

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA
Dissertação de Mestrado



AVALIAÇÃO SAZONAL DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS E GRUPOS FITOPLANCTÔNICOS NA FOZ DOS PRINCIPAIS RIOS FORMADORES DO LAGO GUAÍBA (RS), COM ÊNFASE EM *Microcystis aeruginosa* KÜTZ. EMEND. ELENKIN.

EUDIMAR NASCIMENTO DE CARVALHO

Porto Alegre, Junho de 1999.

AVALIAÇÃO SAZONAL DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS E GRUPOS FITOPLANCTÔNICOS NA FOZ DOS PRINCIPAIS RIOS FORMADORES DO LAGO GUAÍBA (RS), COM ÊNFASE EM *Microcystis aeruginosa* KÜTZ. EMEND. ELENKIN.

EUDIMAR NASCIMENTO DE CARVALHO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia, ênfase Ecologia Aquática.

Orientador: Prof. Dr. Albano Schwarzbold

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Lobo Alcayaga

Prof. Dr. João Sarkis Yunes

Profa. Dr. Maria Tereza R. Rodriguez

Porto Alegre, Junho de 1999.

**Dedico a meus pais,
Salustiano e Maria Jacy
pelos primeiros ensinamentos
e por tudo.**

JU PARANA

(índios Juruna do Mato Grosso)

Yura bê cô

yura bê cô

yura bê cô y a riri

Pú y riri

rassó ré y caà nhã cáa nhã

uá Kapóto

Uy paraná

Uy paraná

Uy paraná yabebiry

Uy paraná

Uy paraná

Eai! a ene nhã nã

Eai a ene nhã nã

Eai a ene nhã nã

nã nã ene nhã nã

nã nã

Este canto , em tupi-guarani, relata uma grande enchente ocorrida numa época remota.

Este rio também encheu, neste rio também a água está correndo, faz grande barulho a água correndo, leva homem, arrasta o mato rápido, foi pro fundo no Kapòto... esse rio veloz, esse rio caudaloso com ondas, você corre depressa assim, você corre depressa assim... assim você corre depressa.

Tradução: Marlui Miranda.

(Disco *ihu* - Todos Os Sons)

AGRADECIMENTOS

Ao final deste curso, quero expressar meus agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram para que eu aqui chegasse:

Ao Curso de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em especial à Profa. Dr. Maria Tereza R. Rodriguez e as secretárias Eglisete Rodrigues e Silvana Barzotto, pelo apoio e amizade.

Ao Prof. Dr. Albano Schwarzbald pela orientação e pela confiança que depositou em mim para a realização deste trabalho.

Ao Centro de Ecologia da UFRGS, pela estrutura laboratorial, de barco e veículos, colocados a minha disposição, em especial aos motoristas Marcelo Saraiva e Ailton Fraga, à secretária Sônia, ao assistente administrativo Manoel Cunha, ao bibliotecário Erni Nunes e a Dona Araci Exterkotter.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por ter me oferecido o suporte financeiro, através da bolsa de mestrado.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Ecologia, por tudo que me passaram.

Ao Prof. Dr. João S. Yunes, pelo projeto inicial de estudo das cianobactérias no Delta do Rio Jacuí, do qual se originou parte das idéias para a elaboração desta dissertação, bibliografia cedida e pela informações referentes à identificação de *Microcystis aeruginosa*.

Ao Marcelo Parise, pelas informações sobre a identificação de *M. aeruginosa* e a todos os colegas da Unidade de Pesquisa em Cianobactérias da FURG.

Ao Marco Antônio Almeida, pela amizade e ajuda nas expedições de amostragem e em laboratório.

Ao Carlos Eduardo Güntzl (Duda), pela amizade e ajuda nas expedições de amostragem.

Ao Ronaldo Padilha, pela amizade, ajuda nas expedições de amostragem e dicas com relação a identificação do fitoplâncton.

Ao Alexandre Matthiensen, pela colaboração nas amostragem.

As laboratoristas Liége e Denise, pelo importante direcionamento que me deram durante as primeiras análises químicas.

A Catarina Pedrozo e ao Alexandre Dewes, pela amizade e dicas durante a fase de análises químicas em laboratório.

Ao Miguel Vassiliou, pela amizade e dicas com relação a utilização dos programas Excel e Power Point.

Ao Henrique Hasenack, por ter cedido a imagem de localização das estações amostrais.

A Isadora Melo, pelo espírito de companheirismo, amizade e troca de informações.

A Nade Janara, pela amizade, bibliografia concedida e preciosas dicas durante a fase de redação desta dissertação.

Ao amigo, Luis Carlos Zancan Filho, pelo companheirismo, troca de informações e bibliografia concedida.

Ao Marcelo Madeira, Nelson Machado Suzana Freitas, Jane Caon e Andrea Lamberts, pela amizade e troca de informações.

Ao amigo Edmilson Antônio Lima, que apesar de estar morando em um pequeno apartamento, ainda me cedeu um espaço para que eu tivesse onde ficar, após o término de minha bolsa, até que concluísse todo este trabalho, muito obrigado também pela força espiritual.

Ao Fernando Quadros, Zélia Castilhos e Rodrigo Favreto, pelas dicas para a utilização do processador Macintosh e software Multiv.

Ao Prof. Dr. Valério Pillar, pelas dicas para a interpretação dos resultados estatísticos.

Ao Ácio Selbach Neto, pela ajuda na solução de problemas com arquivos e utilização da rede e computadores.

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), em especial a sua funcionária Ana Maria Cruzat, pelas informações referente a Bacia do Guaíba.

Ao Povo Brasileiro, pela universidade pública e instituições de fomento à pesquisa científica.

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba é a principal bacia do Rio Grande do Sul. Possui uma área equivalente a 30% do território do Estado. Abrange o maior contingente populacional, a maior concentração de atividades econômicas e, conseqüentemente, o maior número de problemas ambientais. *Microcystis aeruginosa* é uma espécie de Cianobactéria que produz Microcystina, uma hepatotoxina inibidora das proteínas fosfatases do metabolismo animal e que pode provocar câncer em mamíferos, se expostos a doses subletais a longo prazo e em altas doses danifica o fígado, levando à morte em poucas horas. Alguns autores citam *M. aeruginosa* como um dos organismos mais freqüentes entre as Cianobactérias da comunidade fitoplanctônica do Lago Guaíba; como possível conseqüência disso, muitas florações de *M. aeruginosa* têm sido registradas na região da Laguna dos Patos, que é o destino final de toda a água proveniente da Bacia do Guaíba, além de registros de ocorrência em reservatórios de águas captadas para o abastecimento público, provenientes destes ambientes. Este trabalho procura dar uma contribuição para o melhor conhecimento de fatores limnológicos, além disso fornecer dados para uma melhor compreensão e controle da dinâmica ecológica das populações de *M. aeruginosa* e de seus estágios de crescimento, no ponto inicial do Lago Guaíba e na foz dos principais tributários. Foram levantadas, sazonalmente, as variáveis limnológicas temperatura da água, transparência Secchi, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, fósforo e nitrogênio totais, clorofila, além da razão N:P, afim de se relacionar à presença de gêneros de algas fitoplanctônicas e ao número e status coloniais *M. aeruginosa*. A clorofila-*a* obteve uma maior correlação com a razão N:P. Tanto a análise de ordenação, através das variáveis físicas e químicas como descritores, como a análise de agrupamento, em função da presença/ausência de gêneros fitoplanctônicos, mostrou a formação de um grupo de estações amostrais no período do outono, onde o grau de eutrofização se tornou mais elevado. A análise de aleatorização mostrou que nos ambientes estudados o gênero *Scenedesmus* tende a crescer em estações amostrais e períodos do ano cujos graus de eutrofização são mais elevados; já o gênero

Asterionella, tende a crescer, em ambientes menos eutrofizados. Foi constatada ainda, uma menor diversidade de gêneros no período do ano em que o grau de eutrofização se mostrou mais elevado. Os status coloniais de *M. aeruginosa* encontrados não demonstraram correlação com nenhuma das variáveis físicas e químicas estudadas. Porém o registro de apenas formas senescentes (status Ia e Ib) ocorreu devido às condições não propícias para o crescimento desta Cianobactéria, nas estações amostrais estudadas, principalmente, à baixa razão N:P e a alta hidrodinâmica ou turbulência, característica destes ambientes. As colônias encontradas são, portanto, resultados de crescimento em regiões a montante das estações amostrais, onde ocorrem, possivelmente condições propícias para tal desenvolvimento.

ABSTRACT

The Lake Guaíba watershed is the main hydrographic system in the State of Rio Grande do Sul, with an area equivalent to 30% of the state. It includes most part of the state population and economic activities, and, consequently, most of the environmental problems. *Microcystis aeruginosa* is a Cyanobacteria that produces microcystin, an hepatotoxin inhibitory of the animal metabolism phosphatases and that can induce cancer in mammals exposed to sub-lethal dosis for long periods. In high dosis, microcystin can damage the liver, leading to death within a few hours. Some authors mention *M. aeruginosa* as one of the most common organisms among the Cyanobacteria of phytoplanktonic communities in the Lake Guaíba. As a possible consequence, many blooms of *M. aeruginosa* have been recorded in the Laguna dos Patos region, which is the target of all water from Lake Guaíba watershed. The present work is a contribution to the knowledge of limnological factors in the initial portion of Lake Guaíba and in the mouth of its tributaries. It also provides data for a better understanding and control of the ecological dynamics of *M. aeruginosa* populations and its initial growth stages in that area. Seasonal sampling was performed to obtain data on water temperature, Secchi transparency, pH, conductivity, chemical oxygen demand, total phosphorus and nitrogen, and chlorophyll, as well as N:P ratio. These data were analyzed for correlation with the presence of phytoplankton genera and to the number and status of colonial *M. aeruginosa*. Chlorophyll-*a* was best correlated with N:P ratio. Both the ordination analysis, using physical and chemical variables as descriptors, and the cluster analysis based on presence/absence of phytoplankton genera produced a group of sampling stations in autumn when eutrophication leves were higher. *Scenedesmus* tends to grow in sampling stations and periods with higher eutrophication levels. Conversely, genus *Asterionella* tends to grow in environments with less eutrophication. There was also a lower diversity of genera in season with the highest degree of eutrophication. The colonial status of *M. aeruginosa* did not show correlation with any of the studied physical and chemical variables. The fact that only senescent forms (status Ia and Ib) were observed occurred because general conditions were not favorable to the growth of *M. aeruginosa* in the studied areas. This is explained mainly by the low N:P ratios and the strong turbulence or hydrodynamic of these environments. The observed colonies are, consequently, result of a growth process that took place in upstream areas, where growth conditions are probably more favorable.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	14
1.2. ASPECTOS LIMNOLÓGICOS EM AMBIENTES LÓTICOS RELACIONADOS AO FITOPLÂNCTON	18
1.3. CIANOBACTÉRIAS	20
1.4. CARACTERÍSTICAS E TAXONOMIA DE <i>MICROCYSTIS AERUGINOSA</i>	21
1.5. STATUS COLONIAIS DO CICLO DE VIDA DE <i>MICROCYSTIS AERUGINOSA</i> (SEGUNDO REYNOLDS <i>ET AL.</i> 1980).....	22
1.6. FATORES QUE INFLUENCIAM O CRESCIMENTO DE <i>MICROCYSTIS AERUGINOSA</i>	26
1.7. OCORRÊNCIA/REGISTRO DE COLÔNIAS E TOXINA E CASOS DE ENVENENAMENTO POR <i>MICROCYSTIS AERUGINOSA</i>	28
1.8. CARACTERÍSTICAS E PRODUÇÃO DA TOXINA	30
1.9. JUSTIFICATIVAS.....	31
2. OBJETIVOS	32
2.1. OBJETIVOS GERAIS.....	32
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	32
3. MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1. LOCAIS E AMOSTRAGENS	33
3.2. VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS	38
3.2.1. Temperatura da Água, Transparência Secchi, Potencial Hidrogeriônico (pH) e Condutividade Elétrica.....	38
3.2.2. Oxigênio Dissolvido, Demanda Química de Oxigênio, Nitrogênio e Fósforo Totais	38
3.3. ANÁLISE DE CLOROFILA-A	38
3.4. ANÁLISE DO FITOPLÂNCTON	39
3.5. TRATAMENTO ESTATÍSTICO	39

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1. VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS	41
4.1.1. Temperatura da Água	41
4.1.2. Precipitação Pluviométrica	42
4.1.3. Transparência Secchi	44
4.1.4. Potencial Hidrogeniônico (pH).....	45
4.1.5. Oxigênio Dissolvido	46
4.1.6. Demanda Química de Oxigênio	48
4.2. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E NUTRIENTES.....	49
4.2.1. Condutividade Elétrica	50
4.2.2. Nitrogênio Total	51
4.2.3. Fósforo Total	52
4.2.4. Razão Nitrogênio, Fósforo	53
4.3. CLOROFILA-A	55
4.4. FATORES BIOLÓGICOS.....	57
4.4.1. Aspectos Qualitativos do Fitoplâncton.....	57
4.5. MICROCYSTIS AERUGINOSA	59
4.6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO	62
4.6.1. Grupos de Estações Amostrais Formados em Função das Variáveis Físicas e Químicas: Análise de Ordenação.....	62
4.6.2. Correlação da Clorofila- <i>a</i> com Variáveis Físicas e Químicas.....	64
4.6.3. Grupos de Estações Amostrais Formados em Função dos Gêneros Fitoplanctônicos: Análise de Agrupamento (Cluster).	65
4.6.4. Testes de Aleatorização	67
4.6.4.1. Comparação Entre os Quatro Períodos do Ano Estudados, em Função do número de gêneros	67
4.6.4.2. Relação da Ocorrência de Gêneros Fitoplanctônicos com as Variáveis Físicas e Químicas	67
4.6.4.3. Relação da Abundância de <i>M. aeruginosa</i> com as Variáveis Físicas e Químicas	68

5. CONCLUSÕES	69
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
7. APÊNDICE.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Status coloniais do ciclo de vida de <i>Microcystis aeruginosa</i> , segundo REYNOLDS, <i>at al.</i> (1980).	25
Figura 2: Mapa da localização das seis estações amostrais: (1) estação Jacuí, (2) estação Taquari, (3) estação Caí, (4) estação Sinos, (5) estação Gravataí e (6) estação Guaíba. Fonte: base cartográfica em escala 1:250.000 da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, folhas de Caxias do Sul e Porto Alegre, 1983).....	34
Figura 3: Estação Amostrai Jacuí.	34
Figura 4: Estação Amostrai Taquari.	35
Figura 5: Estação Amostrai Caí.....	35
Figura 6: Estação Amostrai Sinos.	36
Figura 7: Estação Amostrai Gravataí.....	36
Figura 8: Estação Amostrai Guaíba.....	37
Figura 9: Área de despejo de efluente industrial, in natura, próximo a foz do Rio Gravataí.....	37
Figura 10: Variação sazonal da temperatura da água, em °C, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.....	42
Figura 11: Precipitação pluviométrica normal e ocorrida nos meses de abril/97, julho/97, outubro/97 e janeiro/98, nas estações meteorológicas de Santa Maria (A), Taquari (B) e Porto Alegre (C). Fonte dos dados: FEPAGRO/Secretaria de Ciência e Tecnologia (RS)/Equipe da Agrometeorologia: <u>Boletins meteorológicos</u> .Relativo a dados de 1997 e 1998.	43
Figura 12: Variação sazonal da transparência da água, em metros, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.....	44
Figura 13: Variação sazonal do pH, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.	45
Figura 14: Variação sazonal do oxigênio dissolvido, em mg.L ⁻¹ , nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.....	47

Figura 15: Variação sazonal da demanda química de oxigênio, em mg.L^{-1} , nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.	48
Figura 16: Variação sazonal da condutividade elétrica, em $\mu\text{S.cm}^{-1}$, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.....	51
Figura 17: Variação sazonal da concentração de nitrogênio total, em $\mu\text{g.L}^{-1}$, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.....	52
Figura 18: Variação sazonal da concentração de fósforo total, em $\mu\text{g.L}^{-1}$, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.....	53
Figura 19: Variação sazonal da razão N:P , nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.	54
Figura 20: Variação sazonal da concentração clorofila- <i>a</i> , em $\mu\text{g.L}^{-1}$, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.....	55
Figura 21: Variação sazonal do número de gêneros, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.	57
Figura 22: Status Ia de <i>Microcystis aeruginosa</i>	59
Figura 23: Status Ib de <i>Microcystis aeruginosa</i>	59
Figura 24: Variação sazonal da concentração de colônias do status Ia de <i>Microcystis aeruginosa</i> , em colônias/ m^3 , nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.	60
Figura 25: Ordenação através de análise de coordenadas principais, das seis estações amostrais nos diferentes períodos do ano, em função das variáveis físicas e químicas.....	63
Figura 26: Determinação da correlação da clorofila- <i>a</i> com as demais variáveis físicas e químicas estudadas.	64
Figura 27: Dendrograma mostrando o agrupamento das seis estações amostrais nos diferentes períodos do ano, em função da presença/ausência de gêneros fitoplanctônicos.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variação na temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	80
Tabela 2: Precipitação pluviométrica (mm) em Porto Alegre, Santa Maria e Taquari, nos meses de abril/97, julho/97, outubro/97 e janeiro/98. Fonte: FEPAGRO/Secretaria de Ciência e Tecnologia (RS)/Equipe da Agrometeorologia: “Boletins Meteorológicos”.....	80
Tabela 3: Variação na transparência Secchi da água, em metros, nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	80
Tabela 4: Variação no potencial de hidrogeniônico (pH), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.....	81
Tabela 5: Variação na concentração de Oxigênio Dissolvido ($\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.....	81
Tabela 6: Variação na demanda química de oxigênio ($\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	81
Tabela 7: Variação na condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.....	82
Tabela 8: Variação na concentração de nitrogênio total ($\mu\text{gN}\cdot\text{L}^{-1}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	82
Tabela 9: Variação na concentração de fósforo total ($\mu\text{gP}\cdot\text{L}^{-1}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	82
Tabela 10: Variação da razão nitrogênio/fósforo (N:P), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	83
Tabela 11: Variação na concentração de clorofila- <i>a</i> ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), nas seis estações amostrais, em função da sazonalidade.	83
Tabela 12: Variação do número de gêneros, nas seis estações amostrais, em função da sazonalidade.....	83
Tabela 13: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Jacuí,	

nos diferentes períodos do ano.....	84
Tabela 14: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Taquari, nos diferentes períodos do ano.....	84
Tabela 15: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Caí, nos diferentes períodos do ano.....	85
Tabela 16: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Sinos, nos diferentes períodos do ano.....	86
Tabela 17: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Gravataí, nos diferentes períodos do ano.....	87
Tabela 18: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Guaíba, nos diferentes períodos do ano.....	88
Tabela 19: Variação no número de colônias do status Ia, de <i>Microcystis aeruginosa</i> de acordo com a sazonalidade, em colônias/m ³	89
Tabela 20: Variação no número de colônias do status Ib, de <i>Microcystis aeruginosa</i> de acordo com a sazonalidade, em colônias/m ³	89
Tabela 21: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Jacuí, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).....	89
Tabela 22: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Taquari, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).	90
Tabela 23: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Caí, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).	90
Tabela 24: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Sinos, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).	91
Tabela 25: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Gravataí, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).	91

Tabela 26: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Guaíba, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).	91
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

- JO – Estação Amostral Jacuí, no período do outono.
JI - Estação Amostral Jacuí, no período do inverno.
JP - Estação Amostral Jacuí, no período da primavera.
JV - Estação Amostral Jacuí, no período do verão.
TO - Estação Amostral Taquari, no período do outono.
TI - Estação Amostral Taquari, no período do inverno.
TP - Estação Amostral Taquari, no período da primavera.
TV - Estação Amostral Taquari, no período do verão.
CO - Estação Amostral Caí, no período do outono.
CI - Estação Amostral Caí, no período do inverno.
CP - Estação Amostral Caí, no período da primavera.
CV - Estação Amostral Caí, no período do verão.
SO - Estação Amostral Sinos, no período do outono.
SI - Estação Amostral Sinos, no período do inverno.
SP - Estação Amostral Sinos, no período da primavera.
SV - Estação Amostral Sinos, no período do verão.
GO - Estação Amostral Gravataí, no período do outono.
GI - Estação Amostral Gravataí, no período do inverno.
GP - Estação Amostral Gravataí, no período da primavera
GV - Estação Amostral Gravataí, no período do verão.
GUO - Estação Amostral Guaíba, no período do outono.
GUI - Estação Amostral Guaíba, no período do inverno.
GUP - Estação Amostral Guaíba, no período da primavera.
GUV - Estação Amostral Guaíba, no período do verão.

TEMP - Temperatura da água.

SEC - Transparência Secchi.

pH - Potencial hidrogeniônico.

OD - Oxigênio dissolvido.

DQO - Demanda química de oxigênio.

NIT - Nitrogênio total

FOSF - Fósforo total.

N:P - Razão nitrogênio/fósforo.

CLOR - Clorofila-*a*.

p.c. - Peso corporal.

p.s. - Peso seco.

NT/PT - Razão nitrogênio/ fósforo totais.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Gerais

Guaíba, em tupi-guarani, significa ponto de encontro, baía de todas as águas. De fato, este ecossistema é formado pelo encontro das águas dos rios que descem planaltos e serras, depois de cortarem uma área superior a 80 mil quilômetros quadrados, o equivalente a 30% do território atual do Estado do Rio Grande do Sul.

Na geografia do Rio Grande do Sul há três grandes bacias. Ocupando posição central no território gaúcho está a Bacia do Guaíba. A do Rio Uruguai, a maior em extensão, inicia nos limites do Estado com Santa Catarina e se estende até a fronteira Oeste. Já a Bacia Costeira Sul fica localizada junto aos grandes corpos d'água (Laguna dos Patos e Lagoas Mirim e Mangueira), nas proximidades do litoral delimitado pelo Oceano Atlântico.

No centro do território do Rio Grande do Sul, a Bacia do Guaíba, a mais importante do Estado, abrange o maior contingente populacional, a maior concentração de atividades econômicas e, conseqüentemente, o maior número de problemas ambientais. São 5,9 milhões de habitantes (56% da população do Estado), distribuídos por 251 municípios (54% das cidades gaúchas). Dividida em oito sub-bacias, interligadas por grandes rios, é como uma única corrente de águas que acumulam em seu leito os resíduos das diversas atividades da população (SECRETARIA DA COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1998).

O mapa dessas águas demarca um ciclo econômico vital para o Rio Grande do Sul. Na nascente do Rio Jacuí encontra-se a região-celeiro do Estado, responsável pela maior

parte da produção de grãos. É também nessa sub-bacia que as águas do Jacuí foram contidas em barragens para a geração de energia elétrica. Já na região do baixo Jacuí prolifera a atividade carbonífera.

Às margens do Rio Caí instalou-se o Pólo Petroquímico e, no Vale do Rio dos Sinos, a indústria coureiro-calçadista e a Refinaria Alberto Pasqualini. O Rio Gravataí, por sua vez, percorre a Região Metropolitana de Porto Alegre, recebendo despejos de grande quantidade de efluentes residenciais e industriais. Na Bacia Hidrográfica do Guaíba circula, assim, 86% do Produto Interno Bruto do Estado (SECRETARIA DA COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1998).

Alta concentração populacional, multiplicação de atividades econômicas e um grande número de cidades faz também da Bacia Hidrográfica do Guaíba uma região com graves problemas ambientais. Eles começam no esgoto doméstico, quase sem tratamento nas cidades, e estendem-se pelo uso indiscriminado de agrotóxicos, pelo desmatamento às margens dos rios, pela erosão do solo e o conseqüente assoreamento dos cursos d'água, pela poluição industrial e pela alteração com a retirada de areia. Os rios que formam essa grande região hidrográfica são decisivos para a população, não apenas pela potabilidade da água, mas também pelas atividades agrícolas, de navegação e industriais.

Os principais sistemas de geração de energia do Estado - as hidrelétricas de Ernestina, Jacuí, Passo Real e Itaúba, estão localizados na cabeceira do Rio Jacuí. A eles deve somar-se a usina de Dona Francisca, que já está em fase de construção. Mais abaixo, nas sub-bacias Caí e Sinos, há os reservatórios para a geração de energia de Blang e Salto, com quatro usinas.

O transporte hidroviário tem nessas águas suas principais vias. As hidrovias do Jacuí e do Gravataí permitem a ligação com o porto marítimo da cidade de Rio Grande, através do Lago Guaíba e Laguna dos Patos, por onde escoam boa parte da produção agrícola do Rio Grande do Sul.

As mesmas águas que conduzem riquezas, alimentam lavouras e indústrias, abastecem mais de 5 milhões de pessoas e concentram mais de duas centenas de cidades em volta estão, no entanto, comprometidas pela contaminação por esgotos sanitários - um problema crônico no Brasil. De acordo com os mais recentes dados do IBGE, no Brasil,

47% dos municípios possuíam coleta de esgoto sanitário em 1989, sendo que em apenas 16,5% destes existia tratamento de esgoto. No Rio Grande do Sul, 53,7% dos municípios apresentaram coleta de esgoto sanitário e 11,2% destes tinham tratamento de esgoto, ou seja, dos 563.797 m³/dia produzidos, somente 16,3% eram tratados (IBGE, 1992).

Esforços já estão sendo feitos no sentido da recuperação desses ambientes naturais, tanto por organizações ecológicas não governamentais, como por programas governamentais, como o Programa para o Desenvolvimento Regional, Recuperação e Gerenciamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Guaíba – Pró-Guaíba, elaborado em 1989, sob a coordenação da Secretaria de Coordenação e Planejamento e financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID. Porém, diante da magnitude do problema, muito ainda há por fazer. Esses esforços passam também pelo campo da pesquisa, pois são poucos os estudos científicos elaborados para a compreensão dessa bacia, tão importante para a vida e o desenvolvimento do Estado.

Originalmente a limnologia veio como a ciência dos lagos, devido ao fato dos lagos serem considerados como os ecossistemas aquáticos epicontinentais mais completos, por comparação com os oceanos. As águas correntes, se não eram excluídas formalmente da limnologia, eram tratadas como sistemas secundários, porque a aplicação dos conceitos de comunidade e de ecossistema suscitava demasiadas dificuldades. Frequentemente utiliza-se a denominação de lótico com referência às águas correntes e a de lêntico em relação a águas paradas.

Quando um ecossistema se autoorganiza, se desenvolve ao redor de um eixo vertical. A referência ao eixo vertical facilita o entendimento de vários conceitos ecológicos, porém o ecólogo se encontra perplexo quando se depara com um sistema fluvial. Evidentemente, o fator mais importante de um rio é o transporte horizontal, o qual depende da disponibilidade de energia. A organização vertical ordinária, na maior parte dos ecossistemas aquáticos, aparece deformada nos ambientes lóticos ou de águas correntes. Para determinadas variáveis, o eixo vertical está inclinado e é quase horizontal, no sentido da corrente (MARGALEF, 1983).

Rios e estuários constituem parte fundamental nos processos de disposição dos resíduos gerados pela atividade humana. Consequentemente, pode ser de grande

importância conhecer, com antecipação, que tipos e magnitudes de danos podem ocorrer em determinados locais em função do despejo de cargas poluidoras nestes ambientes aquáticos. Tais despejos podem ocorrer de forma controlada ou descontrolada. Em qualquer um dos dois casos deve-se prever zonas de segurança dentro das quais a água apresente padrões de qualidade compatíveis com determinados usos. De forma complementar, deve-se prever, também, zonas críticas de poluição, nas quais medidas devem ser tomadas no sentido de melhorar a qualidade da água, ou mesmo coibir o seu uso (PORTO *et al.*, 1991).

Por ser formado, principalmente, pelas águas dos rios Jacuí, Taquarí, Caí, dos Sinos e Gravataí, o Lago Guaíba reflete diversas de suas características limnológicas, levando esta influência até a Laguna dos Patos. Os grupos fitoplanctônicos que crescem nestes tributários a montante e são, então, exportados para este lago e laguna, são exemplos destas influências.

Segundo SKULBERG *et al.* (1993), cerca de 40 espécies de cianobactérias são toxigênicas, várias das quais produzem endo e exotoxinas que afetam os níveis superiores da cadeia alimentar aquática. As exotoxinas ficotóxicas atuam provavelmente na eliminação de outras populações fitoplanctônicas, reduzindo a diversidade local e possibilitando a dominância de um taxon tóxico. As endotoxinas reduzem a pastagem e o consumo por herbívoros (PAERL, 1988).

Microcystis é um gênero de cianobactéria que produz microcistina, hepatotoxina inibidora das proteínas fosfatases do metabolismo animal e que pode provocar câncer em mamíferos, se exposto a doses subletais a longo prazo. Altas doses danificam o fígado, levando os animais à morte em poucas horas (CARMICHAEL, 1994).

Segundo TORGAN (1989), os taxons Cyanophyta (cianobactérias), seguidos de Crysophyta, constituem os principais componentes das florações algais na Laguna dos Patos, à semelhança do que ocorre em outras regiões do mundo.

YUNES (com. pes.) reporta a ocorrência de *M. aeruginosa*, na Laguna dos Patos: “Na primavera de 1986 ocorreram altas concentrações nas margens da Ilha dos Marinheiros e em dezembro de 1987, na Ilha dos Cavalos”.

YUNES *et al.* (1994) observaram uma grande floração de *Microcystis* ao longo de todo o canal de navegação (na Laguna dos Patos) entre a cidade do Rio Grande e o Canal da Feitoria, com níveis de clorofila-*a* de 9.000 µg/L. Amostras desta cianobactéria coletadas em diferentes locais da região estuarina apresentaram toxicidade variável, sendo encontradas mais de duas variantes da hepatotoxina microcistina (YUNES *et al.*, 1996a).

Recentes estudos sobre o crescimento de cianobactérias na Laguna dos Patos têm evidenciado que tais florações possuem periodicidade anual e distribuem-se, no estuário como um todo (MATTHIENSEN *et al.*, 1999).

Contudo, não se tem dados suficientes para o conhecimento da dinâmica, das fases de crescimento, assim como dos principais fatores ambientais que afetam o crescimento das populações de *M. aeruginosa* na Bacia Hidrográfica do Guaíba, onde como já se sabe, as águas são importante recurso para o abastecimento doméstico, pesca, esportes aquáticos, agricultura, balneabilidade e navegação.

1.2. Aspectos Limnológicos em Ambientes Lóticos Relacionados ao Fitoplâncton

Alguns estudos têm sido realizados em ambientes lóticos, levantando informações sobre variáveis limnológicas tais como temperatura da água, pH, biomassa fitoplanctônica (clorofila-*a*) e nutrientes, além das variações que ocorrem nestes fatores, em função das influências atmosféricas sazonais.

MARTINELLI *et al.* (1988) estudaram alguns rios do Estado de Rondônia; observaram que no período de cheia os fluxos de nutrientes e os fluxos de nutrientes por unidade de área foram mais elevados que no período de seca.

THOMAZ *et al.* (1992) verificaram uma nítida variação sazonal da temperatura, constatando diferenças de 11,6 °C e 13,3 °C entre os meses de inverno e verão nos rios Paraná e Ivinheima, respectivamente. Os valores de pH foram predominantemente alcalinos. A condutividade elétrica, alcalinidade total, fósforo total e Nitrogênio-Kjeldahl

apresentaram os maiores valores durante o período de cheia. O oxigênio dissolvido apresentou-se supersaturado em praticamente todos os meses no Rio Paraná, enquanto no Rio Ivinheima, esta variável sofreu acentuada queda no início do período de cheia. As maiores concentrações de clorofila-*a* e transparência da água foram constatadas durante o período de seca e início da cheia.

RAUBER *et al.* (1992) pesquisaram as concentrações dos macronutrientes nos rios Paraná e Baía, na região de Porto Rico (PR), encontrando concentrações de nitrogênio total nas amostras nas respectivas expedições, entre os seguintes intervalos de valores: 1^a (0,06 a 0,49mg de N/L); 2^a (0,45 a 1,35mg de N/L) e 3^a (0,86 a 3,21mg de N/L). Os resultados das análises de fósforo total, também de acordo com as expedições, encontraram-se nos seguintes intervalos: 1^a (0,08 a 0,18mg de P/L); 2^a (0,10 a 0,30mg de P/L) e 3^a (0,24 a 1,42mg de P/L), evidenciando assim, a ocorrência de maiores concentrações de nutrientes no período de estiagem (3^a expedição) e uma maior diluição nos períodos de chuvas e enchente (1^a e 2^a expedições).

HENRY (1992) analisou as concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido e detectou uma variação anual de seus valores ligada ao regime de precipitação em três dos seus locais de estudo (Rio Taquari, Rio Apiaí-Guaçu e Rio Paranapanema, em Campina do Monte Alegre) no estado de São Paulo.

Outros estudos têm também investigado os efeitos de variáveis limnológicas nas ocorrências e distribuições das comunidades planctônicas e epilíticas

ROLLA *et al.* (1992) obtiveram dados, no Rio Grande (divisa dos estados de Minas Gerais e São Paulo), evidenciando a existência de uma água de baixa turbidez e pobre em minerais e nutrientes, e plâncton apresentando altas concentrações, considerando-se o observado no reservatório de Volta Grande, localizado na mesma área, a jusante. O fitoplâncton com 88 taxa, pertencentes às divisões Cyanophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta, Chysophyta e Chlorophyta. A comunidade Zooplancônica com um total de 124 taxa, pertencentes aos grupos Protozoa, Rotífera, Crustácea, Insecta, Nematoda, Coelenterada e outras de menor importância.

OLIVEIRA & SCHWARZBOLD (1998) em estudo comparativo da composição e estrutura da comunidade de algas perifíticas no Arroio Sampaio (RS) relataram a

predominância da divisão Bacillariophyta, principalmente da espécie *Cocconeis placentula* Ehrenberg var. *euglypta* (Ehrenberg) Grunow.

TOWNSEND & LUONG-VAN (1998) fizeram um levantamento da composição e biomassa fitoplanctônica no reservatório do Rio Manton, na Austrália.

KORNEVA & SOLOVYOVA (1998) investigaram as características e variações do fitoplâncton entre 1989 e 1992, em oito reservatórios do Rio Volga, localizado em três zonas geográficas da Rússia.

LOBO *et al.* (1998) realizaram a primeira tentativa de classificar as diatomáceas epilíticas, em função da tolerância das espécies à poluição orgânica em rios do sul do Brasil, trabalhando em sistemas lóticos da Bacia do Rio Jacuí, e que já está sendo utilizada no monitoramento da qualidade da água nesta bacia.

THEBAULT & QOTBI (1999) realizaram um modelo biológico para simular a evolução da comunidade fitoplanctônica, através de medidas de clorofila, biovolume e nutrientes (N-NH₄, N-NO₃, P-PO₄) ocorridas em uma extensão de 300 km, em rios franceses.

1.3. Cianobactérias

As Cianofíceas foram classificadas como algas por apresentarem pigmentos fotossintetizantes em suas células, entretanto por serem organismos procariontes (como as bactérias) e não eucariontes como as algas, STANIER (1974) sugeriu a alteração de seu nome para Cianobactérias.

Dentre os representantes fitoplanctônicos, as cianobactérias vem assumindo um importante papel, principalmente devido ao fato de estarem envolvidas em florações e produzirem toxinas.

PROENÇA (1990) observou que a instabilidade das condições hidrológicas favorece o desenvolvimento de espécies de crescimento rápido, entre elas as cianobactérias, e que após o período de crescimento máximo, em que se observam

florações (geralmente na primavera e/ou outono), ocorre uma limitação da produção fitoplanctônica pela ausência de nutrientes no meio, particularmente nitrogênio.

PEARSON (1990) e CARMICHAEL (1994) observaram que para as florações de cianobactérias, ventos fracos ou ausentes, garantindo uma maior estabilização na coluna d'água, são de suma importância, juntamente com temperatura da água relativamente alta (15° e 30°C), pH de neutro à alcalino (7,0 a 9,0), abundância de nutrientes nitrogenados e de fósforo, e relação N:P solúveis entre 10:1 a 16:1.

ALAM *et al.* (1973); WESTHUIZEN *et al.* (1986,1988) constataram que algumas espécies de cianobactérias são tóxicas somente em determinadas ocasiões, dependendo das condições químicas e físicas da água e/ou da linhagem da espécie.

1.4. Características e Taxonomia de *Microcystis aeruginosa*

Apesar de muito estudada, aspectos relacionados à taxonomia e distribuição de *M. aeruginosa* ainda não estão elucidados.

REYNOLDS *et al.* (1980) estudaram o ciclo anual da cianobactéria *M. aeruginosa* em lagos ingleses, levando em consideração os seguintes aspectos: características morfológicas das populações, como morfologia da colônia, tamanho da célula, peso seco, conteúdo de clorofila, volume de mucilagem e densidade das colônias; variação sazonal na distribuição de populações de *Microcystis*; características ultraestruturais dessas populações; fatores que influenciam o início do crescimento sazonal; declínio das populações no outono e fatores bióticos que regulam a sua abundância. Este autores relatam ainda que a literatura a respeito da ecologia de *Microcystis* (p. ex., FOGG *et al.*, 1973, REYNOLDS & WALSBY, 1975) concordam com o ciclo de vida anual por eles descrito para populações desse gênero, em lagos eutróficos temperados e subtropicais.

OKINO (1973) detectou a tendência das células de *Microcystis* a se concentrarem na superfície, devido à grande flutuabilidade resultante dos vacúolos gasosos existentes nas células e à pouca quantidade de matéria gelatinosa.

REYNOLDS (1973) observou que a manutenção da população de *M. aeruginosa* em desenvolvimento depende em parte de condições de pouca turbulência e de meios eficientes de controle da sua posição vertical, através de mecanismo de regulação da flutuabilidade. Constatou, também, que a taxa de crescimento e especialmente a pressão de turgescência celular exercem um controle crítico sobre o volume dos vacúolos gasosos.

NOGUEIRA (1997), em estudos realizados no Lago das Garças (SP), obteve resultados demonstrando que a população de *M. aeruginosa* absorve tanto o N-NH₄ como o N-NO₃; sendo a absorção deste último de uma forma tão eficiente, que sua concentração decaiu para níveis muito baixos durante a floração, limitando assim o crescimento de outros grupos fitoplanctônicos.

1.5. Status Coloniais do Ciclo de Vida de *Microcystis aeruginosa* (segundo Reynolds *et al.* 1980).

A maioria dos trabalhos feitos em relação à taxonomia e ecologia de *M. aeruginosa*, descrevem esta espécie em apenas uma fase do seu ciclo de vida (a fase de crescimento), desconsiderando os demais estágios. Porém, para uma melhor compreensão e controle de sua dinâmica na natureza se fazem necessários estudos que levem em consideração todos os seus status coloniais (fases de seu ciclo de vida), inclusive os status coloniais senescentes ou senios. Pois é a partir destes que surgem os inóculos para a formação das etapas de crescimento posteriores. O trabalho de REYNOLDS *et al.* (1980) descreve *M. aeruginosa* em seus diferentes status coloniais, mostrando a importância de cada uma destas formas para o ciclo como um todo.

Status Ia: Estrutura colonial composta por um corpo mucilaginoso elíptico ou pouco regular apresentando um máximo de dimensão linear entre 40-1000µm. Apresenta um número reduzido de células em relação aos demais status coloniais (menos de 1 por

1000 μm^3). Este status representa a fase senil ou senescente da cianobactéria. Frequentemente associado ao corpo mucilaginoso, ocorre um grande número de bactérias e resíduos amorfos de coloração marrom agregados à colônia. É abundante em amostras de populações bentônicas. Classifica-se como status Ia todas as estruturas coloniais que são aparentemente muito bem individualizadas de modo a permitir a sua identificação em meio à mucilagem.

Status Ib: As colônias nesta fase apresentam-se em forma cilíndrica ou ovóides irregulares. Sua máxima dimensão linear pode atingir até 250 μm . Cada colônia contém entre 20 e 200 células. A concentração média é de menos de 1 por 1000 μm^3 , em populações de crescimento exponencial no epilimno.

Status II e III: Representam os status finais do desenvolvimento de florações. Bem distintos dos outros estágios apresentam formas que vão desde elipses irregulares em forma de fita ou formas mais complexas com as células bem compactadas (mais do que 1 por 1000 μm^3) formando um núcleo central que dificulta a individualização das células quando vistas em duas dimensões. Apresentam uma saliente capa mucilaginosa com espessura entre 10-45 μm . No interior das colônias do status colonial II ocorrem fenestras, tendo a forma de discos furados ou de “roscas”. Os contornos apresentam-se muitas vezes com anastomoses, o que diferencia do status colonial III. Colônias do status III apresentam-se sob forma de pequenas placas, além de formas cilíndricas. Apresentam dimensões entre 40-300 μm de comprimento (status III).

Status IV e IVn: Colônias na fase IV consistem de agregados periféricos de células contendo 20-200 células semelhantes a projeções mamilares. São típicas do fundo e são indicativas de hibernação ou estágios de germinação. Já nas colônias da fase IVn ocorrem 3 a 10 agregados (500-2000 células) que são envolvidas por capa mucilaginosa formando a colônia propriamente dita. O status colonial IVn representa um curso alternativo da maturação de colônias do status IV.

Status Va: Correspondem à grande proporção de populações planctônicas observadas durante estações de crescimento. Apresentam formas ovóides ou quase esféricas. As colônias caracterizam-se por uma relativa compactação (3-5 células por 1000 μm^3) com uma distribuição homogênea no interior da capa mucilaginosa. A capa

mucilaginosa é bem definida variando em largura (3-35 μm). O diâmetro máximo observado pelo autor excluindo-se a mucilagem é de 80-300 μm , ocasionalmente atingindo 570 μm .

Status Vb: São colônias pequenas (<40 μm), excluindo-se a mucilagem periférica (2-5 μm). A forma é esférica contendo menos de 100 células. Sua ocorrência é proeminente na primavera e início do verão em fundos lodosos, onde acredita-se serem importantes no restabelecimento de populações planctônicas no verão.

Status VI: Durante a divisão de formas coloniais do status Va ocorre a formação de dois lobos que progressivamente polarizam-se, resultando em dois lobos distintos unidos por uma constricção central. Sua diferenciação do status III requer cautela, mas a sua distinção entre os outros estágios explica as suas funções fisiológicas e as taxas de crescimento.

A ilustração dos nove status coloniais de crescimento do ciclo vital de *M. aeruginosa* estão na Figura 1.

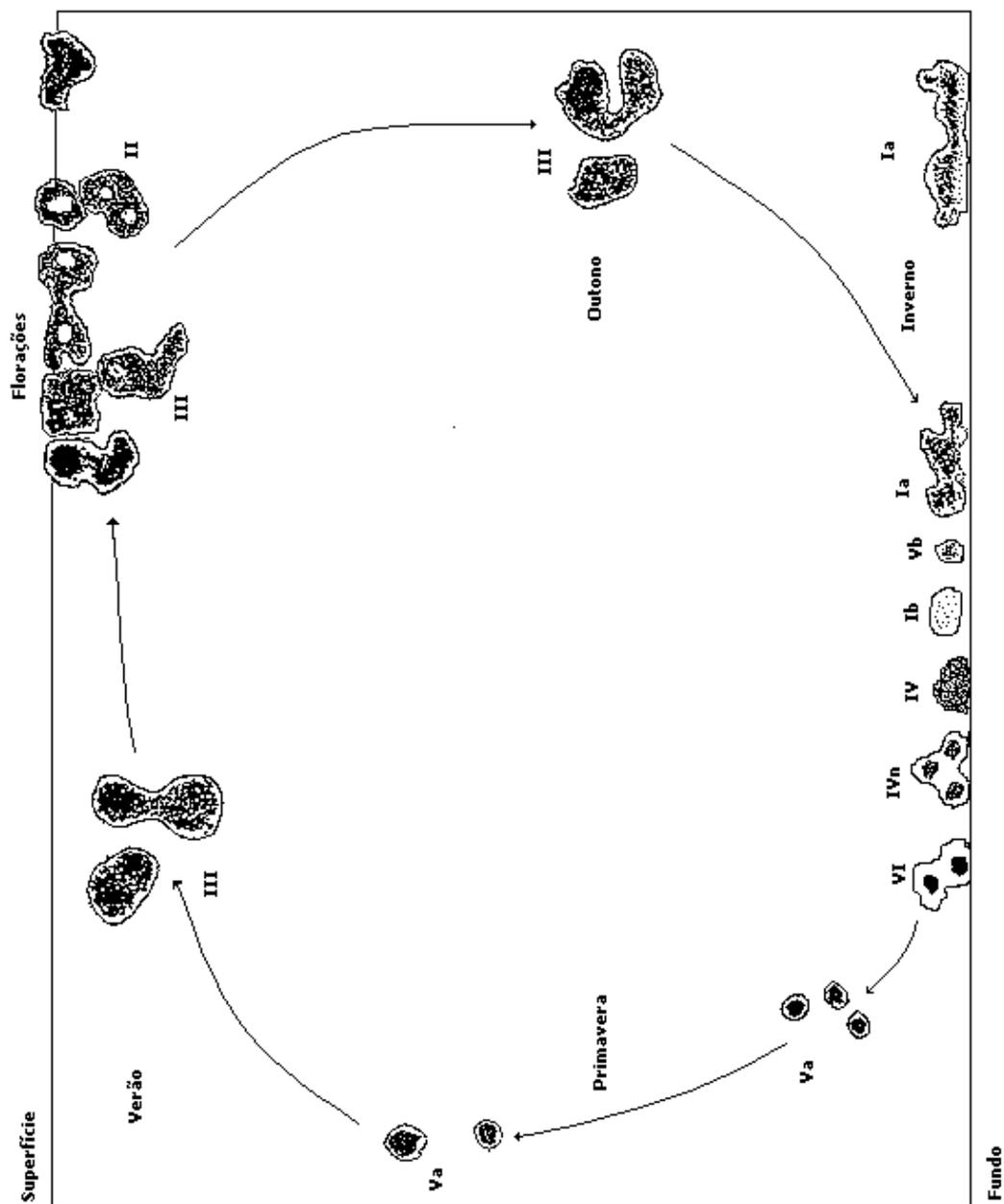


Figura 1: Status coloniais do Ciclo de Vida de *Microcystis aeruginosa*, segundo REYNOLDS et al. (1980).

1.6. Fatores que Influenciam o Crescimento de *Microcystis aeruginosa*

A influência de fatores ambientais no crescimento de *M. aeruginosa*, tais como temperatura da água, concentrações de nutrientes, assim como fatores inibidores de seu metabolismo têm resultado em muitos trabalhos publicados.

PARRA *et al.* (1980) realizaram estudos sobre floração de *M. aeruginosa* considerando a influência dos fatores quantitativos na Laguna de São Pedro (Chile). Foram medidos os requerimentos de nutrientes, tais como Ca, Mg, Na, K, P e S pela espécie e comparados com os valores determinados em cultura por GERLOFF *et al.* (1952).

ODEBRECHT *et al.* (1987) registraram florações de *M. aeruginosa*, na Laguna dos Patos e constataram que a duração de eventos governados pela ação dos ventos, que interferem no grau de mistura da coluna d'água, é um fator importante para o crescimento e variações sazonais da espécie.

TALAMONI (1988) pesquisou os efeitos de diferentes temperaturas e intensidades luminosas, da concentração de nitrato no meio de cultura e da presença de diferentes inibidores metabólicos sobre o crescimento de *M. aeruginosa*. Realizou, também, análises sobre número de células, produção de carboidratos, proteínas e clorofila-*a*, fixação de nitrogênio molecular e composição dos polissacarídeos produzidos pela espécie.

ZOHARY & ROBARTS (1989) investigaram, no Reservatório de Hartbeesport (África do Sul), a relação entre a profundidade na zona de mistura ao longo do dia e a dominância de *M. aeruginosa* em até dez meses de cada dos quatro anos e meio de estudo, concluindo que em lagos onde as concentrações de nutrientes estão sempre em excesso, o fator preponderante que leva à dominância de espécie é a baixa turbulência.

ZOHARY & MADEIRA (1990), no Reservatório Hartbeesport (África do Sul), onde se observou características hipereutróficas, estudaram as peculiaridades estruturais, físicas e químicas de hiperespumas flutuantes de cianofíceas, constatando que estas formavam “pacotes” densos medindo decímetros de espessura, cobertos por uma crosta seca de células fotooxidadas. Os autores observaram que *M. aeruginosa* constitui 98% do biovolume, com concentração celular excedendo 10^9 .mL⁻¹.

PEARSON (1990) e CARMICHAEL (1994) descreveram a razão N:P considerada ideal para o crescimento de *M. aeruginosa* como sendo entre 10:1 e 16:1.

BRANCO & SENNA (1994) pesquisaram os fatores que influenciaram o desenvolvimento de *Cylindrospermopsis raciborskii* e *M. aeruginosa* no Lago Paranoá, Brasília. Constataram que as florações de *M. aeruginosa* aconteciam no final da estação seca, quando ocorria aumento dos níveis de poluição orgânica com concentrações mais altas de compostos nitrogenados e alcalinidade total mais alta.

NOGUEIRA (1997) estudando as dinâmicas da população de *M. aeruginosa*, concluiu que a formação da floração durante a primavera, na Lagoa das Garças (São Paulo), ocorreu em função de um conjunto de fatores: altas temperaturas da água, estabilidade térmica, redução da turbulência da água, altos valores de pH e baixas razões NT/PT e Zona eufótica/Zona afótica.

NOGUEIRA (1997) constatou no mesmo ambiente, Lagoa das Garças (São Paulo), que a mistura da coluna d'água na maior parte do ano impede que a floração persista além da primavera pois, nesta situação, a capacidade que *M. aeruginosa* apresenta para flutuar e regular seu lastro celular torna-se sem função e ela precisa competir mais diretamente por melhores condições de temperatura, de radiação e de nutrientes com outros grupos de algas fitoplanctônicas, incluindo algas verdes, diatomáceas e crisofíceas.

YOSHIDA (1997) fez comparações entre medidas de qualidade de água com espécies dominantes de fitoplâncton, evidenciando que *M. aeruginosa* predomina em águas com baixos níveis de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), fósforo inorgânico dissolvido (PID) e razão NID: PID e altas razões entre nitrogênio total e NID e entre fósforo total e PID. Observou, ainda que esta dominância se deu também em um período em que a temperatura do ar se manteve mais elevada, com alta luminosidade e com condições de precipitação pluviométrica relativamente baixas.

MATTHIENSEN (1996) relatou através de estudos na Laguna dos Patos (Rio Grande do Sul), que os meses de maiores valores de abundância de *M. aeruginosa* estiveram relacionados a períodos em que a razão N:P esteve entre 10:1 e 16:1, considerada ótima para esta espécie. Isto ocorreu principalmente no período de verão, ou mais precisamente nos meses de dezembro e janeiro. Afirmou ainda que testes estatístico

evidenciaram esta tendência com temperaturas próximas a 25°C, pH 8,0, N:P próximo a 13:1, além de condições de água doce e disponibilidade de produtos nitrogenados e fosfatos.

SBIYYAA *et al.* (1998) concluíram que em cultivos de *M. aeruginosa* e *Synechocystis* sp. O crescimento destas Cianobactérias foi rapidamente afetado pela deficiência de nitrogênio (N-NO₃⁻). Na deficiência de fósforo as células continuaram em crescimento logarítimo, usando suas reservas internas, a qual não se exauriram em até oito dias.

HAVENS *et al.* (1998) estudaram o efeito causado pela luz como um possível regulador da composição de espécies de Cianobactérias em um lago raso da Flórida (EUA), mostrando que dentre as variáveis ambientais fósforo total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, clorofila-*a*, assim como dois índices: irradiância sub-superficial (profundidade Secchi) e razão Secchi : profundidade total, a irradiação solar é o maior fator controlador do crescimento da comunidade de Cianobactérias.

1.7. Ocorrência/Registro de Colônias e Toxina e Casos de Envenenamento por *Microcystis aeruginosa*

A cianobactéria *M. aeruginosa* tem chamado a atenção de um grande número de pesquisadores em todo o mundo, por ser um dos principais organismos formadores de florações algais e do conseqüente envenenamento da água, em locais onde se desenvolve.

BRANCO (1959) desenvolveu estudos a respeito das algas tóxicas, bem como sobre o controle de suas toxinas em águas de abastecimento e comentou que o gênero *Microcystis*, do qual se destacam as espécies *M. flos-aquae* e *M. aeruginosa*, é o mais citado como causador de efeitos tóxicos em águas continentais.

TRYFON & MOUSTAKAGOUNI (1997) constataram as Cianophyta /Cianobactéria como o grupo mais importante em termos de composição de biomassa no Lago Mikri Pesta (Grécia) e dentro desta divisão as espécies mais importante foram

Microcystis aeruginosa, *M. wesenbergii*, *A. lemmermannii* var. *minor* e *Aphanocapsa elachista*.

PAKA & RAO (1997) registraram a ocorrência de floração de *M. aeruginosa* e *O. limosa* no lago Saroor Nagar, Índia.

DOS SANTOS & CALIJURI (1998) observaram que a comunidade fitoplanctônica, na zona eutrófica do Reservatório de Barra Bonita (SP) foi caracterizada, no inverno, por uma alta diversidade, em estado de não equilíbrio, exceto o predomínio de algumas espécies. No verão esta comunidade apresentou uma baixa diversidade porém em estado de equilíbrio, com predominância de *M. aeruginosa*.

AZEVEDO *et al.* (1994) fizeram o primeiro registro de microcistinas hepatotóxicas no Brasil. Isolaram colônias da linhagem NTJB-1 de *M. aeruginosa* do Lago das Garças, em São Paulo. A cepa NTJB-1 produziu duas diferentes microcistinas hepatotóxicas, microcistina-LR e microcistina-LF. Este foi o primeiro registro de microcistina-LF para a Ciência.

PUSCHNER *et al.* (1998) relataram que a microcistina-LR e uma hepatotoxina cíclica produzida por algas azuis (*Microcystis aeruginosa*) e pode, quando em dose aguda, causar hepatotoxicose letal em mamíferos e pássaros, sendo a toxicose diagnosticada em animais através de evidências histológicas de hemorragia intrahepática, aumento do fígado e necrose dos hepatócitos.

FRAZIER *et al.* (1998) relataram o envenenamento de rebanho bovino atribuído a florações de *M. aeruginosa*, na região sul do Estado da Geórgia, EUA, em que foram diagnosticadas necroses hepáticas características acompanhadas por edemas no mesentélio e derrames peritoniais.

VEZIE *et al.* (1997) detectaram a ocorrência de contaminação por microcistina contida em florações ocorridas em águas de Brittany (França).

MATTHIENSEN *et al.* (1999), em estudos sobre o crescimento de cianobactérias na Laguna dos Patos, ressaltaram que tais florações possuem periodicidade anual, distribuindo-se em todo o seu estuário, além disso, confirmaram a presença de colônias de *M. aeruginosa*, durante os doze meses estudados, indicando a região norte da Laguna como principal fonte de entrada desta espécie para o estuário.

YUNES *et al.* (1998b) constataram que mesmo nos status coloniais senescentes de *M. aeruginosa* são encontradas microcystinas em quantidades detectáveis.

1.8. Características e Produção da Toxina

Esforços têm sido realizados no sentido de se descrever as toxinas, assim como os efeitos de variáveis ambientais sobre a sua produção.

MOORE (1977) descreveu as toxinas produzidas pelas cianobactérias, entre elas os peptídeos tóxicos liberados por *M. aeruginosa*.

CARMICHAEL (1988) analisou as toxinas de algas continentais e detalhou as estruturas das neurotoxinas e das hepatotoxinas, entre estas as microcistinas com sua estrutura bioquímica, composição, características e modos de ação.

MATTHIENSEN (1996) detectou diversas variantes de microcistinas, com predominância das formas MC-LR e MC-FR, ainda na Laguna dos Patos.

ORR & JONES (1998) observaram que concentração de microcistina em uma cultura, cresce à medida que ocorre o crescimento da divisão celular e permanece constante ou decresce a pequenas concentrações durante o processo estacionário ou na fase senescente das células. A divisão das células, bem como a produção de toxina esta relacionado ou limitado à concentração de nitrogênio.

HARADA & TSUJI (1998) concluíram que a microcistina está normalmente confinada ao interior celular e passa a circular livremente na água após a morte e a lise celular, que ocorre mediante às condições ambientais. Cinco caminhos podem ser considerados para contribuir com a detoxificação de microcistina: (1) diluição, (2) adsorção, (3) decomposição térmica auxiliada pela temperatura e pH, (4) fotólise e (5) degradação biológica.

PARK *et al.* (1998) relataram que as concentrações de microcistina intracelular geralmente excedem às de microcistina extracelular de 24 a 26 vezes e que as altas concentrações de microcistina são estabelecidas durante a fase de crescimento exponencial

de *M. aeruginosa*, sendo que as de microcistina extracelular são mais altas no final da floração. Concluíram também que a percentagem relativamente alta de microcistina, no filtrado da água do lago estudado, (> 20%) no final da floração, sugere que a liberação da microcistina ocorre durante a fase de senescência e no período de decomposição das células.

WATANABE & OISHI (1985) testaram os efeitos de intensidade luminosa, temperatura e nitrogênio sobre a toxicidade de *M. aeruginosa*, constatando um leve aumento da toxicidade em baixa temperatura e ligeiro decréscimo em alta temperatura. Com a redução da concentração de nitrato no meio, o conteúdo de toxina se manteve similar. Os experimentos de intensidade luminosa mostraram mudança marcante na toxicidade; a produção de toxina foi suprimida sob baixa intensidade de luz ($7,53\mu\text{E}/\text{m}^2.\text{s}^{-1}$). Entretanto, valores LD_{50} similares foram estimados para células que cresceram sob intensidade, de 30,1 e $75,3\mu\text{E}/\text{m}^2.\text{s}^{-1}$, evidenciando assim, a intensidade luminosa como fator primordial para a produção de toxina.

MATTHIENSEN (1996) mediante testes de toxicidade em camundongos, constatou que as florações de *M. aeruginosa* que atingiram o estuário da Laguna dos Patos, em seu período de estudo, eram altamente tóxicas, com $\text{DL}_{50-24\text{h}}$ menores que $100\text{ mg.Kg}^{-1}\text{ p.c.}$, e concentrações de toxinas nas células que superava $1,0\mu\text{g.mg}^{-1}\text{ p.s.}$

1.9. Justificativas

Apesar da grande importância da Bacia Hidrográfica do Guaíba para o Estado do Rio Grande do Sul, são poucos os estudos científicos elaborados na área visando um conhecimento a respeito das características e qualidade de suas águas e, são quase que inexistentes as informações a respeito da dinâmica das populações e de fatores que influenciam o crescimento da cianobactéria tóxica *M. aeruginosa* na região do Delta do Rio Jacuí e da Bacia Hidrográfica do Guaíba, como um todo. Neste contexto foram traçados, então, os objetivos deste trabalho.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

Contribuir ao conhecimento da dinâmica das populações de *Microcystis aeruginosa* e de suas fontes para o Lago Guaíba e Laguna dos Patos e fornecer dados limnológicos a fim de que possam ser utilizados na gestão da região do Delta do Rio Jacuí.

2.2. Objetivos Específicos

- Registrar a ocorrência de status coloniais e a distribuição da cianobactéria *Microcystis aeruginosa*, além de sua dinâmica em função das mudanças sazonais, na foz dos principais rios formadores do Lago Guaíba, e no local de confluência dessas águas, no ponto inicial do próprio lago.
- Relacionar a influência de variáveis ambientais ao número e status coloniais de *Microcystis aeruginosa* observados.
- Relacionar a clorofila-*a* às variáveis físicas e químicas estudadas.
- Relacionar espacial e temporalmente as estações amostrais estudadas, com base nas variáveis físicas e químicas.
- Relacionar espacial e temporalmente as estações amostrais estudadas, com base na presença/ausência de gêneros fitoplanctônicos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Locais e Amostragens

Os locais de coleta das amostras perfazem 06 (seis) estações fixas, distribuídas na foz dos principais rios da Bacia Hidrográfica do Guaíba e no local de confluência das águas provenientes destes rios, no ponto inicial do Lago Guaíba (Figura 2). Foram medidas ou analisadas as seguintes variáveis: temperatura da água, transparência Secchi, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, condutividade elétrica, concentrações de nitrogênio e fósforo totais, clorofila-*a*. O fitoplâncton foi identificado a nível de gênero, além de identificação dos status e contagem do número de colônias de *M. aeruginosa*.

Todas as análises químicas e do fitoplâncton foram realizadas nos laboratórios do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

As amostragens se deram no meio dos canais de navegação, tendo sido realizadas sazonalmente, nos períodos do outono (30/04/97), inverno(01/08/97), primavera (29/10/97) e verão (15/01/98).

São seguintes as coordenadas geográficas das estações de amostrais: no Rio Jacuí (29°58'14'' S; 51°23'12'' W); no Rio Taquari (29° 57' 00''S , 51°44'00''W); no Rio dos Sinos (29°55'40'' S, 051°14'15'' W); no Rio Caí (29°55'58'' S, 051° 16'51'' W); no Rio Gravataí (29°58'00''S, 51°12'00''W) e no Lago Guaíba (30°02'20'' S, 051°14'51'' W).

A Figura 2, dá o posicionamento geral das seis estações amostrais; as Figuras 3 a 8, caracterizam cada uma, destas estações e a Figura 9, mostra um despejo de efluente industrial, *in natura*, no Rio Gravataí, o mais eutrofizado dentre os ambientes estudados.

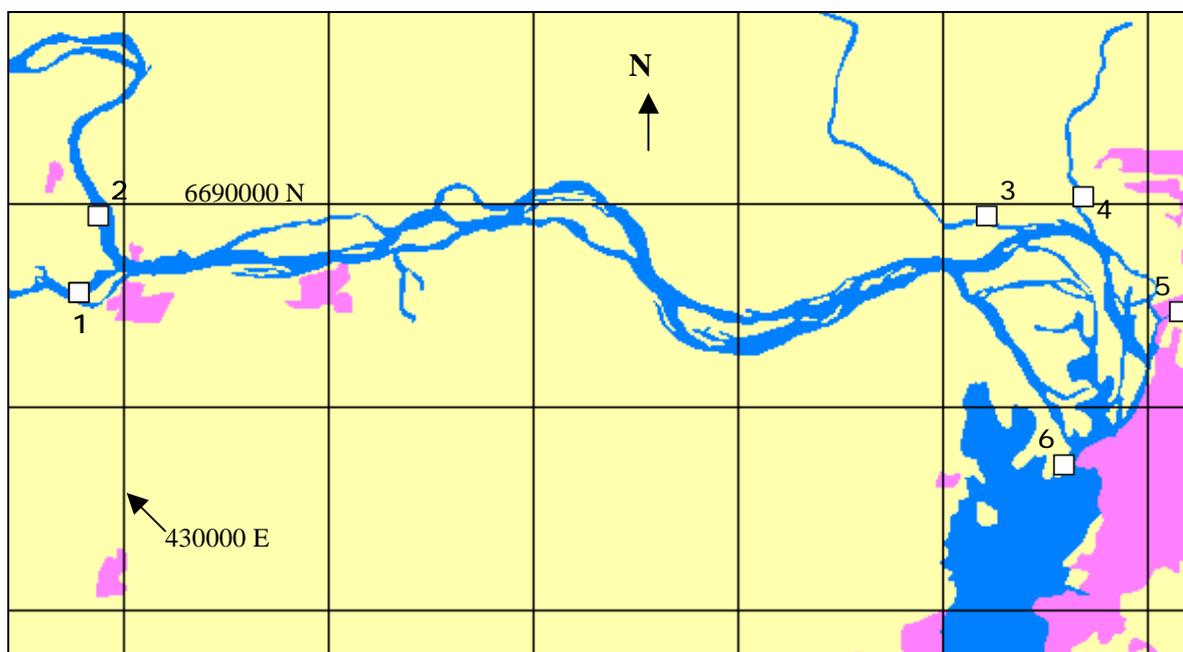


Figura 2: Mapa da localização das seis estações amostrais: (1) estação Jacuí, (2) estação Taquari, (3) estação Caí, (4) estação Sinos, (5) estação Gravataí e (6) estação Guaíba. Fonte: base cartográfica em escala 1:250.000 da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, folhas de Caxias do Sul e Porto Alegre, 1983).



Figura 3: Estação Amostrai Jacuí.



Figura 4: Estação Amostral Taquari.

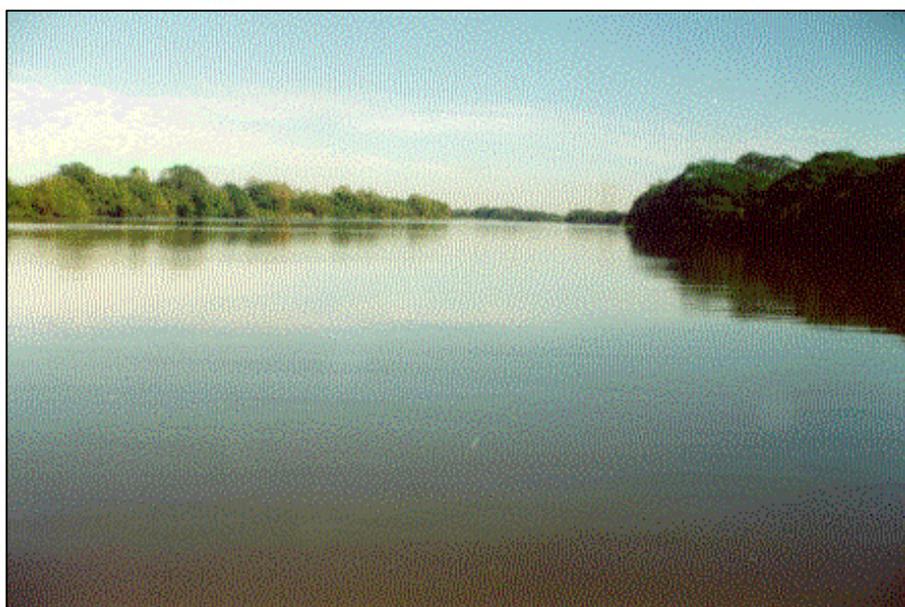


Figura 5: Estação Amostral Caí.



Figura 6: Estação Amostral Sinos.

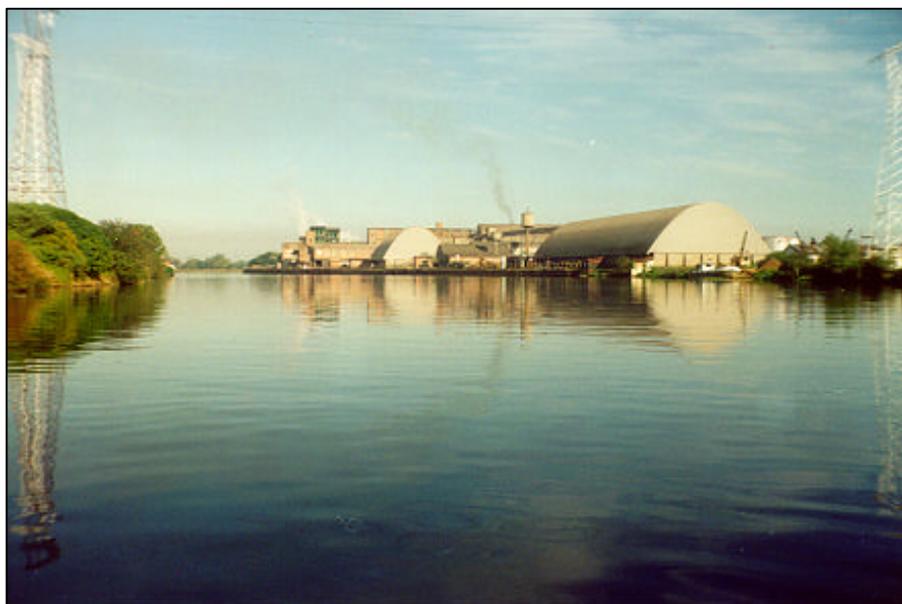


Figura 7: Estação Amostral Gravataí.



Figura 8: Estação Amostral Guaíba.



Figura 9: Área de despejo de efluente industrial, *in natura*, próximo a foz do Rio Gravataí.

3.2. Variáveis Físicas e Químicas

3.2.1. Temperatura da Água, Transparência Secchi, Potencial Hidrogeriônico (pH) e Condutividade Elétrica

A temperatura foi medida com termômetro de mercúrio, na sub-superfície da água; a transparência da água com a utilização de disco de Secchi branco de 20cm de diâmetro; o potencial hidrogeniônico da água superficial, utilizando-se potenciômetro WTW, modelo 57 e a condutividade elétrica foi determinada com condutivímetro YSI, modelo 33.

3.2.2. Oxigênio Dissolvido, Demanda Química de Oxigênio, Nitrogênio e Fósforo Totais

O oxigênio dissolvido foi determinado pelo método de Winkler - APHA (1985), sendo que as amostras foram fixadas no campo; a demanda química de oxigênio foi medida através da titulação do excesso do dicromato de potássio com sulfato ferroso amoniacal após digestão à quente com solução de ácido crômico e ácido sulfúrico - APHA (1985); o nitrogênio total, através do método Kjeldahl, segundo, também, APHA (1985). As concentrações de fósforo total foram determinadas segundo a metodologia de GOLTERMAN *et al.* (1978).

3.3. Análise de Clorofila-*a*

A determinação da concentração de clorofila-*a*, foi realizada através da filtração de um volume de 500 a 1000ml de cada uma das amostras, em filtros de fibra de vidro Whatmann (GF/F), sob vácuo de 0,5 atmosfera. Os filtros foram mantidos em frascos escuros refrigerados (5° C) até a extração, em acetona 90%, por 24 horas. A absorbância para o cálculo do teor de clorofila-*a* foi lida em espectrofotômetro Zeiss, PMQ3, a 663nm e

a 750nm de comprimento de onda. Para o cálculo da concentração de clorofila-*a* foram empregadas as equações de GOLTERMAN, *et al.* (1978).

3.4. Análise do Fitoplâncton

Para a avaliação do material biológico foram filtrados 700 litros da água de superfície, em cada estação, com utilização de bomba d'água (STIHL, modelo P835) e rede de plâncton de 65 µm de malha, em função da faixa de tamanho das colônias de *M. aeruginosa* variar em torno de 40 e 1000µm, com a maioria das ocorrências sendo de colônias acima de 100µm de diâmetro. Outro fator que levou à escolha de rede com malha 65µm foi a dificuldade encontrada no trabalho de coleta quando se testou rede de malha inferior, ocorrendo a colmatação quase que completa dos poros, em função da alta concentração de material em suspensão na água.

O material coletado foi fixado com solução Transeau (formol: etanol: água; 1:3:6), a uma concentração de 1:1, em frascos plásticos opacos. A determinação da composição qualitativa do fitoplâncton foi realizada através do microscópio óptico binocular, marca Olympus, modelo BX40, sendo que para as colônias de *M. aeruginosa* , foram determinados os status de crescimento das colônias, segundo REYNOLDS *et al.* (1980). A análise quantitativa das colônias de *M. aeruginosa* foi feita através de contagem em Câmara de Sedgwick-Rafter (1,0ml), em um total de 100 campos para o status Ia, o mais numeroso, e toda a câmara para o status Ib, o menos numeroso.

A bibliografia utilizada para a identificação do fitoplâncton foi a seguinte: GEITLER (1925); JOLY (1963); VINYARD (1979); REYNOLDS *et al.* (1980); GERMAIN (1981); HUBER – PESTALOZZI (1962,1983); PARRA *et al.* (1983); LEITE-SANT`ANNA (1984); TRACANA (1985); TORGAN (1985); ROSA & WERNER (1993); CALLEGARO *et al.* (1993); MORO *et al.* (1994); ALVES-DA-SILVA & LAITANO. (1994); JATI. & TRAIN (1994); GARCIA-BATISTA (1994); ROSA *et al.* (1994).

3.5. Tratamento Estatístico

Os dados foram organizados em duas matrizes uma de 24x10 (24 objetos e 10 descritores) e outra de 24x56 (24 objetos e 56 descritores), tendo como objetos as estações amostrais, nos diferentes períodos do ano (outono, inverno, primavera e verão). Na primeira matriz foram usados como descritores as variáveis físicas e químicas, na segunda utilizou-se como descritores os gêneros (dados binários de presença/ausência).

As medidas de correlação da clorofila com as variáveis físicas e químicas foram realizadas mediante correlação de Pearson, em que se utilizou a Análise de Coordenadas Principais - PCO.

A ordenação das estações amostrais, em que se utilizou as dez variáveis físicas e químicas desenvolveu-se através do índice de semelhança de Gower entre as unidades amostrais e de Análise de Coordenadas Principais.

Para a análise de agrupamento (Cluster) das estações amostrais, com utilização da presença/ausência de cada um dos cinquenta e seis gêneros encontrados, foi usado o índice de Jaccard.

O teste de aleatorização relacionando *Microcystis aeruginosa* aos descritores ambientais estudados foi realizado a partir do escalonamento dos valores originais destes descritores físicos e químicos em três classes (baixa, média e alta) de acordo com a amplitude dos valores de cada uma das variáveis. O teste foi realizado separadamente para cada descritor ambiental, comparando as classes de cada descritor quanto ao número de colônias de *M. aeruginosa*.

Já o teste de aleatorização relacionando os gêneros aos descritores físico e químico estudados foi realizado também a partir do escalonamento dos valores originais destes descritores em três classes, porém avaliou-se a relação de cada descritor à presença/ausência dos gêneros nas estações amostrais e períodos do ano estudados.

A avaliação da hipótese de independência entre o número de gêneros e os períodos do ano, também foi feita através de testes de aleatorização, pois, segundo MANY (1991) e PILLAR (1998) os resultados dos testes de aleatorização são interpretados de forma semelhante aos de uma análise de variância, envolvendo inclusive a avaliação de contrastes entre grupos.

Em todos os casos utilizou-se o Software MULTIV, para Análise Multivariada e Testes de Aleatorização (PILLAR, 1998), no Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). As referências bibliográficas utilizadas para as análises multivariadas foram as seguintes: PIELOU (1984) e PODANI (1994).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variáveis Físicas e Químicas

4.1.1. Temperatura da Água

A velocidade dos processos orgânicos depende da temperatura, que também afeta diretamente as taxas de renovação dos componentes celulares, diversos processos bioquímicos e à hidratação das células, de maneira que em diferentes temperaturas, um mesmo tipo de organismo pode ter características distintas (MARGALEF,1983).

Os valores de temperatura encontrados nas seis estações amostrais estudadas variaram conforme o esperado, apresentando uma temperatura mais alta no verão e mais baixa no inverno. A temperatura mais elevada, 27,4 °C, foi encontrada na estação amostral Gravataí, enquanto que a menor, 16,4 °C, observou-se nas estações amostrais Taquari e Caí (Figura 10 e Apêndice-Tabela 1).

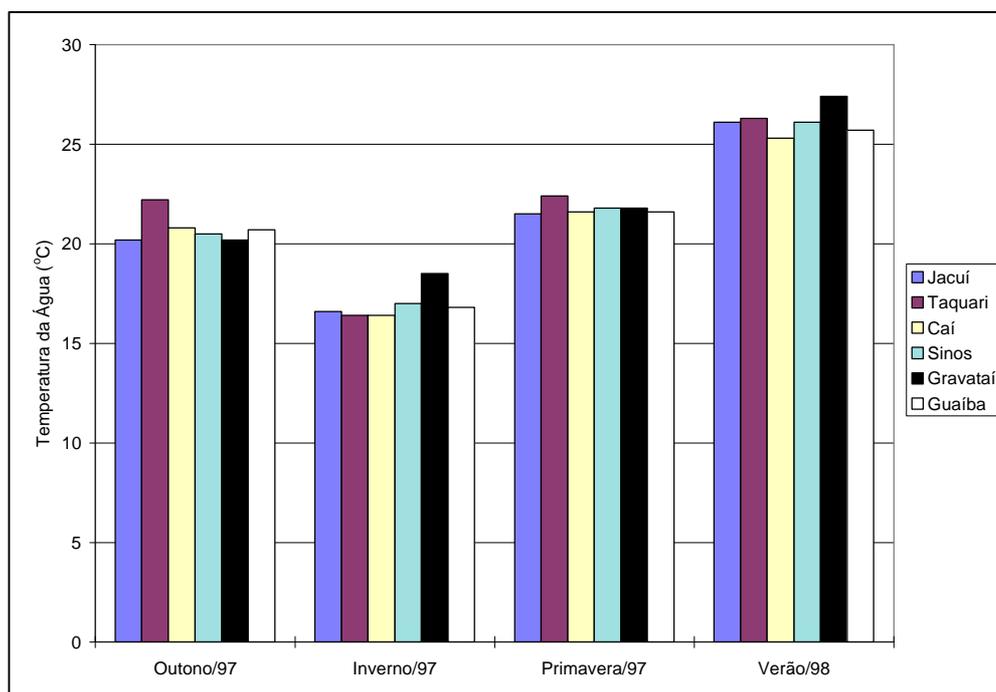


Figura 10: Variação sazonal da temperatura da água, em °C, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.

A temperatura alta encontrada na estação Gravataí, se deve à baixa vazão ou ao relativamente maior tempo de residência da água (baixa hidrodinâmica) e à intensa quantidade de material orgânico dissolvido e em suspensão nesse corpo d'água.

A variação térmica ao longo do ano, entre 16,4 e 27,4 °C, caracteriza os ambientes estudados como tipicamente subtropicais.

4.1.2. Precipitação Pluviométrica

As concentrações de compostos químicos, bem como as características físicas das águas de superfície sofrem grandes influências da precipitação pluviométrica. Essa influência é fortemente constatada, principalmente em ambientes alterados por despejos de efluentes, como é o caso dos ecossistemas estudados, pois nos períodos de menor precipitação as concentrações de nutrientes e outros compostos tendem a ser mais elevadas, ocorrendo o inverso quando é registrada uma menor pluviosidade.

Os valores de precipitação pluviométrica ocorrida nos dias anteriores às datas de amostragens mostram que ocorreu uma baixa precipitação nos trinta dias que antecederam

a amostragem de outono e um aumento da pluviosidade nos trinta dias anteriores às demais amostragens, sendo que nos trinta dias que antecederam a amostragem da primavera a precipitação foi mais que o dobro da normal. Isso ocorreu em decorrência das influências do fenômeno *El Niño* na região (Fig. 11 e Apêndice-Tab. 2).

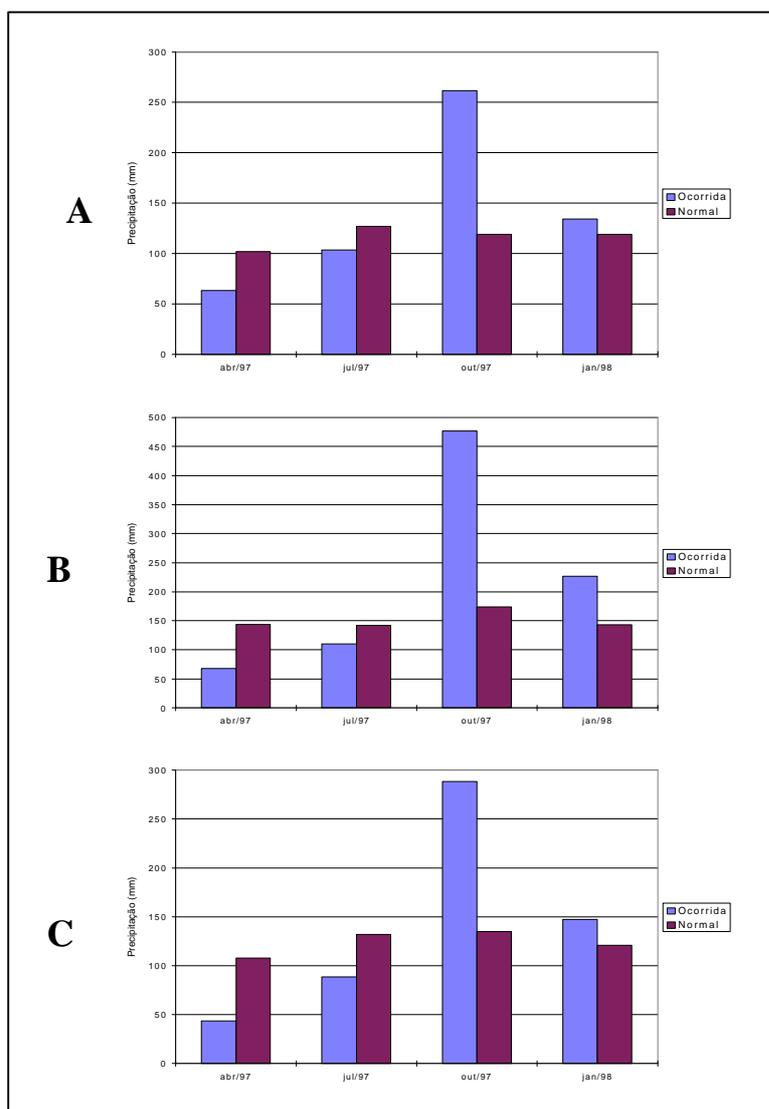


Figura 11: Precipitação pluviométrica normal e ocorrida nos meses de abril/97, julho/97, outubro/97 e janeiro/98, nas estações meteorológicas de Santa Maria (A), Taquari (B) e Porto Alegre (C). Fonte dos dados: FEPAGRO/Secretaria de Ciência e Tecnologia (RS)/Equipe da Agrometeorologia: Boletins meteorológicos. Relativo a dados de 1997 e 1998.

4.1.3. Transparência Secchi

Os fatores que limitam a taxa de produção primária em ambientes aquáticos são a luz, os nutrientes, o dióxido de carbono e a temperatura. Porém a luz é o que mostra as mais extremas variações. A irradiação decresce com a profundidade prejudicando, assim a realização de fotossíntese (KIRK, 1986).

A transparência da água, medida através do disco de Secchi, apresentou valores mais acentuados no outono, sendo que na estação Sinos foi constatada uma máxima transparência da água de (0,87m). A estação Gravataí apresentou, no mesmo período (outono) o menor valor de transparência da água registrado, 0,19m (Fig. 12 e Apêndice-Tab. 3). Este baixo valor observado se deveu, provavelmente, a alta concentração de partículas orgânicas em suspensão na água. De acordo com WETZEL & LIKENS (1990), altas concentrações de matéria orgânica dissolvida reduzem a transparência da água de uma forma não linear, e a redução da transmissão da luz, é influenciada por uma crescente dispersão desta por partículas em suspensão.

Para BARBOSA *et al.* (1994) a rápida erosão nas regiões tropicais, acelerada pelas práticas agrícolas e de monoculturas, resultam em elevadas turbidez nos sistemas aquáticos.

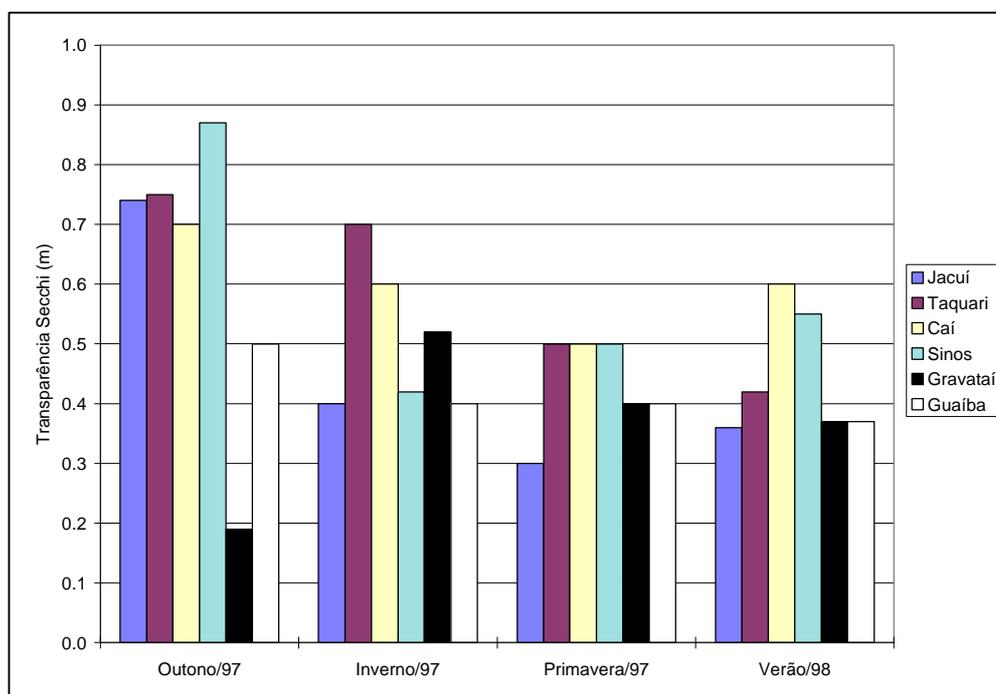


Figura 12: Variação sazonal da transparência da água, em metros, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Cai, Sinos, Gravataí e Guaíba.

4.1.4. Potencial Hidrogeniônico (pH)

As águas naturais exibem amplas variações em acidez, alcalinidade e pH. As concentrações dos compostos e íons na água, bem como as suas relações, determinam o pH observado e a capacidade de tamponamento de um dado corpo d'água (WETZEL & LIKENS, 1990).

Os critérios de proteção da vida aquática fixam o pH entre 6 e 9. Muitos peixes e outros animais aquáticos podem sobreviver a valores iguais ou menores que 5,0, mas neste pH os metais se solubilizam muito facilmente, aumentando as possibilidades de toxidez. Acima de pH 6,0 há uma melhora na pesca e na agricultura (BRANCO, 1991).

O outono foi o período do ano em que se registrou os maiores valores de pH. Os menores valores foram observados no verão, sendo que o valor mais elevado (7,8) foi encontrado na estação Jacuí e o menor (6,0) nas estações Jacuí e Guaíba (Fig. 13 e Apêndice-Tab. 4).

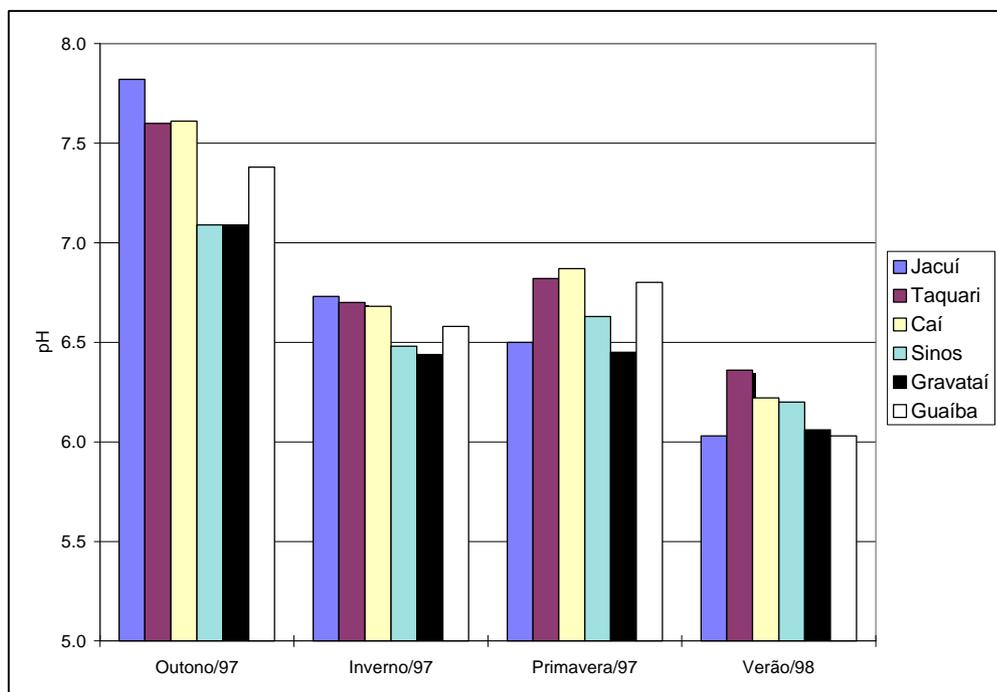


Figura 13: Variação sazonal do pH, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.

Provavelmente os menores valores de pH, encontrados no período de verão, se devem ao aumento da importação de íons H^+ , em decorrência de uma maior lixiviação do solo na área de drenagem da bacia, ocorrido em função da intensificação da precipitação pluviométrica neste período, em relação ao período do outono. Já o pH tendendo a alcalino, no outono, se deu provavelmente, a um efeito contrário.

MAIER & TOLENTINO (1988) relatam que entre os fatores climáticos a temperatura e a precipitação são, provavelmente, os que exercem maior influência sobre as características físicas e químicas de qualidade da água de superfície.

4.1.5. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é uma das medidas mais freqüentemente utilizadas para a avaliação de ecossistemas aquáticos. Isto porque fornece importantes informações sobre as reações biológicas e bioquímicas na água e ainda acerca da capacidade de um corpo d'água receber matéria orgânica sem causar distúrbios (WETZEL & LIKENS, 1990).

A maior concentração de oxigênio dissolvido ($9,0\text{mg.L}^{-1}$) foi registrada na estação Taquari, no inverno, enquanto que a menor ocorreu na estação Gravataí, no outono. Em todos os períodos do ano, exceto no outono, a estação Taquari apresentou uma concentração de oxigênio dissolvido maior que nas demais. A estação Gravataí apresentou nível de O_2 dissolvido zero, no outono (Fig. 14 e Apêndice-Tab. 5).

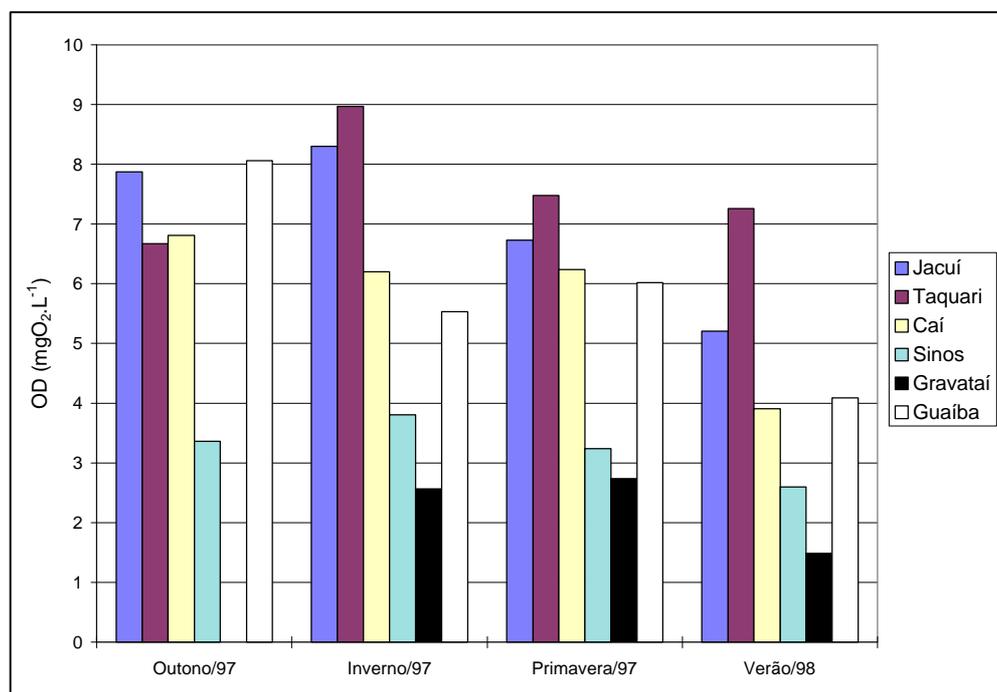


Figura 14: Variação sazonal do oxigênio dissolvido, em mg.L^{-1} , nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.

A alta concentração de oxigênio dissolvido encontrada na estação Taquari, no período do inverno, se deve, principalmente, ao aumento da precipitação pluviométrica, ocorrido nesta época do ano (Fig. 11 e Apêndice-Tab. 2).

De acordo com WETZEL & LIKENS (1990) o oxigênio é um gás livremente dissolvido na água e pode ser adicionado da atmosfera ou mesmo produzido através da fotossíntese por organismos aquáticos e é utilizado tanto na respiração, como também em reações químicas inorgânicas.

O nível zero de oxigênio registrado na estação Gravataí, no período do outono, se deve à alta demanda desse gás, provocada pelo massivo despejo de efluentes, principalmente de origem doméstica, assim como, a baixa precipitação pluviométrica nesse período.

Segundo ESTEVES (1998), quando a concentração de oxigênio atinge níveis baixos (aproximadamente 4mg.L^{-1}), os processos anaeróbios passam a ser os mais

importantes, visto que estes produzem grande quantidade de compostos redutores, que para a sua oxidação também consomem grande quantidade de oxigênio.

4.1.6. Demanda Química de Oxigênio

A demanda química de oxigênio (DQO) é usada como uma medida de equivalência do oxigênio à matéria orgânica contida em uma amostra que está susceptível a oxidação por uma forte reação química. Para amostras de fontes específicas, a DQO pode ser relacionada empiricamente à DBO, ao carbono orgânico, ou à matéria orgânica (APHA, 1985). Além disso geram DQO íons oxidáveis como do ferro, enxofre e nitrogênio.

A estação Gravataí apresentou os mais altos valores de DQO, em relação a todas as estações amostrais estudadas, sendo observado um pico de $87,5 \text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$, no período do outono. A menor demanda química de oxigênio foi registrada na estação Caí, no verão (Fig. 15 e Apêndice-Tab. 6).

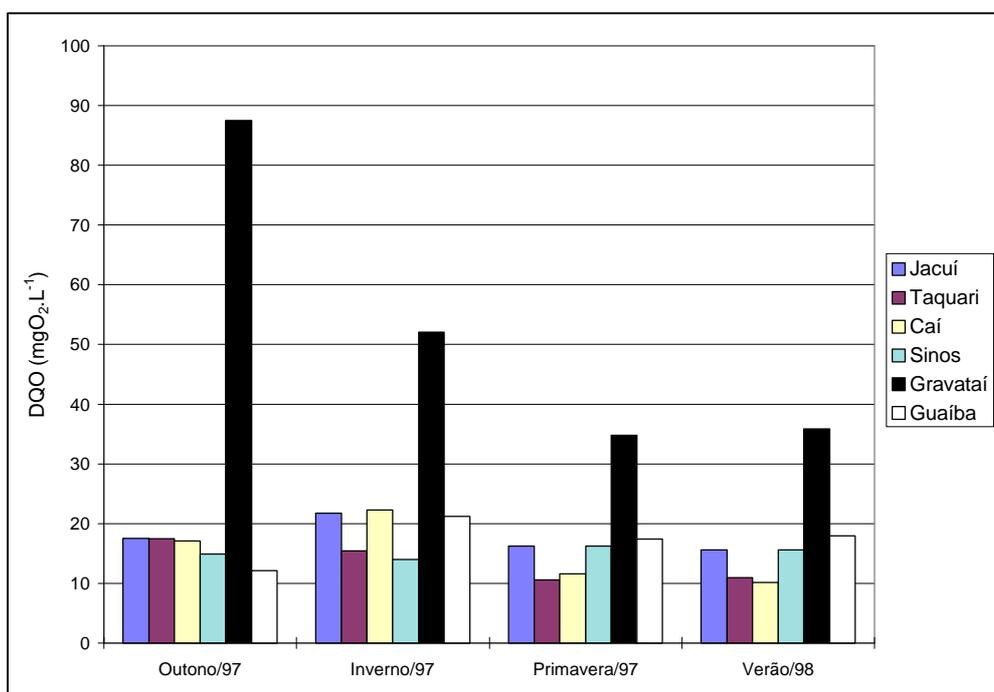


Figura 15: Variação sazonal da demanda química de oxigênio, em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.

Os expressivos valores de DQO, na estação Gravataí, se deram em função da alta concentração de matéria orgânica encontrada nesta estação, principalmente no período do outono, época de estiagem e portanto, de uma baixa precipitação pluviométrica na região estudada. O baixo valor encontrado na estação Caí, no período do verão, se deve, além do aumento da diluição da matéria orgânica, provocado pelo aumento da precipitação neste período, às características desse rio, de ser um dos menos impactados.

A estação Gravataí, registrou em todos os períodos do ano, valores sempre acima de 30 mg.L^{-1} , demonstrando um alto grau de poluição orgânica. De acordo com BRANCO (1991), valores de DQO até 30 mg.L^{-1} , favorecem a biota aquática em ambientes lóticos.

4.2. Condutividade Elétrica e Nutrientes

Compostos de nitrogênio e especialmente de fósforo, são os maiores componentes celulares dos organismos. Entretanto a disponibilidade destes elementos pode ser menor que a demanda biológica; então a fonte ambiental desses compostos pode regular ou limitar a produtividade em ecossistemas aquáticos. Outros elementos como ferro e enxofre são constituintes celulares essenciais, mas são requeridos em uma baixa concentração, em relação à sua disponibilidade em ambientes de água doce. Os cátions mais comuns são o cálcio, o magnésio, o sódio e o potássio, que usualmente são requeridos em pequenas quantidades, mas suas concentrações podem influenciar a osmoregulação nos organismos (WETZEL & LIKENS, 1990).

Dado o alto poder de solubilização da água e a larga distribuição desses elementos na natureza, as águas naturais, em geral, contém carbono e os demais elementos indispensáveis em quantidades suficientes para garantir uma alta produtividade de seres vivos, com exceção dos elementos nitrogênio e fósforo (BRANCO, 1991).

Assim como a alta concentração de matéria orgânica demonstrada pelos elevados valores de DQO, os nutrientes estudados, em geral, apresentaram, também uma alta

concentração no período do outono, em virtude da baixa precipitação pluviométrica registrada em toda a região nesse período, já que não existe uma variação tão significativa na emissão de efluentes residenciais e industriais, nos diferentes períodos do ano.

O fator diluição/vazão é muito importante em rios e está diretamente ligado a precipitação pluviométrica. Além disso, segundo MARGALEF (1983), normalmente no decorrer do ano o fluxo tem correlação direta com a diluição e inversa com a concentração.

4.2.1. Condutividade Elétrica

Por definição, condutividade específica de um eletrólito é o oposto da resistência específica dessa solução, e é expressa em mhos ou $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. A quantidade de corrente elétrica conduzida é proporcional à concentração de íons em solução, sendo que ambos estão relacionados à concentração e ao grau de dissociação de sais (WETZEL & LIKENS, 1990).

Os maiores valores de condutividade foram registrados no outono, sendo que a estação amostral Gravataí apresentou um pico de $334 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Esta estação apresentou valores mais altos que as demais, em todos os períodos do ano observados, exceto na primavera, que foi ultrapassada pela estação Sinos, com $71 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Fig. 16 e Apêndice-Tab. 7). De acordo com GOLTERMAN (1975) *apud* MAIER & TOLENTINO (1988) a diminuição da vazão provoca um aumento, nos teores de íons dominantes (dissolvidos), duas a dez vezes maior que as concentrações registradas nas maiores vazões.

Os valores de condutividade elétrica evidenciam uma alta presença de substâncias inorgânicas nas estações Sinos e Gravataí, visto que as águas naturais das bacias hidrográficas da região apresentam valores bem menores.

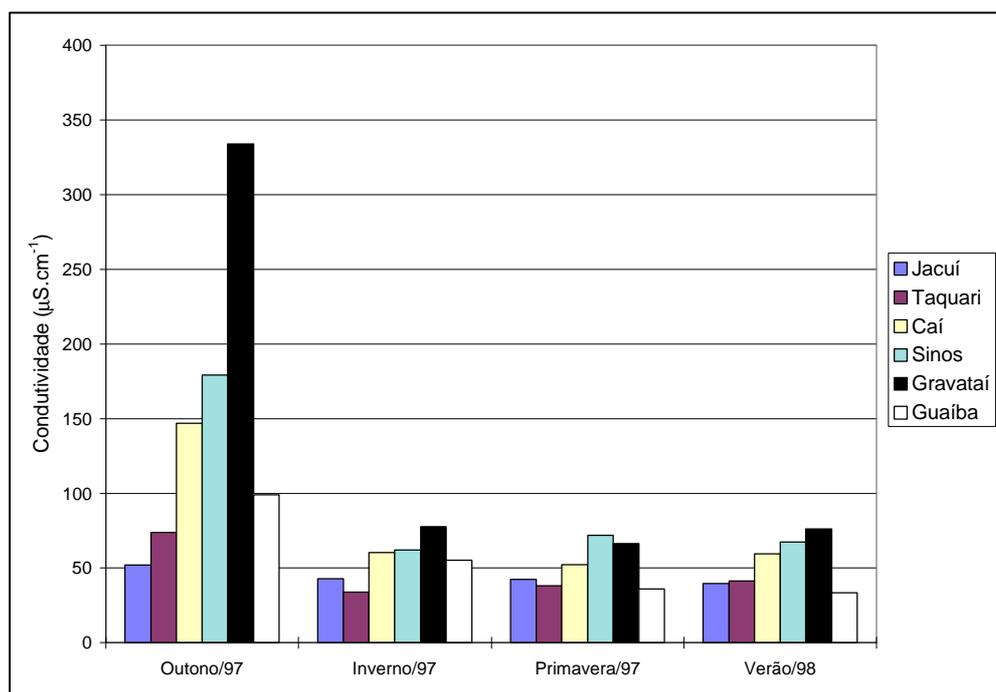


Figura 16: Variação sazonal da condutividade elétrica, em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.

4.2.2. Nitrogênio Total

Os valores mais altos foram registrados, no outono, sendo que ocorreu um grande pico ($13400\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) na estação amostral Gravataí. Os menores valores ocorreram na primavera e no verão. No inverno foram constatados valores intermediários (Fig. 17 e Apêndice- Tab. 8).

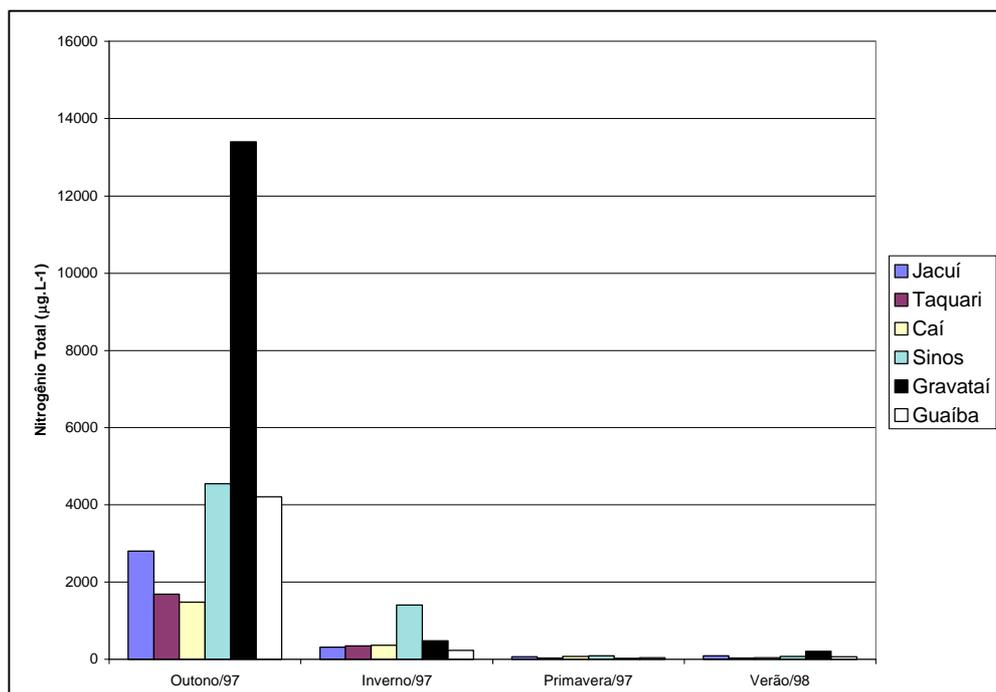


Figura 17: Variação sazonal da concentração de nitrogênio total, em $\mu\text{g.L}^{-1}$, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.

4.2.3. Fósforo Total

Os mais altos valores foram constatados, também no outono, ocorrendo um pico de ($1496\mu\text{g.L}^{-1}$) na estação amostral Gravataí. Os menores valores ocorreram na primavera e no verão. Porém no inverno foram observadas concentrações intermediárias, que assim como o nitrogênio total, estão relacionadas, provavelmente, às alterações causadas no regime hídrico, com uma precipitação menor que a normal para este período (Fig. 18 e Apêndice-Tab. 9).

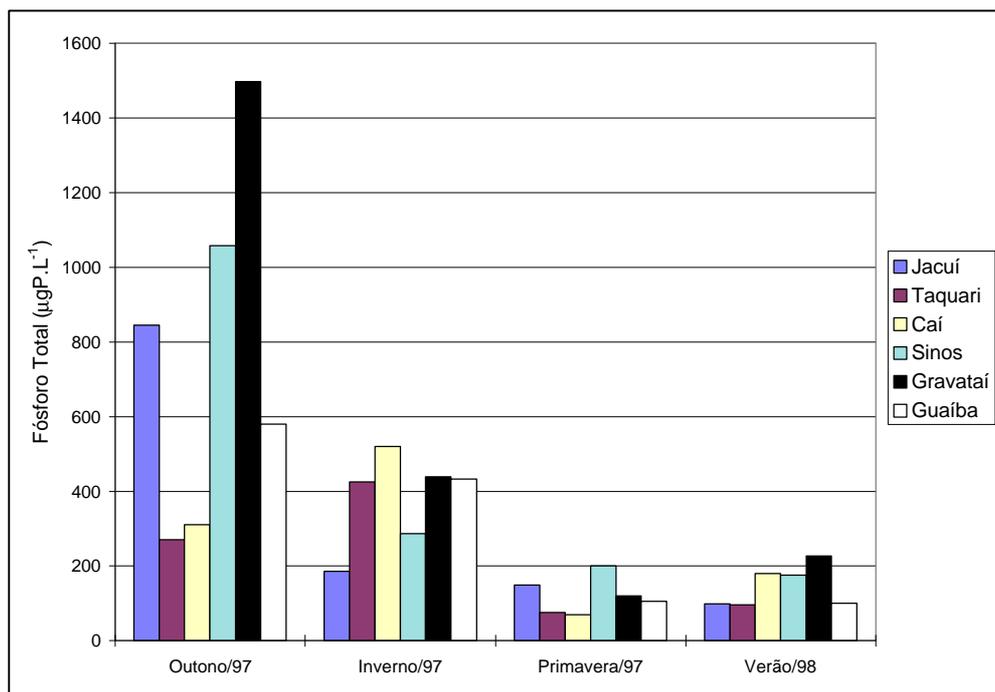


Figura 18: Variação sazonal da concentração de fósforo total, em $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Cai, Sinos, Gravataí e Guaíba.

4.2.4. Razão Nitrogênio, Fósforo

A reutilização natural do nitrogênio e do fósforo nos ecossistemas, leva as suas concentrações na água a refletirem, aproximadamente as concentrações relativas à matéria viva, que estão em uma relação de 14-16 para 1, em massa. Se houver mais nitrogênio, se desnitrifica; se o nitrogênio é insuficiente é fixado a partir das reservas gasosas. Em condições normais os fixadores de nitrogênio estão relegados a uma biomassa mínima, por competição com outros organismos; porém têm vantagem e automaticamente aumentam sua proporção quando houver deficiência de nitrogênio combinado inorgânico. Por esta razão, o desenvolvimento de cianofíceas fixadoras de nitrogênio é característico de sistemas que aparecem desequilibrados por alguma tensão, como os lagos eutróficos (MARGALEF, 1983).

A razão N:P foi maior no outono para todas as estações amostrais, exceto para a Sinos, que apresentou o seu valor mais alto no inverno. Os valores mais inferiores foram

observados na primavera. A maior razão (8,9) se deu na estação Gravataí (Fig. 19 e Apêndice-Tab. 10).

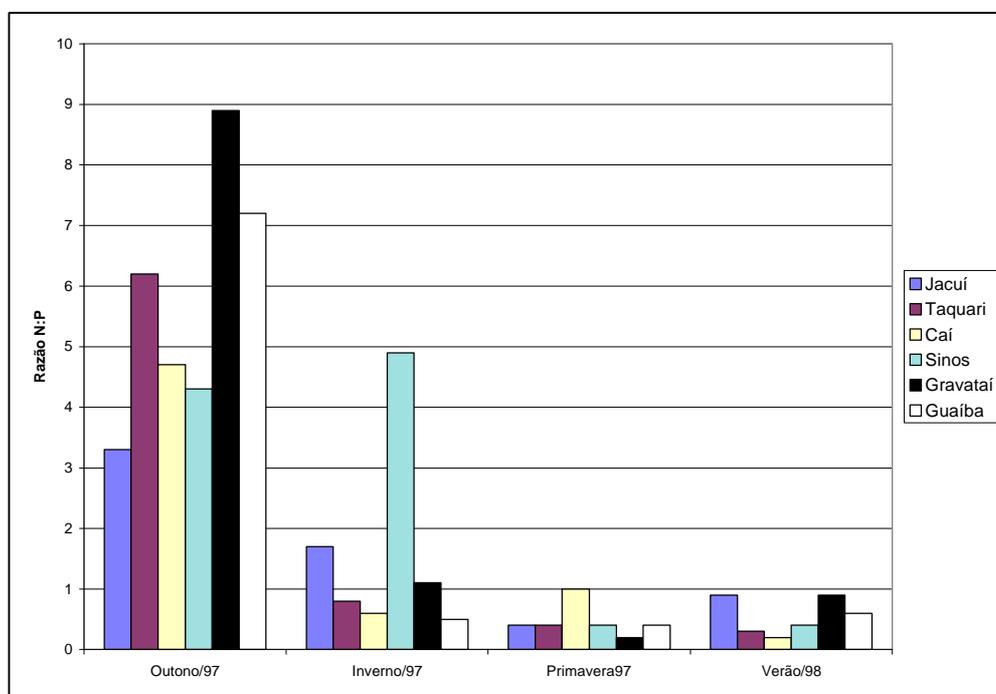


Figura 19: Variação sazonal da razão N:P , nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.

O aumento da razão N:P, na estação Sinos, no período do inverno, ocorreu não em virtude de uma elevação da concentração de nitrogênio total, mas sim, pela concentração deste elemento ter diminuído proporcionalmente menos que a de fósforo total.

Observando-se os resultados da razão N:P, constata-se o nitrogênio, como elemento limitante em todas as estações amostrais, independente do período do ano, chegando a valores críticos como 0,2.

FONSECA (1995) em estudos na Lagoa Emboaba, Rio Grande do Sul, encontrou razões N:P que apresentaram valores desde de 3:1 (na primavera) até 33:1 (no verão), numa dinâmica que colocava um ou outro elemento na condição de limitante. Ainda, de acordo com o mesmo autor, as maiores razões N:P foram registradas na verão e no outono,

enquanto que as menores ocorreram na primavera e no inverno, períodos caracterizados por uma menor precipitação pluviométrica.

4.3. Clorofila-*a*

Medidas de concentração de pigmentos fotossintéticos podem ser usadas para estimar a composição de biomassa das populações de fitoplâncton. A metodologia para aferir pigmentos é relativamente direta e precisa (WETZEL & LIKENS, 1990).

A clorofila-*a*, em geral, apresentou concentrações mais elevadas no período do outono, onde a estação amostral em que se registrou o maior valor foi a Guaíba, com 11,2 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Nos demais períodos do ano, estas concentrações foram menores, no geral, entretanto, apesar do pico de 10,9 $\mu\text{g.L}^{-1}$, na estação amostral Jacuí, no período do verão.

Nas estações Jacuí e Taquari, respectivamente na primavera e no inverno, não se detectou a presença de clorofila-*a* (Fig. 20 e Apêndice-Tab. 11).

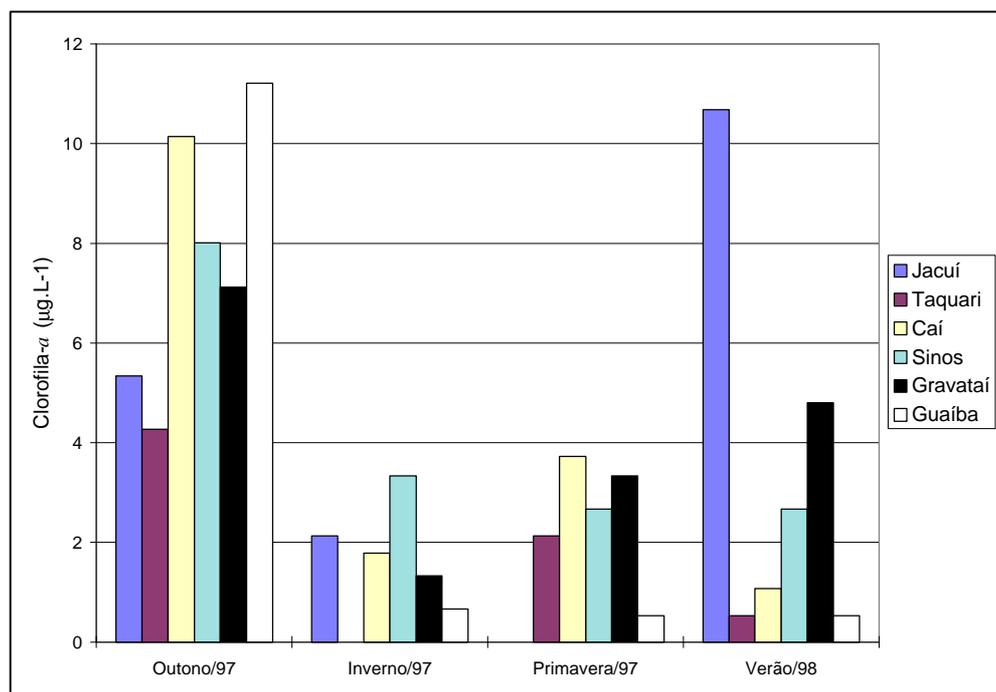


Figura 20: Variação sazonal da concentração clorofila-*a*, em $\mu\text{g.L}^{-1}$, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.

Os valores mais acentuados de clorofila-*a* no período do outono, assim como a sua queda, nos demais períodos, estão relacionados a variação da concentração de nutrientes, sem se deixar de considerar, também o regime hídrico. Porém, é importante ressaltar que de acordo com os resultados da análise estatística, mostrados no item 4.6.2, das nove variáveis estudadas juntamente com a clorofila-*a*, a que apresentou uma maior correlação com esta foi a razão N:P.

Segundo estudos realizados por MATTHIENSEN (1996), no estuário da Laguna dos Patos, a clorofila-*a* teve um padrão anual abaixo de $10 \mu\text{g.L}^{-1}$. No entanto, durante dois períodos estes valores foram superiores: em setembro de 1994 e no verão de 1995. Ainda de acordo com este autor, os menores valores foram encontrados no outono, com média de $2,1 \mu\text{g.L}^{-1}$. Estes resultados apontam uma diferença da dinâmica das comunidades fitoplanctônicas na foz dos principais rios da Bacia do Guaíba e do ponto inicial deste lago (local em que o Guaíba ainda mantém as características de ambiente lótico) em relação à Laguna dos Patos, visto que as maiores concentrações de clorofila-*a* nestas estações amostrais ocorreram exatamente no outono. Isso ressalta novamente a importância da precipitação pluviométrica, relacionada a concentração de fitoplâncton, nos ambientes lóticos.

ABREU (1987) relata que no estuário da Laguna dos Patos, os maiores valores de biomassa são encontrados, geralmente, durante a primavera, com concentrações de clorofila-*a* médias de $7,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ e máximas de $70 \mu\text{g.L}^{-1}$.

BASU & PICK (1996) estudando fatores de regulação de plâncton em rios de ambientes temperados, observaram uma correlação positiva da clorofila-*a* com a concentração de nutrientes (fósforo total), porém não obtiveram correlação deste pigmento com o tempo de residência da água.

4.4. Fatores Biológicos

4.4.1. Aspectos Qualitativos do Fitoplâncton

Em uma situação de equilíbrio ecológico, a vida na água, em geral, se caracteriza por uma maior diversidade de formas vivas, isto é, uma grande variedade de espécies, representadas, cada qual, por um número restrito de indivíduos. Ao contrário, em água eutrofizada, mesmo que moderadamente, observa-se uma espécie de especialização ou seleção de espécies, em que o meio passa a possuir pouca diversidade mas representada por números extraordinários de indivíduos (BRANCO, 1991).

Neste estudo, os maiores números de registro de gêneros de algas planctônicas foram encontrados nos períodos do inverno, no qual se destacou a estação Caí (com 24 gêneros) e verão, com o destaque da estação Sinos, com 27 gêneros. Já os menores registros foram observados nos períodos do outono e primavera, e as estações que apresentaram os menores números de gêneros foram a Gravataí, com 11 gêneros e a Jacuí, com 10 gêneros (Fig. 21 e Apêndice-Tab. 12).

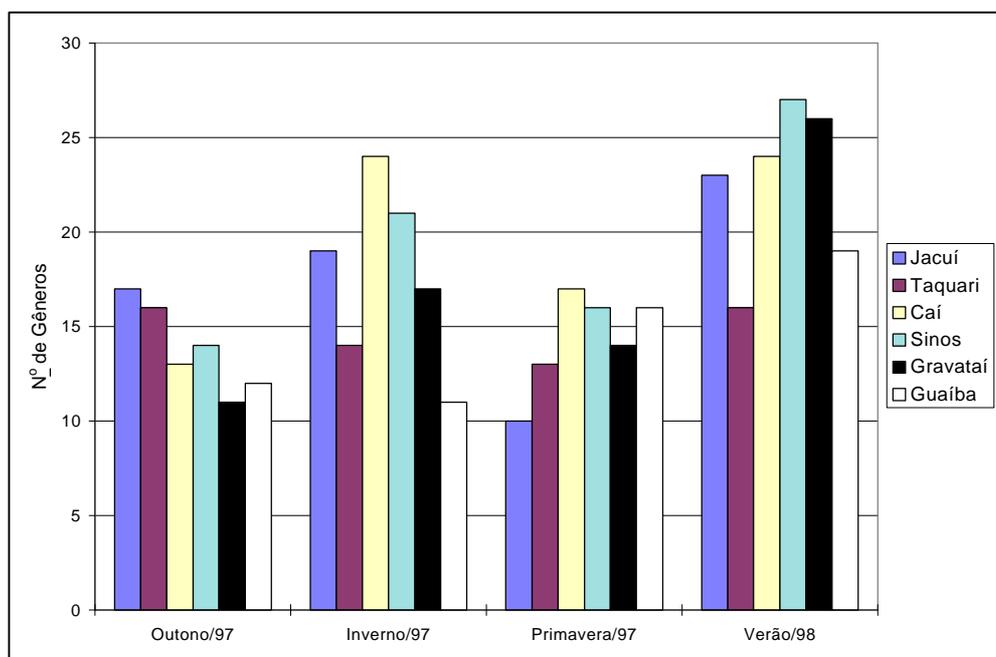


Figura 21: Variação sazonal do número de gêneros fitoplanctônicos, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.

A temperatura não influenciou de uma maneira significativa a variação do número de gêneros nos ambientes estudados, visto que o inverno apresentou um número de gêneros próximo do encontrado no verão, período em que a temperatura da água estava mais elevada.

O aparecimento de um número maior ou menor de gêneros foi regulado pela concentração de nutrientes, tendo em vista que o menor número de gêneros coincidiu com o período mais acentuado de poluição, ocorrendo o contrário nos períodos em que os nutrientes apresentaram uma menor concentração na água.

Relacionando-se as concentrações de clorofila-*a* com a diversidade de algas analisadas, ou seja, o número de gêneros encontrados, observou-se que nos períodos em que esta concentração se dá em maior grau, tem-se também uma diminuição do número de gêneros, indicando que apesar dos valores de clorofila-*a* demonstrarem uma presença maior de fitoplâncton no outono, esta presença se deve a dominância de poucos gêneros.

Quanto à ocorrência dos gêneros em relação às estações amostrais e períodos do ano, pôde-se observar que *Aphanocapsa* esteve presente no outono e verão ou somente no verão, *Asterionella* não ocorreu no outono em nenhuma das estações amostrais, porém esteve presente na primavera, nas estações amostrais Gravataí, Caí, Taquari, Jacuí e Guaíba. *Mallomonas* ocorreu no inverno e verão ou apenas no verão, o gênero *Scenedesmus* ocorreu no outono, em todas as estações amostrais. *Micrasterias*, *Euastrum* e *Desmidiium* ocorreram somente na estação Caí e exclusivamente no período do verão. Os gêneros *Cyclotella*, *Navicula* e *Ankistrodesmus* ocorreram somente na estação Jacuí, principalmente no período do inverno, exceto *Cyclotella*, que também esteve presente no verão. O gênero *Anabaena* foi observado somente nas estações Guaíba, Caí e Jacuí, na primavera, Guaíba no outono e Gravataí no verão. *Dictyosphaerium* e *Actinastrum* ocorreram no Gravataí, no verão, sendo que *Actinastrum* ainda foi observado na estação Caí, no outono.

Os gêneros *Aulacoseira*, *Eudorina* e *Microcystis* (status Ia de *M. aeruginosa*) estiveram presentes em todas as estações amostrais, independentemente dos períodos do ano. Para o restante dos cinquenta e seis gêneros encontrados, não foi possível a observação de nenhuma tendência de distribuição (Tabs. 13 a 18).

4.5. *Microcystis aeruginosa*

Dos nove status coloniais de desenvolvimento do ciclo de vida de *M. aeruginosa*, sugeridos por REYNOLDS *et al.* (1980), foram detectados neste trabalho a presença de apenas dois, os status Ia e Ib, sendo que houve predominância do primeiro, encontrado em todas as estações amostrais, independente dos períodos do ano. As Figuras 22 e 23, ilustram estes dois status.

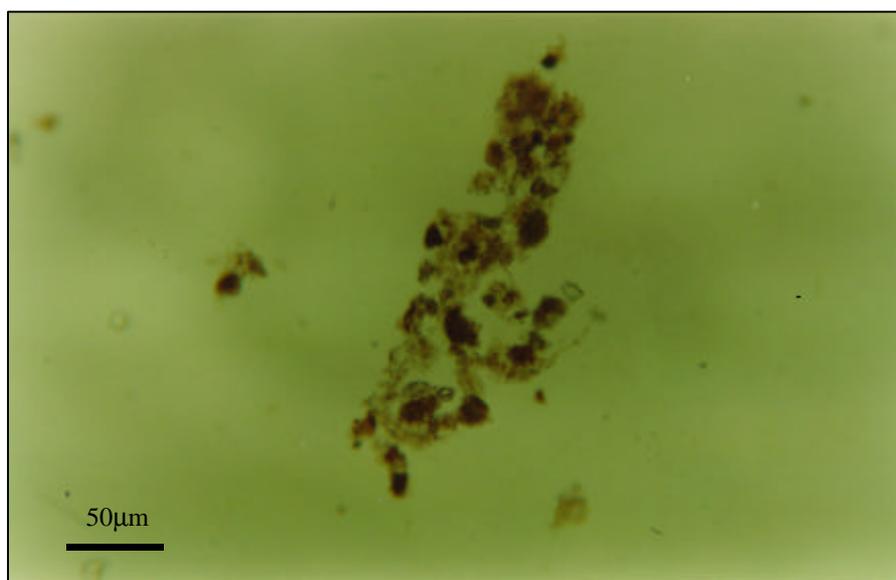


Figura 22: Status Ia de *Microcystis aeruginosa*.



Figura 23: Status Ib de *Microcystis aeruginosa*.

A forma senescente, status Ia, foi registrada em todas as estações amostrais, em todos os períodos estudados, ocorrendo alguns picos como na estação Guaíba (no outono), na estações Sinos e Guaíba (no inverno), na estação Taquari (na primavera) e na Guaíba (no verão), sendo que a maior concentração de colônias por metro cúbico, encontrada foi de 10.686 e a menor 175 (Fig. 24 e Apêndice-Tab.19).

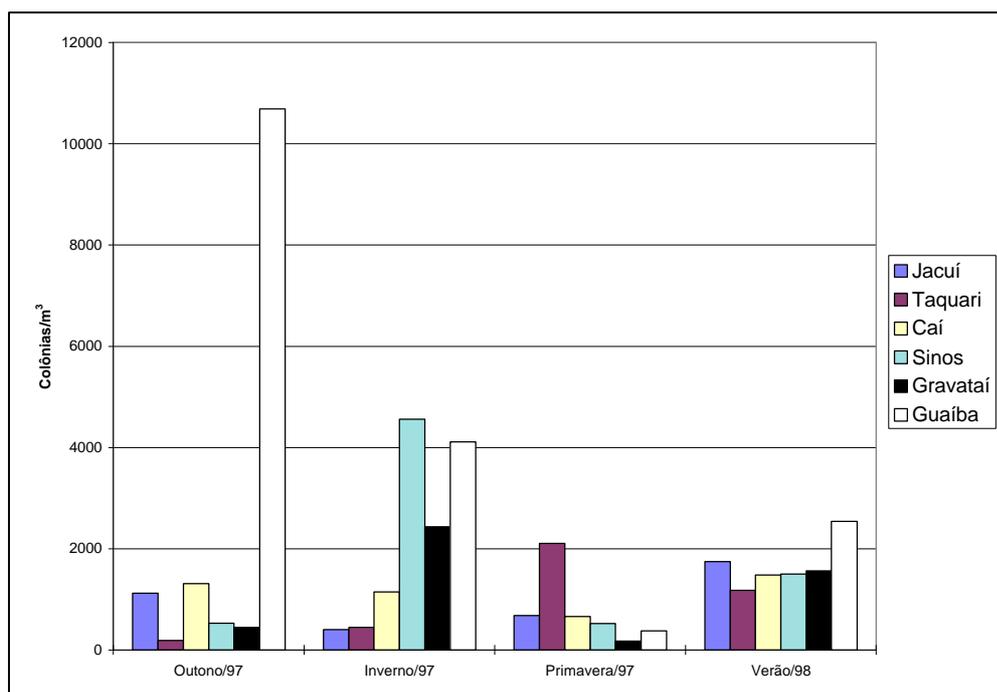


Figura 24: Variação sazonal da concentração de colônias do status Ia de *Microcystis aeruginosa*, em colônias/m³, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.

A presença do status colonial Ib, também senescente, foi registrada nas estações Jacuí, Taquari e Caí, no outono; na estação Guaíba, nos períodos de inverno e primavera e na estação Caí, no verão. Porém, a maior concentração encontrada foi de 3 colônias/m³, na estação Jacuí, no período do outono (Tab. 20).

O registro de colônias, tanto do status Ia como do Ib, e suas concentrações na água não demonstraram relação como a variação das variáveis físicas e químicas nas diversas estações amostrais e períodos do ano estudados. Sendo neste caso, resultantes de um crescimento de outros estágios de seu ciclo vital, a montante. SCHWARZBOLD (com.

pes.) observou uma floração de *M. aeruginosa* no Reservatório de Passo Real (Rio Jacuí) em outubro de 1998. Este crescimento se dá em função de uma menor hidrodinâmica (turbulência) da água e de características físicas e químicas apropriadas e do longo tempo de residência da água no Reservatório.

Para COUTINHO (1982), a baixa ocorrência de colônias na região do canal da Laguna dos Patos, é um resultado da forte hidrodinâmica e da alta turbidez.

Segundo REYNOLDS (1973), a manutenção da população de *M. aeruginosa* em desenvolvimento depende em parte de condições de pouca turbulência e de meios eficientes de controle da sua posição vertical, através de mecanismo de regulação de flutuabilidade.

O registro de apenas status senescentes, nas estações amostrais estudadas, reforça esta tendência, pois tratam-se de ambientes lóticos que exibem características hidrodinâmicas acentuadas, além de uma forte turbidez, principalmente nos períodos de maior precipitação pluviométrica (inverno, primavera e verão). O Guaíba, apesar de ser considerado como um lago (ambiente lêntico), exibe ainda características de ambientes lótico em seu início, situado logo a jusante do Canal dos Navegantes.

THOMAZ *et al.* (1997) constataram, em estudos acerca dos efeitos do represamento do Rio Iguaçu, no Reservatório de Segredo, que os valores de turbidez, fósforo total, condutividade elétrica, ferro e alcalinidade diminuam em direção à região lacustre-intermediária, enquanto as concentrações de oxigênio dissolvido e os valores de pH aumentavam em direção à mesma região. É possível que esse fenômeno também esteja ocorrendo, principalmente nos reservatórios localizados à montante dos cursos d'água estudados, propiciando assim o desenvolvimento de *M. aeruginosa*.

YUNES *et al.* (1998b), em expedição realizada em direção ao norte da Laguna dos Patos registraram a presença de estágios senescentes de *M. Aeruginosa* no Rio Jacuí e Rio dos Sinos, nos quais foram detectadas concentrações de microcistina intracelular de 0,03 $\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ p.s.

De acordo com MATTHIENSEN (1996) a presença de colônias de *M. aeruginosa* na região estuarina da Laguna dos Patos se dá, principalmente, em função de sua fonte de entrada na região norte da Laguna.

Portanto, os locais estudados são apenas ambientes de passagem de status coloniais senescentes de *M.aeruginosa*, já que suas características de ambientes lóticos, assim como as relações de nutrientes encontradas, não permitem o aparecimento de status coloniais de crescimento. A ocorrência dos status coloniais de crescimento, que compõem as florações, se dá novamente quando as águas atingem condições hidrodinâmicas mais estáveis e apresenta ainda, relações de nutrientes mais favoráveis ao crescimento de *M. aeruginosa*, que de acordo com PEARSON (1990) e CARMICHAEL (1994), está numa razão N:P entre 10 e 16 para 1.

4.6. Tratamento Estatístico

4.6.1. Grupos de Estações Amostrais Formados em Função das Variáveis Físicas e Químicas: Análise de Ordenação.

A ordenação das estações amostrais, através de análise de coordenadas principais, feita em função das variáveis físicas e químicas, teve como resultado a formação de dois eixos principais, explicando 45,5% da variação das variáveis. Estes eixos determinaram o posicionamento dos objetos (estações amostrais), formando assim, três grupos distintos. O primeiro contendo todas as estações amostrais nos períodos do inverno, primavera e verão; o segundo com as estações Jacuí, Taquari, Caí, Sinos e Guaíba, no período do outono; o terceiro grupo, formado apenas pela estação Gravataí, no outono, (Figura 25).

Os descritores (variáveis) com coeficiente de correlação mais altos, em relação ao eixo I, foram a razão N:P (-0,91), o fósforo total (-0,82) e o nitrogênio total (-0,81) e em relação ao eixo II foram o oxigênio dissolvido - OD (0,89) e a demanda química de oxigênio - DQO (-0,69).

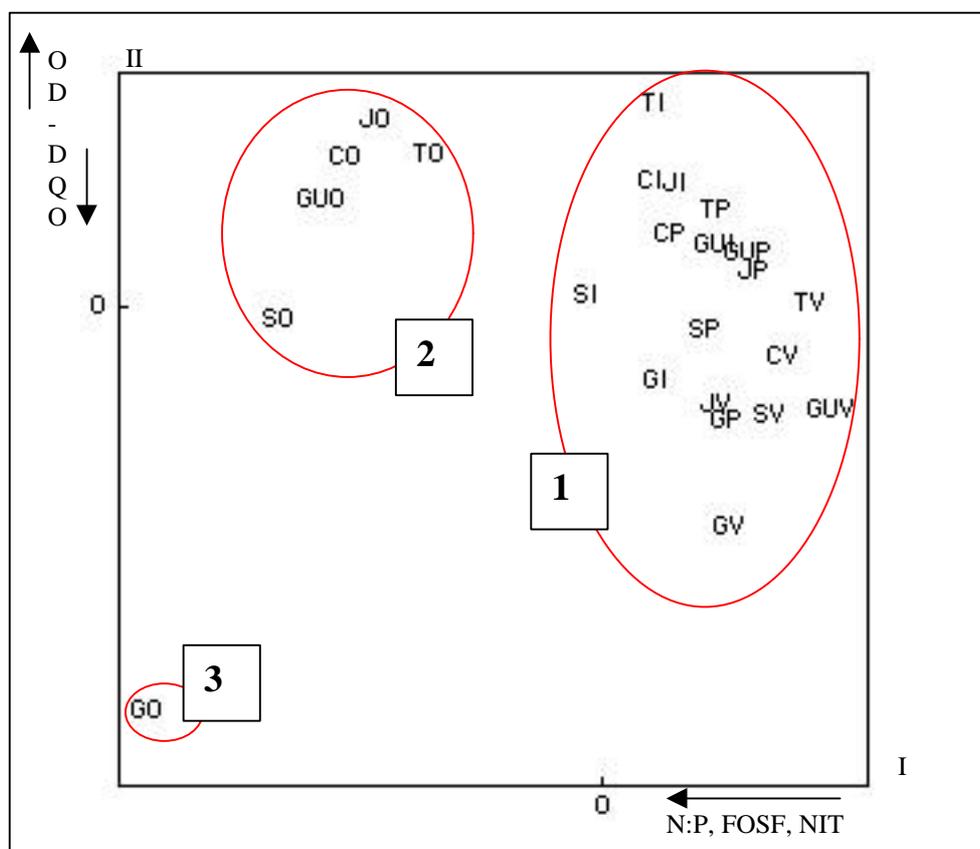


Figura 25: Ordenação através de análise de coordenadas principais, das seis estações amostrais nos diferentes períodos do ano, em função das variáveis físicas e químicas.

Nos três grupos de estações amostrais formados, observou-se um gradiente de concentração de nitrogênio total, fósforo total e da relação entre estes nutrientes (razão N:P), sendo que a concentração de nitrogênio total variou de 20 a $1400\mu\text{g.L}^{-1}$, no primeiro grupo; de 1470 a $4550\mu\text{g.L}^{-1}$, no segundo grupo e no terceiro grupo foi de $13400\mu\text{g.L}^{-1}$. A concentração de fósforo total variou de 75,5 a $520\mu\text{g.L}^{-1}$, no primeiro grupo; de 270 a $1497\mu\text{g.L}^{-1}$, no segundo grupo e no terceiro grupo foi de $1497,2\mu\text{g.L}^{-1}$. A razão nitrogênio/fósforo variou de 0,2 a 4,9, no primeiro grupo; de 3,3 a 7,2, no segundo grupo e no terceiro grupo foi de 8,9.

4.6.2. Correlação da Clorofila-*a* com Variáveis Físicas e Químicas

A variável clorofila-*a*, que representa indiretamente a concentração de fitoplâncton nas estações amostrais, apresentou um índice de correlação de 0,65, com a razão N:P; de 0,50, com a condutividade; de 0,47, com o nitrogênio total; de 0,43, com o pH; de 0,39, com o fósforo total; de 0,17, com a transparência Secchi; de 0,11, com a temperatura da água; de 0,11, com a demanda química de oxigênio (DQO) e de -0,07, com o oxigênio dissolvido. A Figura 26, mostra o posicionamento das dez variáveis físicas e químicas estudadas, de acordo com os dois principais eixos da análise de coordenadas principais - PCO.

As variáveis que demonstraram uma maior tendência ao favorecimento do crescimento do fitoplâncton em geral, foram a razão N:P e a condutividade, visto que apresentaram os dois maiores coeficientes de correlação com a clorofila-*a*.

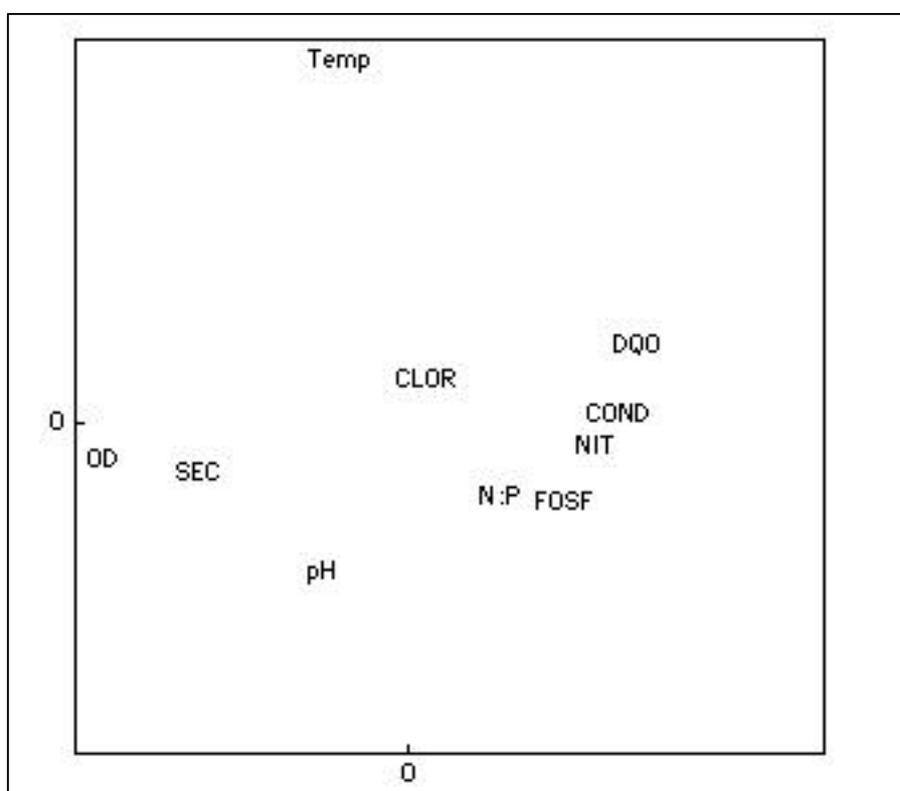


Figura 26: Determinação da correlação da clorofila-*a* com as demais variáveis físicas e químicas estudadas.

4.6.3. Grupos de Estações Amostrais Formados em Função dos Gêneros Fitoplanctônicos: Análise de Agrupamento (Cluster).

A análise de agrupamento das estações amostrais, utilizando-se dados qualitativos de presença/ausência de gêneros como descritores, determinou a formação de três grupos de estações amostrais. O primeiro grupo formado por todas as estações amostrais no período da primavera (exceto a Sinos) e pela estação Jacuí no inverno, o segundo grupo composto pelas estações Gravataí, Sinos, Guaíba, Caí e Taquari, no outono e o terceiro formado pelas estações amostrais em distintos períodos (Figura 27).

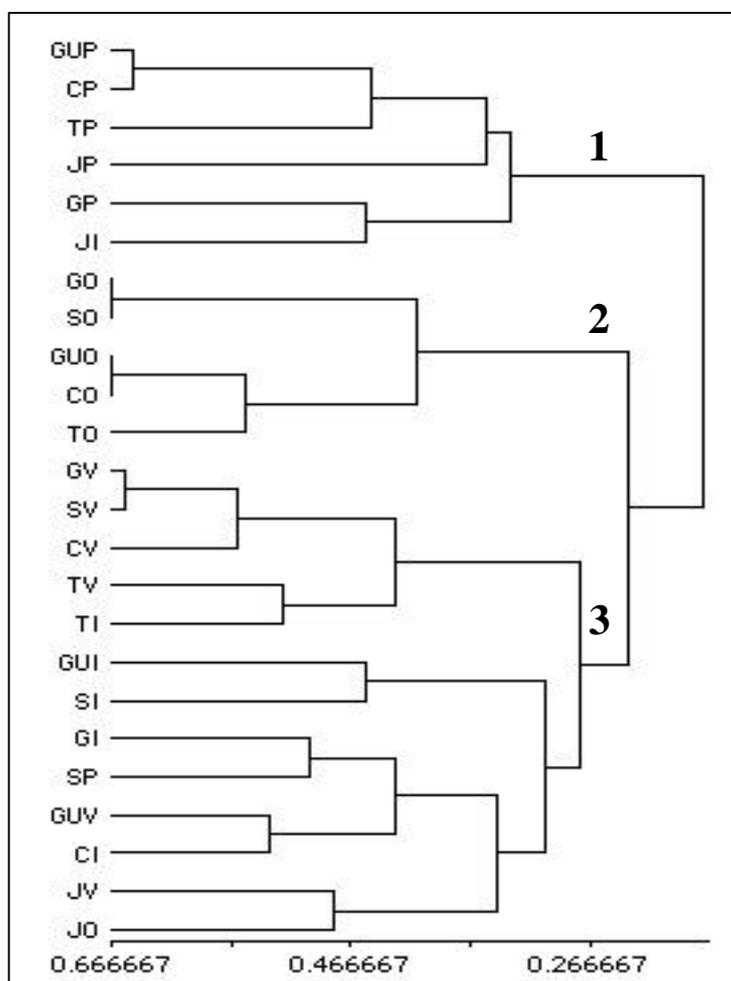


Figura 27: Dendrograma mostrando o agrupamento das seis estações amostrais nos diferentes períodos do ano, em função da presença/ausência de gêneros fitoplanctônicos.

Os grupos 1 e 2 refletem a tendência do agrupamento das estações amostrais mais em função de fatores temporais que de fatores espaciais, ou seja, a distribuição qualitativa dos gêneros tem uma maior tendência a ser a mesma nas diferentes estações amostrais, mudando apenas em função das variações sazonais ocorridas no meio.

Tanto na ordenação, através das variáveis físicas e químicas, quanto no agrupamento, através dos gêneros, foi possível a formação de um grupo contendo as estações amostrais no outono. Sendo este período o de maiores registros de eutrofização, pode-se, assim, observar uma tendência de certos gêneros a aparecerem em períodos com um maior ou menor grau de eutrofização.

Os descritores que determinaram a formação dos três grupos originados a partir da análise de cluster foram praticamente os gêneros *Asterionella* e *Scenedesmus*, visto que o restante dos gêneros identificados, ou apresentaram características intermediárias, sendo registrados em umas estações e períodos do ano e em outras não, ou estiveram presente em todas as estações amostrais independentemente do período do ano, como é o caso de *Aulacoseira*, *Eudorina* e *Microcystis* (status Ia de *M. aeruginosa*).

O gênero *Asterionella* esteve presente no grupo 1, não ocorreu no grupo 2 e foi observado apenas parcialmente no grupo 3, ou seja foi registrado somente nas estações Caí, Taquari, Guaíba, Sinos e Gravataí, no período do inverno, Caí e Guaíba, no verão e Sinos na primavera.

O gênero *Scenedesmus* ocorreu no grupo 2 e não foi registrado no grupo 1; no grupo 3, este gênero ocorreu também em condições intermediárias, sendo registrado somente nas estações Gravataí, Sinos, Taquari, no verão, Sinos, no inverno e Jacuí, no outono.

4.6.4. Testes de Aleatorização

4.6.4.1. Comparação Entre os Quatro Períodos do Ano Estudados, em Função do número de gêneros

As probabilidades de que não existam diferenças entre os períodos do ano estudados (ou que seja resultado do acaso), de acordo com o número de gêneros, são as seguintes: entre o outono e o inverno, 0,079; entre o outono e a primavera, 0,801; entre o outono e o verão, 0,001; entre o inverno e a primavera, 0,111; entre o inverno e o verão, 0,042 e entre a primavera e o verão, 0,003.

Admitindo-se uma probabilidade de erro $\alpha \leq 0,05$, conclui-se que existe diferença significativa entre o outono e o verão, entre o inverno e o verão e entre a primavera e o verão. Porém, ampliando-se um pouco mais a margem de erro para uma probabilidade $\alpha \leq 0,1$, pode-se aceitar que existe diferença significativa, também entre o outono e o inverno.

4.6.4.2. Relação da Ocorrência de Gêneros Fitoplanctônicos com as Variáveis Físicas e Químicas

As probabilidades de que a presença dos gêneros *Asterionella* e *Scenedesmus*, entre classes de descritores (Apêndice-Tabs. 21 a 26), seja resultado do acaso, obtidas através do teste de aleatorização, são as seguintes: com o oxigênio dissolvido, 0,78; com a DQO, 0,54; com o pH, 0,01; com a transparência Secchi, 0,07; com a temperatura da água, 0,17, com a condutividade elétrica, 0,02; com o nitrogênio total, 0,09, com o fósforo total, 0,008 e com a razão N:P, 0,001.

Admitindo-se uma probabilidade de erro $\alpha \leq 0,05$, pode-se concluir que as variáveis pH, condutividade elétrica, fósforo total e a razão N:P estão associadas a ocorrência dos gêneros *Asterionella* e *Scenedesmus*, estando o primeiro gênero relacionado a condições de pH entre 6,0 e 6,9; de condutividade elétrica entre 32 e 78 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; de fósforo total entre 70 e 520 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ e razão N:P entre 0,2 e 4,9. O segundo gênero

relacionou-se mais às condições de pH entre 6,2 e 7,8; de condutividade elétrica entre 40 e 334 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; de fósforo total entre 95 e 1496 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ e razão N:P entre 0,3 e 8,9.

De acordo com os resultados dos dados analisados pode-se afirmar, então que nos ambientes estudados o gênero *Scenedesmus* tende a ocorrer em ambientes com graus de eutrofização mais elevados. Enquanto que o gênero *Asterionella* é mais sensível à poluição, estando presente em ambientes com graus menores de eutrofização.

CEBALLOS *et al.* (1998), estudando algas como bioindicadores de nível trófico de ecossistemas lênticos, também concluíram que o gênero *Scenedesmus* tem maior frequência em ambientes eutróficos.

Segundo MARGALEF (1983), o gênero *Asterionella* é um bom indicador ecológico. Sendo considerado como próprio de baixas concentrações de fosfato (menos de 0,6 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). Por outro lado, o gênero *Scenedesmus* é muito comum principalmente em águas eutróficas e a concentração ideal de fosfato para o seu crescimento é de 18 a 33 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. Isso reforça as tendências observadas, apesar das concentrações consideradas como propícias para o crescimento dos referidos gêneros serem de fosfato e não de fósforo total, expressas no atual trabalho.

4.6.4.3. Relação da Abundância de *M. aeruginosa* com as Variáveis Físicas e Químicas

As probabilidades de que as diferenças de abundância de *M. aeruginosa*, entre as classes de descritores ambientais, seja resultado do acaso, obtidas através do teste de aleatorização, são as seguintes: com o oxigênio dissolvido, 0,85; com a DQO, 0,57; com a clorofila-*a*, 0,16; com o pH, 0,10; com a transparência Secchi, 0,21; com a temperatura da água, 0,93; com a condutividade elétrica, 0,44; com o nitrogênio total, 0,37; com o fósforo total, 0,90 e com a razão N:P, 0,24.

Admitindo-se uma probabilidade de erro $\alpha \leq 0,05$, pode-se concluir que não existe associação entre as variáveis físicas e químicas avaliadas e a abundância de colônias dos status de *M. aeruginosa*, nas estações amostrais estudadas.

5. CONCLUSÕES

A temperatura da água oscilou dentro do esperado, com valores menores no inverno e maiores no verão. A variação da temperatura entre 16,4 e 27,4 °C, caracterizou os ambientes estudados como sendo tipicamente subtropicais.

As medidas de transparência de Secchi da água constataram baixa penetração da luz em todas as estações amostrais, sendo que no outono foram registrados os maiores valores de transparência, exceto para a estação Gravataí, devido a alta concentração de material orgânico dissolvido e em suspensão. Em geral, a primavera apresentou os menores valores de transparência da água, devido ao aumento anormal da precipitação pluviométrica pelo fenômeno *El Niño*, provocando elevada turbidez pelo arrasto de material para os cursos d'água.

Os maiores valores de pH foram registrados no outono e os menores, no verão. Esta diminuição dos valores de pH, no verão, ocorreu em decorrência de uma maior lixiviação do solo na área de drenagem da bacia, ocorrida em função de uma precipitação pluviométrica mais elevada neste período.

Em geral, os maiores valores de oxigênio dissolvido foram registrados na estação Taquari, enquanto que os menores ocorreram na Gravataí, chegando a apresentar característica totalmente anóxica no outono. O que se deve ao elevado grau de eutrofização desse ambiente.

Os valores de Demanda Química de Oxigênio (DQO) observados estiveram sempre abaixo de 30 mg O₂.L⁻¹, com exceção da estação amostral Gravataí, que em todos os períodos apresentou valores sempre acima deste limite, com um grande pico no outono e uma redução (na primavera), porém não o suficiente para se aproximar das demais estações amostrais. Tanto a elevação, como a diminuição dos valores de DQO, na estação Gravataí, demonstraram estar relacionados à variação da precipitação pluviométrica.

A condutividade elétrica foi mais alta no período de estiagem (outono), chegando a um grande pico na estação Gravataí. Nos demais períodos do ano foram observados valores relativamente estáveis.

Assim como a alta concentração de matéria orgânica demonstrada pelos elevados valores de DQO, os nutrientes estudados, em geral, apresentaram altas concentrações no outono, com grandes picos, tanto de nitrogênio total como de fósforo total. Isso aconteceu em virtude da baixa precipitação pluviométrica registrada neste período, já que não existe uma variação tão significativa na emissão de efluentes residenciais e industriais, nos diferentes períodos do ano.

A razão N:P variou de baixa a extremamente baixa em todas as estações amostrais, com uma sensível, mas não suficiente melhora no período do outono. Isto se deve, principalmente, às altas concentrações de fósforo total encontradas e não à escassez de nitrogênio total na água.

A clorofila-*a* apresentou correlações positivas, e mais significativas, com a razão N:P e a condutividade elétrica, sendo o outono o período em que foram registradas, em geral, as suas maiores concentrações, evidenciando assim a diferença entre as dinâmicas das comunidades fitoplanctônicas na foz dos principais rios da Bacia do Guaíba e do ponto inicial deste lago em relação à Laguna dos Patos, visto que nesta laguna os maiores registros de concentração de clorofila são citados para a primavera.

O maior número de gêneros, registrados no inverno e no verão, estão relacionados a graus de eutrofização menores nestes períodos, visto que no outono, quando as concentrações de nutrientes foram mais elevadas, se constatou uma redução do número de gêneros, porém com uma abundância maior de indivíduos, caracterizando com isso, o efeito da eutrofização sobre a diversidade (riqueza) do fitoplâncton.

Os estágios de *Microcystis aeruginosa* encontrados não demonstraram correlação com nenhuma das variáveis físicas e químicas estudadas. Porém o registro de apenas formas senescentes (status Ia e Ib) se deveu a condições não propícias para o crescimento desta Cianobactéria nas estações amostrais estudadas, principalmente, à baixa razão N:P e à alta hidrodinâmica ou turbulência, característica destes ambientes lóticos. As colônias encontradas são, portanto, resultado de crescimento em regiões a montante das estações

amostrais, onde ocorrem, possivelmente condições propícias para tal desenvolvimento, sobre tudo em reservatórios.

Tanto a análise de coordenadas principais (PCO), com utilização das variáveis físicas e químicas, quanto a análise de agrupamento (Cluster) feita em função da presença/ausência de gêneros fitoplanctônicos, agruparam as estações amostrais mais em função do tempo, do que do espaço, sendo que no outono as estações amostrais tenderam a formar um só grupo, se separando das demais estações amostrais em outros períodos do ano. Isto aponta para uma relação da presença dos gêneros com o grau de eutrofização ocorrido em função da sazonalidade.

Conclui-se, ainda, que o gênero *Scenedesmus* tende a ocorrer em ambientes com graus de eutrofização mais elevados. Enquanto o gênero *Asterionella* é mais sensível à poluição, estando presente em ambientes com graus menores de eutrofização.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, P.C.O.V. **Variação Temporais de Biomassa Fitoplanctônica (Clorofila-*a*) e Relações com Fatores Abióticos no Canal de Acesso ao Estuário da Lagoa dos Patos (RS-Brasil)**. Rio Grande: FURG, 1987. 107p. (Mestrado em Oceanografia Biológica) Universidade do Rio Grande . Dissertação de Mestrado, Universidade do Rio Grande, 1987.
- ALAM, M.; IKAMA, M.; SASNER, J.J.Jr.; SAWYER, P.J. Purification of *Aphanizomenon flos-aquae* toxin and its chemical and physiological properties. **Toxicon**, v. 1, n. 11, p. 65-72, 1973.
- ALVES-DA-SILVA, S.M.; LAITANO, C.S. Euglenaceae pigmentadas do Banhado do Jacaré, em um Parque de Proteção Ambiental, Triunfo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica, n. 45, p. 89-116, 1994.
- APHA. **Standard methods for the examination of water and waste water**. 16 Ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, American water works Association and water pollution Control Federation, 1985.
- AZEVEDO, S.M.F.O., EVANS, W.R., CARMICHAEL, W.W.; NAMIKOSHI, M. First report of microcystins from a brasilian isolate of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. **J.Appl. Phycol.**, Belgium, v.6, p.261-265. 1994.
- BARBOSA, F.A.R.; SCHWARZBOLD, A.; SPERLING, E. V.; BICUDO, F.A.R. Programa brasileiro para a conservação e manejo de águas interiores (sínteses das discussões): eutrofização, biodiversidade e recuperação de ambientes degradados. **Acta Limnologica Brasileira**, v. V, p. 211-216, 1994.
- BASU, B. K.; PICK, F.R. Factors regulating phytoplankton and zooplankton biomass in temperate rivers. **Limnology and Oceanography**. v. 41, n. 7, p. 1572-1577, 1996.
- BRANCO, C.W.C.; SENNA, P.A.C. Factors influencing the development of *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Microcystis aeruginosa* in the Paranoá Reservoir, Brasília, Brazil. **Algol. Stud.**, Stuttgart, v. 75, p. 85-96, 1994.

- BRANCO, S.M. Algas tóxicas – Controle das toxinas em águas de abastecimento. **D.A.E. SABESP**, São Paulo, v. 35, p. 1-7, 1959.
- CALLEGARO, V.L.M.; SILVA, K.R.L.M.; SALOMONI, S.E. Flórua diatomológica de ambientes lênticos e lóticos do Parque Florestal Estadual do Turvo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica, n. 43, p. 89-136, 1993.
- CARMICHAEL, W.W. Toxins of freshwater algae. In: **Handbook of natural toxins**. vol. 3. Marine toxins and venoms. New York: Marcel Dekker. Inc, 1988. 147 p.
- CARMICHAEL, W.W. The toxins of Cyanobacteria. **Sci. Amer.**, v. 1, n. 270, 1994.
- CEBALLOS, B.S.O.; DINIZ, C.R.; KÖNIG, ANNEMARIE. Algas como bioindicadores do nível trófico de ecossistemas lênticos do semi-árido paraibano. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 137-145, 1998.
- COUTINHO, R. **Taxonomia, Distribuição, Crescimento Sazonal, Reprodução e Biomassa das Algas Bentônicas no Estuário da Lagoa dos Patos (RS)**. Rio Grande: FURG, 1982. 232p.. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica), Universidade do Rio Grande, 1982.
- DOS SANTOS, A.C.A.; CALIJURI, M.C. Survival strategies of some species of the phytoplankton community in the Barra Bonita Reservoir (Sao Paulo, Brazil). **Hydrobiologia**, v. 367, p. 139-152, 1998.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2 Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. v. 3, 602 p.
- FONSECA, O. J. M. Aspectos físicos e químicos da Lagoa Emboaba. **Boletim do Instituto de Biociências**. n. 54, p. 9-45, 1995.
- FRAZIER, K.; COLVIN, B.; STYER, E.; HULLINGER, G.; GARCIA, R. Microcystin toxicosis in cattle due to overgrowth of blue-green algae. **Veterinary and Human Toxicology**, v. 40, n. 1, p. 23-24, 1998.
- GARCIA-BATISTA, M. Floração de Scenedesmus Meyen sobre a areia litoral da Lagoa Camboim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica, n. 45, p. 21-27. 1994.
- GEITLER, L. **Die Süßwasser-flora Deutschalands, Österreichs und der Schweiz: cyanophyceae**. Jena: Verlag Von Gustav Fischer, 1925. 480p.
- GERMAIN, H. **Flore des Diatomées (Diatomophycées)**. Paris: Société Nouvelle des Editions Boubé, 1981.

- GOLTERMAN, H.L.; CLIMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. **Methods for physical and chemical analysis of fresh water**. Oxford. Blackwell Scientific Publications, 1978. 213p. (I.B.P. Handbook, 8).
- HARADA, K.; TSUJI, K. Persistence and decomposition of hepatotoxic microcystins produced by cyanobacteria in natural environment. **Journal of Toxicology-toxin reviews**, v. 17, n. 3, p. 385-403, 1998.
- HAVENS, K.E.; PHILIPS, E.J.; CICHRA, M.F.; LI, B.L. Light availability as a possible regulator of cyanobacteria species composition in a shallow subtropical lake. **Freshwater Biology**, v. 39, n. 3, p. 547-556, 1998.
- HENRY, R. A exportação de nutrientes e material em suspensão em alguns cursos de água da Bacia do Alto Paranapanema (Estado de São Paulo). **Acta Limnologia Brasileira**, v. IV, p. 67-79, 1992.
- HUBER – PESTALOZZI. **Das Phytoplankton des Sübwassers: Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung: Chlorococcales**. Stuttgart: E.schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung; Die Binnengewässer, 1983. 1044p.
- HUBER-PESTALOZZI, G. **Das phytoplankton des sübwasser – systematik und biologie (Diatomeen)**. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1962. 549p.
- JATI, S.; TRAIN, S. Euglenaceae pigmentadas de ambientes lênticos da Ilha Porto Rico, Município de Porto Rico, Paraná, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica, n. 45, p. 117-142, 1994.
- JOLY, A.B. **Gêneros de algas de água doce da cidade de São Paulo e arredores**. São Paulo: Instituto de Botânica, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 1963. 186p.
- KIRK, JOHN T. O. **Light and photosynthesis in aquatic ecosystems**. Canberra: Cambridge University Press, 1986. 399 p.
- KORNEVA, L.G.; SOLOVYAVA, V.V. Spatial organization of phytoplankton in reservoirs of the Volga River. **International Review of Hydrobiology**, v. 83, p. 163-166, 1998.
- LEITE-SANT'ANNA, C. **Chlorococcales (chlorophyceae) do Estado de São Paulo**, Berlin: Bibliotheca Phycologica, 1984. 348p.
- LOBO, E.A. Diatomáceas epilíticas na bioindicação e no monitoramento da qualidade da água de rios. Anais do IV Congresso Latino-americano de Ficologia. São Paulo: **Sociedade Ficológica da América Latina e Caribe**, v. I, p. 279-293, 1998.

- MAIER, M.H.; TOLENTINO, M. Aspectos climáticos e limnológicos da Bacia do Rio Jacaré Pepira, São Paulo, Brasil. **Acta Limnológica Brasileira**, v. II, p. 261-300, 1988.
- MANLY, B.F.J. **Randomization and monte carlo methods in biology**. 1 Ed. London: Chapman and Hall, 1991. 281p.
- MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Editorial Omega, 1983. 1009 p.
- MARTINELLI, L.A.; FERREIRA, J.R.; VICTÓRIA, R.L.; MORTATTI, J.; FORSBERG, B.R.; BONASSI, J.A.; OLIVEIRA, E.; TANCREDI, A.C. Fluxo de nutrientes em alguns rios do Estado de Rondônia, Bacia do Rio Madeira. **Acta Limnológica Brasileira**, v. II, p. 911-930, 1988.
- MATTHIENSEN, A. **Ocorrência, Distribuição e Toxicidade de *Microcystis aeruginosa* (Kutz. Emend. Elenkin) no Estuário da Lagoa dos Patos**. Rio Grande: FURG, 1996. 107p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica), Universidade do Rio Grande, 1996.
- MATTHIENSEN, A.; YUNES, J.S.; CODD, G.A. Ocorrência Distribuição e toxicidade de *Microcystis aeruginosa* no estuário da Lagoa dos Patos. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 2, p.1-55, 1999.
- MINEEVA, N.M.; LITVINOV, A.S. Phytoplankton development and hydrological conditions in two large reservoirs (Volga River system). **International Review of Hydrobiology**, v. 83, p. 179-182, 1998.
- MOORE, R.E. Toxins from-green. **Bioscience**, Arlington, v. 27, n. 12, p. 797-802, 1977.
- MORO, R.S.; GARCIA,E.; OLIVEIRA JR.; H.F. Diatomáceas (Bacillariophyceae) da Represa Alagados, Ponta Grossa, Paraná, Brasil; (exclusive cêntricas). **Iheringia**, Série Botânica n.45, p. 5-19, 1994.
- NOGUEIRA, N.M.C. **Dinâmica Populacional de *Microcystis aeruginosa* Kützing (Cyanophyceae/Cyanobacteria) ao longo de um ano no Lago das Garças, São Paulo, SP, Brasil**. Rio Claro: UNESP,1997. 109p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Área de Biologia Vegetal). Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1997.
- ODEBRECHT, C., SEELIGER, U., COUTINHO, R.; TORGAN, L.C. Florações de *Microcystis* (cianobactérias) na Lagoa dos Patos, RS. In: Simpósio sobre ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira: síntese dos conhecimentos. Cananéia. 1987. p. 280-287.
- OKINO, T. Studies on the blooming of *Microcystis aeruginosa* Sc. Coun. Japan, Tokyo, v. 20, n. 6, p.381-402, 1973.

- OLIVEIRA, M. A.; SCHWARZBOLD, A. Influência de fatores abióticos sobre a estrutura da comunidade perifítica de limnotopos da Bacia do Arroio Sampaio, Mato Leitão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**. Série Botânica, Porto Alegre, v. 51, n. 1, p. 39-61, 1998.
- ORR, P.T.; JONES, G.J. Relationship between microcystin production and cell division rates in nitrogen-limited *Microcystis aeruginosa* cultures. **Limnology and oceanography**, v. 43, n. 7, p. 1604-1614, 1998.
- PAERL, H.W. Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine and inland waters. **Limnology and Oceanography**, v. 33, n. 4, p. 823-847, 1988.
- PAKA, N.S.; RAO, A.N. Ecological studies of two lentic water bodies with reference to Cyanobacteria. **Journal of Environmental Biology**, v. 18, n. 3, p. 233-244, 1997.
- PARK, H.D.; IWAMI, C.; WATANABE, M.F.; HARADA, K.; OKINO, T.; HAYASHI, H. Temporal variabilities of the concentrations of intra- and extracellular microcystin and toxic microcystis species in a hypertrophic lake. **Lake Suwa**, Japan, v. 13, n. 1, p. 61-72, 1998.
- PARRA, O.O., UGARTE, E., MORA, S., LIBERMAN, M., ARON, A.; BALABANOFF, L. Remarks on a bloom of *Microcystis aeruginosa* Kuting. **Nova Hedwigia**, Weinheim, p. 971-1004, 1980.
- PARRA, O.O.; GONZALEZ, M. & DELLAROSSA, V. **Manual Taxonomico del fitoplancton de aguas continentales, con especial referencia al fitoplancton de Chile – Chlorophyceae**. Concepcion: Universidade de Concepcion, 1983. 151p.
- PEARSON, M.J. Toxic Blue-green Algae. **Report of the National River Authority: Water Quality Series 2**, United Kingdom, Rushden, Northonds, Stanley L, (1990).
- PIELOU, E.C. **The interpretation of ecological data (A primer on classification and ordination)**. New York: Wiley-Interscience. 1984. 263p.
- PILLAR, V. D. **Multiv, software para análise multivariada e testes de aleatorização**. Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 1998. (Disponível em www.ecologia.ufrgs.br/~vpillar).
- PODANI, J. **Multivariate data analysis in ecology and systematics**. Hague: SPB Academic Publishing bv. 1994. 316p.
- PORTO, M. F. A., BRANCO, S. M. & LUCA, S. J. Caracterização da qualidade da água. In: BRANCO, S. M. **Hidrobiologia ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. 411 p.

- PROENÇA, L.A.O. **Ciclo anual da produção primária, biomassa do fitoplâncton e carbono orgânico particulado em área rasa da porção sul da Lagoa dos Patos.** Rio Grande : FURG, 1990. 81p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica), Universidade do Rio Grande, 1990.
- PUSCHNER B.; GALEY, F.D.; JOHNSON, B.; DICKIE, C.W.; WONDY, M.; FRANCIS, T.; HOLSTEGE, D.M. Blue-green algae toxicosis in cattle. **Jornal of the American Veterinary Medical Association**, v. 213, n. 11, p. 1605-, 1998.
- RAUBER, T.; LUCHESE, E.B.; LENZI, E.; OLIVEIRA, M.A.; PALÁCIO, S.M. Níveis de concentração dos macronutrientes N, P e K, que aportam nos Rios Paraná e Baía, na região de Porto Rico – PR. **Acta Limnologica Brasileira**, v. IV, p. 239-245, 1992.
- REYNOLDS, C.S. Growth and buoyancy of *Microcystis aeruginosa* Kütz emend Elenkin in a shallow eutrophic lake. **Proc. R. Soc. Lond. B.**, Great Britain, v. 184, p. 29-50, 1973.
- REYNOLDS, C.S., JAWORSKI, G.H.M., CMIECH, H.A. & LEEDALE, G.F. On the annual cycle of the blue-green alga *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend Elenkin. **Phil. Trans. R. Soc. London**, v. 293, p. 419-477, 1980.
- ROLLA, M.E.; DABÉS, M.B.G.S.; FRANÇA, R.C.; FERREIRA, E.M.V.M. Inventário limnológico do Rio Grande na área de influência da futura Usina Hidrelétrica (UHE) de Igarapava. **Acta Limnologica Brasileira**, v. IV, p. 139-162, 1992.
- ROSA, Z.M.; WERNER, V.R. Diatomáceas da Lagoa de Tramandai e da Lagoa do Armazém, no Rio Grande do Sul, Brasil: II - Gêneros *Gyrosima* Hassal, *Pleurosigma* W. Smith e *Mastogloia* Twaites. **Iheringia**, Série Botânica, n. 43, p. 67-87, 1993.
- ROSA, Z.M.; WERNER, V.R.; DACROCE, L. Diatomáceas da Lagoa de Tramandai e da Lagoa do Armazém, Rio Grande do Sul: III - Ordem Centrales. **Iheringia**, Série Botânica, n. 45, p. 29-55, 1994.
- SBIYYAA, B.; LOUDIKI, M.; OUDRA, B. Nitrogen and phosphorus intracellular capacity in storage by *Microcystis aeruginosa* Kutz. And *Synechocystis* sp.: toxic cyanobacteria occasionally forming blooms in Marrakesch area (Marocco). **Annales de Limnologie-International Journal of Limnology**, v. 34, n.3, p. 247-257, 1998.
- SCHWARZBOLD, A. Comunicação pessoal. Porto Alegre (RS), 1998.
- SECRETARIA DA COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Executiva do Pró-Guaíba. **Baía de todas as águas: preservação e gerenciamento ambiental na Bacia Hidrográfica do Guaíba**, org. por Luiz Corrêa Noronha. Porto Alegre: Secretaria Executiva do Pró-Guaíba, 1998. 112p.

- SKULBERG, O.M.; CARMICHAEL, W.W.; CODD, G.A.; SKULBERG, R. Taxonomy of Toxic Cyanophyceae (Cyanobacteria). **Algal Toxins in Seafood and Drinking Water**. Chapter 9, Academic Press Ltda. 1993.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry**. 2 Ed. San Francisco: Freeman and Company, 1981. 859p.
- STANIER, R.Y. The origins of photosynthesis in eukaryotes. **Soc. Gen. Microbil.**, v. 24, p.219-240, 1974.
- TALAMONI, J.L.B. **Estudo de alguns aspectos da fisiologia e do metabolismo de *Microcystis aeruginosa* Kütz. Emend. Elenkin (cyanophyceae) em meio definido**. São Carlos: UFSCar, 1988. 109p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Federal de São Carlos, 1988.
- THEBAULT, J.M.; QOTBI, A. A model of phytoplankton development in the lot river (France). Simulations of scenarios. **Water Research**, v. 33, n. 4, p. 1065-1079, 1999.
- THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; ALBERTI, S. M. Limnologia do reservatório de Segredo: padrões de variação espacial e temporal. In: AGOSTINHO, A. A. & GOMES, L. C. **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: EDUEM, 1997. 387p.
- THOMAZ, S.M.; ROBERTO, M.C.; LANSAC TOHA, F.A.; LIMA, A.F.; ESTEVES, F.A. Características limnológicas de uma estação de amostragem do Alto Rio Paraná e outra do Baixo Rio Ivinheima – (PR, MS – Brasil). **Acta Limnologica Brasileira**, v. IV, p. 32-51, 1992.
- TORGAN, L.C. Florações de algas: composição, causas e conseqüências. **Ínsula**, Florianópolis, v. 19, p 15-34, 1989.
- TORGAN, L.C. Estudo Taxonômico das Diatomáceas (Bacillariophyceae) da Represa de Águas Belas, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica, n. 33, p. 17-104, 1985.
- TOWNSEN, S.A.; LUONG-VAN, J.T. Phytoplankton biomass and composition in Manton River Reservoir, a mesotrophic impoundment in the Australian wet/dry tropics. **International Review of Hydrobiology**, v. 83, p. 113-120, 1998.
- TRACANA, B.C. Algas del noroeste argentino (excluyendo las Diatomophyceae). San Miguel de Tucuman, República Argentina: **Opera Lilloana**, n. 35, 136p. 1985.
- TRYFON, E.; MOUSTAKA GOUNI, M. Species composition and seasonal cycles of phytoplankton with special reference to the nanoplankton of Lake Mikri Prespa. **Hydrobiologia**, v. 351, p. 61-75, 1997.

- VEZIE, C.; BRIENT, L.; SIVONEN, K.; BERTRU, G.; LEFEUVRE, J.C.; SALKINOJA SALONEN, M. Occurrence of microcystin-containing cyanobacterial blooms in freshwaters of Brittany (France). **Archiv Fur Hydrobiologie**, v. 139, n. 3, p. 401-413, 1997.
- VINYARD, W. C. **Diatoms of North America**. California: Eureka Printing Company, 1979. 119p.
- WATANABE, M.F.; OISHI, S. Effects of environmental factors on toxicity of a cyanobacterium (*Microcystis aeruginosa*) under culture conditions. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 49, n. 5, p. 1342-1344, 1985.
- WETZEL, R. G.; LIKENS, E. **Limnological analysis**. New York: Springer-verlag, 1990. 391 p.
- YOSHIDA, Y. Relationship between the dominant occurrence of *Microcystis aeruginosa* and water quality or meteorological factors in the south basin of Lake Biwa. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 63, n. 4, p. 531-536, 1997.
- YUNES, J.S. Comunicação pessoal. Rio Grande (RS), 1986/1987.
- YUNES, J.S.; NIENCHESKI, L.F.H., SALOMON, P.S.; PARISE, M.; BEATTIE, K.A.; RANGGETT, S.L.; CODD, G.A. Development and toxicity of cyanobacteria in the Patos Lagoon Estuary, southern Brazil. **IOC Workshop Report (COI/UNESCO)**, v. 101, n. III, p. 14-19, 1994.
- YUNES, J.S.; NIENCHESKI, L.F.H.; SALOMON, P.S.; PARISE, M.; BEATTIE, K.A., RAGGETT, S.L.; CODD, G.A. The effect of nutrient balance and physical factor on blooms of toxic Cyanobacteria in the Patos Lagoon, Southern Brasil. **Verh. Internat. Verein. Limnologie**. v. 26, p.1796-1800, 1998a.
- YUNES, J.S.; MATTHIENSEN, A.; PARISE, M.; SALOMON, P.S.; BEATTIE, K.A.; RAGGETT, S.L.; CODD, G.A. *Microcystis aeruginosa* and microcystin-containing in the Patos Lagoon Estuary. In: REGUERA, B.; BLANCO, J.; FERNÁNDEZ, M.L.; WYATT, T. (eds). **Haumful Algae**. Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Comission of UNESCO, p. 18-21, 1998b.
- ZOHARY, T.; ROBARTS, R.D. Diurnal mixed layer and long-term dominance of *Microcystis aeruginosa*. **Plankton Res.**, Oxford, v. 11, n. 1, p. 25-48, 1989.
- ZOHARY, T.; MADEIRA, A.M.P. Strutural, physical and chemical characteristics of *Microcystis aeruginosa* hypercums from a hypertrophic lake. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 23, p. 339-35, 1990.

7. APÊNDICE

Tabela 1: Variação na temperatura da água (°C), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.

Estações Amostrais	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Jacuí	20.2	16.6	21.5	26.1
Taquari	22.2	16.4	22.4	26.3
Caí	20.8	16.4	21.6	25.3
Sinos	20.5	17.0	21.8	26.1
Gravataí	20.2	18.5	21.8	27.4
Guaíba	20.7	16.8	21.6	25.7

Tabela 2: Precipitação pluviométrica (mm) em Porto Alegre, Santa Maria e Taquari, nos meses de abril/97, julho/97, outubro/97 e janeiro/98. Fonte: FEPAGRO/Secretaria de Ciência e Tecnologia (RS)/Equipe da Agrometeorologia: “Boletins Meteorológicos”.

	Porto Alegre		Santa Maria		Taquari	
	Ocorrida	Normal	Ocorrida	Normal	Ocorrida	Normal
abr/97	64	102	68	144	44	108
jul/97	103	127	110	142	88	132
out/97	261	119	477	174	287	135
jan/98	133	119	225	143	146	121

Tabela 3: Variação na transparência Secchi da água, em metros, nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.

Estações Amostrais	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Jacuí	0.74	0.40	0.30	0.36
Taquari	0.75	0.70	0.50	0.42
Caí	0.70	0.60	0.50	0.60
Sinos	0.87	0.42	0.50	0.55
Gravataí	0.19	0.52	0.40	0.37
Guaíba	0.50	0.40	0.40	0.37

Tabela 4: Variação no potencial de hidrogeniônico (pH), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.

Estações Amostrais	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Jacuí	7.8	6.7	6.5	6.0
Taquari	7.6	6.7	6.8	6.3
Caí	7.6	6.7	6.9	6.2
Sinos	7.1	6.5	6.6	6.2
Gravataí	7.1	6.4	6.5	6.1
Guaíba	7.4	6.6	6.8	6.0

Tabela 5: Variação na concentração de Oxigênio Dissolvido ($\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.

Estações Amostrais	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Jacuí	7.9	8.3	6.7	5.2
Taquari	6.7	9.0	7.5	7.3
Caí	6.8	6.2	6.2	3.9
Sinos	3.4	3.8	3.2	2.6
Gravataí	0,0	2.6	2.7	1.5
Guaíba	8.1	5.5	6.0	4.1

Tabela 6: Variação na demanda química de oxigênio ($\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$), nas seis estações amostrais , de acordo com a sazonalidade.

Estações Amostrais	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Jacuí	17.5	21.8	16.2	15.6
Taquari	17.5	15.4	10.6	10.9
Caí	17.1	22.3	11.6	10.1
Sinos	14.9	14.0	16.2	15.6
Gravataí	87.5	52.0	34.8	35.9
Guaíba	12.1	21.3	17.4	17.9

Tabela 7: Variação na condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.

Estações Amostrais	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Jacuí	51	43	41	40
Taquari	74	34	37	40
Caí	146	59	51	58
Sinos	178	61	71	67
Gravataí	334	78	65	75
Guaíba	98	54	35	32

Tabela 8: Variação na concentração de nitrogênio total ($\mu\text{gN.L}^{-1}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.

Estações Amostrais	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Jacuí	2.800	310	60	90
Taquari	1680	350	30	30
Caí	1470	360	70	40
Sinos	4550	1400	90	70
Gravataí	13400	470	20	200
Guaíba	4200	230	40	60

Tabela 9: Variação na concentração de fósforo total ($\mu\text{gP.L}^{-1}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.

Estações Amostrais	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Jacuí	843	185	150	99
Taquari	270	426	75	95
Caí	309	519	69	180
Sinos	1058	288	199	176
Gravataí	1496	438	121	225
Guaíba	581	432	106	99

Tabela 10: Variação da razão nitrogênio/fósforo (N:P), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.

Estações Amostrais	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Jacuí	3,3	1,7	0,4	0,9
Taquari	6,2	0,8	0,4	0,3
Caí	4,7	0,6	1,0	0,2
Sinos	4,3	4,9	0,4	0,4
Gravataí	8,9	1,1	0,2	0,9
Guaíba	7,2	0,5	0,4	0,6

Tabela 11: Variação na concentração de clorofila-*a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$), nas seis estações amostrais, em função da sazonalidade.

Estações Amostrais	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Jacuí	5,3	2,1	0,0	10,7
Taquari	4,3	0,0	2,1	0,5
Caí	10,1	1,8	3,7	1,1
Sinos	8,0	3,3	2,7	2,7
Gravataí	7,1	1,3	3,3	4,8
Guaíba	11,2	0,7	0,5	0,5

Tabela 12: Variação do número de gêneros, nas seis estações amostrais, em função da sazonalidade.

Estações Amostrais	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Jacuí	17	19	10	23
Taquari	16	14	13	16
Caí	13	24	17	24
Sinos	14	21	16	27
Gravataí	11	17	14	26
Guaíba	12	11	16	19

Tabela 13: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Jacuí, nos diferentes períodos do ano.

Gêneros	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Divisão
Anabaena	1	0	1	0	Cyanophyta
Ankistrodesmus	0	1	0	0	Chlorophyta
Aphanocapsa	1	0	0	1	Cyanophyta
Asterionella	0	1	1	0	Bacillariophyta
Aulacoseira	1	1	1	1	Bacillariophyta
Closterium	1	1	0	1	Chlorophyta
Cosmarium	1	1	0	0	Chlorophyta
Cyclotella	0	1	0	1	Bacillariophyta
Eudorina	1	1	1	1	Chlorophyta
Frustulia	0	0	0	1	Bacillariophyta
Mallomonas	0	0	0	1	Chrysophyta
Microcystis	1	1	1	1	Cyanophyta
Mougeotia	1	1	0	1	Chlorophyta
Navicula	0	1	0	0	Bacillariophyta
Oscillatoria	1	1	0	0	Cyanophyta
Pandorina	0	1	0	0	Chlorophyta
Pediastrum	1	0	0	1	Chlorophyta
Peronia	1	0	0	0	Bacillariophyta
Phacus	0	1	0	1	Euglenophyta
Pinnularia	0	1	1	1	Bacillariophyta
Pleurosira	0	0	1	0	Bacillariophyta
Pleurotaenium	0	0	0	1	Chlorophyta
Scenedesmus	1	0	0	0	Chlorophyta
Cyanophyta 1	1	0	0	1	Cyanophyta
Cyanophyta 2	0	0	0	1	Cyanophyta
Staurastrum	1	1	0	1	Bacillariophyta
Stephanodiscus	1	1	0	1	Bacillariophyta
Surirella	1	1	1	1	Bacillariophyta
Synedra	1	1	1	1	Bacillariophyta
Synura	0	0	1	0	Chlorophyta
Terpsinoe	1	0	0	1	Bacillariophyta
Treubarina	0	0	0	1	Chlorophyta
Volvox	0	0	0	1	Chlorophyta

Tabela 14: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Taquari, nos diferentes períodos do ano.

Gêneros	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Divisão
Aphanocapsa	1	0	0	1	Cyanophyta
Asterionella	0	1	1	0	Bacillariophyta
Aulacoseira (cont. Tabela 14)	1	1	1	1	Bacillariophyta
Closterium	1	1	1	0	Chlorophyta

Dynobrion	0	1	0	1	Chrysophyta
Eudorina	1	1	1	1	Chlorophyta
Euglena	1	0	1	0	Euglenophyta
Fragilaria	0	0	1	0	Bacillariophyta
Mallomonas	0	1	0	1	Chrysophyta
Microcystis	1	1	1	1	Cyanophyta
Mougeotia	0	1	0	0	Chlorophyta
Oscillatoria	0	0	0	1	Cyanophyta
Pandorina	1	1	0	1	Chlorophyta
Pediastrum	1	1	0	1	Chlorophyta
Phacus	1	0	0	1	Euglenophyta
Pleurosira	0	1	0	0	Bacillariophyta
Pleurotaenium	0	0	1	0	Chlorophyta
Scenedesmus	1	0	0	1	Chlorophyta
Schroederia	0	0	1	0	Chlorophyta
Cyanophyta 2	1	0	0	0	Cyanophyta
Staurastrum	1	0	1	0	Bacillariophyta
Surirella	1	1	1	0	Bacillariophyta
Synedra	1	1	1	1	Bacillariophyta
Synura	0	1	0	1	Chlorophyta
Trachelomonas	1	1	0	1	Chrysophyta
Treubaria	0	1	1	1	Chlorophyta
Volvox	1	0	0	0	Chlorophyta
Xanthidium	0	0	0	1	Chlorophyta

Tabela 15: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Cai, nos diferentes períodos do ano.

Gêneros	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Divisão
Actinastrum	1	0	0	0	Chlorophyta
Amphipleura	0	1	0	0	Cyanophyta
Anabaena	0	0	1	0	Cyanophyta
Aphanocapsa	1	0	0	1	Cyanophyta
Asterionella	0	1	1	1	Bacillariophyta
Aulacoseira	1	1	1	1	Bacillariophyta
Closterium	0	1	1	1	Chlorophyta
Coscinodiscus	0	0	1	0	Bacillariophyta
Cosmarium	0	1	0	1	Chlorophyta
Desmidium	0	0	0	1	Chlorophyta
Diatoma	0	1	0	0	Bacillariophyta
Dynobrion	0	1	0	1	Chrysophyta
Euastrum	0	0	0	1	Chlorophyta
Eudorina	1	1	1	1	Chlorophyta
Euglena	1	0	0	1	Euglenophyta
Fragilaria (cont. Tabela 15)	0	1	1	0	Bacillariophyta
Kirchneriella	0	1	0	1	Chlorophyta

Mallomonas	0	1	0	1	Chrysophyta
Micrasterias	0	0	0	1	Chlorophyta
Microcystis	1	1	1	1	Cyanophyta
Mougeotia	0	1	0	1	Chlorophyta
Oscillatoria	0	1	0	1	Cyanophyta
Pandorina	1	0	0	1	Chlorophyta
Pediastrum	1	1	1	1	Chlorophyta
Phacus	1	0	0	1	Euglenophyta
Pinnularia	0	1	0	0	Bacillariophyta
Pleurosira	0	0	1	0	Bacillariophyta
Pleurotaenium	0	0	1	0	Chlorophyta
Scenedesmus	1	0	0	0	Chlorophyta
Schroederia	0	1	0	0	Chlorophyta
Cyanophyta 3	0	0	1	0	Cyanophyta
Spirogyra	0	0	0	0	Chlorophyta
Stephanodiscus	1	1	1	1	Bacillariophyta
Surirella	1	1	1	0	Bacillariophyta
Synedra	0	1	1	1	Bacillariophyta
Synura	0	1	0	0	Chlorophyta
Terpsinoe	0	1	1	0	Bacillariophyta
Trachelomonas	0	0	0	1	Chrysophyta
Volvox	0	1	0	0	Chlorophyta
Xanthidium	0	0	0	1	Chlorophyta

Tabela 16: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Sinos, nos diferentes períodos do ano.

Gêneros	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Divisão
Aphanocapsa	0	0	0	1	Cyanophyta
Asterionella	0	1	1	1	Bacillariophyta
Aulacoseira	1	1	1	1	Bacillariophyta
Closterium	1	0	1	1	Chlorophyta
Cosmarium	0	0	0	1	Chlorophyta
Diatoma	0	0	1	1	Bacillariophyta
Dynobryon	0	1	0	1	Chrysophyta
Eudorina	1	1	1	1	Chlorophyta
Euglena	1	0	0	1	Euglenophyta
Fragilaria	1	0	1	1	Bacillariophyta
Gomphonema	0	1	0	1	Chlorophyta
Gyrosigma	0	1	0	0	Bacillariophyta
Mallomonas	0	0	0	1	Chrysophyta
Merismopedia	1	0	0	0	Cyanophyta
Microcystis	1	1	1	1	Cyanophyta
Mougeotia	0	1	1	1	Chlorophyta
Oscillatoria	1	1	0	1	Cyanophyta
Pandorina (cont. Tabela 16)	0	1	1	1	Chlorophyta
Pediastrum	1	0	1	1	Chlorophyta

Phacus	1	0	1	1	Euglenophyta
Pseudoanabaena	0	0	0	0	Cyanophyta
Scenedesmus	1	1	0	1	Chlorophyta
Cyanophyta 1	0	1	0	0	Cyanophyta
Bacillariophyta 1	0	1	0	0	Bacillariophyta
Spirogyra	0	1	0	1	Chlorophyta
Staurastrum	1	0	0	0	Bacillariophyta
Stephanodiscus	1	1	1	1	Bacillariophyta
Surirella	0	1	0	1	Bacillariophyta
Synedra	1	1	1	1	Bacillariophyta
Synura	0	1	0	1	Chlorophyta
Terpsinoe	0	1	1	0	Bacillariophyta
Trachelomonas	0	1	1	1	Chrysophyta
Volvox	0	1	0	1	Chlorophyta
Xanthidium	0	0	1	1	Chlorophyta

Tabela 17: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Gravataí, nos diferentes períodos do ano.

Gêneros	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Divisão
Actinastrum	0	0	0	1	Chlorophyta
Anabaena	0	0	0	1	Cyanophyta
Aphanocapsa	0	0	0	1	Cyanophyta
Asterionella	0	1	1	0	Bacillariophyta
Aulacoseira	1	1	1	1	Bacillariophyta
Closterium	1	1	0	1	Chlorophyta
Dictyosphaerium	0	0	0	1	Chlorophyta
Dynobryon	0	0	0	1	Chrysophyta
Eudorina	1	1	1	1	Chlorophyta
Euglena	0	0	1	1	Euglenophyta
Fragilaria	0	1	1	0	Bacillariophyta
Kirchneriella	0	0	1	0	Chlorophyta
Mallomonas	0	1	0	1	Chrysophyta
Microcystis	1	1	1	1	Cyanophyta
Mougeotia	0	1	1	1	Chlorophyta
Oscillatoria	1	1	1	1	Cyanophyta
Pandorina	0	1	0	1	Chlorophyta
Pediastrum	1	0	0	1	Chlorophyta
Phacus	0	0	1	1	Euglenophyta
Pinnularia	0	0	1	0	Bacillariophyta
Pseudoanabaena	0	1	0	0	Cyanophyta
Scenedesmus	1	0	0	1	Chlorophyta
Spirogyra	0	0	0	1	Chlorophyta
Staurastrum	1	1	1	1	Bacillariophyta
Stephanodiscus	1	0	0	1	Bacillariophyta
Surirella	0	1	0	0	Bacillariophyta

(cont. Tabela 17)

Synedra	1	1	1	1	Bacillariophyta
Synura	0	0	0	1	Chlorophyta
Terpsinoe	0	0	1	0	Bacillariophyta
Trachelomonas	1	1	0	1	Chrysophyta
Treubaria	0	0	0	1	Chlorophyta
Volvox	0	1	0	1	Chlorophyta
Xanthidium	0	1	0	1	Chlorophyta

Tabela 18: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Guaíba, nos diferentes períodos do ano.

Gêneros	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Divisão
Amphipleura	0	0	0	1	Cyanophyta
Anabaena	1	0	1	0	Cyanophyta
Asterionella	0	1	1	1	Bacillariophyta
Aulacoseira	1	1	1	1	Bacillariophyta
Closterium	0	0	1	1	Chlorophyta
Eudorina	1	1	1	1	Chlorophyta
Euglena	1	0	0	0	Euglenophyta
Fragilaria	0	0	1	0	Bacillariophyta
Gomphonema	0	0	1	0	Chlorophyta
Gyrosigma	0	0	0	1	Bacillariophyta
Kirchneriella	0	0	0	1	Chlorophyta
Mallomonas	0	0	0	1	Chrysophyta
Microcystis	1	1	1	1	Cyanophyta
Mougeotia	0	1	0	1	Chlorophyta
Pediastrum	1	1	1	1	Chlorophyta
Phacus	1	0	1	0	Euglenophyta
Pleurosira	0	0	1	0	Bacillariophyta
Scenedesmus	1	0	0	0	Chlorophyta
Schroederia	0	0	0	1	Chlorophyta
Cyanophyta 1	0	1	0	0	Cyanophyta
Staurastrum	1	0	1	1	Bacillariophyta
Stephanodiscus	1	1	1	1	Bacillariophyta
Surirella	1	1	1	1	Bacillariophyta
Synedra	0	1	1	1	Bacillariophyta
Synura	0	0	1	0	Chlorophyta
Trachelomonas	1	1	0	1	Chrysophyta
Treubaria	0	0	0	1	Chlorophyta
Xanthidium	0	0	0	1	Chlorophyta

Tabela 19: Variação no número de colônias do status Ia, de *Microcystis aeruginosa* de acordo com a sazonalidade, em colônias/m³.

Estações Amostras	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Jacuí	1114	400	680	1740
Taquari	186	443	2100	1180
Caí	1314	1143	660	1480
Sinos	529	4557	520	1500
Gravataí	443	2429	175	1560
Guaíba	10686	4110	375	2540

Tabela 20: Variação no número de colônias do status Ib, de *Microcystis aeruginosa* de acordo com a sazonalidade, em colônias/m³.

Estações Amostras	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Jacuí	3	0	0	0
Taquari	1	0	0	0
Caí	1	0	0	2
Sinos	0	2	0	0
Gravataí	0	0	0	0
Guaíba	0	2	1	0

Tabela 21: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Jacuí, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).

Variáveis	JO	JI	JP	JV
OD	3	3	3	2
DQO	1	1	1	1
CLOR	2	1	1	3
pH	3	2	1	1
SEC	3	1	1	1
TEMP	2	1	2	3
COND	1	1	1	1
NIT	1	1	1	1
FOSF	2	1	1	1
N:P	2	1	1	1

Tabela 22: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Taquari, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).

Variáveis	TO	TI	TP	TV
OD	3	3	3	3
DQO	1	1	1	1
CLOR	2	1	1	1
pH	3	2	2	1
SEC	3	3	2	2
TEMP	2	1	2	3
COND	1	1	1	1
NIT	1	1	1	1
FOSF	1	1	1	1
N:P	3	1	1	1

Tabela 23: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Cai, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).

Variáveis	CO	CI	CP	CV
OD	3	3	3	2
DQO	1	1	1	1
CLOR	3	1	1	1
pH	3	2	2	1
SEC	3	2	2	2
TEMP	2	1	2	3
COND	2	1	1	1
NIT	1	1	1	1
FOSF	1	1	1	1
N:P	2	1	1	1

Tabela 24: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Sinos, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).

Variáveis	SO	SI	SP	SV
OD	2	2	2	1
DQO	1	1	1	1
CLOR	3	1	1	1
pH	2	1	2	1
SEC	3	2	2	2
TEMP	2	1	2	3
COND	2	1	1	1
NIT	2	1	1	1
FOSF	3	1	1	1
N:P	2	2	1	1

Tabela 25: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Gravataí, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).

Variáveis	GO	GI	GP	GV
OD	1	1	1	1
DQO	3	2	1	1
CLOR	2	1	1	2
pH	2	1	1	1
SEC	1	2	1	1
TEMP	2	1	2	3
COND	3	1	1	1
NIT	3	1	1	1
FOSF	3	1	1	1
N:P	3	1	1	1

Tabela 26: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Guaíba, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).

Variáveis	GUO	GUI	GUP	GUV
OD	3	2	3	2
DQO	1	1	1	1
CLOR	3	1	1	1
pH	3	1	2	1
SEC	2	1	1	1
TEMP	2	1	2	3
COND	1	1	1	1
NIT	1	1	1	1
FOSF	2	1	1	1
N:P	3	1	1	1

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	14
1.2. ASPECTOS LIMNOLÓGICOS EM AMBIENTES LÓTICOS RELACIONADOS AO FITOPLÂNCTON	18
1.3. CIANOBACTÉRIAS	20
1.4. CARACTERÍSTICAS E TAXONOMIA DE <i>MICROCYSTIS AERUGINOSA</i>	21
1.5. STATUS COLONIAIS DO CICLO DE VIDA DE <i>MICROCYSTIS AERUGINOSA</i> (SEGUNDO REYNOLDS <i>ET AL.</i> 1980). 22	
1.6. FATORES QUE INFLUENCIAM O CRESCIMENTO DE <i>MICROCYSTIS AERUGINOSA</i>	26
1.7. OCORRÊNCIA/REGISTRO DE COLÔNIAS E TOXINA E CASOS DE ENVENENAMENTO POR <i>MICROCYSTIS AERUGINOSA</i>	28
1.8. CARACTERÍSTICAS E PRODUÇÃO DA TOXINA.....	30
1.9. JUSTIFICATIVAS	31
2. OBJETIVOS	32
2.1. OBJETIVOS GERAIS	32
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
3. MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1. LOCAIS E AMOSTRAGENS	33
3.2. VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS	38
3.2.1. <i>Temperatura da Água, Transparência Secchi, Potencial Hidrogeriônico (pH) e Condutividade Elétrica</i> 38	
3.2.2. <i>Oxigênio Dissolvido, Demanda Química de Oxigênio, Nitrogênio e Fósforo Totais</i>	38
3.3. ANÁLISE DE CLOROFILA-A	38
3.4. ANÁLISE DO FITOPLÂNCTON.....	39
3.5. TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1. VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS	42
4.1.1. <i>Temperatura da Água</i>	42
4.1.2. <i>Precipitação Pluviométrica</i>	43
4.1.3. <i>Transparência Secchi</i>	45
4.1.4. <i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	46
4.1.5. <i>Oxigênio Dissolvido</i>	47
4.1.6. <i>Demanda Química de Oxigênio</i>	49
4.2. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E NUTRIENTES	50
4.2.1. <i>Condutividade Elétrica</i>	51
4.2.2. <i>Nitrogênio Total</i>	52
4.2.3. <i>Fósforo Total</i>	53
4.2.4. <i>Razão Nitrogênio, Fósforo</i>	54
4.3. CLOROFILA-A.....	56
4.4. FATORES BIOLÓGICOS	58
4.4.1. <i>Aspectos Qualitativos do Fitoplâncton</i>	58
4.5. <i>MICROCYSTIS AERUGINOSA</i>	60
4.6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	63
4.6.1. <i>Grupos de Estações Amostrais Formados em Função das Variáveis Físicas e Químicas: Análise de Ordenação.</i>	63
4.6.2. <i>Correlação da Clorofila-a com Variáveis Físicas e Químicas</i>	65
4.6.3. <i>Grupos de Estações Amostrais Formados em Função dos Gêneros Fitoplanctônicos: Análise de Agrupamento (Cluster).</i>	66

4.6.4.	Testes de Aleatorização	68
4.6.4.1.	Comparação Entre os Quatro Períodos do Ano Estudados, em Função do número de gêneros	68
4.6.4.2.	Relação da Ocorrência de Gêneros Fitoplanctônicos com as Variáveis Físicas e Químicas	68
4.6.4.3.	Relação da Abundância de <i>M. aeruginosa</i> com as Variáveis Físicas e Químicas.....	69
5.	CONCLUSÕES.....	70
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
7.	APÊNDICE	81

Tabela 1:	Variação na temperatura da água (°C), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	81
Tabela 2:	Precipitação pluviométrica (mm) em Porto Alegre, Santa Maria e Taquari, nos meses de abril/97, julho/97, outubro/97 e janeiro/98. Fonte: FEPAGRO/Secretaria de Ciência e Tecnologia (RS)/Equipe da Agrometeorologia: “Boletins Meteorológicos”.	81
Tabela 3:	Variação na transparência Secchi da água, em metros, nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	81
Tabela 4:	Variação no potencial de hidrogeniônico (pH), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	82
Tabela 5:	Variação na concentração de Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ .L ⁻¹), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	82
Tabela 6:	Variação na demanda química de oxigênio (mgO ₂ .L ⁻¹), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	82
Tabela 7:	Variação na condutividade (µS.cm ⁻¹), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	83
Tabela 8:	Variação na concentração de nitrogênio total (µgN.L ⁻¹), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	83
Tabela 9:	Variação na concentração de fósforo total (µgP.L ⁻¹), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	83
Tabela 10:	Variação da razão nitrogênio/fósforo (N:P), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	84
Tabela 11:	Variação na concentração de clorofila- <i>a</i> (µg.L ⁻¹), nas seis estações amostrais, em função da sazonalidade.	84
Tabela 12:	Variação do número de gêneros, nas seis estações amostrais, em função da sazonalidade. .	84
Tabela 13:	Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Jacuí, nos diferentes períodos do ano.....	85
Tabela 14:	Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Taquari, nos diferentes períodos do ano.....	85
Tabela 15:	Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Caí, nos diferentes períodos do ano.....	86
Tabela 16:	Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Sinos, nos diferentes períodos do ano.....	87
Tabela 17:	Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Gravataí, nos diferentes períodos do ano.	88
Tabela 18:	Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Guaíba, nos diferentes períodos do ano.....	89
Tabela 19:	Variação no número de colônias do status Ia, de <i>Microcystis aeruginosa</i> de acordo com a sazonalidade, em colônias/m ³	89
Tabela 20:	Variação no número de colônias do status Ib, de <i>Microcystis aeruginosa</i> de acordo com a sazonalidade, em colônias/m ³	90

Tabela 21: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Jacuí, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).....	90
Tabela 22: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Taquari, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).....	91
Tabela 23: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Caí, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).	91
Tabela 24: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Sinos, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).....	92
Tabela 25: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Gravataí, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).	92
Tabela 26: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Guaíba, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).....	92

Tabela 1: Variação na temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	81
Tabela 2: Precipitação pluviométrica (mm) em Porto Alegre, Santa Maria e Taquari, nos meses de abril/97, julho/97, outubro/97 e janeiro/98. Fonte: FEPAGRO/Secretaria de Ciência e Tecnologia (RS)/Equipe da Agrometeorologia: “Boletins Meteorológicos”.	81
Tabela 3: Variação na transparência Secchi da água, em metros, nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	81
Tabela 4: Variação no potencial de hidrogeniônico (pH), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	82
Tabela 5: Variação na concentração de Oxigênio Dissolvido ($\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	82
Tabela 6: Variação na demanda química de oxigênio ($\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	82
Tabela 7: Variação na condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	83
Tabela 8: Variação na concentração de nitrogênio total ($\mu\text{gN}\cdot\text{L}^{-1}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	83
Tabela 9: Variação na concentração de fósforo total ($\mu\text{gP}\cdot\text{L}^{-1}$), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	83
Tabela 10: Variação da razão nitrogênio/fósforo (N:P), nas seis estações amostrais, de acordo com a sazonalidade.	84
Tabela 11: Variação na concentração de clorofila- <i>a</i> ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), nas seis estações amostrais, em função da sazonalidade.	84
Tabela 12: Variação do número de gêneros, nas seis estações amostrais, em função da sazonalidade. .	84
Tabela 13: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Jacuí, nos diferentes períodos do ano.....	85
Tabela 14: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Taquari, nos diferentes períodos do ano.....	85
Tabela 15: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Caí, nos diferentes períodos do ano.....	86

Tabela 16: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Sinos, nos diferentes períodos do ano.....	87
Tabela 17: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Gravataí, nos diferentes períodos do ano.	88
Tabela 18: Presença (1) e ausência (0) de gêneros na estação amostral Guaíba, nos diferentes períodos do ano.....	89
Tabela 19: Variação no número de colônias do status Ia, de <i>Microcystis aeruginosa</i> de acordo com a sazonalidade, em colônias/m ³	89
Tabela 20: Variação no número de colônias do status Ib, de <i>Microcystis aeruginosa</i> de acordo com a sazonalidade, em colônias/m ³	90
Tabela 21: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Jacuí, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).....	90
Tabela 22: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Taquari, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).....	91
Tabela 23: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Caí, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).	91
Tabela 24: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Sinos, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).....	92
Tabela 25: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Gravataí, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).	92
Tabela 26: Dados obtidos a partir do escalonamento dos valores originais das variáveis físicas e químicas, da estação Guaíba, nos diferentes períodos estudados, de acordo com três classes: baixa (1), média (2) e alta (3).....	92
Figura 1: Status coloniais do ciclo de vida de <i>Microcystis aeruginosa</i> , segundo REYNOLDS, et al.(1980).	Erro! Indicador não definido.
Figura 2: Mapa da localização das seis estações amostrais: (1) estação Jacuí, (2) estação Taquari, (3) estação Caí, (4) estação Sinos, (5) estação Gravataí e (6) estação Guaíba. Fonte: base cartográfica em escala 1:250.000 da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, folhas de Caxias do Sul e Porto Alegre, 1983).	34
Figura 3: Estação Amostral Jacuí.....	34
Figura 4: Estação Amostral Taquari.	35
Figura 5: Estação Amostral Caí.	35
Figura 6: Estação Amostral Sinos.	36
Figura 7: Estação Amostral Gravataí.....	36
Figura 8: Estação Amostral Guaíba.....	37
Figura 9: Área de despejo de efluente industrial, in natura, próximo a foz do Rio Gravataí.....	37
Figura 10: Variação sazonal da temperatura da água, em °C, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.	43
Figura 11: Variação sazonal da transparência da água, em metros, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.....	45
Figura 12: Variação sazonal do pH, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.	46
Figura 13: Variação sazonal do oxigênio dissolvido, em mg.L ⁻¹ , nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.	48
Figura 14: Variação sazonal da demanda química de oxigênio, em mg.L ⁻¹ , nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.....	49

Figura 15: Variação sazonal da condutividade elétrica, em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.....	52
Figura 16: Variação sazonal da concentração de nitrogênio total, em $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.....	53
Figura 17: Variação sazonal da concentração de fósforo total, em $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.....	54
Figura 18: Variação sazonal da razão N:P, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.....	55
Figura 19: Variação sazonal da concentração clorofila- <i>a</i> , em $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.....	56
Figura 20: Variação sazonal do número de gêneros, nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.	58
Figura 21: Precipitação pluviométrica normal e ocorrida nos meses de abril/97, julho/97, outubro/97 e janeiro/98, nas estações meteorológicas de Santa Maria (A), Taquari (B) e Porto Alegre (C). Fonte dos dados: FEPAGRO/Secretaria de Ciência e Tecnologia (RS)/Equipe da Agrometeorologia: <u>Boletins meteorológicos</u> . Relativo a dados de 1997 e 1998.	Erro! Indicador não definido.
Figura 22: Status Ia de <i>Microcystis aeruginosa</i>	60
Figura 23: Status Ib de <i>Microcystis aeruginosa</i>	60
Figura 24: Variação sazonal da concentração de colônias do status Ia de <i>Microcystis aeruginosa</i> , em colônias/ m^3 , nas estações amostrais Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.....	61
Figura 25: Ordenação através de análise de coordenadas principais, das seis estações amostrais nos diferentes períodos do ano, em função das variáveis físicas e químicas.....	64
Figura 26: Determinação da correlação da clorofila- <i>a</i> com as demais variáveis físicas e químicas estudadas.	65
Figura 27: Dendrograma mostrando o agrupamento das seis estações amostrais nos diferentes períodos do ano, em função da presença/ausência de gêneros fitoplanctônicos.....	66