

Angelet Sylvéus

Diagnóstico das cianobactérias na Lagoa do Peri, Florianópolis, SC e a
legislação sobre água para consumo humano

Trabalho de conclusão da disciplina
BIO 7016 – Trabalho de Conclusão de
Curso II, submetido ao Curso de
Ciências Biológicas da Universidade
Federal de Santa Catarina

Orientadora: Prof. Dra Roselane
Laudares Silva

Florianópolis, 2012

Angelet Sylvéus

Diagnóstico das cianobactérias na Lagoa do Peri, Florianópolis, SC e a legislação sobre água para consumo humano

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Ciências Biológicas”, e aprovado em sua forma final pelo Programa de Bacharelado em Ciências Biológicas.

Florianópolis, 15 de Fevereiro de 2013.

Prof^a. Maria Risoleta Freire Marques, Dra
Coordenadora do Curso de Ciências Biológicas

Banca Examinadora:

Prof^a. Roselane Laudaes Silva, Dra.
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Aldaléa Sprada Tavares, Dra
Univesidade Federal de Santa Catarina

Denise Tonetta, Ms.

Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me dado saúde e força de vontade para realizar este trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio para estar aqui.

À minha orientadora, Prof^ª. Dra Roselane Laudares Silva, pela sua paciência e pelo total apoio na realização desse trabalho.

À Prof^ª. Dra Aldaléa Sprada Tavares e Denise Toneta que participaram da banca examinadora.

À minha família que, mesmo longe de mim, me deu apoio moral.

Aos meus amigos e todos que, de certa forma, me apoiaram.

RESUMO

A Lagoa do Peri, situada dentro de uma área protegida, o Parque Municipal da Lagoa do Peri, constitui o maior corpo de água doce da ilha de Santa Catarina e é utilizada pela CASAN, para abastecimento das populações do leste e sul da mesma. Em virtude da sua importância, vários estudos têm sido realizados no local, os quais revelaram a presença de cianobactérias produtoras de toxinas do grupo das saxitoxinas. Com base na legislação sobre água para consumo humano em vigor, a Portaria 2.914/MS/2011, esse estudo foi realizado com o objetivo de avaliar as densidades de cianobactérias e indicar medidas a serem tomadas pelos responsáveis do sistema de abastecimento de água. As coletas foram realizadas uma vez no outono, inverno e primavera. No presente estudo, a espécie *Cylindrospermopsis raciborskii* foi sempre dominante em todas as coletas acompanhada por *Limnothrix sp* e *Planktolyngbya limnetica*, em densidades significativas. As densidades de cianobactérias encontradas, variaram entre 587.884 cél.mL⁻¹ e 1.126.250 cél.mL⁻¹, sendo superiores a 20.000 cél.mL⁻¹, o que exige análise com frequência semanal de cianotoxinas na água do manancial. Como a *C. raciborskii* foi dominante e é produtora de saxitoxinas na Lagoa do Peri, deve-se realizar análise semanal dessa toxina, que não pode ultrapassar 3,0 µg de equivalente STX/L na água a ser distribuída para a população. Análises de microcistinas também devem ser feitas já que foram encontradas densidades de *Planktolyngbya limnetica* e *Limnothrix sp.* maiores que 10.000 cél.mL⁻¹. Análise de cilindrospermopsina deve ser feita pelo menos uma vez, para confirmar a ausência de produção desta toxina na lagoa do Peri.

Palavras-chave: Área protegida. *Cylindrospermopsis raciborskii*. Saxitoxinas. Abastecimento de água.

ABSTRACT

The Peri lake located in a protected area is the biggest water body of Santa Catarina island and is used by the CASAN to supply the southern and eastern populations of this island. Because its importance, several studies have been conducted in the site, which revealed the presence of cyanobacteria that produce cyanotoxins of the saxitoxins group. Based on drinking water current law, the ordinance 2.914/MS/2011, this study has been conducted in order to evaluate the cyanobacteria densities and indicate the measures to be taken by the authorities in this water supply system. Samples were collected once in autumn, winter and spring. In this study, the *C. raciborskii* specie was always dominant in all of the samples followed by *Limnothrix sp* and *Planktolyngbya limnetica* in significant densities. The cyanobacterial densities varied between 587.884 cel.mL⁻¹ and 1.126.250 cel.mL⁻¹, exceeding 20.000 cel.mL⁻¹, which requires analysis with weekly frequency of cyanotoxins in the water supply system. As the *C. raciborskii* was dominant and is a saxitoxin producer in Peri lake, the water supply system must perform the analysis of this toxins weekly that may not exceed 3,0 µg STX equivalents/L in the water to be distributed to the population. Because the densities of *Planktolyngbya limnetica* and *Limnothrix sp.* found exceed 10.000 cels.mL⁻¹, microcystins analysis must be performed. Cylindrospermopsins analysis must be performed at least once to confirm the absence of this toxin in the Peri lake.

Keywords: Protected area. *Cylindrospermopsis raciborskii*. Saxitoxins. Water supply system.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. JUSTIFICATIVA	11
3. HIPÓTESE	12
4. OBJETIVOS	12
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
5.1 Área de estudo	12
5.2 Procedimentos de campo	14
5.3 Procedimento de laboratório.....	14
5.3.1 Fixação das amostras	14
5.3.2 Identificação das espécies.....	15
5.3.3 Quantificação.....	15
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
6.1- Análises qualitativas.....	16
6.2- Análises quantitativas.....	18
6.3- Análise estatísticas	19
7- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	20
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
9. ANEXOS	25

1. INTRODUÇÃO

A Lagoa do Peri, situada no estado de Santa Catarina no Sul do Brasil, constitui o maior corpo de água doce da Ilha de Santa Catarina (Lapolli *et al.*, 1990). É um lago costeiro que se formou por isolamento do mar, através da formação de depósitos de sedimentos marinhos (Castilhos, 1997). Situa-se dentro de uma área protegida: o Parque Municipal da Lagoa do Peri. Esse espaço foi delimitado com o intuito de preservar os atributos excepcionais da natureza a fim de conciliar a proteção dos ecossistemas (rios, lagoa, restinga, mata) com práticas educacionais, científicas e recreativas que envolvam a comunidade local. Nessa área é proibida qualquer atividade de exploração dos recursos naturais (CECCA, 1997).

Em Novembro de 2000, por causa do aumento do contingente populacional na porção Sul da Ilha e o consequente aumento da demanda por água potável, a Lagoa do Peri começou a ser utilizado para abastecimento da população da Costa Leste/Sul da Ilha, através de um projeto da Companhia de Água e Saneamento de Santa Catarina (CASAN) (Silva e Senna, 1997; Moser, 2011).

Estudos realizados de dezembro de 1994 a dezembro de 1995 revelaram, pela primeira vez, na comunidade fitoplanctônica do local, a dominância de cianobactérias filamentosas, especialmente de uma espécie conhecida como *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju (Komárková, Laudares-Silva e Senna, 1999).

Originalmente descrita como uma espécie de origem tropical, *C. raciborskii*, atualmente, está presente e forma blooms tóxicos em regiões muito variadas do mundo: das regiões tropicais às zonas temperadas (Padisák, 1997).

No Brasil, essa espécie foi identificada pela primeira vez por Palmer em 1969, no lago Paranoá, em Brasília, mas identificado como *Aphanizomenon* (Branco e Senna, 1997).

No Brasil, florações de cianobactérias têm sido registradas em vários reservatórios utilizados para o consumo humano (Yunes *et al.*, 2005; Melo, 2006; FUNASA, 2003).

O sucesso de *C. raciborskii* é atribuído a diversas razões, em especial: grande habilidade de flutuação, alta tolerância ao sombreamento, capacidade de fixar nitrogênio atmosférico através de heterocitos, a capacidade de estocar fosfato na forma de grãos de polifosfato e a resistência à herbivoria.

Várias espécies de cianobactérias são conhecidas como produtoras de cianotoxinas, substâncias que podem causar danos ambientais como

morte de mamíferos, mortandade de peixes, alteração da qualidade da água (sabor e odor) e mesmo intoxicação humana. Essas substâncias, de acordo com suas estruturas químicas, podem ser classificadas em três grandes grupos químicos: os peptídeos cíclicos, os alcalóides e os lipopolissacarídeos (LPS). Entretanto, por sua ação farmacológica, são classificadas em: neurotoxinas, hepatotoxinas e dermatotoxinas (FUNASA, 2003; Sant'Anna *et al.*, 2006; Calijuri *et al.*, 2006).

As neurotoxinas, de ação mais rápida do que as hepatotoxinas, são alcalóides produzidos por espécies de *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Lyngbya*, *Cylindrospermopsis* e *Trichodesmium* que atuam especificamente no sistema nervoso podendo provocar morte por paradas respiratórias. São de três tipos: anatoxina-a e homoanatoxina-a, 1 anatoxina-a(S) e saxitoxinas também conhecidas como Paralytic Shellfish Poisoning (PSPs) (Calijuri *et al.*, 2006; Chorus e Bartram, 1999; Sant'Anna *et al.*, 2006).

As hepatotoxinas, provocando as intoxicações mais comuns por cianobactérias, são peptídeos cíclicos que agem principalmente no fígado podendo provocar lesões e hemorragia. Esse grupo compreende: as microcistinas produzidas por *Anabaena*, *Microcystis*, *Oscillatoria* (*Planktothrix*), *Nostoc* e *Anabaenopsis*; as nodularinas produzidas por *Nodularia spumigena*.

A citotoxina cilindrospermopsina, é um alcalóide isolado de *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Umezakia natans* e *Aphanizomenon ovalisporum* (Calijuri *et al.*; Sant'Anna *et al.*, 2006).

As dermatotoxinas, componentes da parede celular das cianobactérias, são lipopolissacarídeos (LPS) capazes de induzir irritação na pele e alergias. Se ingeridas, elas induzem efeitos como neutropenia, trombocitopenia, acidose e alcalose (Chorus e Bartram, 1999; Sant'Anna *et al.*, 2006).

C. raciborskii foi considerada por muito tempo como uma espécie não-tóxica, mas em 1979, em Palm Island, na Austrália foi detectada uma floração tóxica em um manancial para abastecimento humano (Hawkins *et al.*, 1985) cuja toxina foi posteriormente identificada como cilindrospermopsina (Ohtani *et al.*, 1992 *apud* Chorus e Bartram, 1999).

Não foram registradas ainda cepas brasileiras de *C. raciborskii* que produzem cilindrospermopsina. No entanto, tem sido citada a ocorrência de vários tipos de saxitoxinas em reservatórios brasileiros, que foram detectadas pela primeira vez por Lagos *et al.* (1999).

O primeiro caso confirmado de morte de humanos causada por cianotoxinas no Brasil ocorreu no início de 1996, quando 130 pacientes

renais crônicos, após terem sido submetidos a sessões de hemodiálise em uma clínica da cidade de Caruaru (PE), passaram a apresentar um quadro clínico compatível com uma grave hepatotoxicose. Desses, 50 pacientes vieram a falecer a óbito de 10 meses após o início dos sintomas. As análises confirmaram a presença de microcistinas, no carvão ativado utilizado no sistema de purificação de água da clínica, e em amostras de sangue e fígado dos pacientes intoxicados (Chorus e Bartram, 1999).

Alertadas pela ocorrência desta tragédia, as autoridades brasileiras tomaram providências para estabelecer normas de monitoramento de cianobactérias em corpos d'água utilizados para o abastecimento humano. A Portaria 1469/MS/2000 foi a primeira a normatizar este monitoramento. Esta portaria sofreu modificações, e foi substituída pela Portaria 518/MS/2004 e posteriormente pela Portaria Nº 2.914/MS/2011 atualmente em vigor, a qual determina os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água, assim como os padrões de potabilidade.

Em relação ao monitoramento de cianobactérias, destacam-se os seguintes artigos desta portaria:

Artigo 37

§ 3º Em complementação ao previsto no Anexo VIII a esta Portaria, quando for detectada a presença de gêneros potencialmente produtores de cilindrospermopsinas no monitoramento de cianobactérias previsto no § 1º do art. 40 desta Portaria, recomenda-se a análise dessas cianotoxinas, observando o valor máximo aceitável de 1,0 µg/L.

§ 4º Em complementação ao previsto no Anexo VIII a esta Portaria, quando for detectada a presença de gêneros de cianobactérias potencialmente produtores de anatoxina-a(s) no monitoramento de cianobactérias previsto no § 1º do art. 40 a esta Portaria, recomenda-se a análise da presença desta cianotoxina.

Artigo 40

§ 1º Para minimizar os riscos de contaminação da água para consumo humano com cianotoxinas, deve ser realizado o monitoramento de cianobactérias, buscando-se identificar os

diferentes gêneros, no ponto de captação do manancial superficial, de acordo com a Tabela do Anexo XI a esta Portaria, considerando, para efeito de alteração da frequência de monitoramento, o resultado da última amostragem.

§ 2º Em complementação ao monitoramento do Anexo XI a esta Portaria, recomenda-se a análise de clorofila-a no manancial, com frequência semanal, como indicador de potencial aumento da densidade de cianobactérias.

§ 3º Quando os resultados da análise prevista no § 2º deste artigo revelarem que a concentração de clorofila-a em duas semanas consecutivas tiver seu valor duplicado ou mais, deve-se proceder nova coleta de amostra para quantificação de cianobactérias no ponto de captação do manancial, para reavaliação da frequência de amostragem de cianobactérias.

§ 4º Quanto a densidade de cianobactérias exceder 20.000 células/ml, deve-se realizar análise de cianotoxinas na água do manancial, no ponto de captação, com frequência semanal.

§ 5º Quando as concentrações de cianotoxinas no manancial forem menores que seus respectivos VMPs para água tratada, será dispensada análise de cianotoxinas na saída do tratamento de que trata o Anexo XII a esta Portaria.

§ 6º Em função dos riscos à saúde associados às cianotoxinas, é vedado o uso de algicidas para o controle do crescimento de microalgas e cianobactérias no manancial de abastecimento ou qualquer intervenção que provoque a lise das células.

§ 7º As autoridades ambientais e de recursos hídricos definirão a regulamentação das

excepcionalidades sobre o uso de algicidas nos cursos d'água superficiais.

O Anexo VIII desta portaria em vigor, estabelece ainda que microcistinas e saxitoxinas são de controle obrigatório. Para microcistinas e saxitoxinas o valor máximo permitido (VPM) é de 1,0 µg/L e 3,0 µg equivalente de STX/L, respectivamente, na água para consumo humano.

Estudos realizados em 1996/97 por Laudares-Silva (1999), revelaram densidades médias de cianobactérias variando entre 1897 ind.mL⁻¹ e 22 423 ind.mL⁻¹. Mais tarde (2004/05), estudos de Grellmann revelaram grandes aumentos de densidades de cianobactérias variando entre 31.866 ind.mL⁻¹ e 96.933 ind.mL⁻¹ (Grellmann, 2006). Estudos de Tonetta (2012), a partir de coletas realizadas entre Junho de 2009 e Dezembro de 2010, encontraram densidades de *C. raciborskii* variando entre 44.000 a 197.000 ind.mL⁻¹.

Das análises feitas no período 2004/05, para a água bruta da lagoa do Peri, neosaxitoxinas (Neo-STX), goniatóxina 3 (GTX3), goniatóxina 5 (GTX5) e microcistinas foram registradas na Lagoa do Peri com valores variando entre 0,03 e 0,05 µg/L de eq. STX (Grellmann, 2006). Estudos realizados por Melo Filho em 2006, também revelaram ocorrência das seguintes saxitoxinas: GTX1, GTX2, GTX3, GTX4, GTX5, decarbamoilgoniatóxina 2 e 3 (dcGTX2 e dcGTX3), sendo que os valores de equivalentes STX foram compreendidos entre 1,28 e 2,21 µg/L. Análises realizados por Sens *et al.* (2005) indicaram a presença de Neosaxitoxina e Saxitoxina nas respectivas densidades de 1,85 µg/L e 3,68 µg/L totalizando 5,4 µg/L de equivalentes de Saxitoxina.

2. JUSTIFICATIVA

De acordo com o levantamento bibliográfico, as cianobactérias são o grupo mais importante na Lagoa do Peri, apresentam altas densidades de células por mL e ainda produzem saxitoxinas, embora em concentrações baixas. Tendo em vista que este manancial é utilizado pela CASAN, para abastecer parte da população de Florianópolis, a avaliação da composição bem como da densidade das cianobactérias da lagoa deve ser sempre atualizada, de modo a orientar tomadas de

decisão com respeito à qualidade de água, que deve estar de acordo com o padrão estabelecido pela Portaria 2914/MS/2011.

Como esse trabalho foi feito de acordo com a legislação em vigor, contribuirá na formação profissional nessa área.

3. HIPÓTESE

A densidade de cianobactérias na Lagoa do Peri mantêm-se com valores superiores a $10.000 \text{ células.mL}^{-1}$, exigindo ações especiais de monitoramento, segundo a Portaria 2914/MS/2011.

4. OBJETIVOS

1. Identificar as cianobactérias da Lagoa do Peri presentes no ponto de captação da CASAN
2. Calcular a densidade das cianobactérias encontradas na água bruta
3. Comparar as densidades atuais com dados anteriores
4. Indicar quais ações devem ser implementadas com vistas aos valores de densidade obtidos, de acordo com a portaria em vigência.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

A Lagoa do Peri encontra-se dentro do Parque Municipal da Lagoa do Peri, localizado ao Sul da Ilha de Santa Catarina, entre as coordenadas $27^{\circ}42'30''$ e $27^{\circ}46'30''$ de latitude Sul e $48^{\circ}30'00''$ e $48^{\circ}33'30''$ de longitude Oeste, sendo que o espelho d'água da Lagoa compreende uma área de $5,07 \text{ km}^2$ (Lapolli *et al.*, 1990). (Figura 1).

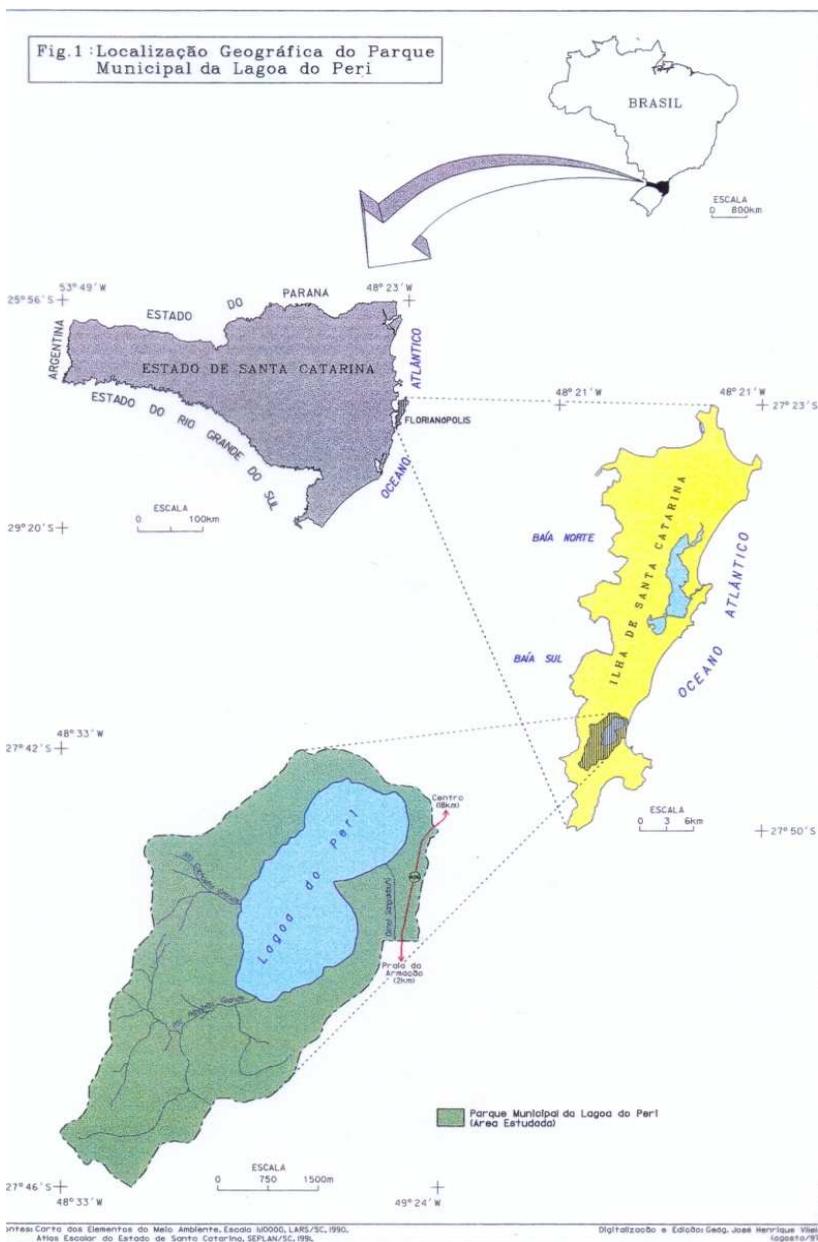


Fig 1. Localização da Lagoa do Peri em relação a Santa Catarina e Brasil (Fonte: Laudares-Silva, 1999)

O Parque Municipal da Lagoa do Peri apresenta-se, segundo o plano diretor do município, subdividido em três áreas cada qual com a descrição de uso e atividades permitidas (CECCA, 1997): 1) A Área de Reserva Biológica engloba a Floresta Pluvial de Encosta Atlântica e a vegetação Litorânea; 2) Área de Paisagem Cultural é onde se localizam os assentamentos e atividades tradicionais como engenhos de farinha e de cana-de-açúcar; 3) Área de Lazer, que corresponde à área da restinga e do corpo lacunar. A Lagoa possui profundidade média de 2 a 4m, atingindo 11m na parte mais profunda. Encontra-se 3m acima do nível do mar, não sofrendo influência das marés, sendo assim um dos principais reservatórios de água doce da costa catarinense e fonte de abastecimento da população do sul da ilha (Melo Filho, 2006).

Os principais tributários para a bacia são os rios Ribeirão Grande e Cachoeira Grande e a água excedente escoar pelo canal “sangradouro” desembocando no mar (Lapolli *et al.*, 1990).

5.2 Procedimentos de campo

Coletas de água bruta foram feitas em três estações do ano (Outono, Inverno e Primavera), nas respectivas datas 01/06, 13/08 e 19/10 de 2012, totalizando três, no ponto de captação da CASAN. Para as análises quantitativas, a amostra foi coletada com um becker e transferida para um frasco de vidro, previamente lavado com a água da amostra. No momento da coleta, foram medidas as temperaturas da água e do ar.

Para as análises qualitativas, as amostras foram coletadas com rede de fitoplâncton de náilon, de 20 µm de abertura de malha.

5.3 Procedimento de laboratório

5.3.1 Fixação das amostras

Para a preservação, as amostras destinadas à análise quantitativa, foram fixadas com uma solução de lugol acético; as amostras para análise qualitativa, foram preservadas em uma solução de formaldeído a 2%, estocadas em frascos de vidros de volume adequado, e guardadas sob baixa temperatura (4-10°C), no Laboratório de Ficologia do Departamento de Botânica da UFSC.

5.3.2 Identificação das espécies

Para a identificação das espécies foi utilizado o microscópio Leica DM 2500, utilizado também para capturar imagem e processar as medidas. O material foi montado entre lâmina e lamínula, com adição de glicose de milho, para aderência da lamínula e impedir o dessecamento da preparação. A identificação dos diferentes táxons até gênero foi feita de acordo com: BICUDO e MENEZES, 2006; LAUDARES-SILVA, 1999. O enquadramento taxonômico das espécies foi realizado de acordo com: KOMÁREK e ANAGNOSTIDIS, (1999; 2005). Para cada espécie identificada, são fornecidas dados taxonômicos e fotografias obtidas durante as análises.

5.3.3 Quantificação

Para quantificação, foram calculadas as densidades (cél.mL^{-1}) e biovolumes ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$) de cianobactérias. As amostras foram concentradas em câmaras de Utermöhl de um mL e contadas com auxílio do microscópio invertido Quimis IBO 9001 no aumento de 400X. Foram contados 400 indivíduos da espécie dominante. Depois, foram feitos os cálculos de densidades e biovolumes com auxílio de planilhas Excel, de acordo com a seguinte fórmula (Wetzel e Likens, 1991):

$$\text{Ind.mL}^{-1} = (C) \times 1000 \text{ mm}^3 / L \times D \times W \times S$$

C= número de organismos contados

L= comprimento de cada transecto em mm

D= profundidade do transecto em mm

W= largura do transecto em mm

S= número de transecto contados

Foram realizadas medidas de comprimento de células e tricomas de cada espécie. Medidas adicionais de diâmetro foram feitas para o cálculo do volume do tricoma.

Para o cálculo do número médio de células do tricoma, dividiu-se o comprimento do tricoma pelo comprimento da célula. Este cálculo foi feito para cada amostra.

Para verificar se havia diferença significativa entre o número médio de células por tricoma, entre os três meses amostrados, aplicou-se um teste de variância não paramétrico (Kruskal-Wallis) utilizando o software BIOSTAT 5.0.

Para o cálculo do volume do tricoma, utilizou-se a forma do cilindro, já que as espécies identificadas são filamentosas.

$$V = \pi/4 \cdot d^2 \cdot h$$

Com: d= diâmetro do tricoma

h=comprimento do tricoma

Para o cálculo do biovolume, multiplicou-se o volume do tricoma pela densidade de cada espécie. O biovolume total das cianobactérias foi obtido pela soma dos biovolumes individuais das espécies. O resultado foi dado em $\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$.

A portaria 2914/MS/2011, não prevê o cálculo do biovolume como alternativa para número de cels.mL⁻¹ de cianobactérias, como nas portarias anteriores. Neste trabalho foram feitos cálculos de biovolume para fins de comparação com trabalhos anteriores, como um dado adicional.

Os valores de densidade de cianobactérias obtidos foram comparados com os contidos na portaria 2914/MS/2011 com a finalidade de indicar níveis de alerta para presença de cianobactérias na Lagoa do Peri.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1- Análises qualitativas

Durante o período estudado foram identificadas três espécies de cianobactérias cujo enquadramento taxonômico é o seguinte:

Filo: Cyanobacteria

Classe: Cyanophyceae

Ordem: Oscillatoriales

Planktolyngbya limnetica (Lemmermann)

Komárková-Legnerová et Cronberg 1992

Limnothrix sp

Ordem: Nostocales

Cylindrospermopsis raciborskii (Woloszynska)

Seenaya et Subba Raju 1972

A *Cylindrospermopsis raciborskii* (figura 2) é uma espécie planctônica, filamentosa, cilíndrica, sem bainha mucilaginosa, com aerótopos. Nenhum dos tricomas identificados apresentou acinetos, porém alguns apresentaram heterocitos terminais e solitários, células modificadas que permitem ao organismo a fixação do nitrogênio atmosférico quando da ausência deste no meio. Alguns tricomas apresentaram extremidades afiladas e outros, extremidades arredondadas. Observou-se, também, tricomas retos e torcidos.

A espécie *Limnothrix sp.*, citada por Grellman na literatura como *Limnothrix planctonica* (Grellmann, 2006), é planctônica, filamentosa, não apresenta bainha, com células mais longas do que largas e aerótopos localizados nas extremidades das células (figura 3).

A espécie *Planktolyngbya limnetica* é planctônica, filamentosa, com bainha firme, fina e incolor, com células mais longas do que largas. O conteúdo celular é verde-azulado-claro, homogêneo e destituído de aerótopos (figura 4).

Apareceram também espécies dos gêneros *Chroococcus*, *Apahanotece* e *Pseudanabaena*, mas por serem raras e bentônicas, não foram levadas em conta.



Fig 2- *C. raciborskii*



Fig 3- *Limnothrix sp.*



Fig 4- *Planktolyngbya limnetica*

6.2- Análises quantitativas

As densidades e biovolumes (anexo 1) de cianobactérias encontrados durante o estudo são exibidos na figura 5 e 6.

A espécie *C. raciborskii* revelou-se dominante durante as três coletas representando 79,42% em Outono, 62,20% no Inverno e 51,33% na Primavera, da densidade total das cianobactérias do fitoplâncton. Essa dominância foi também observada por Laudares-Silva (1999), Grellmann (2006) e Tonetta (2012).

As temperaturas da água nas três coletas efetuadas foram: 19°C em Junho, 18°C em Agosto e 22°C em Outubro. Para ter uma melhor ideia da variação da temperatura, devíamos fazer um levantamento com maior frequência. Portanto, não podemos tirar uma conclusão inequívoca só com estes dados. Laudares-Silva (1999) observou uma correlação positiva significativa entre temperatura e densidades de *C. raciborskii* que, por ser o grupo mais importante do fitoplâncton, influencia o seu comportamento. A autora observou também densidades maiores nos meses mais quentes e as menores nos meses mais frios. A maior média mensal ($19,18 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) ocorreu no verão, em Março/96 e a menor ($3,02 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$), no inverno, em Agosto/96.

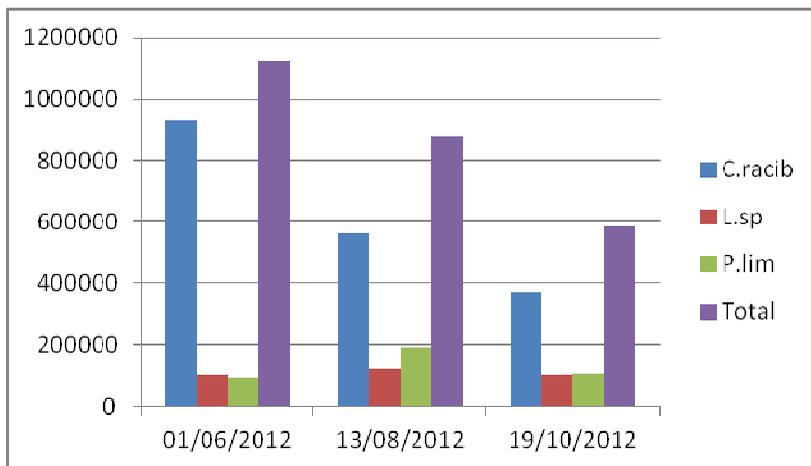


Figura 5- Variação da densidade (cél.mL^{-1}) dos diferentes táxons

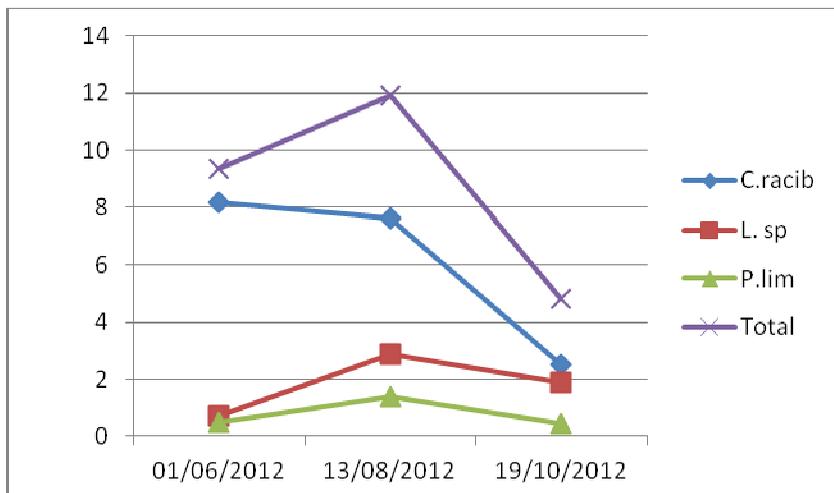


Figura 6- Variação do biovolume ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$) dos diferentes táxons

Analisando o gráfico da figura 6 (anexo 1), podemos ver que o biovolume das três espécies não varia da mesma forma. O biovolume de *C. raciborskii* segue decrescendo no decorrer do estudo enquanto o de *Limnothrix sp* e de *Planktolyngbya limnetica* apresentam um pico em Agosto, o que pode ser favorecido pelas baixas temperaturas do inverno (Grellmann, 2006). O maior biovolume encontrado ocorreu no mês de Agosto e o menor em Outubro.

Densidades de cianobactérias encontradas durante estudos mais antigos no manancial são apresentadas na tabela 1. O valor mais baixo foi encontrado por Laudares-Silva (1999) e o mais elevado por Tonetta (2012). Observou-se que os valores continuam aumentando com o passar do tempo exceto no último estudo. Esta discontinuidade provavelmente está em relação às datas das coletas. Não teve coleta no verão, quando as maiores densidades de cianobactérias durante o ano são encontradas.

6.3- Análise estatísticas

Na portaria 2914/MS/2011, é recomendado que as densidades de cianobactérias sejam calculadas em número de células por mililitros. Sendo as densidades encontradas na literatura citada expressadas em número de indivíduos. mL^{-1} , foi necessário convertê-las em número de células. mL^{-1} .

Foi aplicado um teste de variância não paramétrico (Kruskal-Wallis) aos números de células/filamento (anexo 2) dos meses amostrados. Os valores de (p) obtidos para *C. raciborskii*, *Limnothrix sp* e *Planktolynghya limnetica* foram respectivamente: 0,06; 0,09 e 0,15 para $p > 0,05$; o que indica que não houve uma variação significativa no número médio de células/filamento das três coletas para as três espécies. Assim foi calculada uma média dos números de células/filamento das três coletas para cada espécie e multiplicada pelas diferentes densidades em número de indivíduos por mililitro (tabela 1).

Este procedimento nos possibilitou estimar um número médio de células mais próximo da média real da população porque obteve-se um **n** maior, abrangendo a variação métrica de espécimes coletados em três períodos diferentes.

Tabela 1- Comparação de densidades de cianobactérias (cél.mL⁻¹) da Lagoa do Peri em diferentes anos.

<i>C. raciborskii</i>	<i>Limnothrix sp</i>	<i>P. limnetica</i>	Total	Referências
			36.043-426.037	Laudares-Silva (1999)
544.008-1.580.534	2.997-209.754	1.536-47.168	548.541-1.837.456	Grellmann (2006)
			836.000-3.743.000	Tonetta (2012)
372.000-929.250	106.250-123.750	90.750-191.666	587.884-1.126.250	Sylvéus (2012)

7- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Analisando os resultados das contagens realizadas, observou-se que:

1- o número de cianobactérias encontrado foi sempre maior que 10.000 células.mL⁻¹, o que exige o monitoramento semanal de cianobactérias na água no ponto de captação do manancial.

2. Foi identificada a espécie *Cylindrospermopsis raciborskii*, produtora de saxitoxinas e, portanto a água a ser distribuída para a população não deve ultrapassar 3,0 µg equivalente de STX/L.

3. Como várias espécies da ordem Oscillatoriales são potencialmente produtoras de microcistinas, densidades de *Planktolyngbya limnetica* e *Limnothrix sp.* maiores que $10.000 \text{ cel.mL}^{-1}$, são um indicativo de que esta toxina deve ser analisada. Análise de cilindrospermopsina deve ser feita pelo menos uma vez, para confirmar a ausência de produção desta toxina na lagoa do Peri.

4. A portaria recomenda a análise de cilindrospermopsina para espécies produtoras. Como não foi detectada a produção desta toxina nas cepas brasileiras de *C. raciborskii*, esta recomendação pode ser dispensada tendo em vista ainda que esta toxina não é de controle obrigatório.

5. Como o número de cianobactérias ultrapassou o valor de $20.000 \text{ células.mL}^{-1}$, recomenda-se a análise de clorofila de acordo com o artigo 40, inciso 1 e 2 da Portaria em vigor

6. Sabendo que os picos de densidades de cianobactérias ocorrem nos períodos mais quentes do ano, é recomendado que os responsáveis pela fiscalização do monitoramento do manancial estejam mais atentos neste período.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. 2006. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. 2ª Edição, São Carlos:RiMa.

BRANCO, C. W. C.; SENNA, P. A. C. 1994. Factors influencing the development of *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Microcystis aeruginosa* in the Paranoá Reservoir, Brasília, Brazil. **Algological studies**, v. 75, p. 85-96.

CALIJURI, M., C. *et al.* 2006. Cianobactérias e Cianotoxinas em Águas Continentais. Editora Rima. São Carlos. 118p.

CASTILHOS, J. de A. 1997. Evolução paleogeográfica da planície costeira da praia da armação – Ilha de Santa Catarina, SC. **AQUITAINE OCEAN**, Bordeaux. p. 219-228.

CECCA, Centro de Estudos Cultura e Cidadania. 1997. **Unidades de Conservação e Áreas Protegidas da Ilha de Santa Catarina: caracterização e legislação**. Ed. Insular, Florianópolis, Brasil, 160pp. Clarke, R. T.; Tucci.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. 1999. **Toxic Cyanobacteria in Water: a guide to a public health consequences, monitoring and management**. London and New York: World Health Organization, 416p.

FUNASA. 2003. Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano. Brasília, 56p.

GRELLMANN, C. 2006. **Aspectos da morfologia e da ecologia de *Cylindrospermopsis raciborskii* (WOLOSZINSKA) Seenayya et Subba Raju e da produção de cianotoxinas na Lagoa do Peri, Florianópolis, SC, Brasil**. Dissertação de mestrado em Biologia Vegetal. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC.

HAWKINS, P. R. *et al.* 1985. Severe hepatotoxicity caused by the tropical cyanobacterium (blue-green alga) *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenaya and Subba Raju isolated from a

domestic water supply reservoir. **Applied and environmental microbiology**, v. 50, n° 5, p. 1292-1295

http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html.

http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518.pdf

http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_1469-00.pdf

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprocaryota
2. Oscillatoriales. In: BÜDEL, B; GÄRTNER, G; KRIENTZ, L e
SCHARGERL, M. (Hrsg). **Süßwasserflora von Mitteleuropa**.
München. 2005

KOMÁRKOVÁ, J.; LAUDARES-SILVA, R. & SENNA, P. A. C. 1999.
Extreme morphology of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Nostocales,
Cyanobacteria) in the Lagoa do Peri, a freshwater costal lagoon, Santa
Catarina, Brazil. **Algological Studies**, v. 94, p. 207-222.

LAGOS, N. *et al.* 1999. The first evidence of paralytic shellfish toxins
in the freshwater cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*,
isolated from Brazil. **Toxicon**, v. 37, p. 1359-1373.

LAPOLLI, E. M. *et al.* **Carta dos elementos do meio ambiente –
Parque da Lagoa do Peri**. Laboratório associado de sensoriamento
remoto de Santa Catarina (LARS/SC), Florianópolis, 1990. 24p.

LAUDARES-SILVA, R. 1999. **Aspectos limnológicos, variabilidade
espacial e temporal na estrutura da comunidade fitoplanctônica da
Lagoa do Peri, Santa Catarina, Brasil**. Tese de Doutorado,
Universidade federal de São Carlos, São Carlos, Brasil, 220pp.

MELO FILHO, L. C. 2006. **Avaliação da Ozonização como pré ou
pós-tratamento à filtração direta descendente na remoção de
cianobactérias e Saxitoxinas**. Tese de Doutorado, Universidade
Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, Brasil, 270pp.

MOSER, M. C. 2011. **Avaliação ecotoxicológica do manancial da
Lagoa do Peri: testes genotóxicos, citotóxicos e mutagênicos**.
Dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade
Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC.

PADISÁK, J. 1997. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenaya et Subba Raju, an expanding, highly adaptative cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology. **Arch. Hydrobiol. Suppl.**, v. 4, p. 563-593.

SANT'ANNA, C. L. *et al.* 2006. Identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras. Editora Interciência, Rio de Janeiro.

SENS, M. L. *et al.* 2005. Ozonização : uma alternativa para tratamento de água com cianobactérias. **Revista de Ciência & Tecnologia**. V. 13, Nº 25/26 – pp. 47-54.

SILVA, R.L & SENNA, P.A.C. 1997. Estudos limnológicos na Lagoa do Peri (1995-1996), Florianópolis, SC: Uma contribuição ao manejo. **AQUITAINE OCEAN**, Bordeaux, p. 265-270.

TONETTA, D. 2012. **Produção primária e respiração pelágica em um lago costeiro subtropical (Lagoa do Peri, Brasil): variações vertical e temporal e suas relações com a comunidade fitoplanctônica**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, Brasil.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. 1991. **Limnological Analyses**. 2. ed. New York.

YUNES, J. et al. 2005. Florações de cianobactérias tóxicas: mãos à obra ao problema. **Lições de Limnologia**, São Carlos, Editora Rima, p.299-323.

9. ANEXOS

Anexo1- Tabela de calculo dos biovolumes

Data	Táxon	VC(μm^3)	Ind/mL	Biov.($\mu\text{m}^3/\text{ml}$)	$\text{Mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$
01/06/2012	<i>C. raciborskii</i>	107,4	51625	5544525	5,54
13/08/2012		124,83	35250	4400257,5	4,40
19/10/2012		99,33	15500	1539615	1,53
01/06/2012	<i>Limnothrix sp</i>	55,58	10625	590537,5	0,59
13/08/2012		119,71	13750	1646012,5	1,64
19/10/2012		91,23	11807	1077215,55	1,07
01/06/2012	<i>P. limnetica</i>	125,69	2750	345647,5	0,34
13/08/2012		111,71	7666	856443,25	0,85
19/10/2012		92,89	2884	267951,88	0,26

Anexo 2- Tabela de número de células por filamento (cél/fil).

Data	<i>C.raciborskii</i>	<i>Limnothrix sp</i>	<i>P. limnetica</i>
01/06/2012	41	9	16
	12	14	22
	8	3	33
	10	9	40
	17	9	63
	24	13	43
	25	17	45
	19	7	13
	12	5	26
	15	22	26
	11	6	56
	7	7	16
Média	18	10	33

13/08/2012	28	11	26
	15	4	38
	31	10	30
	16	9	33
	11	12	11
	5	11	24
	7	11	24
	13	6	8
	9	6	36
Média	16	9	25
19/10/2012	21	11	55
	36	10	18
	17	8	35
	9	14	63
	29	11	56
	21	9	40
	29	12	34
	23	7	21
	23	16	43
	19	14	18
Média	24	9	38