lagoa dos Patos, RS. Pp. 521-536. In: E.L.G. Espindola, C.M.R.B. Paschoal, O. Rocha, M.B.C. Bohrer & A.L.O. Neto (eds.). *Ecotoxicologia: Perspectivas para o século XXI*. RiMa, São Carlos. 575p.
- OSHIMA, Y. 1995. Post-column derivatization HPLC methods for paralytic shellfish poisons. Pp. 81-94. In: G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson & A.D. Cembella (eds.). *Manual on Harmful Marine Microalgae*. IOC Manual and Guides, 33. UNESCO, Paris. 551p.
- PEREIRA, J. S. 1996. *Análise de critérios de outorga e de cobrança pelo uso da água na bacia do rio dos Sinos, RS*. Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento. UFRGS, Porto Alegre, Brasil. 109p.
- PEREIRA, J.S. & LANNA, A.E. 1998. O enquadramento dos corpos d'água em classe de uso como um instrumento de gestão e a necessidade de revisão da resolução CONAMA 20/86. Pp. 1-11. In: Anais do Simpósio Internacional sobre gestão de recursos hídricos, Gramado, RS. (Anais on-line).
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2004. *Portaria n° 518*, 26 de março de 2004. Ministério da Saúde, Brasil.

RIPPKA, R. 1988. Recognition and Identification of Cyanobacteria. Pp. 28-67. *In*: L. Packer & A.N. Glazer (eds.). *Methods in Enzymology*. Vol. 167. Academic Press, San Diego. 915p.

SALOMONI, S.E. 2004. *Diatomáceas Epilíticas indicadoras da Qualidade de água na Bacia do Rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil*. Tese de Doutorado. UFSCar, São Carlos, Brasil. 230p.

SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P.; AGUJARO, L.F.; CARVALHO, L.R. & SOUZA, R.C.R. 2006. *Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras*. Interciência, Rio de Janeiro. 58p.

SEMAE (Serviço Municipal de Água e Esgoto, São Leopoldo/RS). 2001. *Laudo de análises de Cianotoxinas*. 29 de novembro de 2001. Porto Alegre, Brasil.

SCHOPF, J.W. & WALTER, M.R. 1982. Origin and Early Evolution of Cyanobacteria: The Geological Evidence. Pp. 543-564. *In*: N.G. Carr & B.A. Whitton (eds.). *The Biology of Cyanobacteria*. Blackwell Scientific Publishers, Oxford. 584p.

STRICHARTZ, G. 1984. Structural determinants of the affinity of saxitoxin sodium channel. *Journal of General Physiology*, 84: 281-305.

YUNES, J.S.; NIENCHESKI, L.F.H.; SALOMON, P.S.; PARISE, M.; BEATTIE, K.A.; RAGGETT, S.L. & CODD, G.A. 1994. Development and toxicity of cyanobacteria in the Patos Lagoon Estuary, Southern Brazil. *IOC Workshop Report (COI/UNESCO)*, 101: 14-19.

YUNES, J.S.; NIENCHESKI, L.F.H. & CODD, G.A. 1996. *The effect of nutrient balance and physical factors on the control of cyanobacterial blooms in the Patos Lagoon, Southern Brazil*. A Report to the European Community, Jul/96. 40p.

YUNES, J.S.; CUNHA, N.T.; BARROS, L.P.; PROENÇA, L.A.O. & MONTSERRAT, J.M. 2003. Cyanobacterial neurotoxins from southern Brazilian freshwater. *Comments on toxicology*, 9: 103-115.

Submetido em 09/04/2008.

Aceito em 13/11/2008.