

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

Variações da estrutura planctônica da Lagoa Itapeva (Sistema Lagunar Costeiro do Rio Grande do Sul) em função da hidrodinâmica

Luciana de Souza Cardoso

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Porto Alegre, 31 maio de 2001

DEDICATÓRIA

À eterna busca incessante do saber,
de respostas, para fatos que ocorrem meramente ao acaso,
de lógica, em algo que muitas vezes o caos impera,
de compreensão, onde o predestinado sempre se repete.

E a razão sufoca a emoção...
É necessário sentir com todos os sentidos
(especialmente com o sexto)
mergulhar no vazio imenso
e saber, principalmente, que esta é uma batalha solitária
(me, myself and I)

Dificuldades, dúvidas, reavaliação:
Será que vale a pena? Será que conseguirei? À que custo?
As respostas surgem com o tempo,
pois a natureza é sábia
e nada leva mais tempo do que o necessário
para o ciclo se completar:
Quando chegarmos no final saberemos realmente à que viemos!

O bom mesmo é olhar pra trás e ver que nada foi em vão...

Tenho por princípios nunca fechar portas, mas...

Como mantê-las abertas o tempo todo se em certos dias o VENTO quer derrubar tudo!

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do Prof. Dr. David M.L. da Motta Marques.

A pesquisa aqui apresentada foi parte integrante do projeto *Comportamento hidrodinâmico da Lagoa Itapeva (Litoral Norte do RS) e seu efeito potencial sobre comunidades planctônicas visando o gerenciamento dos recursos hídricos* (processo nº 97/0291.5 FAPERGS). O efeito que a hidrodinâmica da Lagoa Itapeva exerce sobre as comunidades planctônicas é o tema da presente tese. A aplicação de modelo hidrodinâmico neste ambiente está sendo elaborado por Nicolás Lopardo em sua dissertação de mestrado (*Estudo hidrodinâmico e correlações com variáveis ambientais na Lagoa Itapeva no Litoral Norte do Rio Grande do Sul*), sob orientação do Prof. Dr. André Silveira.

Em face ao grande número de variáveis bióticas e abióticas envolvidas na análise e buscando facilitar o processo posterior do desmembramento da tese para publicação dos resultados, estes são apresentados sob a forma de capítulos. Assim, cada capítulo tem o formato de um artigo científico com resumo, abstract, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões e referências bibliográficas próprios a este. Além de agilizar a publicação, permite uma análise dos blocos de conhecimento mais adequada, e contribui para a melhoria deste programa de pós-graduação. Entretanto, o corpo da tese apresenta uma introdução ampla (*capítulo 1*) onde consta uma síntese do tema central, além da descrição da área de estudo. Para evitar repetição de alguns aspectos da metodologia (*capítulo 2*), os quais são comuns a todas as partes (delineamento amostral e localização dos pontos de amostragem), também estão incluídos em um capítulo à parte.

Assim, os resultados obtidos foram desmembrados em seis capítulos:

★ **Aspectos Hidrometeorológicos** (*capítulo 3*) abordam uma análise diária e sazonal do comportamento do clima (temperatura, precipitação, velocidade e direção do vento) e do movimento de água (nível, velocidade e direção) na Lagoa Itapeva.

★ **Características Físico-químicas da Água** (*capítulo 4*) inclui tanto resultados de monitoramento intensivo obtidos automaticamente, quanto os obtidos a partir de análise laboratorial concomitante à amostragem biológica. Aqueles procedentes de monitoramento intensivo possibilitaram estabelecer relações mais próximas com o capítulo anterior, devido ao grande número de dados de ambos tanto em nível diário quanto sazonalmente.

★ **Análise Biológica: Pigmentos** (*capítulo 5*) onde dois aspectos foram debatidos. Primeiramente, uma discussão sobre diversos métodos envolvidos na análise de pigmentos foi apresentada para verificar a precisão dos mesmos. Após, uma análise da variação espacial (horizontal e vertical) e temporal (diária e sazonal) dos pigmentos foi extensamente discutida, estabelecendo relações com aspectos da hidrodinâmica e comunidade fitoplanctônica da Lagoa Itapeva.

★ **Análise Biológica: Produção Primária** (*capítulo 6*) uma análise mais detalhada do funcionamento deste ecossistema foi possível graças ao delineamento experimental utilizado neste trabalho. Assim, o monitoramento diário num ciclo de 24h possibilitou comparar as taxas de produção e respiração diurnas com as noturnas, bem como estabelecer relações com a comunidade planctônica e demais aspectos físico-químicos inerentes ao processo de fotossíntese.

★ **Análise Biológica: Comunidade Planctônica** (*capítulo 7*) aqui tanto a comunidade fitoplanctônica quanto a zooplanctônica foram trabalhadas em termos de variação espacial e temporal. As análises foram feitas em três vias: em nível de espécies, de grupos taxonômicos e por fração de tamanho dos organismos. Assim, pode-se melhor estabelecer relações com os aspectos ambientais envolvidos na distribuição e formação de agrupamentos.

★ **Análise de Gradientes** (*capítulo 8*) finalmente, uma análise conjunta das relações existentes é apresentada neste capítulo. Onde o resultado principal de uma Análise de Correspondência Canônica, em cada dia de amostragem sazonalmente, foi realizada para atingir o objetivo proposto. Com isso, foi possível visualizar a real influência que a hidrodinâmica exerceu sobre a distribuição das comunidades planctônicas na Lagoa Itapeva.

Espero que este trabalho tenha correspondido às expectativas que muitos docentes depositaram em mim, como a primeira bióloga doutora neste programa de pós-graduação no IPH. A abertura para profissionais de outros campos, além da engenharia, certamente contribui para uma expansão do conhecimento que envolve este recurso da natureza tão imprescindível para a vida: a ÁGUA!

AGRADECIMENTOS

Gostaria em primeiro lugar de agradecer às instituições de fomento à pesquisa: FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa no Rio Grande do Sul) pela confiança e recursos alocados ao projeto *Comportamento hidrodinâmico da Lagoa Itapeva (Litoral Norte do RS) e seu efeito potencial sobre comunidades planctônicas* (processo nº 97/0291.5), sob a coordenação do Prof. Dr. David M. L. da Motta Marques, e ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa) pela concessão de bolsa de doutorado.

Em segundo lugar, e como não poderia deixar de ser, ao meu orientador, Prof. Dr. David M. L. da Motta Marques, por ter me dado a oportunidade de trabalhar em um projeto deste porte, que propiciou uma maior visão do funcionamento deste ecossistema aquático.

Seguem os agradecimentos a todos aqueles que de forma direta ou indireta permitiram a execução do presente trabalho de pesquisa.

Destaca-se a comunidade local que sempre foi atenciosa e participativa durante as campanhas realizadas, em particular Antônio C. P. Valim e família (Pousada da Lagoa/Hotel Recreio, Arroio do Sal-RS), Inácio Francisco Gonçalves (Sítio Costa da Lagoa, Torres-RS), Luiz Eduardo Müller e Antônio Santos de Andrade e família (Condomínio Itapeva, Barra dos Quirinos-RS).

É claro que este trabalho seria humanamente impossível sem a participação de uma grande equipe, foi uma experiência e tanto! Espero não cometer injustiças, pois cada um teve a sua parcela de contribuição específica, por isso estarei citando os nomes em ordem alfabética:

Alessandra Einsfeld Ferreira (Bolsista de IC/FAPERGS)
 Álvaro Frantz (Hidrotécnico/UFRGS)
 Prof. Dr. André Silveira (Pesquisador/UFRGS)
 Antônio Viamão Bueno (Hidrotécnico/UFRGS)
 Prof. Dr. David M.L. da Motta Marques (Coordenador/UFRGS)
 Eduardo Herrmann Heck (Estagiário/UFRGS)
 Elizângela Senna (Bolsista de AP/CNPq)
 Enio Egon Sosinski Jr. (Bolsista de Mestrado/CAPES)
 Fernanda Abreu dos Santos (Técnica em Química/PUCRS)
 Jairo Quadro Vallenti Júnior (Estagiário/UFRGS)
 Juliano Romanzini (Estagiário/PUCRS)
 Karen Grzybowski de Oliveira (Bolsista de AP/CNPq)
 Nicolás Lopardo (Bolsista de Mestrado/CNPq)
 Nicolle Albornoza Pessoa (Bolsista de IC/FAPERGS)
 Paulo Edson Marques (Hidrotécnico/UFRGS)
 Pedro Varni Silva da Silva (Hidrotécnico/UFRGS)
 Luis Gregório Raupp (Hidrotécnico/UFRGS)
 Sandro Evair Barreto Florisbello (Estagiário/UFRGS)
 Vanessa Becker (Bolsista de AP/CNPq)
 Vinícius Quadros de Oliveira (Estagiário/UFRGS)

Aos pesquisadores que contribuíram com críticas e sugestões de grande valia para a realização deste trabalho, destacando-se: Dr. Reinaldo Luiz Bozelli (UFF), Dra. Mônica Montú (FURG), Dr. Orlando Necchi Júnior (UNESP), Dr. Edison Dausacker Bidone (UFF), Dr. Albano Schwarzbald (UFRGS), Dr. João Sarquis Yunes (FURG), Dra. Catarina da Silva Pedrozo (UFRGS) e M. Sc. Carlos Eduardo Güntzel (UFRGS).

À Profa. M. Sc. Clarice Prade Carvalho, Diretora do Instituto de Biociências / PUCRS, pelo apoio constante e empréstimo de material durante o período de amostragem.

Aos colegas de doutorado Cláudio Frankenberg e Simone Giovannini pelas contribuições na montagem de planilhas para cálculos e tratamentos estatísticos dos dados, entre outros.

Agradecimento especial à mestranda Vanessa Becker pela quantificação e identificação da imensa quantidade de amostras fitoplanctônicas, além das longas horas contínuas de trabalho dividindo alegrias e tristezas...

E como não poderia deixar de faltar ao meu companheiro de vida, o também doutorando Luciano Laybauer, por termos inacreditavelmente sobrevivido a tudo que as entrelinhas de uma tese não revela.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
Objetivos	8
Área de Estudo	9
Referências Bibliográficas	12
2. MATERIAIS E MÉTODOS	14
Pontos de Amostragem	14
Estratégia de Amostragem	16
Variáveis analisadas	16
Referências Bibliográficas	20
3. ASPECTOS HIDROMETEOROLÓGICOS	21
RESUMO	21
ABSTRACT	22
INTRODUÇÃO	23
MATERIAL E MÉTODOS	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
Estação Meteorológica	27
Aspectos morfométricos	35
Linígrafo	37
Análise dos Dados	48
CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
4. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA	68
RESUMO	68
ABSTRACT	69
INTRODUÇÃO	70
MATERIAL E MÉTODOS	72
RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
Temperatura (TEMP)	75
Condutividade (COND)	86
Percentual de saturação do oxigênio dissolvido (OD%)	86
Oxigênio dissolvido (OD)	89
pH	89
Potencial de óxido-redução (ORP)	91
Turbidez (TURB)	93
Análise dos dados do multiprobe	97
Características ópticas da água	116
CO ₂ dissolvido	125
Alcalinidade	126
Dureza	127
Sólidos	128
Nitrogênio	140
Fósforo	146
Íons	149
Relação N:P	151
Sílica	156
Demanda química de oxigênio (DQO)	157
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO ₅)	159
Coliformes	160
Qualidade da água	161
Comparação com outras lagoas costeiras do RS	164
Análise dos dados das variáveis físico-químicas	164
CONCLUSÕES	180
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	183
5. ANÁLISE BIOLÓGICA: PIGMENTOS	186
RESUMO	186

ABSTRACT	187
INTRODUÇÃO	188
MATERIAL E MÉTODOS	190
RESULTADOS E DISCUSSÃO	192
Comparação de metodologias	192
Métodos para análise de clorofila <i>a</i>	192
Métodos para análise de feopigmentos	207
Razão DO664/665 x DO663663	209
Variação sazonal e espacial dos pigmentos	209
CONCLUSÕES	230
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	231
6. ANÁLISE BIOLÓGICA: PRODUÇÃO PRIMÁRIA	233
RESUMO	233
ABSTRACT	234
INTRODUÇÃO	236
MATERIAL E MÉTODOS	238
RESULTADOS E DISCUSSÃO	242
Produção Primária Líquida (PPL)	242
Respiração/Mineralização (RESP)	257
Taxa de Assimilação (TAXA)	269
Análise dos Dados	275
Taxas sazonal e anual	299
CONCLUSÕES	303
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	304
7. ANÁLISE BIOLÓGICA: COMUNIDADE PLANCTÔNICA	306
RESUMO	306
ABSTRACT	308
INTRODUÇÃO	309
MATERIAL E MÉTODOS	311
RESULTADOS E DISCUSSÃO	316
Fitoplâncton	316
Zooplâncton	353
Comunidade Planctônica	387
CONCLUSÕES	396
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	397
8. ANÁLISE DE GRADIENTES	403
RESUMO	403
ABSTRACT	404
INTRODUÇÃO	406
MATERIAL E MÉTODOS	408
RESULTADOS E DISCUSSÃO	411
Análise de Correlação	411
Grupos da Comunidade Planctônica	411
Espécies Dominantes e/ou Abundantes	417
Análise de Agrupamento (<i>cluster</i>)	426
Análise de Espécie Indicadora (TWINSPAN)	436
Análise de Correspondência Canônica (ACC)	442
CONCLUSÕES	464
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	465

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Tabela 2.1 – Resumo das técnicas/métodos utilizados para cada variável em estudo.	18
---	----

Capítulo 3 – ASPECTOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Tabela 3.1 - Análise descritiva dos dados (intervalo 4h) obtidos na estação meteorológica da Lagoa Itapeva em cada estação do ano.	28
Tabela 3.2 - Análise descritiva dos dados (intervalo 30min) obtidos na estação meteorológica da Lagoa Itapeva em cada estação do ano.	28
Tabela 3.3 - Parâmetros morfométricos da Lagoa Itapeva, calculados a partir de mapa com escala 1:250000 (Brasil, 1994).	35
Tabela 3.4 – <i>Fetch</i> efetivo (L_f) em função da posição dos pontos de amostragem e distância entre margens na Lagoa Itapeva, para cada direção de vento predominante sazonalmente, e sua relação com a altura de onda produzida.	36
Tabela 3.5 – Relação entre a altura de onda produzida e a dinâmica de fundo, em função da profundidade média entre os pontos de amostragem (1,5 m) na Lagoa Itapeva.	37
Tabela 3.6-Análise descritiva das variáveis hidrológicas entre os pontos e campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	38
Tabela 3.7 - Análise descritiva espacial e temporal das variáveis hidrológicas na Lagoa Itapeva.	38
Tabela 3.8 – Medidas repetidas (ANOVA “two way”) para os dados hidrológicos (n=38), testando dia, hora e ponto como fatores, em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	50
Tabela 3.9 – Medidas repetidas (ANOVA “three way”) para os dados hidrológicos (n=126), testando ponto, dia, hora e mês como fatores, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	51
Tabela 3.10 - Matriz de correlação (r-Pearson, $p < 0,05$, n= 38) entre as variáveis meteorológicas e hidrológicas.	54

Capítulo 4 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

Tabela 4.1- Análise descritiva das variáveis físico-químicas obtidas automaticamente pela sonda YSI, durante a campanha de inverno (Ago/98), em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	76
Tabela 4.2- Análise descritiva das variáveis físico-químicas obtidas automaticamente pela sonda YSI, durante a campanha de primavera (Dez/98), em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	76
Tabela 4.3- Análise descritiva das variáveis físico-químicas obtidas automaticamente pela sonda YSI, durante a campanha de verão (Mar/99), em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	77
Tabela 4.4- Análise descritiva das variáveis físico-químicas obtidas automaticamente pela sonda YSI, durante a campanha de outono (Mai/99), em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	77
Tabela 4.5- Análise descritiva das variáveis físico-químicas obtidas automaticamente pela sonda YSI, durante a campanha de inverno (Ago/99), em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	78
Tabela 4.6 - Avaliação geral dos dados do multiprobe nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva e em comparação com valores registrados para outras lagoas costeiras do RS.	96
Tabela 4.7 – Medidas repetidas (ANOVA “two-way”) para variáveis físico-químicas da sonda YSI (n=96), testando dia e hora, durante o inverno/98 (Ago/98) na Lagoa Itapeva.	98
Tabela 4.8 – Medidas repetidas (ANOVA “two-way”) para variáveis físico-químicas da sonda YSI (n=116), testando dia e hora, durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	99
Tabela 4.9 – Medidas repetidas (ANOVA “two-way”) para variáveis físico-químicas da sonda YSI (n=121), testando dia e hora, durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	99
Tabela 4.10 – Medidas repetidas (ANOVA “two-way”) para variáveis físico-químicas da sonda YSI (n=121), testando dia e hora, durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.	99

Tabela 4.11 – Medidas repetidas (ANOVA “two-way”) para variáveis físico-químicas da sonda YSI (n=121), testando dia e hora, durante o inverno/99 (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	100
Tabela 4.12 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para as variáveis físico-químicas da sonda YSI (n=36), testando dia, ponto e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva (ago/98 a ago/99) .	101
Tabela 4.13 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para temperatura (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	102
Tabela 4.14 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para condutividade (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	102
Tabela 4.15 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para percentual de saturação do oxigênio dissolvido (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	103
Tabela 4.16 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para oxigênio dissolvido (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	103
Tabela 4.17 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para pH (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	104
Tabela 4.18 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para potencial de óxido-redução (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	104
Tabela 4.19 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para turbidez (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	105
Tabela 4.20- Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, n= 116) das variáveis físico-químicas e meteorológicas, durante a campanha da primavera em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	112
Tabela 4.21- Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, n= 121) das variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, durante a campanha do verão em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	112
Tabela 4.22- Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, n= 121) das variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, durante a campanha do outono em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	113
Tabela 4.23- Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, n= 121) das variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, durante a campanha do inverno em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	114
Tabela 4.24- Análise descritiva de variáveis físicas associadas à intensidade luminisidade na coluna d'água, durante a primavera (Dez/98) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	117
Tabela 4.25- Análise descritiva de variáveis físicas associadas à intensidade luminisidade na coluna d'água, durante o verão (Mar/99) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	119
Tabela 4.26- Análise descritiva de variáveis físicas associadas à intensidade luminisidade na coluna d'água, durante o outono (Mai/99) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	120
Tabela 4.27- Análise descritiva de variáveis físicas associadas à intensidade luminisidade na coluna d'água, durante o inverno (Ago/99) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	121
Tabela 4.28 – Análise descritiva dos valores de CO ₂ dissolvido (mg CO ₂ .L ⁻¹) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	125
Tabela 4.29 – Análise descritiva dos valores de alcalinidade total (mg CaCO ₃ .L ⁻¹) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	127
Tabela 4.30 – Análise descritiva dos valores de dureza (mg CaCO ₃ .L ⁻¹) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	128
Tabela 4.31 – Análise descritiva dos valores de sólidos (mg.L ⁻¹) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	136
Tabela 4.32 – Análise descritiva dos valores de sólidos (mg.L ⁻¹), nas frações orgânicas e inorgânicas, obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva, onde: SSF = sólido suspenso fixo, SSV = sólido suspenso volátil, SDF = sólido dissolvido fixo, SDV = sólido dissolvido volátil.	139
Tabela 4.33 – Análise descritiva dos valores de diversas formas de nitrogênio (mg.L ⁻¹) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	142
Tabela 4.34 – Análise descritiva dos valores de diversas formas de fósforo (mg.L ⁻¹) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	148

Tabela 4.35 – Análise descritiva dos valores de íons (mg.L^{-1}) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	150
Tabela 4.36 – Análise descritiva das relações entre nutrientes (nitrogênio e fósforo) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	153
Tabela 4.37 – Análise descritiva das concentrações de sílica (mg.L^{-1}) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	156
Tabela 4.38 – Análise descritiva das demandas química e bioquímica de oxigênio (mg.L^{-1}) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	159
Tabela 4.39 – Análise descritiva das concentrações de coliformes (NMP.100mL^{-1}) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	161
Tabela 4.40 - Avaliação geral das variáveis físico-químicas nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva e em comparação com valores registrados para outras lagoas costeiras do RS.	163
Tabela 4.41 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) de algumas variáveis físico-químicas (vinculadas à transparência da água) e meteorológicas, durante a campanha de primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	166
Tabela 4.42 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) de algumas variáveis físico-químicas (vinculadas à transparência da água) e hidrometeorológicas, durante a campanha de verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	166
Tabela 4.43 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) de algumas variáveis físico-químicas (vinculadas à transparência da água) e hidrometeorológicas, durante a campanha de outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.	167
Tabela 4.44 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) de algumas variáveis físico-químicas (vinculadas à transparência da água) e hidrometeorológicas, durante a campanha de inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	167
Tabela 4.45 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) das variáveis físico-químicas e meteorológicas, durante a campanha de primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	169
Tabela 4.46 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) das variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, durante a campanha do verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	170
Tabela 4.47 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) das variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, durante a campanha do outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.	171
Tabela 4.48 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) das variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, durante a campanha do inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	172
Tabela 4.49- Análise descritiva das variáveis físico-químicas, obtidas automaticamente pela sonda YSI, no perfil da coluna d'água em cada campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	177
Tabela 4.50 – Matriz de correlação (r -Pearson $p < 0,05$, $n=24$ para Mar/99 e $n=36$ para Mai/99 e Ago/99) entre nutrientes e sólidos nas frações orgânicas e inorgânicas.	176
Tabela 4.51 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para sólidos ($n=36$), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	178
Tabela 4.52 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para nutrientes ($n=36$), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	178
Tabela 4.53 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para sólidos ($n=36$), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	179

Capítulo 5 – ANÁLISE BIOLÓGICA: PIGMENTOS

Tabela 5.1 – Percentual da qualidade dos valores obtidos para cada método testado nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	193
Tabela 5.2 - Análise descritiva dos valores de pigmentos em relação aos métodos testados, durante a campanha da primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	194
Tabela 5.3 - Análise descritiva dos valores de pigmentos em relação aos métodos testados, durante a campanha do verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	197

Tabela 5.4 - Análise descritiva dos valores de pigmentos em relação aos métodos testados, durante a campanha do outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.	200
Tabela 5.5 - Análise descritiva dos valores de pigmentos em relação aos métodos testados, durante a campanha do inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	201
Tabela 5.6 - Matrizes de correlações (r - de Pearson $p < 0,05$, $n = 108$) entre os métodos de pigmentos durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	205
Tabela 5.7 - Análise descritiva das leituras nas densidades ópticas utilizadas nos métodos de pigmentos, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	206
Tabela 5.8 - Análise descritiva das relações entre as concentrações de clorofila a do fundo para a superfície (F/S), em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	206
Tabela 5.9 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para a concentração de clorofila a ($n = 36$) com relação ao perfil da coluna d'água, testando dia, hora e ponto como fatores, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	218
Tabela 5.10 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para a concentração de clorofila a ($n = 27$) com relação ao turno de amostragem, testando dia, perfil e ponto como fatores, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	219
Tabela 5.11 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") da concentração de feopigmentos ($n = 36$) com relação ao perfil da coluna d'água, testando dia, hora e ponto como fatores, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	221
Tabela 5.12 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para a concentração de feopigmentos ($n = 27$) com relação ao turno de amostragem, testando dia, perfil e ponto como fatores, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	222
Tabela 5.13 - Análise descritiva das razões entre feopigmentos e clorofila a (Feo/Cl a) e entre tipos de clorofilas (c/a e b/a) em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	223

Capítulo 6 – ANÁLISE BIOLÓGICA: PRODUÇÃO PRIMÁRIA

Tabela 6.1 - Análise descritiva das taxas de produção primária líquida (PPL) em $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água, em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	243
Tabela 6.2 - Análise descritiva das taxas de produção primária, integradas na coluna d'água, em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	246
Tabela 6.3 - Análise descritiva das taxas de respiração (RESP) em $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água, em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	257
Tabela 6.4 - Análise descritiva das taxas de assimilação em $\text{mgC} \cdot \text{mgCl}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água, em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	270
Tabela 6.5 - Medidas repetidas (ANOVA "two-way") para produção primária ($n = 12$), testando mês e dia de campanha como fatores nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.	276
Tabela 6.6 - Medidas repetidas (ANOVA "two-way") para produção primária ($n = 12$), testando mês e ponto de amostragem como fatores nos dias de campanha na Lagoa Itapeva.	276
Tabela 6.7 - Medidas repetidas (ANOVA "two-way") para produção primária ($n = 9$), testando dia e ponto de amostragem como fatores nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	277
Tabela 6.8 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para produção primária ($n = 36$), testando dia, hora e ponto de amostragem como fatores nas campanhas sazonais da Lagoa Itapeva.	278
Tabela 6.9 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de produção primária, entre taxas diárias (24h) e diurnas (12h), em cada ponto de amostragem durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	279
Tabela 6.10 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de produção primária, entre taxas diurnas (12h) e noturnas (18h), em cada ponto de amostragem durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	280
Tabela 6.11 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 9$) de produção primária, em taxas diárias (24h), durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	281

Tabela 6.12 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 9$) de produção primária, em taxas diurnas (12h), durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	281
Tabela 6.13 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de variáveis físico-químicas, meteorológicas e de produção primária na primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	284
Tabela 6.14 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de variáveis físico-químicas, hidrometeorológicas e de produção primária no verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	285
Tabela 6.15 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de variáveis físico-químicas, hidrometeorológicas e de produção primária no outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.	286
Tabela 6.16 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de variáveis físico-químicas, hidrometeorológicas e de produção primária no inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	287

Capítulo 7 – ANÁLISE BIOLÓGICA: COMUNIDADE PLANCTÔNICA

Tabela 7.1 – Técnicas utilizadas para amostragem e análise do fito- e zooplâncton da Lagoa Itapeva.	312
Tabela 7.2 - Análise descritiva dos dados de densidade do fitoplâncton (N° ind.mL ⁻¹), total e por grupos, em cada campanha sazonal e ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	321
Tabela 7.3 – Distribuição da densidade da comunidade fitoplanctônica (ind.mL ⁻¹) no perfil da coluna d'água nas campanhas sazonais e pontos de amostragem na Lagoa Itapeva.	328
Tabela 7.4 – Medidas repetidas (ANOVA “three-way”) para densidade fitoplanctônica no perfil da coluna d'água ($n = 12$) testando ponto, dia e hora como fatores nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	338
Tabela 7.5 – Medidas repetidas (ANOVA “three-way”) para densidade fitoplanctônica nos turnos de amostragem ($n = 12$) testando ponto, dia e perfil como fatores nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	340
Tabela 7.6- Análise descritiva dos dados de densidade do zooplâncton (N° ind.L ⁻¹), total e por grupos, em cada campanha sazonal e ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	357
Tabela 7.7 – Distribuição da densidade da comunidade zooplanctônica (ind.L ⁻¹) no perfil da coluna d'água nas campanhas sazonais e pontos de amostragem na Lagoa Itapeva.	364
Tabela 7.8 – Medidas repetidas (ANOVA “three-way”) para densidade zooplanctônica no perfil da coluna d'água ($n = 12$) testando ponto, dia e hora como fatores nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	373
Tabela 7.9 – Medidas repetidas (ANOVA “three-way”) para densidade zooplanctônica nos turnos de amostragem ($n = 12$) testando ponto, dia e perfil como fatores nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	374

Capítulo 8 – ANÁLISE DE GRADIENTES

Tabela 8.1 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de variáveis físico-químicas e dos grupos planctônicos durante o inverno/98 (Ago/98) na Lagoa Itapeva.	412
Tabela 8.2 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 33$) de variáveis físico-químicas, meteorológicas e dos grupos planctônicos durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	412
Tabela 8.3 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 33, 36$ e 34) de variáveis físico-químicas, hidrometeorológicas e dos grupos planctônicos durante o verão (Mar/99), outono (Mai/99) e inverno/99 (Ago/99) na Lagoa Itapeva	415
Tabela 8.4 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de variáveis físico-químicas e das espécies abundantes da comunidade planctônica durante o inverno/98 (Ago/98) na Lagoa Itapeva.	418
Tabela 8.5 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 33$) de variáveis físico-químicas, meteorológicas e das espécies abundantes da comunidade planctônica durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	419
Tabela 8.6 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 33$) de variáveis físico-químicas, hidrometeorológicas e das espécies abundantes da comunidade planctônica durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	421

Tabela 8.7 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, n = 36) de variáveis físico-químicas, hidrometeorológicas e das espécies abundantes da comunidade planctônica durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.	423
Tabela 8.8 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, n = 34) de variáveis físico-químicas, hidrometeorológicas e das espécies abundantes da comunidade planctônica durante o inverno/99 (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	425
Tabela 8.9- Espécies indicadoras (TWINSPAN) do fitoplâncton nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	437
Tabela 8.10 - Espécies indicadoras (TWINSPAN) do zooplâncton nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	440
Tabela 8.11- Comparação das ordenações ACC (3 eixos) da comunidade planctônica a nível de grupos e de espécies dominantes/abundantes sazonalmente na Lagoa Itapeva.	444
Tabela 8.12 - Coeficientes de correlação (intra-amostra) entre as variáveis ambientais e os eixos da ACC durante inverno/98 (Ago/98) na Lagoa Itapeva.	446
Tabela 8.13 - Coeficientes de correlação (intra-amostra) entre as variáveis ambientais e os eixos da ACC sazonalmente na Lagoa Itapeva.	445

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Fig. 2.1 Delineamento Amostral na Lagoa Itapeva.	15
Fig. 2.2 – Mapa de localização da área de estudo com os pontos de amostragem (Norte, Centro e Sul) na Lagoa Itapeva (Litoral Norte do Rio Grande do Sul-Brasil).	17
Fig. 2.3 – Torre de amostragem instalada nos pontos de coleta na Lagoa Itapeva.	19

Capítulo 3 – ASPECTOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Figura 3.1 - Distribuições dos valores de temperatura atmosférica (°C), máxima (TMAX) e mínima (TMIN), nas campanhas de amostragem na Lagoa Itapeva.	30
Figura 3.2 - Distribuições dos valores de velocidade do vento ($m.s^{-1}$), máxima (VMAX) e média (VMED), nas campanhas de amostragem na Lagoa Itapeva.	30
Figura 3.3 - Distribuições dos valores de direção do vento (DIR em °) nas campanhas de amostragem na Lagoa Itapeva.	31
Figura 3.4 - Distribuições dos valores de precipitação (P em mm) nas campanhas de amostragem na Lagoa Itapeva.	31
Figura 3.5 - Frequência da distribuição da direção de ventos durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	32
Figura 3.6 - Frequência da direção dos ventos em cada campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	32
Figura 3.7 - Velocidade do vento (média e máxima) durante as campanhas na Lagoa Itapeva, em intervalos de turnos de 4h.	33
Figura 3.8 - Distribuição da velocidade, média (Vmed) e máxima (Vmax), e direção (Dir) dos ventos em cada campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	34
Figura 3.9 - Leitura momentânea do nível d'água em cada ponto de amostragem durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	41
Figura 3.10 - Leitura momentânea do nível d'água durante as campanhas sazonais em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	41
Figura 3.11 - Variação do nível d'água (m) durante as campanhas e entre os pontos de amostragem na Lagoa Itapeva.	42
Figura 3.12 - Variação da velocidade d'água ($m.s^{-1}$) durante as campanhas e entre os pontos de amostragem na Lagoa Itapeva.	43
Figura 3.13 - Frequências de direção do movimento d'água nas campanhas e em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	44
Figura 3.14 - Variação do nível d'água em cada ponto de amostragem sazonalmente na Lagoa Itapeva.	45
Figura 3.15 - Variação da velocidade d'água em cada ponto de amostragem sazonalmente na Lagoa Itapeva.	46
Figura 3.16 - Variação da direção d'água em cada ponto de amostragem sazonalmente na Lagoa Itapeva.	47
Figura 3.17 - Variação do nível d'água entre os pontos Norte e Sul da Lagoa Itapeva durante o início do outono (Mai/99).	49
Figura 3.18 - Análise de agrupamento dos dados hidrológicos entre os pontos e as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	52
Figura 3.19 - Regressão linear entre velocidade média de vento (VMED) e variáveis hidrológicas durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	58
Figura 3.20 - Regressão linear entre precipitação (P) e velocidade da água no ponto Sul (VS) na Lagoa Itapeva durante o verão (Mar/99).	58

Figura 3.21 - Regressão linear entre direção do vento (DIR), de N a E, e variáveis hidrológicas durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	59
Figura 3.22 - Regressão linear entre velocidade média de vento (VMED) e variáveis hidrológicas durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.	60
Figura 3.23 - Regressão linear entre direção do vento (DIR), de N a NW, e variáveis hidrológicas durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.	61
Figura 3.24 - Regressão linear entre velocidade média de vento (VMED) e variáveis hidrológicas durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	62
Figura 3.25 - Regressão linear entre velocidade máxima de vento (VMAX) e direção no ponto Sul durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	62
Figura 3.26 - Regressão linear entre direção do vento (DIR), de N a NW, e variáveis hidrológicas durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	63
Figura 3.27 - Relações entre velocidades média de vento e velocidade do movimento d'água em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	64
Figura 3.28 - Relações entre velocidades máxima de vento e velocidade do movimento d'água em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	65
Figura 3.29 - Variação mensal de nível d'água na Barra dos Quirinos (Lagoa Itapeva)	66

Capítulo 4 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

Figura 4.1 - Distribuição dos valores das variáveis físico-químicas obtidas pela sonda YSI, durante a campanha do inverno (Ago/98) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	79
Figura 4.2 - Distribuição dos valores das variáveis físico-químicas obtidas pela sonda YSI, durante a campanha da primavera (Dez/98) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	80
Figura 4.3 - Distribuição dos valores das variáveis físico-químicas obtidas pela sonda YSI, durante a campanha do verão (Mar/99) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	81
Figura 4.4 - Distribuição dos valores das variáveis físico-químicas obtidas pela sonda YSI, durante a campanha do outono (Mai/99) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	82
Figura 4.5 - Distribuição dos valores das variáveis físico-químicas obtidas pela sonda YSI, durante a campanha do inverno (Ago/99).	83
Figura 4.6 - Variação diária da temperatura em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	84
Figura 4.7- Variação diária das temperaturas atmosférica (TMAX) e da água nos pontos de amostragem durante cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	85
Figura 4.8 - Variação diária da condutividade em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	87
Figura 4.9 - Variação diária do percentual de saturação do oxigênio dissolvido em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	88
Figura 4.10 - Variação diária do pH em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	90
Figura 4.11 - Variação diária do potencial de óxido-redução em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	92
Figura 4.12 - Variação diária da turbidez em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	94
Figura 4.13 - Análise de agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, condutividade, OD e pH), durante a campanha de inverno (Ago/98) na Lagoa Itapeva.	107
Figura 4.14 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, condutividade, OD, pH e ORP), durante a campanha de primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	107
Figura 4.15 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, OD, pH, ORP e turbidez), durante a campanha de verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva. (N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia).	108

Figura 4.16 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, condutividade, OD, pH, ORP e turbidez), durante a campanha de outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva. (N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia).	108
Figura 4.17 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, OD, pH, ORP e turbidez), durante a campanha de inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva. (N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia).	108
Figura 4.18 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, condutividade, OD, pH e ORP) e meteorológicas, durante a campanha de primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	109
Figura 4.19 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, OD, pH, ORP e turbidez) e hidrodinâmicas, durante a campanha de verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	109
Figura 4.20 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, condutividade, OD, pH, ORP e turbidez) e hidrodinâmicas, durante a campanha de outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.	110
Figura 4.21 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, OD, pH, ORP e turbidez) e hidrodinâmicas durante a campanha de inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	110
Figura 4.22 - Variação diária da transparência Secchi, sazonalmente em cada ponto e turno de amostragem, na Lagoa Itapeva.	118
Figura 4.23 - Variação diária da relação entre I10% e I1%, sazonalmente em cada ponto e turno de amostragem, na Lagoa Itapeva.	122
Figura 4.24 - Variação diária da relação entre Zeu e Zaf, sazonalmente em cada ponto e turno de amostragem, na Lagoa Itapeva.	123
Figura 4.25 - Distribuição dos valores de sólidos durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva, em cada ponto de amostragem.	129
Figura 4.26 - Distribuição dos valores de sólidos durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva, em cada ponto de amostragem.	131
Figura 4.27 - Distribuição dos valores de sólidos durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva, em cada ponto de amostragem.	132
Figura 4.28 - Distribuição dos valores de sólidos durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva, em cada ponto de amostragem.	134
Figura 4.29 - Distribuição dos valores de sólidos durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva, em cada ponto de amostragem.	135
Figura 4.30 - Distribuição dos valores de sólidos durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva, em cada ponto de amostragem.	137
Figura 4.31 - Distribuição dos valores de sólidos durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva, em cada ponto de amostragem.	138
Figura 4.32 - Distribuição dos valores de nutrientes durante a primavera (Dez/98) e verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	144
Figura 4.33 - Distribuição dos valores de nutrientes durante o outono (Mai/99) e inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	145
Figura 4.34 - Relações entre nutrientes (N:P) em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	155
Figura 4.35 - Distribuição dos valores médios de DQO e DBO ₅ nos pontos e campanhas de amostragem na Lagoa Itapeva.	158
Figura 4.36 - Agrupamento do conjunto de variáveis físico-químicas e meteorológicas, nos turnos de amostragem, durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	181
Figura 4.37 - Agrupamento do conjunto de variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, nos turnos de amostragem, durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	181
Figura 4.38 - Agrupamento do conjunto de variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, nos turnos de amostragem, durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.	182
Figura 4.39 - Agrupamento do conjunto de variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, nos turnos de amostragem, durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	182

Capítulo 5 – ANÁLISE BIOLÓGICA: PIGMENTOS

Figura 5.1 - Distribuição dos valores de pigmentos ($\mu\text{g.L}^{-1}$) em cada método na campanha da primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	195
Figura 5.2 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.L}^{-1}$), durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	196
Figura 5.3 - Distribuição dos valores de pigmentos ($\mu\text{g.L}^{-1}$) em cada método na campanha de verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	195
Figura 5.4 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.L}^{-1}$), durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva	198
Figura 5.5 - Distribuição dos valores de pigmentos ($\mu\text{g.L}^{-1}$) em cada método na campanha do outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.	199
Figura 5.6 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.L}^{-1}$), durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva	202
Figura 5.7 - Distribuição dos valores de pigmentos ($\mu\text{g.L}^{-1}$) em cada método na campanha do inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	199
Figura 5.8 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.L}^{-1}$), durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva	203
Figura 5.9 - Frequência de ocorrência do pico máximo entre as densidades ópticas 663 e 664 nm, em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	204
Figura 5.10 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de feopigmentos e razões entre densidades ópticas (DO em nm), durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	208
Figura 5.11 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de feopigmentos e razões entre densidades ópticas (DO em nm), durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	208
Figura 5.12 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de feopigmentos e razões entre densidades ópticas (DO em nm), durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.	208
Figura 5.13 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de feopigmentos e razões entre densidades ópticas (DO em nm), durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	208
Figura 5.14 - Distribuição dos valores das razões entre densidades ópticas (DO) diferentes em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	210
Figura 5.15 - Frequência de distribuição das maiores concentrações de clorofila <i>a</i> no perfil da coluna d'água, em cada ponto durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	212
Figura 5.16 - Frequência de distribuição das maiores concentrações de clorofila <i>a</i> no perfil da coluna d'água, em cada turno durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	212
Figura 5.17 - Perfil de clorofila <i>a</i> durante a primavera (Dez/98), em cada ponto e dia de amostragem na Lagoa Itapeva.	214
Figura 5.18 - Perfil de clorofila <i>a</i> durante o verão (Mar/99), em cada ponto e dia de amostragem na Lagoa Itapeva.	215
Figura 5.19 - Perfil de clorofila <i>a</i> durante o outono (Mai/99), em cada ponto e dia de amostragem na Lagoa Itapeva.	216
Figura 5.20 - Perfil de clorofila <i>a</i> durante o inverno (Ago/99), em cada ponto e dia de amostragem na Lagoa Itapeva.	217
Figura 5.21 - Distribuição dos valores das razões entre Feopigmentos e Clorofila <i>a</i> (Feo/Cl <i>a</i>) em cada campanha sazonal e ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	224
Figura 5.22 - Relações entre clorofilas <i>b</i> e <i>a</i> (Cl <i>b</i> / Cl <i>a</i>) em cada ponto de amostragem, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	226
Figura 5.23 - Relações entre clorofilas <i>b</i> e <i>a</i> (Cl <i>b</i> / Cl <i>a</i>) durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	227
Figura 5.24 - Relações entre densidades ópticas (DO _{664/665}), em cada ponto de amostragem e durante as campanhas sazonais, na Lagoa Itapeva.	227

Figura 5.25 - Relações entre densidades ópticas (DO664/665) na interpretação fisiológica das amostras, durante as campanhas sazonais, na Lagoa Itapeva.	227
Figura 5.26 - Interpretação do percentual de clorofila <i>a</i> (% Cl <i>a</i>) com relação aos valores obtidos da densidade óptica 663nm (entre 1,0 e 1,7), em cada ponto durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	228
 Capítulo 6 – ANÁLISE BIOLÓGICA: PRODUÇÃO PRIMÁRIA	
Figura 6.1 - Distribuição dos valores positivos e negativos de produção primária líquida (PPL) no perfil da coluna d'água, em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	244
Figura 6.2 - Distribuição dos valores positivos e negativos de produção primária líquida (PPL) em cada ponto de amostragem sazonalmente na Lagoa Itapeva.	244
Figura 6.3 - Distribuição dos valores positivos e negativos de produção primária líquida (PPL) em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	244
Figura 6.4 - Variação diária da produção primária líquida (PPL) em cada ponto de amostragem, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	247
Figura 6.5 - Variação diária da razão entre zona de mistura (Zmix) e zona eufótica (Zeu) sazonalmente, em cada ponto e turno de amostragem, na Lagoa Itapeva.	252
Figura 6.6 - Relação da produção primária líquida (PPL), em taxas diárias (6-18h) e diurnas (6-14h), nos pontos de amostragem em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	253
Figura 6.7 - Relação da produção primária líquida (PPL), durante os turnos diurno (6-14h) e noturno (18h), nos pontos de amostragem em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	256
Figura 6.8 - Variação diária da respiração, em cada ponto de amostragem, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	259
Figura 6.9 - Relação da respiração em taxas diárias (6-18h) e diurnas (6-14h), nos pontos de amostragem em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	260
Figura 6.10 - Relação da respiração, durante os turnos diurno (6-14h) e noturno (18h), nos pontos de amostragem em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	261
Figura 6.11 - Variação das taxas de produção primária líquida (PPL) e respiração (RESP), nos turnos e pontos de amostragem, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	264
Figura 6.12 - Percentual de variação das taxas de produção primária líquida (PPL) e respiração (RESP), nos turnos e pontos de amostragem, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	265
Figura 6.13 - Relação entre as taxas de produção primária líquida (PPL) e respiração (RESP), em cada ponto de amostragem durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	267
Figura 6.14 - Relações entre oxigênio dissolvido (OD) com fósforo (P) e nitrato, em cada ponto de amostragem, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	268
Figura 6.15 - Variação diária da taxa de assimilação, em cada ponto de amostragem, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	271
Figura 6.16 - Relação da taxa de assimilação, em taxas diárias (6-18h) e diurnas (6-14h), nos pontos de amostragem em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	273
Figura 6.17 - Relação da taxa de assimilação, durante os turnos diurno (6-14h) e noturno (18h), nos pontos de amostragem em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	274
Figura 6.18 - Agrupamento da produção primária diária (24h), em função dos pontos e sazonalidade, na Lagoa Itapeva.	292
Figura 6.19 - Agrupamento da produção primária diurna (12h), em função dos pontos e sazonalidade, na Lagoa Itapeva.	293
Figura 6.20 - Agrupamento da produção primária diária (24h), em função dos pontos e dias, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	295
Figura 6.21 - Agrupamento da produção primária diurna (12h), em função dos pontos e dias, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	296

Figura 6.22- Agrupamento dos dados de produção primária, variáveis meteorológicas e físico-químicas em função dos pontos e turnos de amostragem, durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	297
Figura 6.23- Agrupamento dos dados de produção primária, variáveis hidrometeorológicas e físico-químicas em função dos pontos e turnos de amostragem, durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	297
Figura 6.24- Agrupamento dos dados de produção primária, variáveis hidrometeorológicas e físico-químicas em função dos pontos e turnos de amostragem, durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.	298
Figura 6.25- Agrupamento dos dados de produção primária, variáveis hidrometeorológicas e físico-químicas em função dos pontos e turnos de amostragem, durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	298
Figura 6.26 - Produção primária diária (24h), em cada estação do ano, para toda a Lagoa Itapeva.	300
Figura 6.27 - Produção primária diurna (12h), em cada estação do ano, para toda a Lagoa Itapeva.	300
Figura 6.28 - Produção primária anual, em taxas diárias (24h) e diurnas (12h), para toda a Lagoa Itapeva.	300

Capítulo 7 – ANÁLISE BIOLÓGICA: COMUNIDADE PLANCTÔNICA

Figura 7.1 - Distribuição dos valores de densidade do fitoplâncton total (n° ind.mL ⁻¹), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.	323
Figura 7.2 - Distribuição dos valores de densidade de Bacillariophyta (n° ind.mL ⁻¹), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.	324
Figura 7.3 - Distribuição dos valores de densidade de Cyanophyta (n° ind.mL ⁻¹), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.	325
Figura 7.4 - Distribuição dos valores de densidade (n° ind.mL ⁻¹) de outras divisões fitoplanctônicas (Chlorophyta, Cryptophyta, Euglenophyta, Dinophyta e Chrysophyta) durante as campanhas sazonais, nos pontos de amostragem, na Lagoa Itapeva.	326
Figura 7.5- Perfil de densidade do fitoplâncton (FITO) e zooplâncton (ZOO) durante o inverno (Ago/98) na Lagoa Itapeva.	329
Figura 7.6 - Perfil de densidade do fitoplâncton durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	330
Figura 7.7- Perfil de densidade do fitoplâncton durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	331
Figura 7.8 - Perfil de densidade do fitoplâncton durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.	332
Figura 7.9 - Perfil de densidade do fitoplâncton durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	333
Figura 7.10 - Distribuição da densidade média fitoplanctônica nas campanhas de amostragem na Lagoa Itapeva.	339
Figura 7.11- Densidade dos grupos fitoplanctônicos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	342
Figura 7.12- Densidade relativa dos grupos fitoplanctônicos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	343
Figura 7.13- Densidade relativa das espécies de fitoplâncton com maior representatividade em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	346
Figura 7.14- Densidade do fitoplâncton por classe de tamanho em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva	348
Figura 7.15- Distribuição dos valores de diversidade de Shannon-Wiener (H) e Simpson (D) do fitoplâncton, nos pontos de amostragem e campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	350
Figura 7.16- Distribuição dos valores de diversidade de Shannon-Wiener (H) e riqueza taxonômica (N° spp.) do fitoplâncton, nos pontos de amostragem e campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	352
Figura 7.17 - Distribuição dos valores de densidade do zooplâncton total (n° ind.L ⁻¹), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.	358
Figura 7.18 - Distribuição dos valores de densidade do grupo Protista (n° ind.L ⁻¹), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.	359

Figura 7.19 - Distribuição dos valores de densidade do grupo Rotifera (n° ind.L ⁻¹), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.	361
Figura 7.20 - Distribuição dos valores de densidade do grupo Cladocera (n° ind.L ⁻¹), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.	362
Figura 7.21 - Distribuição dos valores de densidade do grupo Copepoda (n° ind.L ⁻¹), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.	363
Figura 7.22 - Perfil de densidade do zooplâncton durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.	365
Figura 7.23 - Perfil de densidade do zooplâncton durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.	366
Figura 7.24 - Perfil de densidade do zooplâncton durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.	367
Figura 7.25 - Perfil de densidade do zooplâncton durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.	368
Figura 7.26 - Distribuição da densidade média zooplanctônica nas campanhas de amostragem na Lagoa Itapeva.	375
Figura 7.27- Densidade dos grupos zooplanctônicos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	377
Figura 7.28- Densidade relativa dos grupos zooplanctônicos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	378
Figura 7.29 - Densidade relativa das espécies de zooplâncton com maior representatividade em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva.	380
Figura 7.30- Densidade do zooplâncton por classe de tamanho em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.	382
Figura 7.31- Distribuição dos valores de diversidade de Shannon-Wiener (H) e Simpson (D) do zooplâncton, nos pontos de amostragem e campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	384
Figura 7.32- Distribuição dos valores de diversidade de Shannon-Wiener (H) e riqueza taxonômica (N° spp.) do zooplâncton, nos pontos de amostragem e campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.	385
Figura 7.33- Taxas de sucessão das comunidades planctônicas entre os turnos em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	388
Figura 7.34- Taxas de sucessão das comunidades planctônicas sazonalmente em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.	392
Figura 7.35 - Similaridade (índice de Sørensen) da comunidade de fitoplâncton e zooplâncton, entre os pontos de amostragem sazonalmente na Lagoa Itapeva.	394
Figura 7.36- Similaridade (índice de Sørensen) na comunidade de fitoplâncton entre a Lagoa Itapeva e outras lagoas costeiras do Rio Grande do Sul.	394
Figura 7.37- Similaridade (índice de Sørensen) na comunidade de zooplâncton entre a Lagoa Itapeva e outras lagoas costeiras do Rio Grande do Sul.	394

Capítulo 8 – ANÁLISE DE GRADIENTES

Figura 8.1 - Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante o inverno/98 (Ago/98) na Lagoa Itapeva (grupos).	427
Figura 8.2 - Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva (grupos).	427
Figura 8.3 - Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva (grupos).	428
Figura 8.4 - Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva (grupos).	429
Figura 8.5 - Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante o inverno/99 (Ago/99) na Lagoa Itapeva (grupos).	430
Figura 8.6 - Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante o inverno/98 (Ago/98) na Lagoa Itapeva (espécies).	431

Figura 8.7 - Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva (espécies).	432
Figura 8.8 - Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva (espécies).	433
Figura 8.9 - Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva (espécies).	434
Figura 8.10 - Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante o inverno/99 (Ago/99) na Lagoa Itapeva (espécies).	435
Figura 8.11- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o inverno/98 na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais.	447
Figura 8.12- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante a primavera (1º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais.	447
Figura 8.13- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante a primavera (2º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais.	450
Figura 8.14- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante a primavera (3º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais.	450
Figura 8.15- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o verão (1º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais.	453
Figura 8.16- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o verão (2º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais.	453
Figura 8.17- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o verão (3º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais.	454
Figura 8.18- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o outono (1º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais.	454
Figura 8.19- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o outono (2º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais.	456
Figura 8.20- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o outono (3º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais.	456
Figura 8.21- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o inverno/99 (1º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais.	458
Figura 8.22- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o inverno/99 (2º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais.	458
Figura 8.23- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o inverno/99 (3º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais.	459

LISTA DE ABREVIATURAS

FITOPLÂNCTON

DIVISÃO	SIGLA	ESPÉCIE
Bacillariophyta	<i>Auagassi</i>	<i>Aulacoseira agassizzi</i>
	<i>Adistans</i>	<i>Aulacoseira distans</i>
	<i>Augranu</i>	<i>Aulacoseira granulata</i>
	<i>Auangus</i>	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>
	<i>Aulaco</i>	<i>Aulacoseira</i> sp.
	<i>Cocconeis</i>	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>
	<i>Cyclote</i>	<i>Cyclotella</i> sp.
	<i>Cymbella</i>	<i>Cymbella</i> sp.
	<i>Ecamelus</i>	<i>Eunotia camelus</i>
	<i>Evalida</i>	<i>Eunotia valida</i>
	<i>Esudeti</i>	<i>Eunotia sudetica</i>
	<i>Edidyma</i>	<i>Eunotia didyma</i>
	<i>Eunotia</i>	<i>Eunotia</i> spp.
	<i>Fpinnata</i>	cf. <i>Fragillaria pinnata</i>
	<i>Fjavica</i>	cf. <i>Fragillaria javica</i>
	<i>Fragilpq</i>	<i>Fragillaria</i> sp. pq.
	<i>Fragilla</i>	<i>Fragillaria</i> sp.
	<i>Frustu</i>	<i>Frustulia</i> sp.
	<i>Gyrosig</i>	<i>Gyrosigma</i> sp.
	<i>Gomphone</i>	<i>Gomphonema</i> cf. <i>augur</i>
	<i>Ncryptot</i>	<i>Navicula cryptotenella</i>
	<i>Ncryptoc</i>	<i>Navicula cryptocephala</i>
	<i>Navicula</i>	<i>Navicula</i> spp.
	<i>Nitzsch</i>	<i>Nitzschia</i> spp.
	<i>Nacicula</i>	<i>Nitzschia acicularis</i>
	<i>Namphibi</i>	<i>Nitzschia amphibia</i>
	<i>Nfrutico</i>	<i>Nitzschia</i> cf. <i>fruticosa</i>
	<i>Nfrustu</i>	<i>Nitzschia frustulum</i>
	<i>Ninterme</i>	<i>Nitzschia</i> cf. <i>intermedia</i>
	<i>Nlanceo</i>	<i>Nitzschia</i> cf. <i>lanceolata</i>
	<i>Nlinear</i>	<i>Nitzschia linearis</i>
	<i>Nsubaci</i>	<i>Nitzschia</i> cf. <i>subacicularis</i>
	<i>Nconstri</i>	<i>Nitzschia constricta</i>
	<i>Npalea</i>	<i>Nitzschia palea</i>
	<i>Ngracili</i>	<i>Nitzschia gracilis</i>
	<i>Nsigma</i>	<i>Nitzschia sigma</i>
	<i>Pviridis</i>	<i>Pinnularia viridis</i>
	<i>Pinnular</i>	<i>Pinnularia</i> spp.
	<i>Pneoma</i>	<i>Pinnularia neomajor</i>
	<i>Pmaior</i>	<i>Pinnularia maior</i> var. <i>subacuta</i>
	<i>Sanceps</i>	<i>Stauroneis</i> cf. <i>anceps</i>
	<i>Stauro1</i>	<i>Stauroneis</i> sp1.
	<i>Stauro2</i>	<i>Stauroneis</i> sp2.
	<i>Staurosi</i>	<i>Stausira construens</i>
	<i>Surirell</i>	<i>Surirella</i> sp1.
	<i>Sovata</i>	<i>Surirella ovata</i> var. <i>minuta</i>
	<i>Sguatemala</i>	<i>Surirella guatemalensis</i>
<i>Stenera</i>	<i>Surirella tenera</i>	

	<i>Sunirel2</i>	<i>Sunirella</i> sp2.
	<i>Sunirel3</i>	<i>Sunirella</i> sp3.
	<i>Synedra1</i>	<i>Synedra</i> sp1.
	<i>Synedra2</i>	<i>Synedra</i> sp2.
	<i>Synedra3</i>	<i>Synedra</i> sp3.
	<i>Synedra4</i>	<i>Synedra</i> sp4.
	<i>Sulna</i>	<i>Synedra</i> cf. <i>ulna</i>
	<i>Trylevi</i>	<i>Tryblionella levidensis</i>
	<i>Tryvicto</i>	<i>Tryblionella victoriae</i>
Cyanophyta	<i>cyano1</i>	cyanofita 1
	<i>Anabae1</i>	<i>Anabaena</i> sp1.
	<i>Anabae2</i>	<i>Anabaena</i> sp2.
	<i>Anacir</i>	<i>Anabaena circinalis</i>
	<i>Anaspir</i>	<i>Anabaena spiroides</i>
	<i>Aphani1</i>	cf. <i>Aphanizomenon</i> sp1.
	<i>Aphani2</i>	cf. <i>Aphanizomenon</i> sp2.
	<i>Aphanizo</i>	<i>Aphanizomenon</i> sp.
	<i>Aphanoca</i>	<i>Aphanocapsa</i> sp.
	<i>Adelica</i>	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>
	<i>Anubilum</i>	<i>Aphanocapsa nubilum</i>
	<i>Aroesea</i>	<i>Aphanocapsa roeseana</i>
	<i>Aphanoth</i>	<i>Aphanothece</i> sp.
	<i>Cminor</i>	<i>Chroococcus minor</i>
	<i>Cminutus</i>	<i>Chroococcus minutus</i>
	<i>Climne</i>	<i>Chroococcus limneticus</i>
	<i>Coelos</i>	<i>Coelosphaerium</i> sp.
	<i>Ckuetzi</i>	<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>
	<i>Cimper</i>	<i>Cyanodiction imperfectum</i>
	<i>Creticu</i>	<i>Cyanodiction reticulatum</i>
	<i>Gkuetz</i>	<i>Gloeocapsa</i> cf. <i>kuetzingiana</i>
	<i>Gloeoca</i>	cf. <i>Gloeocapsa</i>
	<i>Gomphos</i>	<i>Gomphosphaeria</i> sp.
	<i>Lyngbya</i>	<i>Lyngbya</i> sp.
	<i>Merismo</i>	<i>Merismopedia tenuissima</i>
	<i>Maerogi</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>
	<i>Mminuti</i>	<i>Microcystis</i> cf. <i>minutissima</i>
	<i>Oscilla</i>	<i>Oscillatoria</i> sp.
	<i>Pcontor</i>	<i>Planktolyngbya contorta</i>
	<i>Plimneti</i>	<i>Planktolyngbya limnetica</i>
	<i>Pseudoa</i>	cf. <i>Pseudoanabaena</i>
Chlorophyta	<i>Ankistro</i>	<i>Ankistrodesmus</i> sp.
	<i>cloro1</i>	clorofita1
	<i>cloro2</i>	clorofita2
	<i>Cacicula</i>	<i>Closteropsis acicularis</i>
	<i>Cacutum</i>	<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i>
	<i>Cparvu</i>	<i>Closterium parvulum</i>
	<i>Capicula</i>	<i>Crucigeniella apiculata</i>
	<i>Ccrucife</i>	<i>Crucigeniella crucifera</i>
	<i>Golenki</i>	<i>Golenkinia ciliata</i>
	<i>Kcontor</i>	<i>Kirchneriella</i> cf. <i>contorta</i> var. <i>elegans</i>
	<i>Karcuata</i>	<i>Kirchneriella arcuata</i>
	<i>Kincurva</i>	<i>Kirchneriella incurvata</i>
	<i>Kirregu</i>	<i>Kirchneriella irregularis</i>

	<i>Kobesa</i>	<i>Kirchneriella obesa</i>
	<i>Lagerhe</i>	<i>Lagerheimia ciliata</i>
	<i>Marcuatu</i>	<i>Monoraphidium arcuatum</i>
	<i>Mcontor</i>	<i>Monoraphidium contortum</i>
	<i>Mgriffi</i>	<i>Monoraphidium griffithi</i>
	<i>Mirregu</i>	<i>Monoraphidium irregulare</i>
	<i>Mminutum</i>	<i>Monoraphidium minutum</i>
	<i>Mtortile</i>	<i>Monoraphidium tortile</i>
	<i>Mougeo</i>	<i>Mougeotia</i> sp.
	<i>Pduplex</i>	<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>duplex</i>
	<i>Pgraci</i>	<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>gracillimum</i>
	<i>Psimplex</i>	<i>Pediastrum simplex</i>
	<i>Oocystis</i>	<i>Oocystis lacustris</i>
	<i>Scene</i>	<i>Scenedesmus</i> spp.
	<i>Sacumina</i>	<i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>acuminatus</i>
	<i>Sminor</i>	<i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>minor</i>
	<i>Scommuni</i>	<i>Scenedesmus communis</i>
	<i>Secornis</i>	<i>Scenedesmus ecomis</i>
	<i>Sinterme</i>	<i>Scenedesmus intermedius</i>
	<i>Soval</i>	<i>Scenedesmus</i> cf. <i>ovalternus</i>
	<i>Squadri</i>	<i>Scenedesmus quadricauda</i>
	<i>Sparvus</i>	<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>parvus</i>
	<i>Schroede</i>	<i>Schroederia setigera</i>
	<i>Sphaero</i>	<i>Sphaerocystis planctonica</i>
	<i>Spyro</i>	<i>Spyrogira</i> sp.
	<i>Telegans</i>	<i>Tetrastrum elegans</i>
	<i>Tglabrum</i>	<i>Tetrastrum glabrum</i>
	<i>Ttriacan</i>	<i>Tetrastrum triacanthum</i>
	<i>Ttriangu</i>	<i>Tetrastrum triangulare</i>
	<i>Tetrae</i>	<i>Tetraedron trigonum</i>
Cryptophyta	<i>Chroomo</i>	<i>Chroomonas acuta</i>
	<i>Cerosa</i>	<i>Cryptomonas erosa</i>
	<i>Cmarson</i>	<i>Cryptomonas marsonii</i>
	<i>Cpyreno</i>	<i>Cryptomonas pyrenoidifera</i>
	<i>Cryptogr</i>	<i>Cryptofita</i> gr.
Dinophyta	<i>Dinopq</i>	<i>Dinofita</i> pq.
	<i>Gymno</i>	<i>Gymnodinium</i> sp.
	<i>Pvolzii</i>	<i>Peridinium volzii</i>
	<i>Peri</i>	<i>Peridinium</i> sp2.
Euglenophyta	<i>Euglena</i>	<i>Euglena</i> sp.
	<i>Trachesp</i>	<i>Trachelomonas</i> sp.
	<i>Tvolvo</i>	<i>Trachelomonas volvocina</i>
	<i>Strombo</i>	<i>Strombomonas</i> sp.
Crysophyta	<i>Dinobry</i>	<i>Dinobryon sertularia</i>
	<i>Mallo</i>	<i>Mallomonas</i> sp.
	<i>Salpin</i>	<i>Salpingoeca</i> sp.

ZOOPLÂNCTON

GRUPO	SIGLA	ESPÉCIE
Protista	<i>Codonell</i>	<i>Codonella</i> sp.
	<i>Tintinn1</i>	<i>Tintinnidium</i> sp1.

<i>Tintinn2</i>	<i>Tintinnidium</i> sp2.
<i>Tintino1</i>	<i>Tintinnopsis</i> sp1.
<i>Tintinno2</i>	<i>Tintinnopsis</i> sp2.
<i>Vortimi</i>	<i>Vorticella microstoma</i>
<i>Vortipq</i>	<i>Vorticella</i> pq.
<i>Abathy</i>	<i>Arcella bathystoma</i>
<i>Aconica</i>	<i>Arcella conica</i>
<i>Adiscoid</i>	<i>Arcella</i> cf. <i>discoides</i>
<i>Agibbosa</i>	<i>Arcella gibbosa</i>
<i>Ahemisph</i>	<i>Arcella</i> cf. <i>hemisphaerica</i>
<i>Apolypor</i>	<i>Arcella polypora</i>
<i>Arotunda</i>	<i>Arcella</i> cf. <i>rotundata</i>
<i>Avulgar</i>	<i>Arcella</i> cf. <i>vulgaris</i>
<i>Caculea</i>	<i>Centropyxis aculeata</i>
<i>Caculepq</i>	<i>Centropyxis aculeata</i> pq.
<i>Cacuecor</i>	<i>Centropyxis aculeata</i> var. <i>ecomis</i>
<i>Cacuoblo</i>	<i>Centropyxis aculeata</i> var. <i>oblonga</i>
<i>Carcello</i>	<i>Centropyxis</i> cf. <i>arcelloides</i>
<i>Ccassis</i>	<i>Centropyxis</i> cf. <i>cassis</i>
<i>Ccbrava</i>	<i>Centropyxis</i> cf. <i>compressa</i> f. <i>brava</i>
<i>Cconstri</i>	<i>Centropyxis</i> cf. <i>constricta</i>
<i>Cminuta</i>	<i>Centropyxis minuta</i>
<i>Corbicu</i>	<i>Centropyxis</i> cf. <i>orbicularis</i>
<i>Corythi</i>	cf. <i>Corythion</i>
<i>Curcubi</i>	cf. <i>Curcubitella</i>
<i>Ctrochus</i>	<i>Cyphoderia trochus</i>
<i>Ctrochpq</i>	<i>Cyphoderia trochus</i> pq.
<i>Dacumina</i>	<i>Diffugia acuminata</i>
<i>Dacumipq</i>	<i>Diffugia acuminata</i> pq.
<i>Davella</i>	<i>Diffugia</i> cf. <i>avellana</i>
<i>Dbryophi</i>	<i>Diffugia</i> cf. <i>bryophila</i>
<i>Dclaaacu</i>	<i>Diffugia claviformis</i> e <i>D. acutissima</i>
<i>Dclavipq</i>	<i>Diffugia claviformis</i> pq.
<i>Dcafri</i>	<i>Diffugia</i> cf. <i>compressa</i> var. <i>africana</i>
<i>Delegans</i>	<i>Diffugia elegans</i>
<i>Dglobula</i>	<i>Diffugia</i> cf. <i>globularis</i>
<i>Dglobosa</i>	<i>Diffugia</i> cf. <i>globulosa</i>
<i>Dgramen</i>	<i>Diffugia gramen</i>
<i>Dgracau</i>	<i>Diffugia</i> cf. <i>gramen</i> var. <i>caudata</i>
<i>Dlanceo</i>	<i>Diffugia</i> cf. <i>lanceolata</i>
<i>Dlobo</i>	<i>Diffugia</i> cf. <i>lobostoma</i>
<i>Dlongico</i>	<i>Diffugia</i> cf. <i>longicollis</i>
<i>Dmammila</i>	<i>Diffugia</i> cf. <i>mammilaris</i> var. <i>oranensis</i>
<i>Dmani</i>	<i>Diffugia</i> cf. <i>manicata</i>
<i>Doblonga</i>	<i>Diffugia oblonga</i>
<i>Dobloinc</i>	<i>Diffugia</i> cf. <i>oblonga</i> var. <i>incondita</i>
<i>Dovifor</i>	<i>Diffugia oviformis</i>
<i>Dpyrifor</i>	<i>Diffugia</i> cf. <i>pyriformis</i>
<i>Dsarissa</i>	<i>Diffugia</i> cf. <i>sarissa</i>
<i>Dtuber</i>	<i>Diffugia tuberculata</i> var. <i>minor</i>
<i>Durceo</i>	<i>Diffugia</i> cf. <i>urceolata</i>
<i>Efilifer</i>	<i>Euglypha filifera</i>
<i>Efilife2</i>	<i>Euglypha filifera</i> sp2.

	<i>Etuber</i>	<i>Euglypha tuberculata</i>
	<i>Hoogen</i>	<i>Hoogenraadia</i> sp.
	<i>Hsub</i>	<i>Hyalosphenia subflava</i>
	<i>Lmodesta</i>	<i>Lesquereusia modesta</i>
	<i>Lspiral</i>	<i>Lesquereusia spiralis</i>
	<i>Lesquer</i>	cf. <i>Lesquereusia</i>
	<i>Ngriseo</i>	<i>Nebela</i> cf. <i>griseola</i>
	<i>Nebela1</i>	<i>Nebela</i> sp1.
	<i>Nebela2</i>	<i>Nebela</i> sp2.
	<i>Pparadox</i>	<i>Phryganella</i> cf. <i>paradoxa</i>
	<i>Pcompre</i>	<i>Pontigulasia</i> cf. <i>compressa</i>
	<i>Pelisa</i>	<i>Pontigulasia</i> cf. <i>elisa</i>
	<i>Pontigu</i>	<i>Pontigulasia</i> sp.
	<i>Pgracil</i>	<i>Pseudodiffugia gracilis</i>
	<i>Trinema</i>	<i>Trinema</i> sp.
	<i>Trygono</i>	<i>Trygonopyxis</i> sp.
	<i>Dsp1</i>	<i>Diffugia</i> sp1.
	<i>Dsp2</i>	<i>Diffugia</i> sp2.
	<i>Dsp3</i>	<i>Diffugia</i> sp3.
	<i>Dsp4</i>	<i>Diffugia</i> sp4.
	<i>tecameba</i>	<i>tecameba</i> nova
	<i>Heliozoa</i>	cf. <i>Heliozoa</i>
Rotifera	<i>Bcalyci</i>	<i>Brachionus calyciflorus</i>
	<i>Bcauda</i>	<i>Brachionus caudatus</i>
	<i>Bpersona</i>	<i>Brachionus caudatus</i> f. <i>personatus</i>
	<i>Cunicor</i>	<i>Conochilus unicornis</i>
	<i>Edilata</i>	<i>Euchlanis dilatata</i>
	<i>Euchlani</i>	<i>Euchlanis</i> sp.
	<i>Filina</i>	<i>Filina longiseta-terminalis</i>
	<i>Hinterme</i>	<i>Hexarthra</i> cf. <i>intermedia intermedia</i>
	<i>Hbrazili</i>	<i>Hexarthra</i> cf. <i>intermedia braziliensis</i>
	<i>Kcochlea</i>	<i>Keratella cochlearis</i>
	<i>Kamerica</i>	<i>Keratella americana</i>
	<i>Ktropica</i>	<i>Keratella tropica</i>
	<i>Lluna</i>	<i>Lecane</i> cf. <i>luna</i>
	<i>Lleonti</i>	<i>Lecane leontina</i>
	<i>Lbulla</i>	<i>Lecane (Monostyla) bulla</i>
	<i>Llunaris</i>	<i>Lecane (Monostyla) lunaris</i>
	<i>Lecane</i>	cf. <i>Lecane</i> sp.
	<i>Lpatella</i>	<i>Lepadella patella</i>
	<i>Lepadel</i>	<i>Lepadella</i> cf. <i>minuta</i>
	<i>Mytilina</i>	cf. <i>Mytilina compressa</i>
	<i>Notholca</i>	<i>Notholca acuminata</i>
	<i>Ploesoma</i>	<i>Ploesoma truncatum</i>
	<i>Polyarth</i>	<i>Polyarthra</i> spp.
	<i>Pompholi</i>	<i>Pompholix complanata</i>
	<i>Tpatina</i>	<i>Testudinella patina</i>
	<i>Tcapucci</i>	<i>Trichocerca capuccina</i>
	<i>Tsimilis</i>	<i>Trichocerca similis</i>
	<i>Tbicris</i>	<i>Trichocerca bicristata</i> var. <i>mucosa</i>
	<i>Tbidens</i>	<i>Trichocerca</i> cf. <i>bidens</i>
	<i>Tcylin</i>	<i>Trichocerca cylindrica</i>
	rotífero	rotífero contraído

	larvaROT	larva ROTIFERA
Cladocera	<i>Alona</i>	<i>Alona cf. rustica</i>
	<i>Bhuaro</i>	<i>Bosmina cf. huaronensis</i>
	<i>Blongiro</i>	<i>Bosmina longirostris</i>
	<i>Bhagma</i>	<i>Bosmina hagmanni</i>
	<i>Bosmina</i>	<i>Bosmina sp.</i>
	<i>Bdeiter</i>	<i>Bosminopsis deitersi</i>
	<i>Ccomuta</i>	<i>Ceriodaphnia comuta</i>
	<i>Daphnia</i>	<i>Daphnia ambigua</i>
	<i>Dgessne</i>	<i>Daphnia gessneri</i>
	<i>Dlaevis</i>	<i>Daphnia laevis</i>
	<i>Diaphano</i>	<i>Diaphanosoma cf. brachyurum</i>
	<i>Kurzia</i>	<i>Kurzia cf. latissima</i>
	<i>Macroth</i>	<i>Macrothrix cf. spinosa</i>
	<i>Moina</i>	<i>Moina minuta</i>
	cladojr	cladóceros jovens
Copepoda	CYCLODia	copepoditoCYCLO e <i>cf. Diacyclops</i>
	<i>Mmeridia</i>	<i>Mesocyclops meridianus</i>
	<i>Mlongise</i>	<i>Mesocyclops longisetus</i>
	<i>Notodiap</i>	<i>Notodiaptomus incompositus</i>
CALANO	copepoditoCALANO	
HARPATI	HARPATICOIDA	
nauplio	náuplio	

1. INTRODUÇÃO

A maioria das lagoas na costa brasileira são encontradas nos Estados do Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. Pode-se considerar as lagoas costeiras brasileiras como um dos conjuntos de ecossistemas aquáticos continentais mais representativos do país. Embora no Brasil o termo lagoa costeira ou simplesmente lagoa seja amplamente empregado para designar corpos d'água localizados na costa, portanto próximos ao mar, esses ecossistemas podem ser na prática lagunas ou lagos costeiros (Esteves, 1998). Entretanto, o conhecimento sobre lagoas costeiras brasileiras ainda está muito restrito a dissertações, teses e resumos de congressos onde as grandes contribuições mais recentes foram para o Estado do Rio de Janeiro (Esteves, 1998; Kjerfve, 1994; Knoppers et al., 1999). Consultando a base de dados do Biological Abstracts, no período de 1998 a 2000, encontram-se registrados 23 artigos sobre lagoas costeiras brasileiras. Destes, quatro abordaram aspectos pertinentes ao fitoplâncton, um com relação ao zooplâncton e somente um sobre a comunidade planctônica, ou seja, 26,1% do total. Bozelli (comunicação pessoal) ressaltou o estudo do zooplâncton como uma das lacunas existentes no conhecimento da ecologia zooplânctônica em lagoas costeiras no Brasil, durante o 7º Congresso Brasileiro de Limnologia (Florianópolis/SC). De fato, é surpreendente que tão pouca informação sintetizada exista sobre lagoas costeiras, considerando que elas ocupam 13% de todos os ambientes costeiros do mundo (Kjerfve, 1990).

× Em lagoas costeiras, o vento exerce forte influência sobre a hidrodinâmica, podendo ser constatada facilmente em algumas lagoas do RJ (p.ex. Araruama, Guarapina e Maricá). Este tipo de hidrodinâmica devido ao vento é certamente capaz de colocar em suspensão o material de fundo, que pode ser tão mais relevante quanto menor for a profundidade. De fato o vento age decisivamente, em lagunas pouco profundas, tanto na ressuspensão do material sedimentado quanto na distribuição do oxigênio dissolvido perturbando nos dois casos os fenômenos fotossintéticos (Azevedo, 1984).

A reduzida profundidade torna fácil o trabalho do vento em revolver toda a massa de água. Desse modo, períodos de estagnação térmica são de curta duração. Nos climas tropical e subtropical do Brasil, essas estratificações poderão ocorrer em qualquer época do ano, sempre que houver um aquecimento rápido. Naturalmente, no verão, essa condição é mais freqüente nos subtrópicos. A elevação da temperatura da água em poucos graus já é suficiente para estabelecer uma diferença considerável na densidade. Não se conhecem no Brasil subtropical, e tão pouco em outros países subtropicais, estratificações térmicas prolongadas. Portanto, não deve haver redução no desenvolvimento do fitoplâncton, por empobrecimento do epilímnio, porque a quase ininterrupta circulação vertical da água levará a todas as camadas os produtos

da mineralização no fundo (Kleerekoper, 1990). A ausência da estratificação térmica dessas lagoas do RJ, devido a pouca profundidade desses ecossistemas (raramente superior a 3,5 m) e também ao fato de estarem submetidos à ação de ventos constantes típicos de regiões litorâneas, leva a uma homogeneidade na concentração de pH, condutividade e oxigênio ao longo da coluna d'água. Além disso, a turbulência reduz a profundidade da zona eufótica devido a ressuspensão da camada superficial do sedimento (Esteves et al., 1984).

O recurso hídrico constituído por um lago natural ou artificial deve satisfazer múltiplas, algumas vezes, contraditórias necessidades: geração de energia, compensação para períodos de baixo nível de água, atenuação de inundação, suprimento de água potável, atividades de lazer, pesca etc. O gerenciamento deste recurso requer a preservação do balanço deste ecossistema, que em suma implica em boa compreensão de sua dinâmica. Estudos multidisciplinares, envolvendo ambos monitoramento e modelagem dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, são necessários para que isso seja atingido. Assim, a extrema sensibilidade do ecossistema à hidrodinâmica justifica por si só a união de dois modelos (biológico e hidrodinâmico), tanto quanto permite seu uso potencial como uma ferramenta no gerenciamento hídrico (Thébault & Salençon, 1993).

Associação entre modelos hidrodinâmicos e biológicos estão sendo cada vez mais empregados em diversos tipos de ambientes aquáticos: marinhos (Chapelle et al., 1994), estuários (Doering et al., 1995; Heip & Herman, 1995), reservatórios (Thébault & Salençon, 1993; Hamilton & Schladow, 1995; Salençon & Thébault, 1996) e lagos (Chen & Smith, 1979; Gallerano et al., 1993). Os resultados destes modelos proporcionaram uma maior compreensão dos fatores bióticos e abióticos envolvidos na dinâmica do ambiente aquático, possibilitando a construção de diversos cenários que servem como base para o gerenciamento destes recursos hídricos.

A entrada estocástica de energia externa na forma de movimento de água é um fator maior que controla a dinâmica da comunidade planctônica (Margalef, 1978 *apud* Millet & Cecchi, 1992). Isto é particularmente importante em sistemas rasos e freqüentemente perturbados onde o vento é a principal fonte de energia cinética produzindo movimento de água (Millet, 1989 *apud* Millet & Cecchi, 1992). Em corpos de água rasos e bem misturados, comunidades fitoplanctônicas necessariamente responderiam aos componentes horizontais e verticais do movimento induzido pelo vento e suas interações com características batimétricas (Mackas et al., 1985 *apud* Millet & Cecchi, 1992).

De fato, as flutuações observadas na dinâmica planctônica foram principalmente devido a fatores ambientais (climáticos, hidrodinâmicos), os quais interferem nos processos

biológicos (ciclos, recrutamento etc.). O tamanho do animal depende do processo de transferência de energia entre os compartimentos da cadeia alimentar via relação fisiológica (metabolismo) e relação ecológica (distribuição de predadores e presas). As flutuações na abundância do tamanho corpóreo e diversidade do zooplâncton poderiam ser explicadas, à grande extensão, pela diversidade de biótopos, dinâmica das águas e condições climáticas. A importância de recrutamento demográfico na lagoa depende tanto da renovação de água quanto do ciclo das espécies (Hoai, 1991).

Como a dinâmica do fitoplâncton nem sempre é linear, os organismos não podem imediatamente e perfeitamente acompanhar às mudanças ambientais. Desta forma, existem atrasos de tempo específico entre a ocorrência de distúrbios físicos e seus efeitos em sistemas biológicos. A intensidade tanto quanto a duração de tais eventos ambientais (p. ex. vento) afetariam assim as algas (Harris, 1986 *apud* Millet & Cecchi, 1992). Neste contexto, comunidades de fitoplâncton serão selecionadas de acordo com a rapidez e eficiência de suas respostas biológicas. Além disso, assumindo que o fitoplâncton comporta-se como uma “função viva de transferência” do ambiente é conveniente considerar as respostas de propriedades de espécies emergentes das comunidades para avaliar o impacto de perturbações em grande escala, tal como vento (Millet & Cecchi, 1992).

Geralmente há alterações na composição da comunidade relacionadas com o tamanho relativo das células do fitoplâncton, e com a capacidade de crescimento da espécie. Pequenos estrategistas r podem apresentar rápidas taxas de reprodução em ambientes turbulentos (1 a 3 dias), enquanto que estrategistas k mostram respostas com maior duração (4 a 5 dias) (Harris 1986 *apud* Tundisi, 1990).

Os fatores hidrodinâmicos operam através de uma gama de controles diretos e indiretos, e podem modificar substancialmente o ritmo diário do crescimento fitoplanctônico. Dependendo do regime hidrodinâmico, células fitoplanctônicas podem experimentar maiores flutuações em relação à luz e nutrientes em escalas de tempo muito menores que um ciclo de 24h. Na camada superficial de lagos e oceanos ocorre mistura turbulenta em resposta ao stress do vento, troca de calor na superfície e entradas advectivas. Em muitos ambientes aquáticos a camada superficial atinge um ciclo de 24h entre mistura e estabilidade. O padrão diário de estratificação e mistura pode continuar a repetir-se por vários dias, mas isto está também sujeito às variações associadas com mudanças nas condições meteorológicas. Uma relação de trabalho mais próxima entre pesquisadores em hidrodinâmica e fisiologista/ecologista algal oferecerá uma melhor perspectiva para compreender as fontes de variabilidade entre estes

sinais externos e na capacidade endógena de células a responder durante o ciclo de crescimento fototrófico (Vincent, 1992).

A influência do vento na dinâmica do fitoplâncton foi examinada mais detalhadamente por Demers & Therriault (1987). Ficou evidenciado um aumento nos valores de todos os estimadores de biomassa (carbono orgânico particulado/COP, clorofila, feopigmentos e número de diatomáceas bênticas) com o aumento na velocidade do vento, contudo, a relação não foi linear. Velocidades médias de vento $\leq 4,0 \text{ m.s}^{-1}$ ou $\geq 6,0 \text{ m.s}^{-1}$ não demonstraram efeito nos valores dos estimadores de biomassa. Entretanto, existiu um aumento significativo em todos os estimadores de biomassa com velocidades de vento entre 4,0 e 6,0 m.s^{-1} . Assim, 4 m.s^{-1} pareceu ser um importante valor limiar para velocidade do vento ter uma influência significativa na concentração do COP na zona rasa sublitoral. De uma forma interessante, a capacidade fotossintética no ponto de amostragem mostrou um decréscimo em velocidades de vento $> 4 \text{ m.s}^{-1}$, enquanto a assimilação do carbono pareceu ser independente da velocidade do vento. Aumento de clorofila relacionado a altas velocidades de vento tem sido freqüentemente registrado por diversos autores, segundo Demers & Therriault (1987). Estes aumentos de clorofila têm sido atribuídos tanto para o crescimento do fitoplâncton ativo, seguido pela disponibilização de nutrientes da zona eufótica, devido à mistura causada pelo vento, ou diretamente da ressuspensão de microalgas bentônicas. Em lagos rasos e na zona rasa sublitoral, a mistura causada pelo vento tem um efeito similar, pois repõe nutrientes do sedimento de volta na coluna de água.

Como a quantidade de pesquisa enfocando hidrodinâmica x comunidade planctônica é bastante escassa em lagoas costeiras, utilizaremos um vasto conhecimento sobre dinâmica da comunidade planctônica em diversas lagoas rasas no mundo para confrontar com os nossos resultados. Esta iniciativa está baseada no fato que, o comportamento de corpos d'água pouco profundos, perante a amplitude dos fatores ambientais, se manifesta na resposta da comunidade planctônica, provavelmente, de uma forma muito próxima ao que observamos na Lagoa Itapeva.

Assim sendo, vários estudos em lagoas rasas (Demers & Therriault, 1987; Padisák et al., 1990; Millet & Cecchi, 1992; Carrick et al., 1993; MacIntyre, 1993; Cristofor et al., 1994; Dokulil, 1994; Dokulil & Padisák, 1994; Padisák & Dokulil, 1994; Lacroix & Lescher-Moutoué, 1995; Gervais et al., 1997; Zagarese et al., 1998) evidenciaram um modelo comportamental muito próximo ao que constatamos para a Lagoa Itapeva, como p.ex., a ação constante de ventos propiciando uma elevada turbidez, provocada pela ressuspensão de partículas do sedimento, as quais interferem na relação entre estado trófico e luz ambiente.

Desta forma, espera-se que a biomassa planctônica responda a este stress hidrodinâmico com alterações comportamentais/fisiológicas na comunidade. Acredita-se que a resposta horizontal seja mais efetiva do que a vertical, visto que em apenas alguns instantes foi possível observar o padrão de estratificação vertical durante a estagnação do vento.

Entretanto, é fundamental não esquecer os conhecimentos sobre ecologia e fisiologia das espécies planctônicas para poder avaliar cada situação. A opinião de que habitats mais cinéticos são mais difíceis para a sobrevivência do plâncton é amplamente intuitiva e certamente precede recentes desenvolvimentos na compreensão e quantificação da teoria de turbulência. Na apreciação destes processos torna-se claro que, em escala individual dos organismos, a intensidade de turbulência é de menor relevância que cada uma das extensões espacial e temporal, ou são mudanças secundárias que podem atingir nas massas de água afetadas em consequência da turbulência. Estes últimos efeitos causam impacto substancial no funcionamento biológico de comunidades aquáticas, sua dinâmica e sua composição de espécies. O nível de turbulência é menos importante na seleção de ficoflora distinta em sistemas cinéticos intensivamente misturados, do que sua extensão espacial ou sua persistência temporal. Embora, a alga possa ser circundada por um meio viscoso, é mesmo improvável permanecer quase estacionária: enquanto a turbulência persiste, estas estão sempre sujeitas a serem deslocadas ou absorvidas dentro do movimento. Se as células afundam, flutuam ou se movimentam em relação às águas adjacentes, sua atual posição é constantemente sujeita ao reajuste. A relação entre a velocidade intrínseca do movimento da alga e a velocidade de arraste do meio (aproximadamente, a raiz quadrada da intensidade de turbulência) determina se a alga continua a gravitar através da água ou permanece livremente movendo-se por toda a extensão do movimento turbulento. O critério para mistura na massa de água é que a velocidade intrínseca de sedimentação ou flutuação seja excedida pela velocidade de arraste do meio por um fator de 15:1 caso contrário, as algas logo se tornarão mais concentradas no fundo ou (se flutuando) em direção ao topo da camada. Pode ser visto imediatamente que, mesmo uma diatomácea saudável com uma taxa de sedimentação de $\sim 3 \mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ requer uma intensidade bastante grande de turbulência para aleatorizar a população através da camada de mistura em relação a células de *Chlorella* que sedimentam a $\sim 0,3 \mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Contudo, esta dispersão aplicar-se-á em toda a profundidade da água na qual o critério de mistura na massa desta seja satisfeito. A taxa de perda de uma população em suspensão está relacionada à probabilidade de entrada da camada turbulenta para a camada não-turbulenta. Usando unidades apropriadas, foi expressa a taxa de perda diária por sedimentação (afundamento) como uma exponencial negativa baseada no quociente de velocidade de afundamento ($\text{m}\cdot\text{dia}^{-1}$) e a profundidade de mistura (m) (Reynolds, 1994).

Assim, a distribuição vertical de fitoplâncton é quase inteiramente dependente da turbulência induzida pelo vento e da densidade relativa de organismos de interesse. Muitos organismos fitoplanctônicos, exceto cianofíceas, são mais densos que a água e afundam quando não perturbados (Lund, 1959 *apud* George & Edwards, 1976). Sob condições de turbulência normal, populações em lagoas rasas podem ser esperadas a permanecer distribuídas homoganeamente na coluna d'água. Espécies móveis podem ser hábeis em executar movimentos orientados, mas exceto sob condições extremamente calmas, a turbulência dispersará alguma micro-agregação formada. Muitas cianofíceas planctônicas contêm vacúolos de gás os quais, provavelmente, atuam como mecanismos regulatórios da flutuabilidade (Fogg & Walsby, 1971 *apud* George & Edwards, 1976), assim, o grau de flutuabilidade varia com a condição fisiológica celular (Reynolds, 1972 e 1973 *apud* George & Edwards, 1976).

Quando diatomáceas e clorofitas foram os grupos dominantes, a clorofila *a* permaneceu bastante homoganeamente distribuída na coluna d'água. Durante florações de cianofíceas, densas acumulações de algas na superfície freqüentemente apareceram sob condições calmas. Contudo, em várias ocasiões, a redução na flutuabilidade celular, mesmo sob condições de relativa calma, ocasionou a dissolução de agregações superficiais. A acumulação subsuperficial provavelmente resultou do afundamento de células da região de alta intensidade luminosa. Em altas velocidades do vento, cianofíceas tornam-se mais homoganeamente distribuídas na coluna d'água, pois a mistura turbulenta supera a tendência de células altamente flutuantes a manterem-se na superfície. Em geral, existe uma relação próxima entre turbulência induzida pelo vento e o desenvolvimento de aglomerados verticais de cianofíceas. Em velocidade de vento acima de 4 m.s^{-1} , cianofíceas tornam-se homoganeamente distribuídas na coluna d'água. Quando cianofíceas são dominantes, acumulações locais podem ser preditas seguindo uma temporada de ventos, contanto que as algas sejam suficientemente flutuantes para manterem-se estratificadas na coluna d'água. Durante períodos de calmaria prolongada, concentrações locais de alga podem não aparecer apesar da acumulação de células flutuantes próximo da superfície. Agrupamento horizontal máximo foi observado em velocidades de vento ao redor 1 m.s^{-1} ; entretanto, o agrupamento horizontal declinou rapidamente com aumento da velocidade do vento, até que velocidades de vento acima $3,5 \text{ m.s}^{-1}$ pouco agrupamento residual permaneceu (George & Edwards, 1976).

Dinâmica do fitoplâncton é regulada por ciclos biogeoquímicos de materiais suspensos em lagos, além do fato que a coluna d'água pode em muitos lagos interagir prontamente com a camada superficial do sedimento, especialmente em lagoas rasas, as quais são suscetíveis a

mudanças nos campos de luz devido à mistura de fundo. Nestes sistemas globalmente comuns, eventos de mistura podem produzir grandes aumentos na produção fitoplanctônica e mudanças na composição da comunidade. Contudo, não é claro se mudanças na biomassa fitoplanctônica são associadas com pulsos de liberação de nutrientes do sedimento para as camadas superiores da água; durante eventos de ressuspensão, ou direta inoculação de alga do fundo do lago, ou ainda ambos fatores. Alguns ciclos sazonais no fitoplâncton podem ser explicados através da desestratificação da coluna d'água associada com turbulência do vento, que mistura o meroplâncton na zona fótica para semear novo crescimento. Entretanto, embora a ocorrência do meroplâncton ter sido documentada em vários ecossistemas aquáticos, sua influência na dinâmica da comunidade de um lago raso não é bem compreendida. A ocorrência de um máximo algal meroplanctônico (MAM) sugere que pode ser uma estratégia comum de sobrevivência do fitoplâncton que é importante em lagoas rasas e produtivas (Carrick et al., 1993).

Dinâmica sazonal do fitoplâncton em lagoas rasas é difícil de descrever. Picos inesperados na dinâmica da população de espécies dominantes e raras frequentemente caracterizam seu comportamento temporal ou são superpostas em modelos sazonais "regulares". Estas irregularidades originam-se de diferentes fontes (Padisák & Dokulil, 1994). A principal conclusão é que a natureza, contínua ou aos saltos/picos, da sucessão fitoplanctônica é fortemente dependente de fatores meteorológicos. Tempestades ocorrendo após 5-15 dias de tempo calmo podem causar mudanças rápidas e aos saltos na estrutura da comunidade planctônica, enquanto que em outros anos, quando tempestades ocorreram frequentemente, mudanças contínuas foram características. Esse resultado deriva de um estudo muito detalhado de análise de diversidade e de agrupamentos. O estudo prévio de Padisák et al. (1990) indicou a regra básica das tempestades na sucessão fitoplanctônica de verão em lagoas rasas.

É importante levar em consideração que o modelo de distribuição do zooplâncton difere do fitoplâncton em termos de apresentar movimentos próprios de locomoção (Zagarese et al., 1998). Considerando os efeitos de um modelo de circulação predominantemente vertical na distribuição de animais que mantém seu nível fototaticamente, existem três condições possíveis: (1) animais mostrando nenhuma seleção por profundidade serão transportados passivamente a favor do vento e então serão carregados de volta pela direção do vento através de correntes reversas na profundidade; (2) animais tendendo a permanecer nas camadas superiores da coluna d'água serão transportados passivamente a favor do vento, mas tornar-se-ão concentrados a favor do vento nadando contra o mergulho ("downwelling"); (3)

animais tendendo a concentrar mais ao fundo na coluna d'água tornar-se-ão concentrados contra o vento resistindo ao deslocamento contrário. Sob condições de vento muito forte somente animais possuindo força suficiente para a locomoção, é claro, resistirão a ser carregados de volta por correntes reversas de fundo (George & Edwards, 1976; Lacroix & Lescher-Moutoué, 1995). Tentativas a predizer os modelos de distribuição zooplanctônica devem levar em consideração o fato que, movimentos zooplanctônicos são orientados e não explicáveis unicamente em termos de densidade da água. Embora a luminosidade dita uma regra dominante na influência da seleção da profundidade e migração vertical, outros fatores além de intensidade luminosa freqüentemente modificam a resposta do plâncton tanto que não é possível predizer agrupamentos verticais diretamente dos dados de atenuação luminosa (George & Edwards, 1976).

Objetivos

As comunidades biológicas de ecossistemas aquáticos lagunares podem responder de diferentes modos a estas mudanças nas variáveis descritoras da dinâmica da massa de água, provavelmente diferentemente de respostas de longo prazo. O efeito que a dinâmica da água de lagoas de água doce, costeiras, rasas e submetidas a regime de vento forte tem sobre a comunidade planctônica é desconhecido para a Lagoa Itapeva-RS. Assim, este estudo procura definir esta relação discretizada em intervalos de tempo apropriados. O conhecimento gerado fornecerá elementos fundamentais para a gestão deste recurso dentro do conceito legal estabelecido de gestão por bacia hidrográfica.

Com base na hipótese que o vento age como fator principal determinante da hidrodinâmica da Lagoa Itapeva, este trabalho tem por objetivo principal o de conhecer o efeito que a hidrodinâmica desta lagoa exerce sobre a comunidade planctônica.

Amostragens sazonais nesta lagoa, tanto para registro de dados bióticos quanto abióticos, foram investigados por um período de 1 ano (1998-1999) com variação espaço-temporal. Desta forma, pretendeu-se desenvolver procedimentos procurando atingir os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Caracterizar hidrometeorologicamente as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva e sua influência na resposta hidrodinâmica do sistema em nível diário e sazonal;
- ✓ Caracterizar o ciclo limnológico diário e sazonal da Lagoa Itapeva com base em monitoramento intensivo de variáveis físico-químicas e conhecer a amplitude de variação destas;

- ✓ Avaliar o comportamento espacial da produtividade fitoplanctônica, pigmentos e estrutura da comunidade planctônica em ciclos diários e sazonais, e suas relações com a hidrodinâmica e o ciclo limnológico;
- ✓ Estabelecer se o sistema é homogêneo no espaço e tempo com base nas relações entre variáveis bióticas e abióticas.

Área de Estudo

O sistema lagunar holocênico do Litoral Norte do RS iniciou seu desenvolvimento há cerca de 5000 anos A.P., quando o mar atingiu seu nível máximo no final do evento transgressivo que se seguiu à última glaciação. O crescimento progressivo de uma barreira arenosa isolou, entre o continente (representado principalmente por terrenos pleistocênicos) e o mar, uma ampla faixa de terras baixas onde se estabeleceu um sistema deposicional complexo constituído por vários ambientes de sedimentação. A denominação “sistema lagunar” adotada por Tomazelli & Villwock (1991) para abranger o conjunto de ambientes que se instalou nesta faixa de terras baixas deve-se ao fato de que os corpos lagunares ocuparam um papel dominante entre estes ambientes.

Assim, este sistema lagunar compreende um conjunto de ambientes e subambientes deposicionais que incluem corpos aquáticos costeiros (lagoas e lagoas), sistemas aluviais (rios meandantes e canais inter-lagunares), sistemas deltaicos (deltas flúvio-lagunares e deltas de “maré lagunar”) e sistemas paludais (Tomazelli & Villwock, 1991).

As lagoas do Sistema Tramandaí correspondem ao mais novo sistema lagunar da Planície Costeira do RS, que evoluiu por segmentação, controlado pelo regime regional de ventos de direção NE, formando como que um colar de lagoas (Villwock, 1984).

Este sistema, situado no Litoral Norte do RS, corresponde a uma pequena faixa de aproximadamente 1800 km² da Planície Costeira. Tem como limite oriental o Oceano Atlântico e limite ocidental as encostas escarpadas da Serra Geral, que se estendem desde o interior do município de Torres até poucos quilômetros ao sul da cidade de Osório. Está formado por corpos d’água rasos, em forma de lente, com contorno cordiforme, refletindo o efeito dinâmico da ação eólica, com direção de ventos predominantemente NE-SW. A influência das marés e cunhas salinas, que penetram através do estuário de Tramandaí, representa um fator de grande importância atuante no sistema (Würdig, 1987). Porém, este efeito da salinidade somente se faz sentir dentro do próprio estuário. Este sistema se encontra interligado por canais permanentemente abertos ao subsistema Norte, que drena a água das

escarpas da Serra Geral. O volume de água que escoar por este subsistema impede que os efeitos da maré se façam sentir, através de refluxo de água que atinge apenas pequenos trechos nas proximidades do delta do Rio Tramandaí, não atingindo nenhuma lagoa a montante. O subsistema Sul apresenta o trecho à montante fechado durante alguns meses do ano e aberto na maioria do tempo, enquanto o trecho final encontra-se sempre aberto, sofrendo os efeitos das marés. O Sistema Tramandaí apresenta características estuarinas, que afeta apenas algumas lagoas do subsistema Sul (Schwarzbold, 1982).

O clima da região é subtropical úmido sem estação seca (Cf), com verão quente (Cfa), conforme a classificação de Köppen (1948, *apud* Würdig, 1987). A temperatura média anual é de 17,6 °C e a precipitação pluviométrica média é inferior a 1300 mm anuais, com exceção da área de Torres, que está em torno de 1400 mm anuais (Moreno, 1961).

Desta forma, as lagoas do Sistema Lagunar de Tramandaí foram reunidas e classificadas em 4 subsistemas, em função do teor de salinidade de suas águas, tipo de comunicação com o mar, afastamento da costa e idade dos corpos lagunares. As divisões propostas foram: Subsistema do Estuário de Tramandaí, Subsistema Lagunar Tramandaí-Sul, Subsistema Lagunar Tramandaí-Norte e Subsistema Lagunar de Osório (Würdig, 1984).

No Subsistema Lagunar Tramandaí-Norte foram incluídas as lagoas situadas acima do estuário de Tramandaí, porém a ele ligadas através do Rio Tramandaí. Compreende as lagoas Pinguela, Palmital, Malvas, Passo e Pombas. A lagoa das Malvas está conectada à Lagoa dos Quadros pelo Canal de João Pedro e recebe o deságüe desta lagoa e da Itapeva, que por sua vez são alimentadas pelos arroios Maquiné e Três Forquilhas, respectivamente (Würdig, 1987).

A Lagoa Itapeva apresenta uma superfície de 95,16 km², volume de 212 x 10⁶ m³, profundidade máxima de 3,5 m e profundidade média de 2,23 m (Schwarzbold & Schäfer, 1984). Segundo dados mais recentes, a área total corresponde a 124,75 km² e um volume de 245,5 x 10⁶ m³ (Lopardo, em preparação).

Com exceção da Laguna dos Patos e do Estuário de Tramandaí, a pesca nas demais lagoas costeiras do RS é realizada apenas como forma de subsistência para a comunidade local ou lazer para turistas. Certamente a baixa produtividade primária registrada para estas lagoas é que desencadeia a diminuição da biomassa nos níveis tróficos superiores. A influência de esgotos domésticos, que aumenta a carga de nutrientes no meio e acelera o processo de eutrofização, ocorre de forma parcial (apenas em alguns municípios sem tratamento de esgoto doméstico ou durante temporada de veraneio, quando a localidade se torna superpovoada).

Cabe ressaltar que o sistema de lagoas costeiras do RS é único, pois são muitas lagoas interligadas por canais (em forma de colar) ao longo do litoral, sendo que a única conexão direta com o mar ocorre ao nível do Estuário de Tramandaí. Desta forma, a grande maioria destas são sistemas de água doce. Como estas lagoas são abastecidas/mantidas principalmente por água subterrânea, assim como grande parte da população dos municípios do litoral (segundo dados da CORSAN), é importante a manutenção da qualidade do lençol freático. Sabe-se que em grande parte do litoral o sistema de fossa é o mais amplamente adotado, além de grande parte do esgoto doméstico ser lançado no mar (principalmente nos meses de verão). Com isso, contaminação por coliformes e outros tipos de germes são susceptíveis a ocorrerem pela contaminação de água subterrânea.

Grande parte destas lagoas são sistemas rasos e turbulentos, em função da ação de ventos frequentes, que apresentam grande quantidade de sólidos em suspensão. Na verdade, a qualidade da água nas lagoas do litoral norte apresentou um gradiente decrescente de montante para jusante, onde a maior amplitude de IQAs foi observada no inverno (29,7 a 51,0), enquanto que os valores obtidos na primavera (41,9 a 51,8) foram ligeiramente inferiores aos de outono (45,9 a 53,2). De acordo com a classificação do IQA utilizada pela CETESB, a qualidade das águas deste sistema oscilou de ruim a boa (29,7 a 53,2). Considerando a média dos sete pontos avaliados ao longo das lagoas do litoral norte, notou-se que o inverno foi o período com o pior IQA médio (40,8), seguido da primavera (45,7) e do outono (48,6). Neste contexto, a Lagoa Itapeva foi a única que apresentou uma qualidade boa, tanto no outono (53,2), quanto na primavera (51,2). Por outro lado, a Laguna de Tramandaí apresentou uma qualidade ruim durante o inverno (de 29,7 a 36,5). Todos os demais pontos de amostragem apresentaram qualidade aceitável (41,0 a 51,8). O gradiente expressivo e decrescente de IQA observado no período de inverno no Sistema Tramandaí foi decorrente, principalmente, do aumento da concentração de coliformes fecais. Neste período, a Laguna de Tramandaí atingiu valores, que variaram de 310 a 28000 NMP.100 mL⁻¹. Este, provavelmente ocasionado pela elevação da precipitação nesta época do ano, o que faz com que as fossas domésticas transbordem, ocorrendo assim a mistura com as águas da laguna pelo escoamento superficial. O gradiente decrescente de IQA e levemente inferior na primavera, em relação ao outono, foi decorrente das elevações da turbidez e da concentração dos sólidos totais. No outono, a turbidez variou de 10 a 21 NTU e os sólidos totais de 170 a 288 mg.L⁻¹, enquanto na primavera, estes valores oscilaram de 34 a 123 NTU para turbidez, e 281 e 369 mg.L⁻¹ para os sólidos totais (Cardoso et al., 1997). De fato, as lagoas da região costeira do RS são consideradas polimíticas (Schwarzbold & Schäfer, 1984), o que justifica uma mistura total das massas de água, podendo gerar altos valores de turbidez. Assim, uma situação clara da

necessidade de regionalização do IQA está relacionada à turbidez para este sistema (Bruschi et al., 1998).

Referências Bibliográficas

- AZEVEDO, L.S.P. 1984. Considerações geoquímicas das lagoas do litoral leste do Estado do Rio de Janeiro. In: **Restingas: origem, estrutura, processos**. L.D. de Lacerda (org.). Niterói, CEUFF. p. 123-135.
- BRUSCHI, W., Jr.; SALOMONI, S.E.; FERMINO, F.S.; PEDROZO, C. da S.; SCHWARZBOLD, A. & PERET, A.C. 1998. Aplicação de um índice de qualidade de águas para lagoas costeiras, RS, afetadas por despejos urbanos. **Biociências**, 6 (1): 55-66.
- CARDOSO, L. de S.; LAYBAUER, L. & MOTTA MARQUES, D.M.L. da. 1997 Gradientes espaciais e sazonais de IQA e suas relações com o zooplâncton em sistema lagunar costeiro (Tramandaí-RS). In: **XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Vitória-ES, v. 3, p. 37-44.
- CARRICK, H.J.; ALDRIDGE, F.J. & SCHELSKE, C.L. 1993. Wind influences phytoplankton biomass and composition in a shallow, productive lake. **Limnol. Oceanogr.**, 38 (6): 1179-1192.
- CHAPELLE, A., LAZURE, P. & MENESGUEN, A. 1994. Modelling eutrophication events in a coastal ecosystem: Sensitivity analysis. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, 39(6): 529-548.
- CHEN, C.W. & SMITH, D.J. 1979. Preliminary insights into a three-dimensional ecological-hydrodynamic model. In: **Perspectives on Lake Ecosystem Modeling**. D. Scavia & A. Robertson (eds.). Michigan, Ann Arbor Science. Chapter 10, p. 249-279.
- CRISTOFOR, S., VADINEANU, A., IGNAT, G. & CIUBUC, C. 1994. Factors affecting light penetration in shallow lakes. **Hydrobiologia**, 275/276: 493-498.
- DEMERS, S.; THERIAULT, J.-C.; BOURGET, E. & BAH, A. 1987. Resuspension in the shallow sublittoral zone of a macrotidal estuarine environment: wind influence. **Limnol. Oceanogr.**, 32 (2): 327-339.
- DOERING, P.H.; OVIATT, C.A.; NOWICKI, B.L.; KLOS, E.G. & REED, L.W. 1995. Phosphorus and nitrogen limitation of primary production in a simulated estuarine gradient. **Marine Ecology Progress Series**, 124: 271-287.
- DOKULIL, M. 1994. Environmental control of phytoplankton productivity in turbulent turbid systems. **Hydrobiologia**, 289 : 65-72 .
- DOKULIL, M. & PADISÁK, J. 1994. Long-term compositional response of phytoplankton in a shallow, turbid environment, Neusiedlersee (Austria / Hungary). **Hydrobiologia**, 275/276: 125-137 .
- ESTEVES, F. de A. 1998. Lagoas costeiras: origem, funcionamento e possibilidades de manejo. In: **Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. F. de A. Esteves (ed.), NUPEM, UFRJ. p. 63-87.
- GALLERANO, F.; RICCI, R. & VIOTTI, P. 1993. Analysis of the eutrophication trend in a deep lake. **Ecological Modelling**, 66 (3/4): 157-179.
- GEORGE, D.G. & EDWARDS, R.W. 1976. The effect of wind on the distribution of chlorophyll *a* and crustacean plankton in a shallow eutrophic reservoir. **J. appl. Ecol.**, 13: 667-690.
- GERVAIS, F.; OPITZ, D. & BEHRENDT, H. 1997. Influence of small-scale turbulence and large-scale mixing on phytoplankton primary production. **Hydrobiologia**, 342/343: 95-105.
- HAMILTON, D.P. & SCHLADOW, G. 1995. Controlling the indirect effects of flow diversions on water quality in an Australian reservoir. **Environment International**, 21(5): 583-590.
- HEIP, C. & HERMAN, P.M.J. 1995. Major biological processes in European de maré estuaries: a synthesis of the JEEP-92 Project. **Hydrobiologia**, 311: 1-7.
- HOAI, T.L. 1991. Zooplankton counted by image analysis and size-frequency distributions in a coastal lagoon. **Arch. Hydrobiol.**, 121 (2): 147-159.
- KJERFVE, B. 1990. Coastal lagoons. **The world & I**, Washington D.C., 5 (5): 312-317.
- KJERFVE, B. (ed.). 1994. **Costal lagoon processes**. Amsterdam, Elsevier. (Elsevier Oceanography series, 60).

- KNOPPERS B.A.; BIDONE, E.D. & ABRÃO, J.J. (ed.). 1999. **Environmental geochemistry of coastal lagoon systems of Rio de Janeiro, Brazil**. Niterói, UFF/Programa de Geoquímica Ambiental; Rio de Janeiro, FINEP. 210 p. (série geoquímica ambiental, n.6).
- KLEEREKOPER, H. 1990. **Introdução ao estudo da limnologia**. 2.ed. Porto Alegre, Ed. da Universidade/UFRGS. 329p.
- LACROIX, G. & LESCHERMOUTOUE, F. 1995. Spatial patterns of planktonic microcrustaceans in a small shallow lake. **Hydrobiologia**, **300/301**: 205-217.
- LOPARDO, N. (em preparação). **Estudo hidrodinâmico e correlações com variáveis ambientais na Lagoa Itapeva no Litoral Norte do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, PPG Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental / UFRGS. (dissertação).
- MACINTYRE, S. 1993. Vertical mixing in a shallow, eutrophic lake: possible consequences for the light climate of phytoplankton. **Limnol. Oceanogr.**, **38** (4): 798-817.
- MILLET, B. & CECCHI, P. 1992. Wind-induced hydrodynamic control of the phytoplankton biomass in a lagoon ecosystem. **Limnol. Oceanogr.**, **37** (1): 140-146.
- MORENO, J.A. 1961. Clima do Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico do Estado do Rio Grande do Sul**, **6** (1): 49-54.
- PADISÁK, J. & DOKULIL, M. 1994. Meroplankton dynamics in a saline, turbulent, turbid shallow lake (Neusiedlersee, Austria and Hungary). **Hydrobiologia**, **289** (1-3): 23-42 .
- PADISÁK, J.; TÓTH, L.G. & RAJCZY, M. 1990. Stir-up effecto of wind on a more-or-less stratified shallow lake phytoplankton community, Lake Balanton, Hungary. **Hydrobiologia**, **191**: 249-254.
- REYNOLDS, C.S. 1994. The long, the short and the stalled - on the attributes of phytoplankton selected by physical mixing in lakes and rivers. **Hydrobiologia**, **289** (1-3): 9-21 .
- SALENÇON, M.-J. & THÉBAULT, J.-M. 1996. Simulation model of a mesotrophic reservoir (Lac de Paréloup, France): MELODIA, na ecosystem reservoir management model. **Ecological Modelling**, **84** (1-3): 163-187.
- SCHWARZBOLD, A. 1982. **Influência da morfologia no balanço de substâncias e na distribuição de macrófitas aquáticas nas lagoas costeiras no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, CPG Ecologia / UFRGS. 98 p. (dissertação).
- SCHWARZBOLD, A. & SCHÄFER, A. 1984. Gênese e morfologia das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul - Brasil. **Amazoniana**, **9** (1): 87-104.
- THÉBAULT, J.-M. & SALENÇON, M.-J. 1993. Simulation model of a mesotrophic reservoir (Lac de Paréloup, France): biological model. **Ecological Modelling**, **65** (1-2): 1-30.
- TOMAZELLI, L.J. & VILLWOCK, J.A. 1991. Geologia do sistema lagunar holocênico do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, **18** (1): 13-24.
- TUNDISI, J.G. 1990. Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. **Rev. Bras. de Biol.** **50**(4):937-955.
- VILWOCK, J.A. 1984. Geology of the coastal province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A Synthesis. **Pesquisas** (16): 5-49.
- VINCENT, W.F. 1992. The daily pattern of nitrogen uptake by phytoplankton in dynamic mixed layer environments. **Hydrobiologia**, **238**:37-52.
- WÜRDIG, N.L. 1984. **Ostracodes do Sistema Lagunar de Tramandaí, RS, Brasil. Sistemática, Ecologia e Subsídios à Paleoecologia**. Porto Alegre, CPG Geociências / UFRGS. 338p. (tese).
- WÜRDIG, N.L. 1987. Alguns dados físicos e químicos do sistema lagunar de Tramandaí, RGS. **Pesquisas**, **20**: 49-74.
- ZAGARESE, H.E.; CRAVERO, W.; GONZALEZ, P. & PEDROZO, F. 1998. Copepod mortality induced by fluctuating levels of natural ultraviolet radiation simulating vertical water mixing. **Limnol. Oceanogr.**, **43**: (1) 169-174 .

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Em estudos de ecologia muita atenção é dada para a relação entre fatores químicos e biológicos. Os fatores físicos parecem que são meros descritores do cenário. Entretanto, ficou provado que a importância de fatores físicos, como o vento, são determinantes na dinâmica das comunidades planctônicas em lagoas rasas. Portanto, é indispensável que estudos que visam contemplar a junção entre estes fatores hidrodinâmicos do meio e os fatores bióticos sejam monitorados com uma frequência amostral que reflita a realidade deste ecossistema aquático. Desta forma, é mais satisfatório realizar amostragens sazonais por períodos de tempo mais longo (diversas horas do dia e dias consecutivos), buscando observar o tempo que o ambiente leva para responder a uma dada ação, do que simplesmente realizar coletas pontuais e mensais.

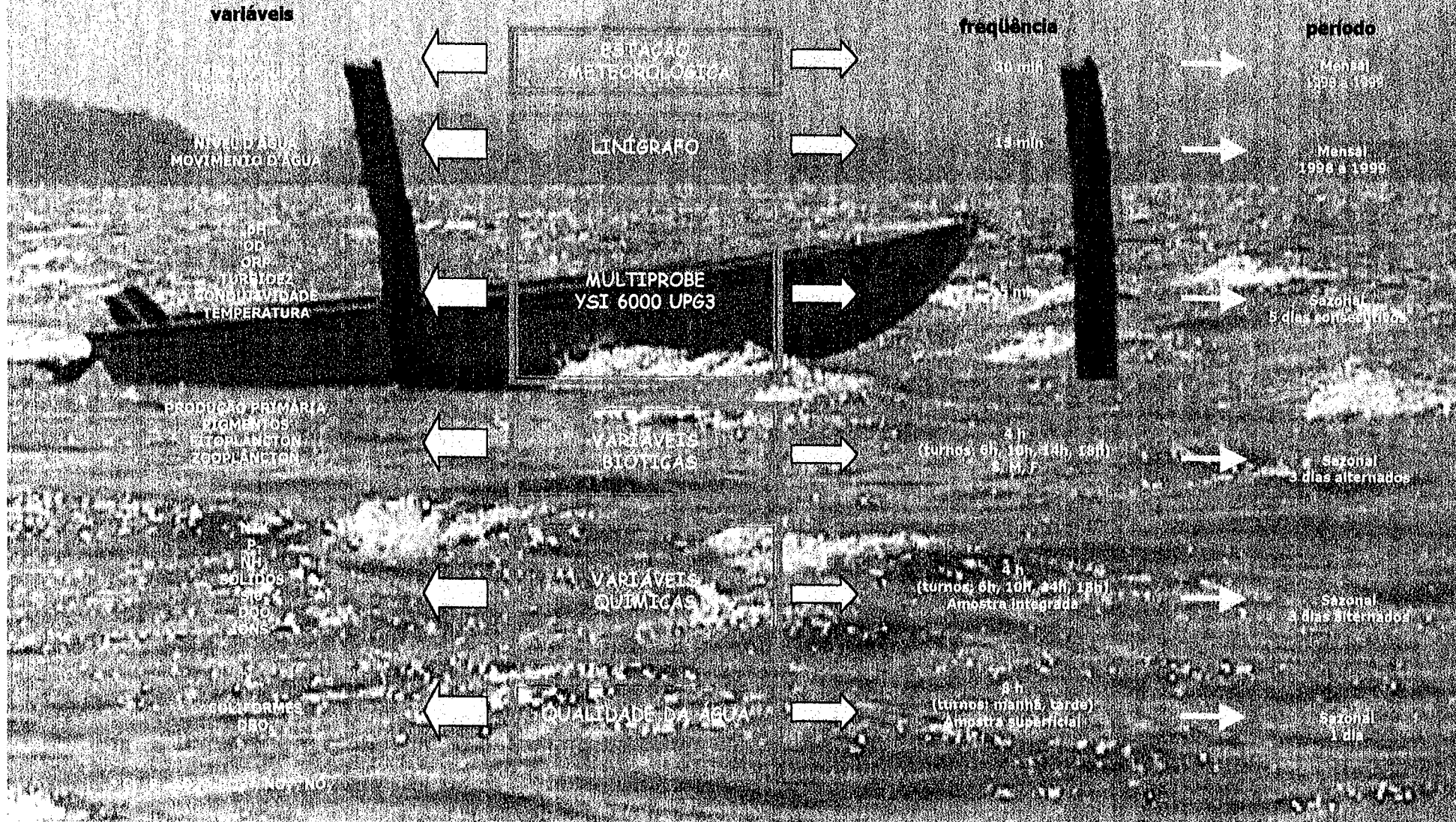
Desta forma, para determinar o ciclo limnológico completo (biótico e abiótico, diário e sazonal) da Lagoa Itapeva e atingir os objetivos propostos neste trabalho utilizou-se o seguinte delineamento experimental (Fig. 2.1):

- ✓ 3 pontos de amostragem (Fig. 2.2) alinhados de acordo com o eixo longitudinal e direção predominante de ventos na região (NE-SW);
- ✓ 7 dias consecutivos sazonalmente na tomada de variáveis ambientais (dados da estação meteorológica e linígrafo) registrados em intervalos curtos de tempo (30 e 15 min respectivamente);
- ✓ 6 dias consecutivos sazonalmente na tomada de variáveis ambientais hídricas (dados do multiprobe YSI) registrados em intervalos curtos de tempo (5 min);
- ✓ 3 dias alternados (intervalo de 24h) com coleta de dados bióticos a abióticos em 4 turnos diurnos (6h, 10h, 14h e 18h), sendo estes turnos considerados como medidas repetidas de cada dia e os dias como medidas repetidas do ponto sazonalmente;

Pontos de Amostragem

Foram escolhidos 03 locais de amostragem ao longo da Lagoa Itapeva (Fig. 2.2): (1) Ponto Norte (0615690 - 6747815), (2) Ponto Centro (0603350 - 6732254) e Ponto Sul (0597474 - 6725967). Em cada um destes pontos foi instalada uma torre (Fig. 2.3) que contém os seguintes instrumentos: linígrafo (A. OTT, datalogger IPH), régua, estação meteorológica (DAVIS, Weather Wizard III, Weather Link) e multiprobe YSI (Yellow Spring Instruments 6000 upg3).

Fig. 2.1 - Delineamento Amostral na Lagoa Itapeva



Estratégia de Amostragem

O trabalho constou de 05 campanhas sazonais, efetuadas nas seguintes datas:

- 24 a 28/agosto/1998 – inverno/98 (Ago/98)
(campanha piloto - dados incompletos)
- 14 a 20/dezembro/1998 – primavera (Dez/98)
- 01 a 07/março/1999 – verão (Mar/99)
- 20 a 26/maio/1999 – outono (Mai/99)
- 13 a 19/agosto/1999 – inverno/99 (Ago/99)

Cabe salientar que esta sazonalidade utilizada para caracterizar as campanhas, e conseqüentemente os dados, é meramente ilustrativa. Existe uma modificação climática bastante variável na mesma estação em anos consecutivos. Como por exemplo, pôde ser presenciado neste trabalho para o inverno, onde em agosto de 1998 foi extremamente chuvoso e em agosto de 1999 com baixo nível d'água (semelhante a março) e com temperaturas bastante baixas. Assim, cada estação do ano designada para análise dos dados físicos, químicos e biológicos deste trabalho somente ilustra a realidade da respectiva campanha amostrada (mês e ano) e não uma generalização sazonal.

Variáveis analisadas (Tabela 2.1)

- Multiprobe YSI: pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, ORP (potencial de óxido-redução).
- Estação meteorológica: temperatura do ar, precipitação, velocidade e direção do vento.
- Linígrafo: nível d'água (velocidade e direção do fluxo estimado por modelo hidrodinâmico a partir dos dados de nível).
- Físico-químicas: transparência Secchi, demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), fósforo ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$), amônio (NH_4^+), Sílica, íons (NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- , F^-), sólidos (totais, dissolvidos e suspensos), gás carbônico (CO_2), dureza, alcalinidade.
- Biológicas: coliformes, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), produção primária*, pigmentos*, fitoplâncton* e zooplâncton*. (* amostragem na superfície, meio e fundo de cada ponto de coleta).

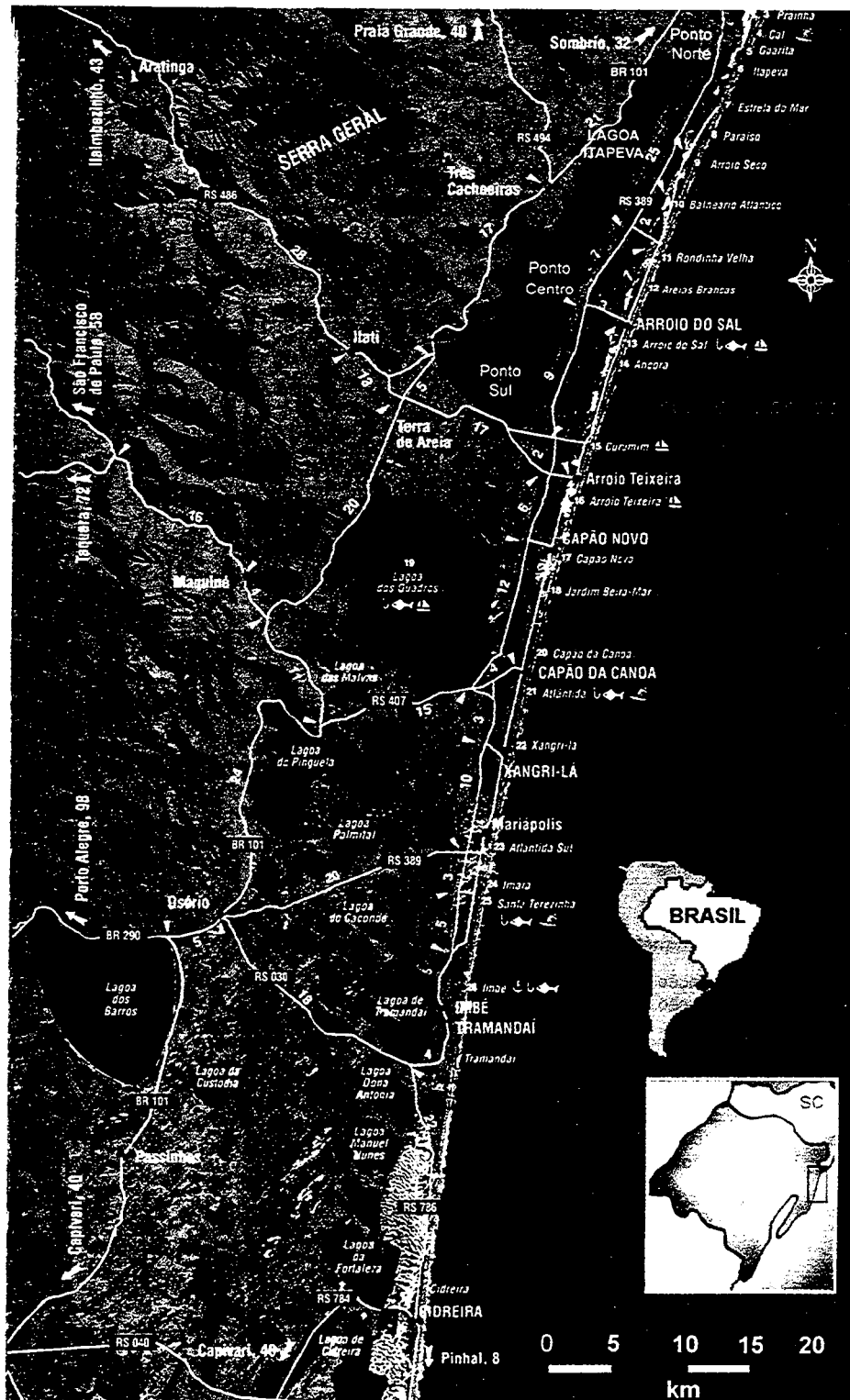


Fig. 2.2 – Mapa de localização da área de estudo com os pontos de amostragem (Norte, Centro e Sul) na Lagoa Itapeva (Litoral Norte do Rio Grande do Sul-Brasil). (modificado do Guia Praia 4 rodas, 1997)

Tabela 2.1 – Resumo das técnicas/métodos utilizados para cada variável em estudo.

variável	técnica/método	unidade	bibliografia	Limite de detecção
pH	probe		APHA (1992) 4-65	
condutividade	probe	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	APHA (1992) 2-43	
temperatura	probe	$^{\circ}\text{C}$	APHA (1992) 5-59	
OD	probe	mg.L^{-1} e %	APHA (1992) 4-98	
turbidez	probe	NTU	APHA (1992) 2-8	
ORP	probe	mV	APHA (1992) 2-60	
vento	probe	m.s^{-1}	—————	
nível d'água	probe	m	—————	
transparência e fatores associados	Disco de Secchi	m	ESTEVES (1998) e MARGALEF (1983)	
CO ₂	via úmida	mg.L^{-1}	APHA (1992) 4-12	
alcalinidade	via úmida	mg.L^{-1}	APHA (1992) 2-25	
dureza	via úmida	mg.L^{-1}	APHA (1992) 2-35	
NO ₃ ⁻	Cromatografia*	mg.L^{-1}	APHA (1992) 4-1	0,01 mg.L^{-1}
NO ₂ ⁻	Cromatografia*	mg.L^{-1}	APHA (1992) 4-6	0,01 mg.L^{-1}
SO ₄ ²⁻	Cromatografia*	mg.L^{-1}	APHA (1992) 4-131	0,01 mg.L^{-1}
PO ₄ ³⁻	Cromatografia*	mg.L^{-1}	APHA (1992) 4-1	0,01 mg.L^{-1}
Cl ⁻	Cromatografia*	mg.L^{-1}	APHA (1992) 4-48	0,01 mg.L^{-1}
F ⁻	Cromatografia*	mg.L^{-1}	APHA (1992) 4-59	0,01 mg.L^{-1}
DQO	digestão e titulação	mg.L^{-1}	APHA (1992) 5-6	10 a 150 mg.L^{-1}
P (PO ₄ ³⁻ -P)	digestão e fotometria**	mg.L^{-1}	APHA (1992) 4-108	0,02 a 1,00 mg.L^{-1}
NH ₄ ⁺	Fotometria**	mg.L^{-1}	—————	0,10 a 3,50 mg.L^{-1}
Silica	Fotometria**	mg.L^{-1}	APHA (1992) 4-117	0,10 a 5 mg.L^{-1}
série sólidos	Método gravimétrico	mg.L^{-1}	APHA (1992) 2-53	
DBO ₅	Incubação e titulação	mg.L^{-1}	APHA (1992) 5-1	2 mg.L^{-1}
coliformes	Colilert	NMP	APHA (1992) 9-63	<1MPN . 100m.L ⁻¹
NTK	Nitrogênio Kjeldahl	mg.L^{-1}	APHA (1992) 4-75	< 5 mg.L^{-1}
Pigmentos	Filtração, extração com acetona e espectrofotometria	$\mu\text{g.L}^{-1}$	APHA (1992) 10-22, CETESB (1990)	
Produção primária (PP)	método do Oxigênio Incubação e titulação	mg.L^{-1}	APHA (1992) 4-98 e 100	
fitoplâncton	microscopia óptica	Nº ind.L ⁻¹	APHA (1992) 10-2 e 13	
zooplâncton	microscopia óptica	Nº ind.L ⁻¹	APHA (1992) 10-2 e 16	

* cromatógrafo iônico Dionex DX 120 e 4400 integrator

** Espectroquant Merck SQ 118

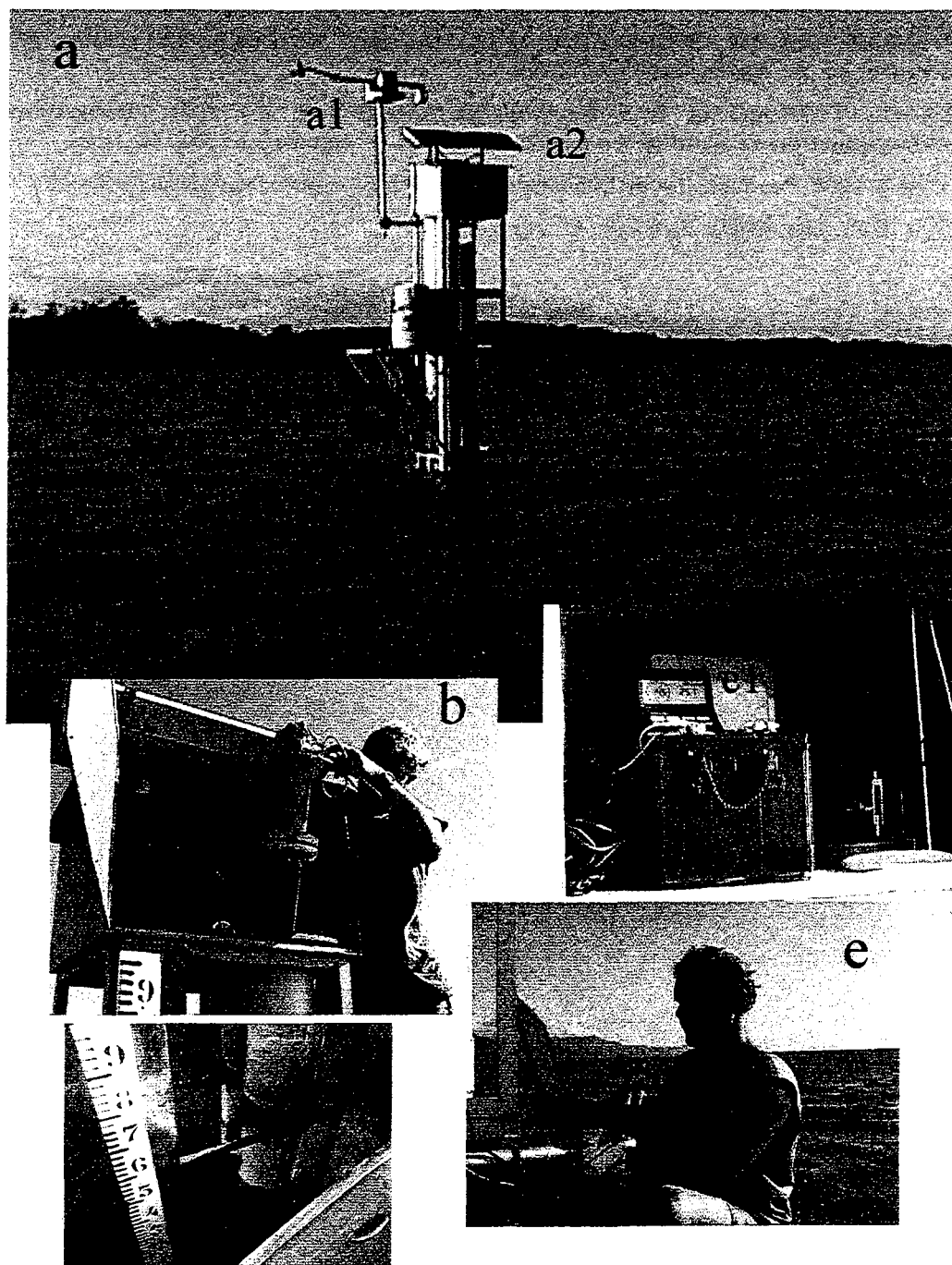


Fig. 2.3 – Torre de amostragem instalada nos pontos de coleta na Lagoa Itapeva: a) vista geral da torre (a1. estação meteorológica; a2. placa solar); b) colocação do multiprobe; c) interior da torre com o *display* (c1) dos dados do linígrafo (c2) e da estação meteorológica, e bateria de manutenção (c3); d) vista inferior da torre com régua (d1) e tubos de proteção (d2) do linígrafo e do multiprobe; e) *download* dos dados

Referências Bibliográficas

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 16. ed. Washington, 1985. 1268 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Determinação de pigmentos fotossintetizantes clorofila-a, b e c e feofitina**. Método de Ensaio L5.306. São Paulo, 1990. 22p.

ESTEVES, F. de A. 1998. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro, Interciência. xviii+602 p.

MARGALEF, R. 1983. **Limnologia**. Barcelona, Omega. 1010p.

3. ASPECTOS HIDROMETEOROLÓGICOS

RESUMO

A hipótese básica de que o vento age como fator principal determinante da hidrodinâmica da Lagoa Itapeva foi testada neste trabalho. Para tanto uma caracterização diária e sazonal foi efetuada para as variáveis meteorológicas e hidrológicas. A variação sazonal da temperatura atmosférica apresentou um padrão unimodal, com máximas no verão e mínimas no inverno. Os períodos com maior precipitação acumulada no período foram o outono e o inverno. Velocidades de vento (média e máxima) sempre apresentaram valores médios elevados, e a primavera e o inverno foram bastante similares neste sentido. Contudo, a chegada de uma forte frente fria na região durante o outono fez com que o valor máximo fosse registrado neste período do ano. Períodos de calmaria total foram observados somente no outono e inverno. A direção predominante dos ventos na região foi entre os quadrantes NNE-ENE e SW-W, onde ventos de NE ocorreram em todas as campanhas sazonais, enquanto que, os do quadrante SW foram ausentes durante o verão. O *fetch* efetivo calculado em função destas direções predominantes de ventos sazonalmente possibilitou a compreensão da abrangência do efeito do vento em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva. As variáveis hidrológicas analisadas apresentaram um comportamento sazonal bastante característico em cada ponto da Lagoa Itapeva, estando em íntima relação com o efeito do vento (velocidade e direção). O nível d'água respondeu à ação do vento de forma bastante direta, pois quando sopravam de direção NE ocorria o deslocamento de água do ponto Norte para o Sul. Por outro lado, quando estes ventos sopravam do quadrante SW, o efeito oposto ocorria na Lagoa Itapeva. Ficou constatado uma semelhança bastante forte entre o nível d'água nos pontos Centro e Sul em todas as estações do ano. Por outro lado, a direção do movimento d'água foi muito mais constante sazonalmente entre Norte e Centro. Nestes locais a água sempre se deslocava em sentido oposto ao da direção predominante do vento. O Sul foi o local mais perturbado, com exceção do verão, devido às freqüentes mudanças na direção do fluxo d'água. Este fato provavelmente esteja relacionado com a proximidade deste ponto à foz do Rio Três Forquilhas, sofrendo influência direta do seu deságüe. A velocidade do deslocamento d'água foi a variável hidrológica mais dependente das combinações entre velocidade e direção do vento, agindo de forma distinta entre os pontos na lagoa sazonalmente. Assim, em velocidades média de vento entre 5 e 6 m.s⁻¹ aliados à direção NE, uma maior correlação com a velocidade do movimento d'água ocorreu nos pontos extremos da lagoa, ou seja, Norte e Sul. Por outro lado, quando esta velocidade média do vento foi inferior a 5 m.s⁻¹, como ocorreu no outono, com ventos predominantes de SW, uma maior

correlação com o movimento ficou evidenciada no Centro e Sul. Velocidade máxima de vento (7 e 8 m.s^{-1}) teve seu efeito potencializado com o movimento d'água somente no Sul. A análise de variância evidenciou que o efeito do dia foi muito mais significativo no comportamento hidrodinâmico do que o efeito da hora. Assim como, a existência de uma variância significativa nas variáveis hidrológicas entre os pontos de amostragem. Os agrupamentos formados entre os pontos em cada estação do ano coincidiram com as maiores correlações entre os mesmos. O comportamento hidrodinâmico da Lagoa Itapeva ficou bem retratado, onde o ponto Centro realmente foi delimitado por um espaço físico de transição entre os extremos, com comportamentos ora semelhantes ao ponto Sul e ora, ao ponto Norte.

ABSTRACT

The basic hypothesis that the wind acts as factor main determinant of hydrodynamic from Itapeva lake was tested in this work. In order that a daily and seasonal characterization was made for the meteorological and hydrological variables. The seasonal variation of the atmospheric temperature presented a pattern unimodal, with maxims in summer and minimum in winter. The periods with larger accumulated precipitation in the period were the autumn and the winter. Wind speeds (average and maxim) always presented high medium values, where spring and winter were quite similar in this sense. However, the arrival of a strong cold front in the area during the autumn brought the maximum value in this period of the year. Total calm periods were only observed in autumn and winter. The direction predominant winds in the area was among the quadrants NNE-ENE and SW-W, where winds of NE happened in all of the seasonal campaigns, while, SW were absent just during the summer. The effective fetch calculated in function of these directions predominant winds put lights on the understanding of the wind effect in each sampling point in the Itapeva lake. The hydrological variables analyzed presented a quite characteristic seasonal behavior in each point of the Itapeva lake, being in intimate relationship with the wind effect (speed and direction). The water level answered to wind action in a quite direct way, because when they blew of NE direction happened the displacement of water $N \rightarrow S$. On the other hand, when these winds blew of SW quadrant, the opposite effect happened at the Itapeva lake. A strong plenty similarity was verified among the water level in Center and South points during all seasons. However, the water movement direction was much more seasonally constant between North and Center. In these places the water always moved in opposite sense to the predominant wind direction. The South, except for summer, was a place more disturbed due to the frequently changes in the direction flow of water. This fact is probably related with the proximity of this point to the mouth of Três Forquilhas river, suffering direct influence of its

drainage. The speed of water displacement was the hydrological variable more dependent for combinations between speed and direction wind, acting seasonally in a different way among the points. Like this, in medium wind speeds, between 5 and 6 m.s^{-1} , formed an alliance with the direction NE, a larger correlation with the speed of the water movement happened in the extreme points of the lake, in other words, North and South. On the other hand, when this medium wind speed was low to 5 m.s^{-1} , as it happened in autumn, with SW predominant winds, a larger correlation with the movement was evidenced in the Center and South. Maximum wind speed (7 and 8 m.s^{-1}) had its effect potential with the water movement only in the South. The variance analysis evidenced that the day effect was much more significant in the hydrodynamic behavior than the hour effect. As well as, the existence of a significant variance in the hydrological variables among the sampling points. The clusters formed among the points in each season coincided with the largest correlations among the same ones. Itapeva's hydrodynamic behavior was well defined, where the point Center was really delimited by a physical space of transition among the ends, with behaviors similar to the South and North points.

INTRODUÇÃO

Estudos retratando o comportamento físico, incluindo o impacto de fatores físicos externos os quais funcionam diferentemente em escala temporal, são pré-requisitos para compreender as interações entre processos físicos e biogeoquímicos, e como ecossistemas aquáticos funcionam. Descrições físicas de lagoas costeiras são abundantes, mas são usualmente incompletas e não permitem estabelecer ligações funcionais entre processos químicos e biológicos (Kjerfve & Knoppers, 1999). Estuários e lagoas costeiras são governados por marés, descarga de rios, stress do vento, e balanço de calor na superfície, mas respondem desigualmente a estas funções devido a suas diferenças geomorfológicas. Enquanto que, circulação, mistura e exportação têm sido extensivamente estudadas em estuários da planície costeira, estes processos têm sido menos enfatizados para lagoas costeiras. Contudo, a dependência da qualidade da água e eutrofização na descarga, movimento hidrodinâmico e dinâmica física são de fundamental importância para o planejamento e implementação de estratégias na gestão em lagoas costeiras (Kjerfve & Magill, 1989).

O tamanho e a forma de um sistema aquático influenciam muitas de suas características físicas, químicas e biológicas. Assim, os processos hidrodinâmicos são afetados pela morfometria de um corpo d'água (Wetzel, 1993), especialmente pelo tamanho

da lagoa e sua orientação com relação à direção dos ventos predominantes, pela topografia do fundo e pela profundidade média. Os efeitos do vento tendem a ser mais pronunciados em lagoas maiores, especialmente quando o eixo longitudinal é paralelo à direção dos ventos predominantes. Ainda entre as condições geomorfológicas que favorecem a ação do vento sobre a lâmina d'água estão os elevados valores de comprimento e largura máximos efetivos, bem como os valores reduzidos de profundidade relativa (Panosso et al., 1998). Assim, estas características se aplicam muito bem ao caso da Lagoa Itapeva.

As lagoas costeiras em geral exibem reduzidas profundidades máxima e relativa. Desta forma, tornam-se ambientes altamente vulneráveis à ação dinâmica do vento e às oscilações dos fatores climáticos (Panosso et al., 1998). De fato, os principais fatores determinantes da hidrodinâmica nestes sistemas são o gradiente climático de úmido a semi-árido, a configuração geomorfológica e a natureza dos canais (internos e de maré). A circulação é principalmente gerada pelos ventos e adicionalmente pela advecção lateral nas lagunas externas durante intrusões marinhas (Kjerfve & Knoppers, 1999). Os elevados valores do índice de desenvolvimento de perímetro e as reduzidas profundidades média e relativa das lagoas estudadas sugeriram que a região litorânea e a ação do vento tiveram grande importância para a dinâmica desses ecossistemas no RJ (Panosso et al., 1998).

As oscilações e correntes que derivam da transferência de energia eólica para água podem estar em fase ou em oposição, mas acabam por degradarem-se em movimentos arrítmicos de turbulência. É importante compreender as propriedades básicas dos fluxos de turbulência e da difusão para poder apreciar a magnitude das alterações por elas provocadas na distribuição das variáveis físico-químicas e biológicas em lagos (Wetzel, 1993). Stress do vento também induz mistura em lagoas costeiras através da formação de células de circulação de *Langmuir*, ondas de vento e correntes variáveis. Células de circulação de *Langmuir* são lineares e mais parecidas devido à interação entre ondas de vento e velocidade do vento quando os dois efeitos operam em ângulo entre si. As linhas de espuma (bandas) são então orientadas na direção do vento e usualmente aparecem logo após a velocidade do vento exceder 3 m.s^{-1} . Assim, as linhas de espuma podem ser esperadas a ser igualmente espaçadas a uma distância igual a duas vezes a profundidade da coluna de água (Kjerfve & Magill, 1989).

A ação dos ventos na região litorânea do RS é muito importante, pois seus efeitos são sentidos em toda a planície (Schwarzbold & Schäfer, 1984). O sistema eólico mostrou-se ser de enorme importância no contexto ambiental, e é controlado por um regime de ventos de alta energia e baixa variabilidade direcional (Medeiros, 1992). A direção predominante deste na

região costeira do RS é do quadrante NE (Schwarzbold & Schäfer, 1984; Medeiros, 1992) e SW (Würdig, 1987). Dados sobre velocidade e frequência de atuação de ventos na região costeira do Estado foram apresentados no passado por Jost & Soliani Jr. (1976) e Godolphim (1976).

Em face de todos estes argumentos apresentados, a hipótese básica deste trabalho é a de que o vento age como fator principal determinante da hidrodinâmica da Lagoa Itapeva. Assim, o objetivo de caracterizar o comportamento diário e sazonal do vento e das variáveis hidrológicas, bem como estabelecer as relações entre os mesmos, torna-se imprescindível para testar esta hipótese. Com isso, o conhecimento gerado sobre o comportamento físico deste sistema aquático será de grande aplicabilidade para os padrões de distribuição espacial e temporal de variáveis físico-químicas e biológicas investigadas (*capítulos 4-8*).

MATERIAL E MÉTODOS

Normalmente, dados climáticos são obtidos de estações meteorológicas próximas ao local de estudo, pois na maioria das vezes servem apenas para descrever as condições ambientais no dia da coleta. É fato que na região do litoral do RS oscilações diárias ocorrem entre localidades. Desta forma, para poder relacionar a influência que estas alterações climáticas causam na hidrodinâmica da lagoa foi necessário instalar uma estação meteorológica (DAVIS, Weather Wizard III, Weather Link) dentro da mesma.

A torre do ponto Centro foi escolhida como o local apropriado para monitorar as condições ambientais por dois motivos: a) no aspecto físico trata-se do ponto intermediário entre os extremos (Norte e Sul), já que a lagoa é de grande extensão ($\cong 31$ km no eixo longitudinal) minimizando assim os efeitos das bordas; b) é o local com maior segurança devido ao alto movimento dos proprietários do sítio situado na margem leste da mesma, evitando a depredação dos equipamentos instalados. As variáveis monitoradas foram: temperaturas máxima e mínima, precipitação, velocidades média e máxima do vento, e direção do vento. Os resultados de direção do vento foram transformados para valores em graus, onde: N= 0°, NE= 45°, E= 90°, SE= 135°, S= 180°, SW= 225°, W= 270°, NW= 315°. Demais valores intermediários foram obtidos a partir de médias entre estes ângulos. A frequência de registro das leituras foi feita a cada 30 minutos durante os 7 dias de campanha sazonal. Os dados foram analisados a partir das leituras brutas (30 min) e também com médias em turnos de 4 horas.

A partir dos resultados de direção do vento predominante em cada estação do ano foi calculado o *fetch* efetivo (L_f em km) (Håkanson, 1981) para cada ponto de amostragem

utilizando mapa da região em escala 1:250000 (Brasil, 1994). Também foi feita uma estimativa da altura de onda produzida e a dinâmica de fundo em relação à velocidade do vento, profundidade e *fetch* (Håkanson, 1981). Outros parâmetros morfométricos (Håkanson, 1981) também foram calculados, tais como: comprimento máximo (L_{max} em km), comprimento máximo efetivo (L_e em km), comprimento efetivo (L_s em km), largura máxima (B_{max} em km), largura máxima efetiva (B_e em km) e largura média (B em km).

Para o monitoramento do movimento da água, 3 linígrafos (A. OTT, datalogger IPH) foram instalados na lagoa (pontos Norte, Centro e Sul). O linígrafo apenas forneceu dados de nível d'água, sendo que, através de modelo matemático (IPH -A) foi possível obter dados de velocidade e direção do deslocamento d'água na lagoa (Lopardo, em preparação). Os resultados de direção do movimento da água seguiram as mesmas transformações para graus adotadas com relação à direção do vento. A frequência de registro das leituras foi feita a cada 15 minutos durante os 7 dias de campanha sazonal. Contudo, os dados foram analisados de acordo com os mesmos intervalos utilizados com relação à estação meteorológica (médias a cada 30 min e 4h) colocando-os na mesma matriz. O nivelamento das réguas foi feito a partir da construção de RNs específicos para cada um dos pontos de amostragem, tomando como base o RN (referência de nível) situado no entroncamento de Curumim-Terra de Areia na interpraia (RS-389).

Estes resultados do movimento da água foram estatisticamente analisados através de ANOVA entre os pontos e entre as campanhas de amostragem (datas e turnos) a fim de verificar a existência ou não de variabilidade destes fatores físicos no tempo e espaço. Uma análise de agrupamento também foi efetuada com o propósito de determinar o grau de similaridade existente entre os pontos (somente com dados do linígrafo). A amplitude de resposta para cada variável foi determinada através de análise descritiva, por ponto e campanha de amostragem. Correlações (*r*-Pearson) entre as variáveis meteorológicas com as hidrológicas foram estabelecidas. Esta análise de correlação serviu para quantificar o grau de associação entre estas variáveis. Quando esta correlação foi altamente significativa, uma análise de regressão entre tais variáveis foi efetuada para estabelecer a equação da reta. O programa estatístico utilizado para estas análises foi o STATISTICA® Versão 4.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados abaixo (Estação Meteorológica e Linígrafo) foram apresentados e analisados com relação aos valores médios a cada turno de 4h pelos seguintes motivos: a) as diferenças entre as médias (30 min e 4h) não foram significativas ($p < 0,05$); b) a apresentação

dos dados na forma gráfica torna-se mais clara (*n* menor); c) os outros dados abióticos (*capítulo 4*) e bióticos (*capítulos 5-7*) foram também amostrados em turnos de 4h, facilitando assim a interação entre os mesmos (*capítulo 8*).

Estação Meteorológica

Os valores de temperatura atmosférica (Tabela 3.1, Fig. 3.1) exibiram o mesmo comportamento dos de temperatura da água (*ver capítulo 4*), ou seja, um padrão unimodal sendo maiores no verão e menores no inverno. Entretanto, os maiores desvios geralmente foram encontrados no inverno e os menores no verão, evidenciando o verão como uma estação com temperaturas quentes e mais constantes.

Quanto à velocidade do vento (Tabela 3.1, Fig. 3.2), os valores médios mais elevados, tanto da velocidade média (V_{med}) quanto da máxima (V_{max}), estiveram bastante próximos na primavera e no inverno. É bastante característica na região litorânea do RS a presença constante de ventos, especialmente durante a primavera, sendo que no inverno estes valores estiveram relacionados com a chegada de uma frente fria do quadrante sul. Entretanto, os valores máximos mais elevados, assim como os maiores desvios foram obtidos no outono, estando este fato relacionado com a chegada de uma forte frente fria dos quadrantes SW-W no início da campanha (20/mai/99). Desvio padrão elevado também ocorreu no inverno. Esta maior amplitude de variação, registrada tanto no outono quanto no inverno, certamente esteve relacionada com a chegada destas frentes frias na região (valores máximos) e com o registro de períodos de calmaria total (valores mínimos), ou seja, sem vento. O verão foi caracterizado como a estação do ano mais estável, devido aos valores mais baixos, assim como os menores desvios.

A precipitação foi mais marcante no período de outono, contudo, no verão foi que ocorreu o registro máximo devido a chuvas passageiras típicas desta estação do ano (Tabela 3.2, Fig. 3.4). Ao analisar a precipitação acumulada durante a semana de campanha, o outono (29,03 mm) e o inverno (17,4 mm) foram definitivamente apontados como as estações mais chuvosas em detrimento a primavera (7,4 mm) e verão (7,6 mm).

Quanto à direção dos ventos (Tabela 3.1, Fig. 3.3), nota-se que a primavera foi a estação na qual ocorreu a maior amplitude de variação (desvio padrão mais elevado), sendo mais frequentes ventos dos quadrantes NNE e W (Fig. 3.5). Entretanto, no verão os ventos foram característicos do litoral, oscilando somente entre os quadrantes N e E (Fig. 3.5), sendo a menor amplitude de variação observada entre as campanhas. Assim como na primavera, no outono (Fig. 3.5) também foram registrados ventos de diversas direções, contudo, estes foram

Tabela 3.1 - Análise descritiva dos dados (intervalo 4h) obtidos na estação meteorológica da Lagoa Itapeva em cada estação do ano.

PRIMAVERA (Dez/98)	Tmax	Tmin	Vmed	Vmax	Dir	P
Média	22,97	22,32	5,67	8,65	154,77	0,02
Desvio padrão	2,02	1,81	2,18	3,49	100,50	0,07
Mínimo	19,29	18,93	1,55	2,85	14,06	0,00
Máximo	28,53	26,74	9,10	15,08	306,56	0,40
n	35	35	35	35	35	35
VERÃO (Mar/99)	Tmax	Tmin	Vmed	Vmax	Dir	P
Média	26,96	26,33	5,16	7,06	43,82	0,03
Desvio padrão	1,83	1,66	1,55	2,01	18,58	0,11
Mínimo	24,14	23,71	1,78	2,85	11,25	0,00
Máximo	31,31	30,03	7,96	11,19	78,75	0,65
n	38	38	38	38	38	38
OUTONO (Mai/99)	Tmax	Tmin	Vmed	Vmax	Dir	P
Média	15,73	15,13	5,04	7,55	188,33	0,11
Desvio padrão	1,99	1,85	3,45	5,07	85,05	0,35
Mínimo	12,51	11,88	0,21	0,99	22,50	0,00
Máximo	20,88	19,64	14,84	22,18	292,50	2,05
n	37	37	37	37	37	37
INVERNO (Ago/99)	Tmax	Tmin	Vmed	Vmax	Dir	P
Média	12,88	12,29	5,82	8,45	159,22	0,06
Desvio padrão	2,40	2,31	2,86	3,97	98,36	0,18
Mínimo	8,96	8,46	0,00	0,23	25,31	0,00
Máximo	18,18	17,39	9,88	15,91	267,19	1,00
n	38	38	38	38	38	38

Tmax= temperatura máxima (°C); Tmin= temperatura mínima (°C); Vmed= velocidade média do vento (m.s⁻¹); Vmax= velocidade máxima do vento (m.s⁻¹); Dir= direção do vento (°); P= precipitação (mm)

Tabela 3.2 - Análise descritiva dos dados (intervalo 30min) obtidos na estação meteorológica da Lagoa Itapeva em cada estação do ano.

PRIMAVERA (Dez/98)	Tmax	Tmin	Vmed	Vmax	Dir	P
Média	22,97	22,32	5,69	8,70	155,00	0,02
Desvio padrão	2,24	1,96	2,43	3,74	104,86	0,18
Mínimo	18,8	18,3	0,4	1,8	0	0
Máximo	33,5	29,2	12,5	17,9	315	2,8
n	270	270	270	270	270	270
VERÃO (Mar/99)	Tmax	Tmin	Vmed	Vmax	Dir	P
Média	26,97	26,34	5,16	7,06	44,03	0,03
Desvio padrão	1,98	1,80	1,71	2,22	24,80	0,30
Mínimo	22,4	21,7	0,9	1,8	0	0
Máximo	32,6	31,9	8,5	12,1	90	5,2
n	301	301	301	301	301	301
OUTONO (Mai/99)	Tmax	Tmin	Vmed	Vmax	Dir	P
Média	15,76	15,16	4,91	7,36	186,97	0,11
Desvio padrão	2,08	1,91	3,44	4,96	89,86	0,41
Mínimo	11,6	11	0	0	0	0
Máximo	24,9	20,7	15,6	23,2	315	3,6
n	290	290	290	290	281	290
INVERNO (Ago/99)	Tmax	Tmin	Vmed	Vmax	Dir	P
Média	12,85	12,26	5,86	8,48	163,83	0,06
Desvio padrão	2,46	2,36	3,00	4,16	98,75	0,26
Mínimo	8,6	8,1	0	0	22,5	0
Máximo	19,6	19,1	11,6	17,4	315	2,6
n	301	301	301	301	288	301

Tmax= temperatura máxima (°C); Tmin= temperatura mínima (°C); Vmed= velocidade média do vento (m.s⁻¹); Vmax= velocidade máxima do vento (m.s⁻¹); Dir= direção do vento (°); P= precipitação (mm)

mais freqüentes entre os quadrantes SW e W evidenciando a chegada de uma forte frente fria na região. O inverno (Fig. 3.5) foi a estação que mais se aproximou da primavera quanto a freqüência na direção dos ventos, pois também ficou evidente predomínio destes de quadrantes opostos (NE e WSW). Com isso, constatou-se que durante as campanhas ventos de duas direções foram dominantes na Lagoa Itapeva (Fig. 3.6): a) quadrantes NNE-ENE ocorrendo em todas as estações do ano, com predomínio durante o verão; e b) quadrantes SW-W excetuando o verão, com predomínio durante o outono e inverno. Assim, a baixa variabilidade direcional dos ventos mencionada por Medeiros (1992) foi também aplicada para este período de estudo, excetuando a primavera.

Também no Rio de Janeiro, a passagem de frentes frias com fortes ventos foi mais freqüente no outono e inverno, e ventos NE dominaram no verão. Estas frentes frias elucidaram a importância de passagens frontais em regular mudanças sazonais no balanço hidrológico, pois causaram vigorosa mistura induzida pelo vento e ressuspensão de sedimentos (Kjerfve & Knoppers, 1999).

O comportamento do vento durante as campanhas (Fig. 3.7) revelou que no outono e no inverno as oscilações ocorridas nas velocidades médias e máximas foram bastante similares. Ou seja, estas velocidades foram mais intensas no início do período de amostragem, diminuindo em direção ao meio da campanha até atingir dois períodos sucessivos de calmaria. Estes períodos ocorreram no turno da noite e início da manhã, entre os 3^o-4^o dias para o outono e 4^o-5^o dias para o inverno. Por outro lado, a primavera e o verão também exibiram um padrão semelhante, porém as velocidades do vento na primavera quase sempre excederam as do verão. O maior pico foi registrado no outono, mais precisamente um dia antes do início das amostragens dos parâmetros físico-químicos e biológicos. Coincidentemente, o mesmo comportamento do vento foi exibido em todas as estações do ano no 6^o dia de coleta. Com isso surgiram os seguintes questionamentos: “Será que o período de uma semana correspondeu ao ciclo do vento na Lagoa Itapeva? Este período de amostragem foi suficientemente adequado para caracterização sazonal do regime de ventos nesta região litorânea do RS?”.

Para as lagunas da costa leste Fluminense-RJ a passagem de frentes frias ocorreu em escala semanal, as quais resultaram em variações nítidas do espelho d'água destas (Kjerfve & Knoppers, 1999).

Confrontando os dados de velocidade com direção dos ventos (Fig. 3.8), tanto na primavera quanto no inverno o pico mais intenso ocorreu em direções de vento de SW-W, enquanto que o segundo pico, em direções dos quadrantes E-NE. No verão, as oscilações praticamente a intervalos constantes de velocidades do vento foram acompanhadas por

pequenas oscilações na direção, sendo que os picos coincidiram com o quadrante ENE. Já no outono, os dois picos de velocidades ocorreram em direções do vento de SW-W.

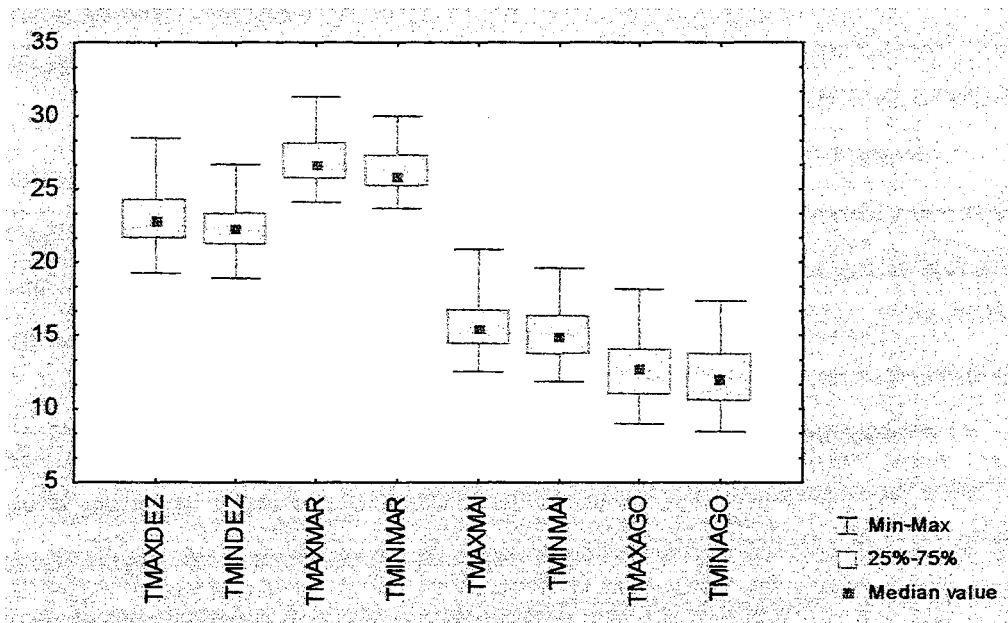


Figura 3.1 - Distribuições dos valores de temperatura atmosférica (°C), máxima (TMAX) e mínima (TMIN), nas campanhas de amostragem na Lagoa Itapeva.

DEZ= dezembro/98 (primavera), MAR= março/99 (verão), MAI= maio/99 (outono), AGO= agosto/99 (inverno)

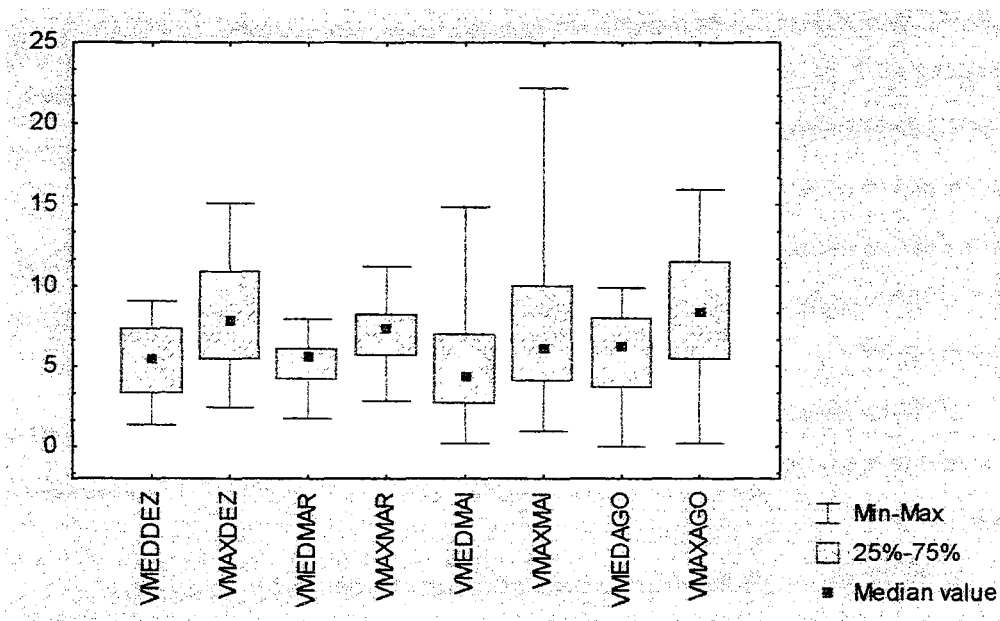


Figura 3.2 - Distribuições dos valores de velocidade do vento ($m.s^{-1}$), máxima (VMAX) e média (VMED), nas campanhas de amostragem na Lagoa Itapeva.

DEZ= dezembro/98 (primavera), MAR= março/99 (verão), MAI= maio/99 (outono), AGO= agosto/99 (inverno)

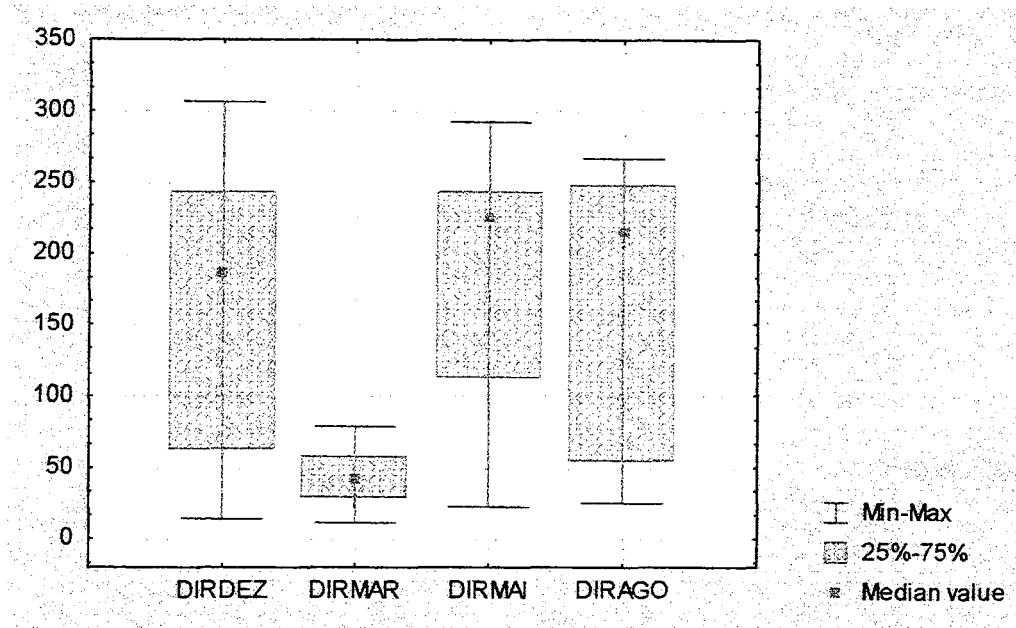


Figura 3.3 - Distribuições dos valores de direção do vento (DIR em °) nas campanhas de amostragem na Lagoa Itapeva. DEZ= dezembro/98 (primavera), MAR= março/99 (verão), MAI= maio/99 (outono), AGO= agosto/99 (inverno)

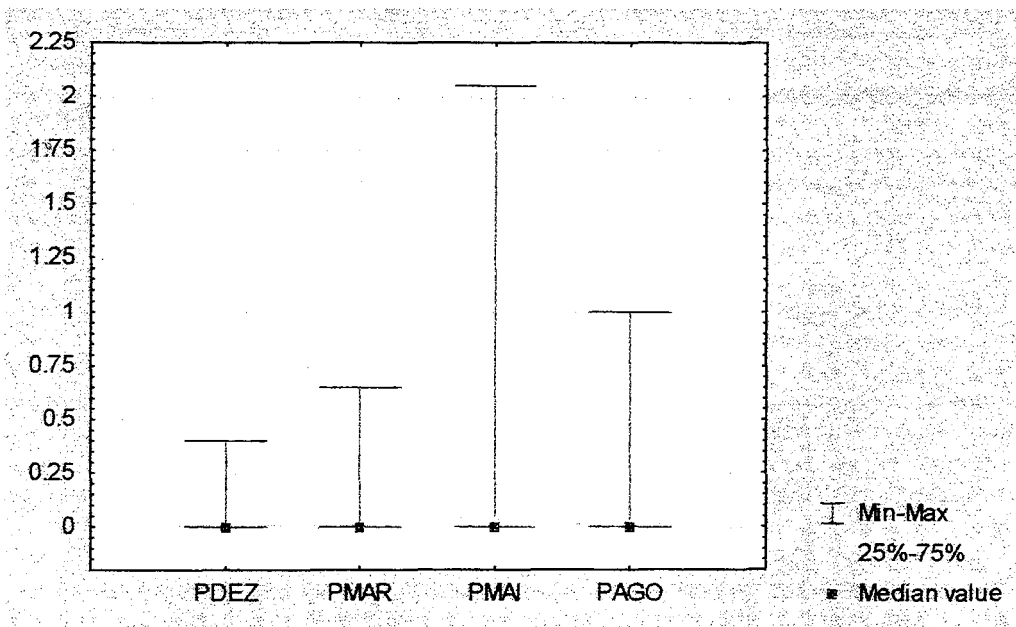
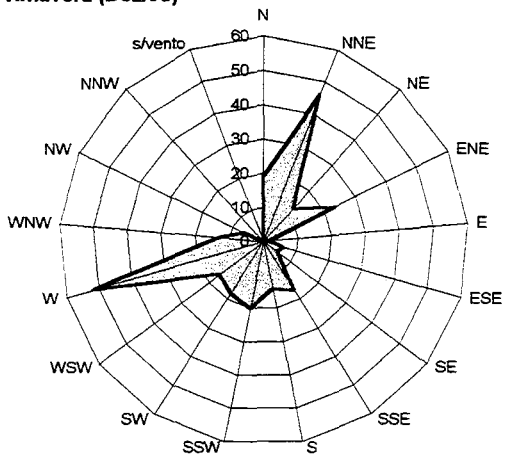
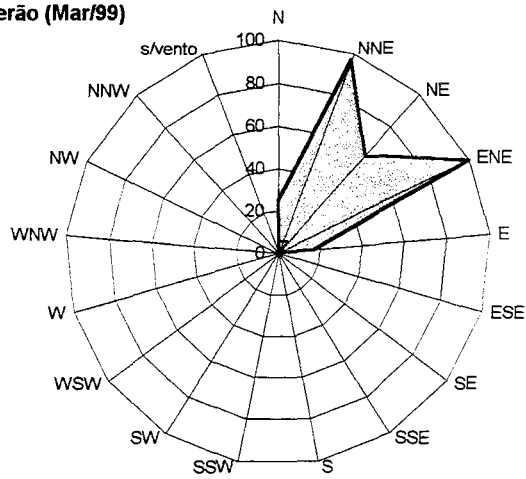


Figura 3.4 - Distribuições dos valores de precipitação (P em mm) nas campanhas de amostragem na Lagoa Itapeva. DEZ= dezembro/98 (primavera), MAR= março/99 (verão), MAI= maio/99 (outono), AGO= agosto/99 (inverno)

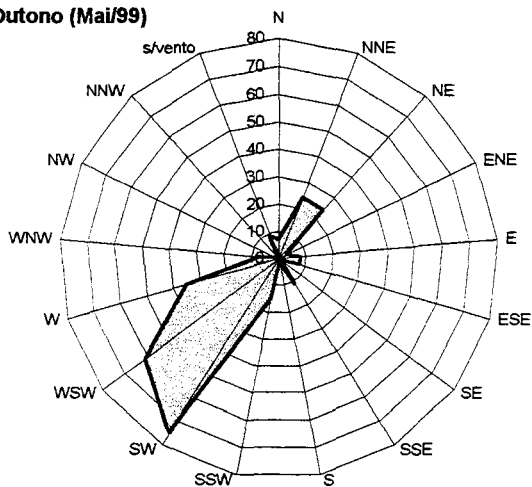
Primavera (Dez/98)



Verão (Mar/99)



Outono (Mai/99)



Inverno (Ago/99)

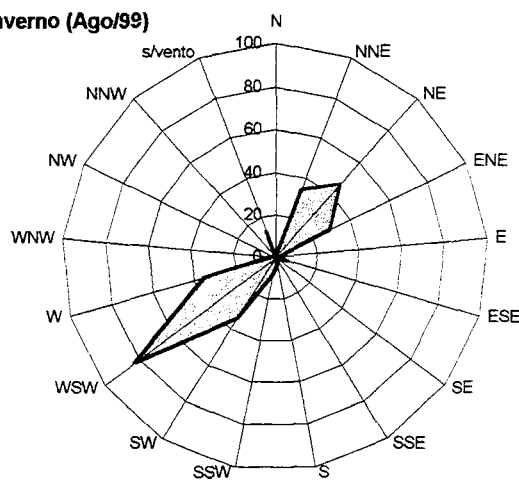


Figura 3.5 - Frequência da distribuição da direção de ventos durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

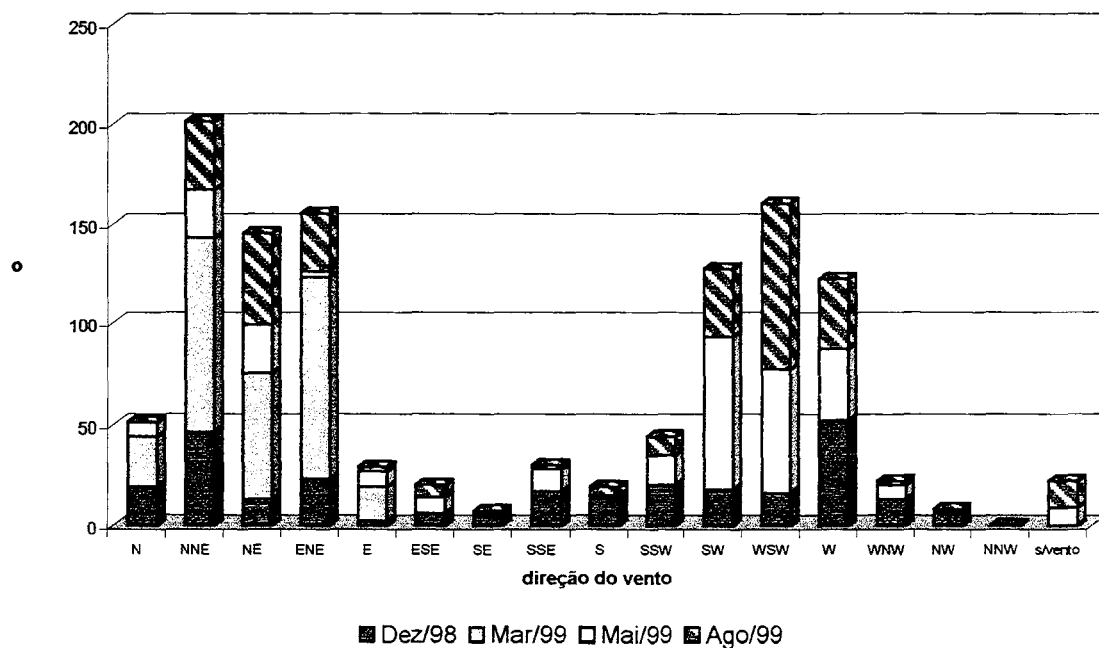
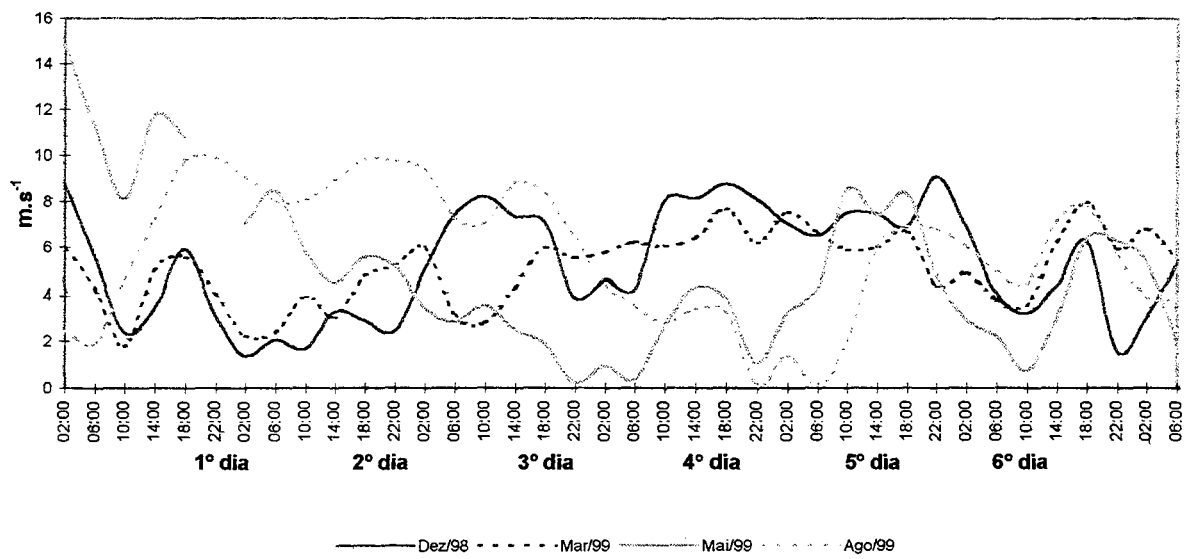


Figura 3.6 - Frequência da direção dos ventos em cada campanha de amostragem na Lagoa Itapeva. Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Velocidade Média do Vento



Velocidade Máxima do Vento

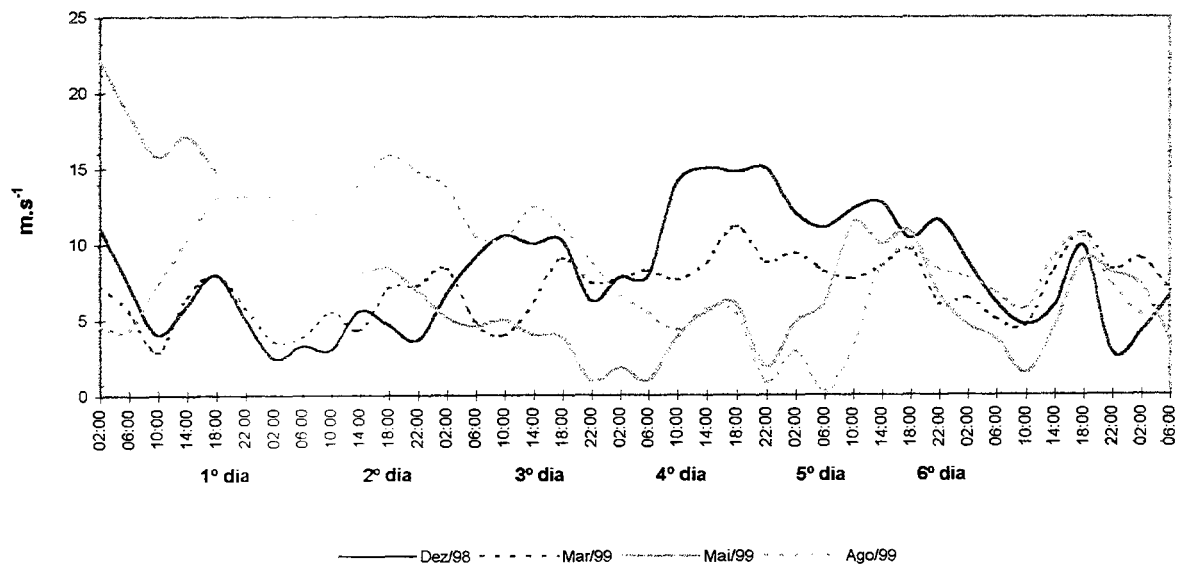


Figura 3.7 - Velocidade do vento (média e máxima) durante as campanhas na Lagoa Itapeva, em intervalos de turnos de 4h. Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

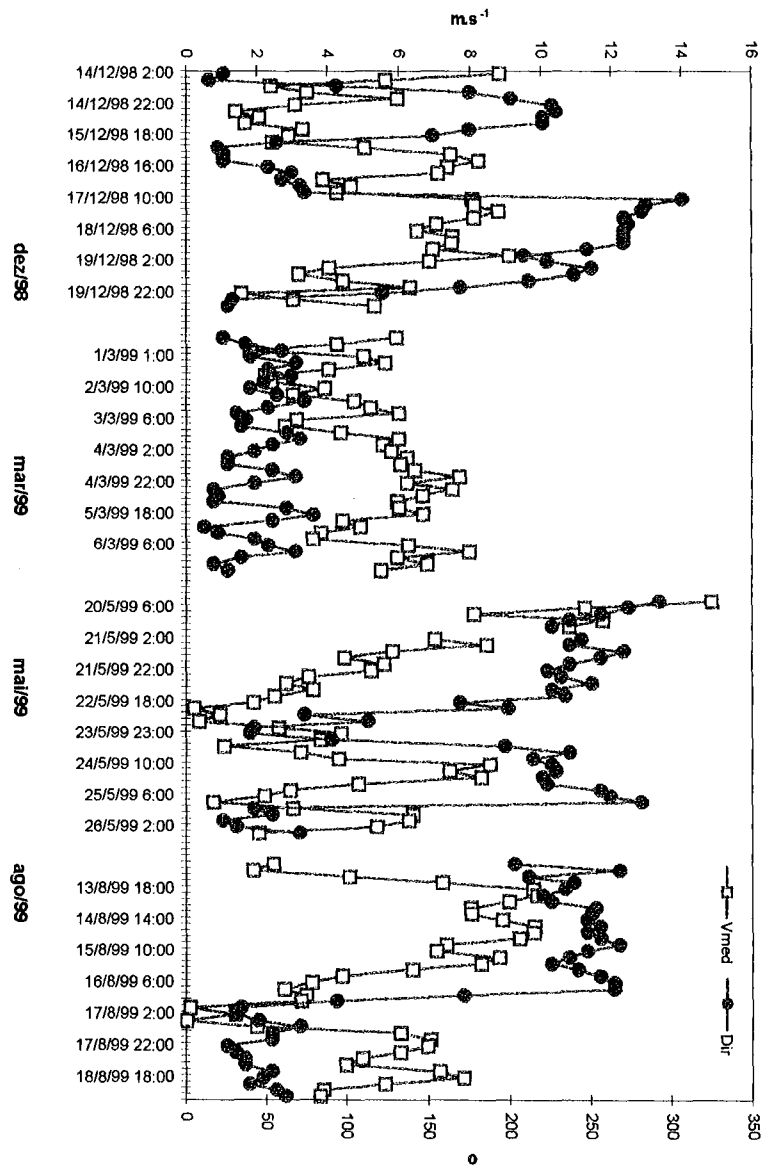
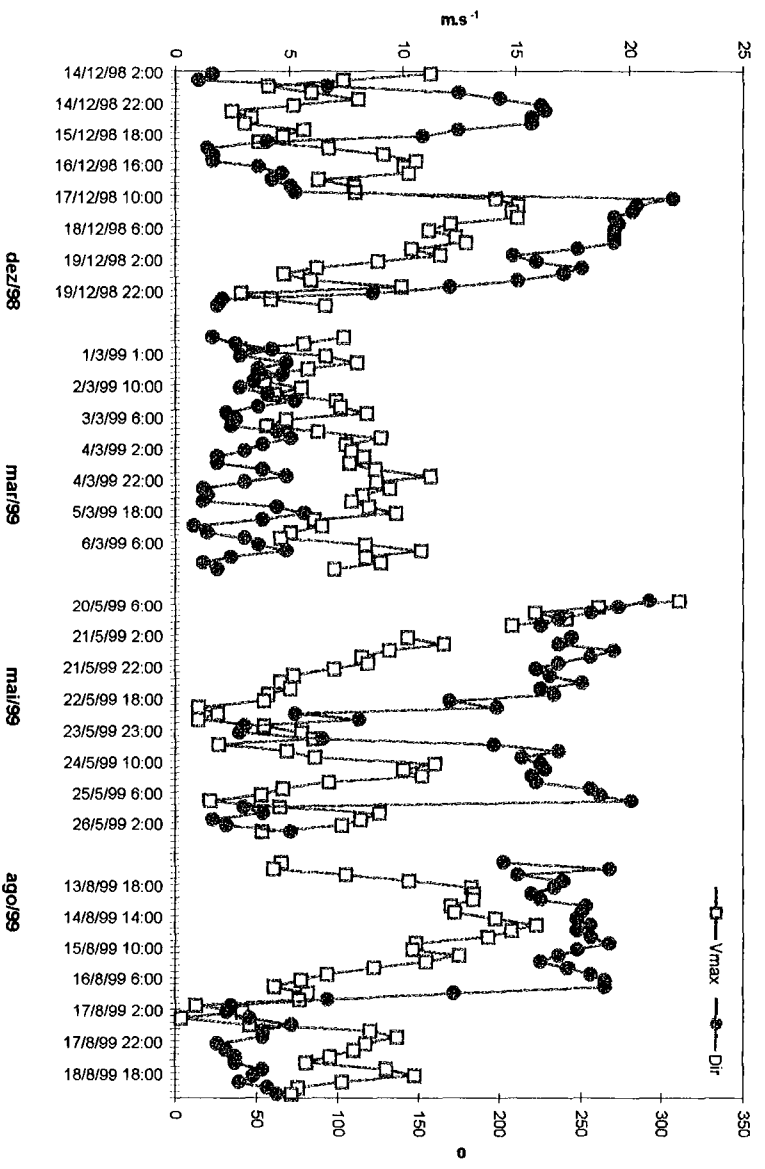


Figura 3.8 - Distribuição da velocidade, média (V_{med}) e máxima (V_{max}), e direção (Dir) dos ventos em cada campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

Aspectos morfométricos

Foram calculados alguns parâmetros morfométricos da Lagoa Itapeva para uma caracterização descritiva do ambiente, bem como para compreensão das dimensões que o efeito hidrodinâmico apresenta (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 - Parâmetros morfométricos da Lagoa Itapeva, calculados a partir de mapa com escala 1:250000 (Brasil, 1994).

PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS	km
Comprimento máximo	L _{max} 30,8
Comprimento máximo efetivo	L _e 30,8
Comprimento efetivo do N	L _s 28,8
Comprimento efetivo do C	L _s 19,3
Comprimento efetivo do S	L _s 28,5
Largura máxima	B _{max} 7,6
Largura máxima efetiva	B _e 7,6
Largura Média (área 95,16 km ²)	B 3,1
Largura Média (área 124,75 km ²)*	B 4,05
Distância entre pontos	N-C 20,1
(em linha reta)	N-S 28,4
	C-S 8,4

N = ponto Norte, C = ponto Centro, S = ponto Sul.

* dados obtidos por Lopardo (em preparação)

O *fetch* efetivo (L_f) foi calculado para cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva, bem como para as dimensões máximas, em função da direção de vento predominante em cada estação do ano. Utilizando os dados de velocidades do vento (média e máxima) juntamente com os valores do *fetch* efetivo (L_f) foi possível estabelecer a altura da onda produzida no sistema (Tabela 3.4), bem como a dinâmica com o fundo em termos de ressuspensão de partículas (Tabela 3.5).

Com isso, pode-se constatar que *fetch* de direção SW e WSW produziram um efeito de maior extensão e intensidade na Lagoa Itapeva (Tabela 3.4). Estes ventos foram predominantes durante o outono e inverno, justamente quando foram obtidos os registros máximos de velocidade destes. Por isso, a relação entre o *fetch* efetivo e a altura de onda produzida teve uma maior intensidade nestas épocas do ano, chegando a gerar ondas maiores que a própria profundidade dos pontos de amostragem. Particularmente os pontos Centro e Norte é que foram os mais atingidos nestas épocas do ano. Uma outra situação crítica ocorreu durante a primavera, quando ventos predominantes de direção W tiveram o seu maior efeito diretamente no ponto Centro. Assim, foi calculado o *fetch* efetivo da margem W oposta ao ponto Centro e obtido um valor de 14,7 km, ou seja, muito maior que a própria distância existente (5,5 km). Além disso, a altura de onda máxima produzida (0,7 a 1,2m) foi maior que

a própria profundidade local (0,9m), impedindo a amostragem de variáveis químicas e biológicas na ocorrência destes picos durante a primavera. Ventos de quadrante NE (NNE a ENE) foram predominantes durante o verão e inverno na Lagoa Itapeva. Porém, o efeito do *fetch* efetivo foi de menor extensão devido principalmente à menor largura existente na porção Norte da lagoa. Assim, ventos desta direção produziram um efeito mais intenso do ponto Centro em direção ao ponto Sul do que em termos de comprimento máximo (N-S), chegando a valores maiores que a própria distância entre estes pontos (Tabela 3.3). Com isso, durante o verão e no final do inverno foi esperado a encontrar maior perturbação no ponto Sul que nos demais. Contudo, como a velocidade dos ventos foi menor durante o verão, o efeito da onda gerado foi de menor intensidade que o evidenciado no inverno.

Tabela 3.4 – *Fetch* efetivo (Lf em km) em função da posição dos pontos de amostragem e distância entre margens na Lagoa Itapeva, para cada direção de vento predominante sazonalmente, e sua relação com a altura de onda produzida.

PONTOS	Lf	DIR	campanha	Vmed média (max) - média (max.)	Vmax	Altura da onda (m)
SUL	5,9	W	Dez/98	5,7 (9,1) - 8,6 (15,1)		0,3 (0,45) - 0,4 (0,8)
W-CENTRO	14,7	W				0,4 (0,7) - 0,6 (1,2)
SUL	14,0	WSW	Mai/99	5,0 (14,8) - 7,6 (22,2)		0,4 (1,2) - 0,5 (1,8)
SUL	19,8	SW				0,5 (1,4) - 0,65 (2,2)
CENTRO	5,7	WSW				0,3 (0,8) - 0,4 (1,2)
CENTRO	8,6	SW				<0,4 (0,9) - 0,45 (1,4)
S-N	19,6	SW				0,5 (1,4) - 0,65 (2,2)
SUL	14,0	WSW	Ago/99	5,8 (9,9) - 8,4 (15,9)		0,4 (0,7) - 0,6 (1,2)
SUL	19,8	SW				0,55 (0,9) - 0,8 (1,5)
CENTRO	5,7	WSW				0,3 (0,45) - 0,4 (0,8)
CENTRO	8,6	SW				0,4 (0,65) - 0,6 (1,05)
S-N	19,6	SW				0,55 (0,9) - 0,8 (1,5)
NORTE	7,9	NNE	Mar/99	5,2 (8,0) - 7,1 (11,2)		0,4 (0,45) - (0,7)
NORTE	9,3	NE				0,4 (0,45) - (0,7)
NORTE	10,8	ENE				0,4 (0,5) - 0,45 (0,75)
CENTRO	10,6	NNE				0,4 (0,5) - 0,45 (0,75)
CENTRO	14,1	NE				0,4 (0,5) - 0,5 (0,85)
CENTRO	15,6	ENE				0,4 (0,5) - 0,5 (0,85)
N-S	12,4	NE				0,4 (0,55) - 0,5 (0,75)
NORTE	7,9	NNE	Ago/99	5,8 (9,9) - 8,4 (15,9)		0,4 (0,65) - 0,6 (1,05)
NORTE	9,3	NE				0,4 (0,65) - 0,6 (1,05)
NORTE	10,8	ENE				0,4 (0,65) - 0,5 (1,1)
CENTRO	10,6	NNE				0,4 (0,65) - 0,5 (1,1)
CENTRO	14,1	NE				0,4 (0,7) - 0,6 (1,2)
CENTRO	15,6	ENE				0,4 (0,7) - 0,6 (1,2)
N-S	12,4	NE				0,45 (0,7) - 0,55 (1,05)

(DIR = direção predominante do vento, Vmed = velocidade média do vento em $m.s^{-1}$, Vmax = velocidade máxima do vento em $m.s^{-1}$, max = máxima).

O efeito desta onda produzida tornou-se mais visível quando relacionado à dinâmica de fundo (Tabela 3.5). Assim, a menor onda produzida (0,3 m) já era capaz de ressuspender

até areia grossa (segundo escala granulométrica de Wentworth, 1922) e inclusive seres vivos bentônicos pertencentes a estas classes de tamanho. Isto justificou a presença destes organismos na coluna d'água nestas situações (*capítulo 7*).

Tabela 3.5 – Relação entre a altura de onda produzida e a dinâmica de fundo, em função da profundidade média (1,5 m) entre os pontos de amostragem na Lagoa Itapeva.

onda	tamanho de partículas
0,2	≤ 0,5 mm
0,3	≤ 1 mm
0,4	≤ 2 mm
0,6	≤ 4 mm
0,8	≤ 8 mm
1	≤ 20 mm
≥ 1,8	<i>breakers</i> (onda grande)

Linígrafo

Infelizmente os dados de movimento d'água não puderam ser obtidos durante a primavera devido a problemas ocorridos no datalogger dos linígrafos. Apenas os valores de leitura instantânea da régua, durante os turnos e dias de amostragem das variáveis físico-químicas e biológicas, foram obtidos para efeito comparativo. Assim, com base nestas leituras momentâneas o nível d'água mais elevado (período de cheia) predominantemente ocorreu durante o outono, nos três pontos de amostragem (Fig. 3.9). O oposto, ou seja, nível d'água mais baixo (período de seca) foi registrado para o verão.

No ponto Norte, tanto na primavera quanto no verão, os valores de nível d'água foram inferiores aos outros dois pontos de amostragem (Fig. 3.10). Este efeito esteve relacionado diretamente com a direção dos ventos nestas estações do ano, a qual possibilitou um maior deslocamento da água de N→S. De fato, como o predomínio foi de ventos dos quadrantes NNE-ENE para o verão (Fig. 3.5), a elevação do nível d'água foi maior no Sul. Por outro lado, como na primavera a maior frequência de ventos esteve entre os quadrantes NNE e W (Fig. 3.5), a elevação do nível d'água foi levemente superior no Centro em relação ao Sul. Já no outono e inverno (Fig. 3.10) o efeito do vento foi mais intensamente refletido no Norte. Isto porque nestas estações do ano o predomínio de ventos dos quadrantes SW-WSW e WSW respectivamente (Fig. 3.5), foram responsáveis por um maior deslocamento de água do S→N.

O ponto Centro (Fig. 3.9) foi onde as oscilações de nível foram quase imperceptíveis em todas as estações do ano, demonstrando que a hipótese deste local sofrer influências muito semelhantes de ventos de qualquer quadrante predominante na região ser verdadeira. Assim, o Centro comporta-se como um pivô das oscilações. O Centro e Sul estiveram mais próximos no efeito do vento sobre o nível d'água (Fig. 3.9), pois em ambos a elevação do nível foi

Tabela 3.6-Análise descritiva das variáveis hidrológicas entre os pontos e campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

<i>Pontos</i>	nN	nC	nS	vN	vC	vS	dN	dC	dS
Média	1,32	1,33	1,33	0,04	0,04	0,03	147,86	155,00	220,18
Desvio padrão	0,23	0,16	0,14	0,02	0,03	0,02	89,43	88,10	79,36
Mínimo	0,94	1,12	1,13	0,00	0,00	0,00	45,00	45,00	112,50
Máximo	1,84	1,64	1,70	0,09	0,14	0,11	225,00	225,00	315,00
n	126	126	126	126	126	126	126	126	126
<i>Campanhas</i>	nMar/99	vMar/99	dMar/99	nMai/99	vMai/99	dMai/99	nAgo/99	vAgo/99	dAgo/99
Média	1,14	0,04	246,96	1,54	0,03	132,68	1,31	0,04	143,39
Desvio padrão	0,06	0,02	31,37	0,07	0,03	87,71	0,07	0,02	92,47
Mínimo	0,94	0,01	225,00	1,38	0,00	45,00	1,12	0,00	45,00
Máximo	1,27	0,11	292,50	1,84	0,14	315,00	1,57	0,09	292,50
n	126	126	126	126	126	126	126	126	126

N= ponto Norte, C= ponto Centro, S= ponto Sul, n= nível , v= velocidade, d= direção, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Tabela 3.7 - Análise descritiva espacial e temporal das variáveis hidrológicas na Lagoa Itapeva.

<i>Mar/99</i>	nN	nC	nS	vN	vC	vS	dN	dC	dS
Média	1,07	1,16	1,19	0,04	0,05	0,03	225,00	225,00	290,89
Desvio padrão	0,05	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	5,86
Mínimo	0,94	1,12	1,13	0,02	0,01	0,01	225,00	225,00	270,00
Máximo	1,15	1,19	1,27	0,07	0,11	0,05	225,00	225,00	292,50
n	42	42	42	42	42	42	42	42	42
<i>Mai/99</i>	nN	nC	nS	vN	vC	vS	dN	dC	dS
Média	1,57	1,54	1,51	0,03	0,04	0,03	105,00	117,86	175,18
Desvio padrão	0,10	0,03	0,05	0,02	0,03	0,03	85,88	89,42	72,28
Mínimo	1,38	1,51	1,42	0,00	0,00	0,01	45,00	45,00	112,50
Máximo	1,84	1,64	1,70	0,09	0,14	0,11	225,00	225,00	315,00
n	42	42	42	42	42	42	42	42	42
<i>Ago/99</i>	nN	nC	nS	vN	vC	vS	dN	dC	dS
Média	1,32	1,31	1,30	0,04	0,04	0,04	113,57	122,14	194,46
Desvio padrão	0,12	0,01	0,05	0,02	0,02	0,02	88,47	90,16	77,91
Mínimo	1,12	1,28	1,17	0,00	0,00	0,00	45,00	45,00	112,50
Máximo	1,57	1,33	1,38	0,09	0,09	0,08	225,00	225,00	292,50
n	42	42	42	42	42	42	42	42	42

N= ponto Norte, C= ponto Centro, S= ponto Sul, n= nível , v= velocidade, d= direção, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

maior no outono e primavera, enquanto que a menor, no verão e inverno. Certamente a posição física de o ponto Centro ser mais próxima do Sul que ao Norte contribuiu para esta maior semelhança nas oscilações de níveis.

Analisando os dados obtidos automaticamente (excetuando a primavera) novamente ficou constatado que o outono foi a estação onde o nível d'água foi mais elevado e, no verão, o mais baixo (Fig. 3.11, Tabela 3.6). Quanto aos pontos de amostragem (Fig. 3.11, Tabela 3.6), na análise geral das estações do ano o valor médio obtido foi praticamente o mesmo. No Norte foi registrada a maior amplitude de oscilação do nível d'água, portanto, o maior desvio entre os pontos. O Centro e o Sul exibiram um comportamento bastante semelhante. Quanto à velocidade do movimento d'água, os valores médios obtidos nas campanhas e nos pontos de amostragem praticamente não apresentaram diferenças entre si (Fig. 3.12, Tabela 3.6). O máximo de velocidade ocorreu durante o outono no ponto Centro. Não foi possível interpretar adequadamente os resultados de direção do vento baseado na análise descritiva. Basta confrontar os dados (Tabela 3.6 e Fig. 3.13) e verificar que os valores médios não refletiram a ocorrência dos mesmos. Isto porque os valores estão em graus e a média normalmente representou uma direção intermediária entre as duas de maior ocorrência. Assim, no verão a direção do movimento d'água permaneceu distribuída entre os quadrantes SW-WNW, sendo mais freqüente no primeiro (Fig. 3.13). No outono e no inverno ocorreu uma maior oscilação na direção do fluxo de água, porém a maior freqüência foi registrada para o quadrante NE, seguido pelo SW (Fig. 3.13). Esta presença constante de fluxo na direção SW em todas as estações do ano provavelmente esteja relacionada diretamente com o deságüe do Rio Três Forquilhas, situado na margem SW da Lagoa Itapeva.

Entretanto, a análise de cada campanha individualmente possibilitou identificar algumas variações entre os pontos. Com relação ao nível d'água (Tabela 3.7 e Fig. 3.14), os valores médios permitiram uma maior distinção entre estes. Durante o verão o nível d'água no Sul foi maior durante toda a campanha, conforme apresentado na análise dos dados de leitura da régua (Fig. 3.10). Já no outono e inverno, o ponto Norte foi o que exibiu os maiores valores (médios e máximos), porém não de forma constante conforme evidenciado anteriormente (Figs. 3.10 e 3.14). Nestas épocas do ano também ocorreram as maiores diferenças de nível entre os pontos Norte e Sul num único dia (1º dia de campanha), com 0,42m no outono (14h) e 0,40m no inverno (22h) (Fig. 3.14). Também foi possível detalhar melhor a grande amplitude de variação de nível no ponto Norte em todas as estações do ano, sendo isto um reflexo direto da direção de vento e do movimento d'água. Os momentos onde o nível baixou no Norte, durante o outono e inverno, coincidiram ou com a inversão na

direção do movimento da água (quadrante NE) ou com mudança na direção do quadrante predominante do vento, fazendo com que no Sul este tenha se elevado (Fig. 3.14).

A velocidade do movimento evidenciou valores levemente superiores no ponto Centro, com exceção do inverno, onde os pontos foram bastante semelhantes entre si (Tabela 3.7, Fig. 3.15). O outono foi a estação onde se obteve os valores máximos mais elevados, assim como a maior amplitude de variação dos mesmos (Tabela 3.7, Fig. 3.15).

Embora os pontos Centro e Sul tenham exibido comportamentos semelhantes quanto ao nível d'água sazonalmente, o mesmo não foi evidenciado em termos de movimento d'água (velocidade e direção). Assim, Norte e Centro exibiram uma direção de fluxo bastante semelhante e constante (Figs. 3.13 e 3.16). Ou seja, durante o verão a direção do movimento foi predominantemente de SW nestes. Já no outono e inverno a direção do movimento ocorreu em dois sentidos, NE com maior frequência e SW com menor. Contudo, no Sul ocorreu uma maior amplitude de variação no sentido do fluxo, com exceção do verão (Figs. 3.13 e 3.16). Existiu uma estreita relação entre a direção do movimento d'água e do vento no efeito causado em cada ponto na Lagoa Itapeva. Tanto no Norte quanto no Centro a direção do movimento d'água foi exatamente a oposta da exibida pelo vento. Assim, o deslocamento superficial de água ocorreu no sentido da direção do vento, porém, quando esta atingiu a margem oposta, fez com que o seu movimento se perpetuasse no sentido oposto (Figs. 3.5 e 3.13). Entretanto no Sul este efeito direto do vento não pode ser sentido exclusivamente. Isto porque o Sul está situado muito próximo da foz do Rio Três Forquilhas, fazendo com que este deságüe também interfira no fluxo de movimento d'água, perturbando-o neste sentido (Figs. 3.13 e 3.16).

Para um estudo hidrodinâmico é imprescindível que os pulsos de nível d'água no sistema sejam monitorados intensamente. No caso da Lagoa Itapeva, dados de estações fluviométricas (Porto Fagundes e Barra dos Quirinos) também foram utilizadas para o modelo hidrodinâmico (Lopardo, em preparação), além dos dados de linígrafo dentro da própria lagoa. Uma outra finalidade destes dados é exemplificar que não existe um regime hidrometeorológico sazonal neste ambiente, pois em um ano pode ocorrer período de cheia em pleno verão e no ano subsequente, seca nesta mesma época (Fig. 3.29). Assim, ficou claro que a sazonalidade utilizada neste trabalho refere-se aquele período específico (mês/ano) onde os dados foram obtidos, não sugerindo generalizações sazonais para a Lagoa Itapeva.

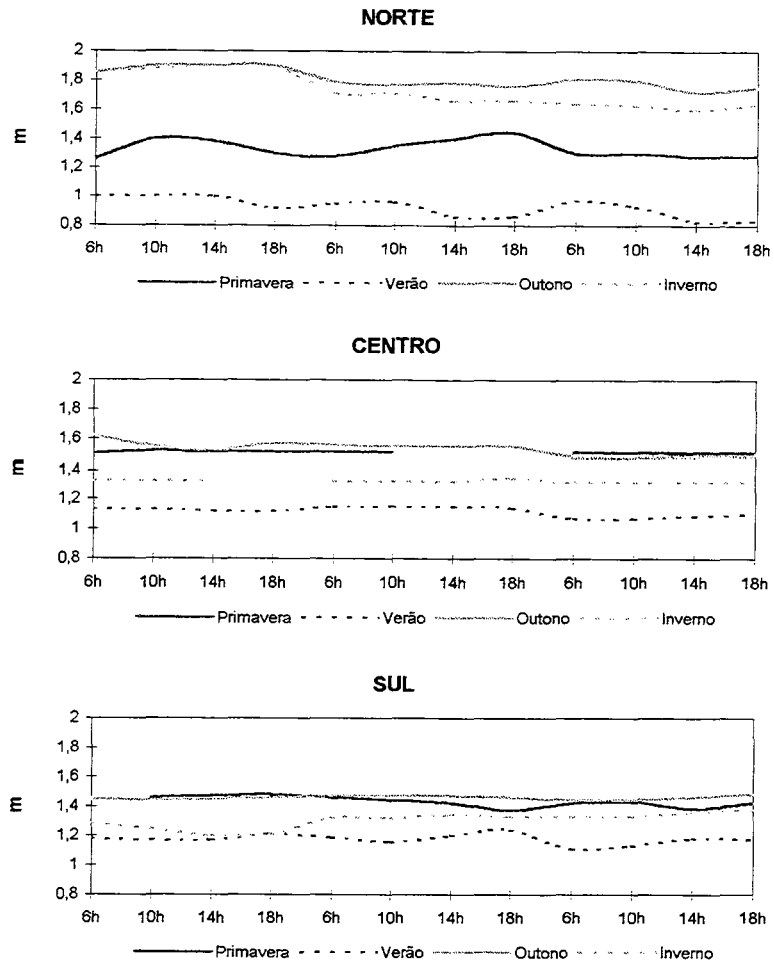


Figura 3.9 - Leitura momentânea do nível d'água em cada ponto de amostragem durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva. (Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno= Ago/99)

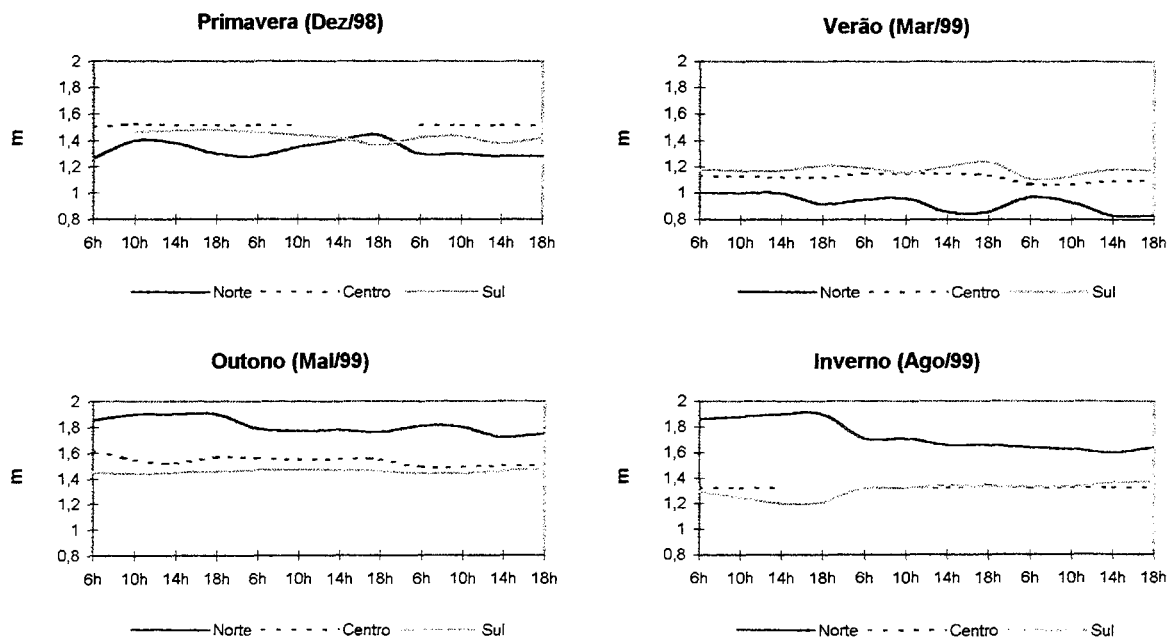


Figura 3.10 - Leitura momentânea do nível d'água durante as campanhas sazonais em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

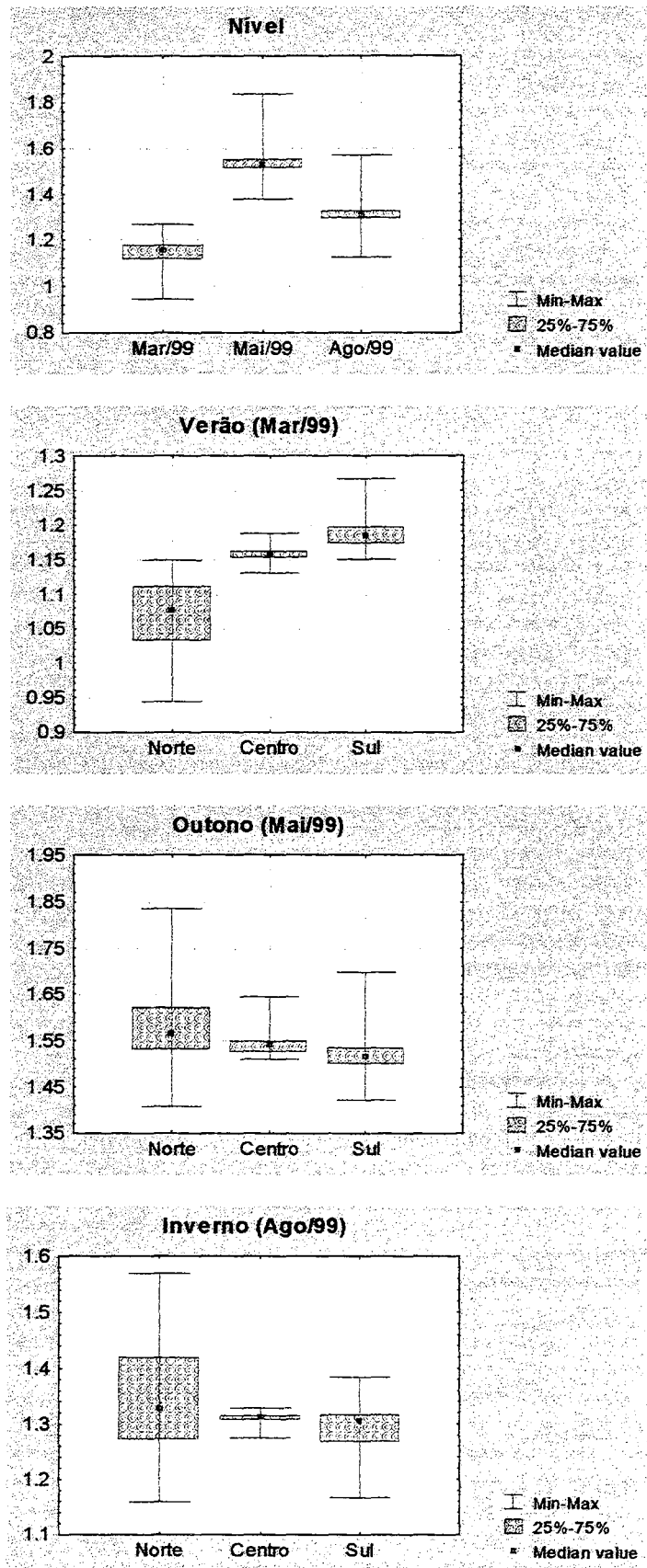


Figura 3.11- Variação do nível d'água (m) durante as campanhas e entre os pontos de amostragem na Lagoa Itapeva.

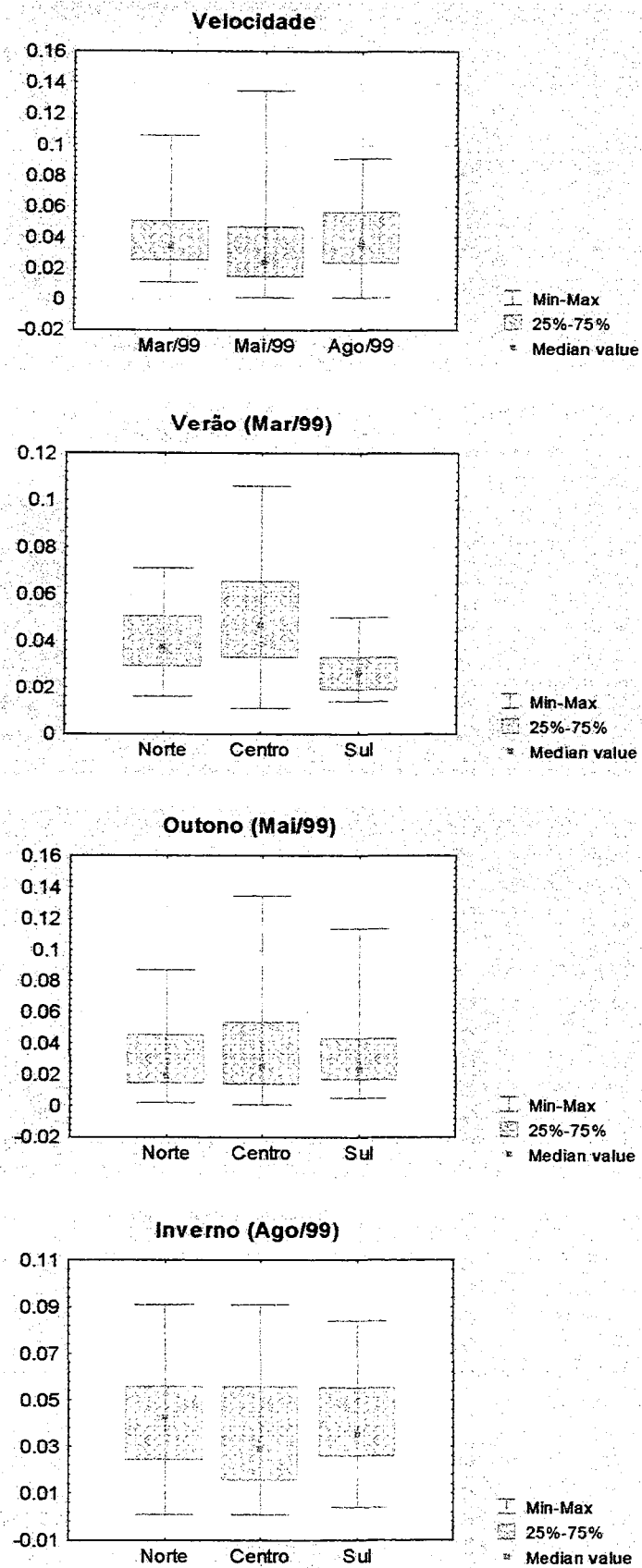


Figura 3.12 - Variação da velocidade d'água ($m \cdot s^{-1}$) durante as campanhas e entre os pontos de amostragem na Lagoa Itapeva.

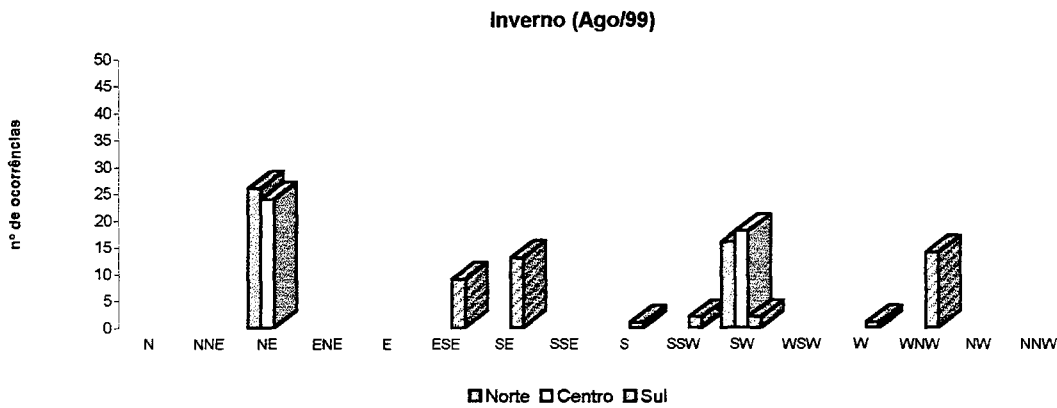
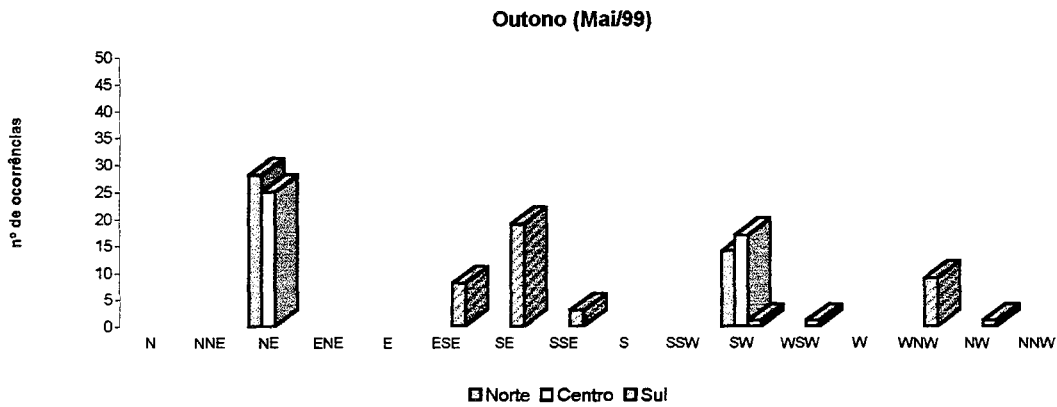
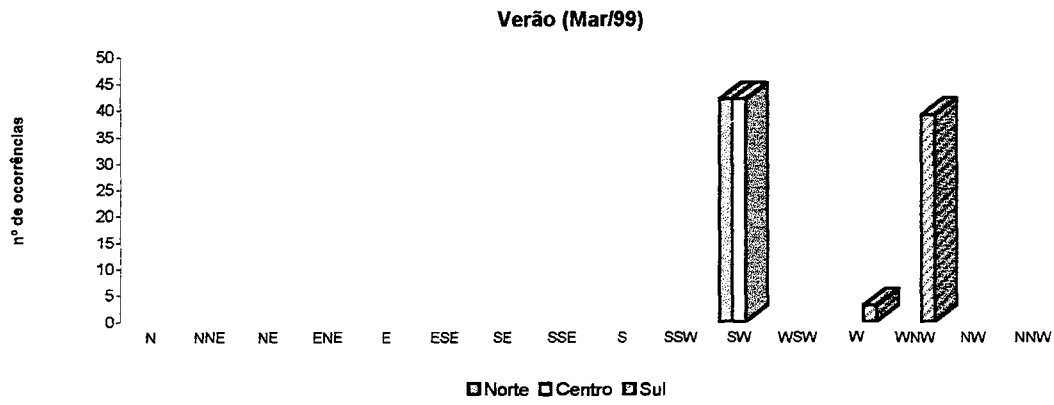
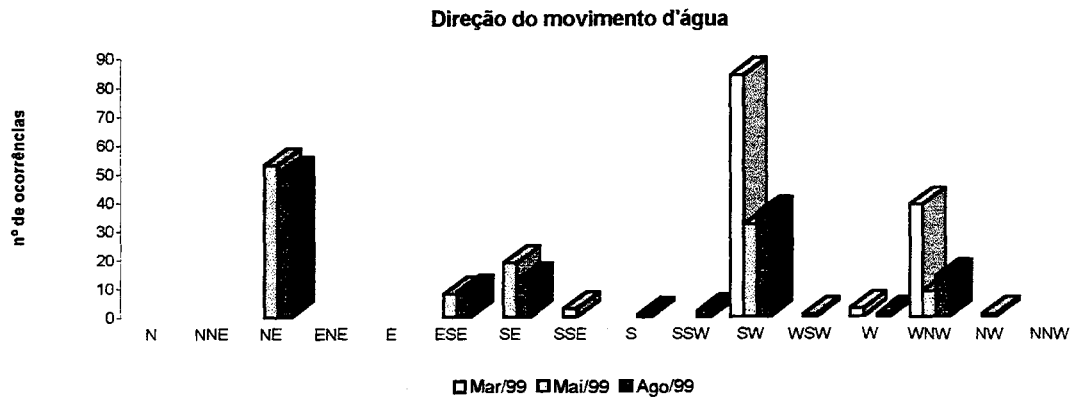


Figura 3.13 - Frequências de direção do movimento d'água nas campanhas e em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

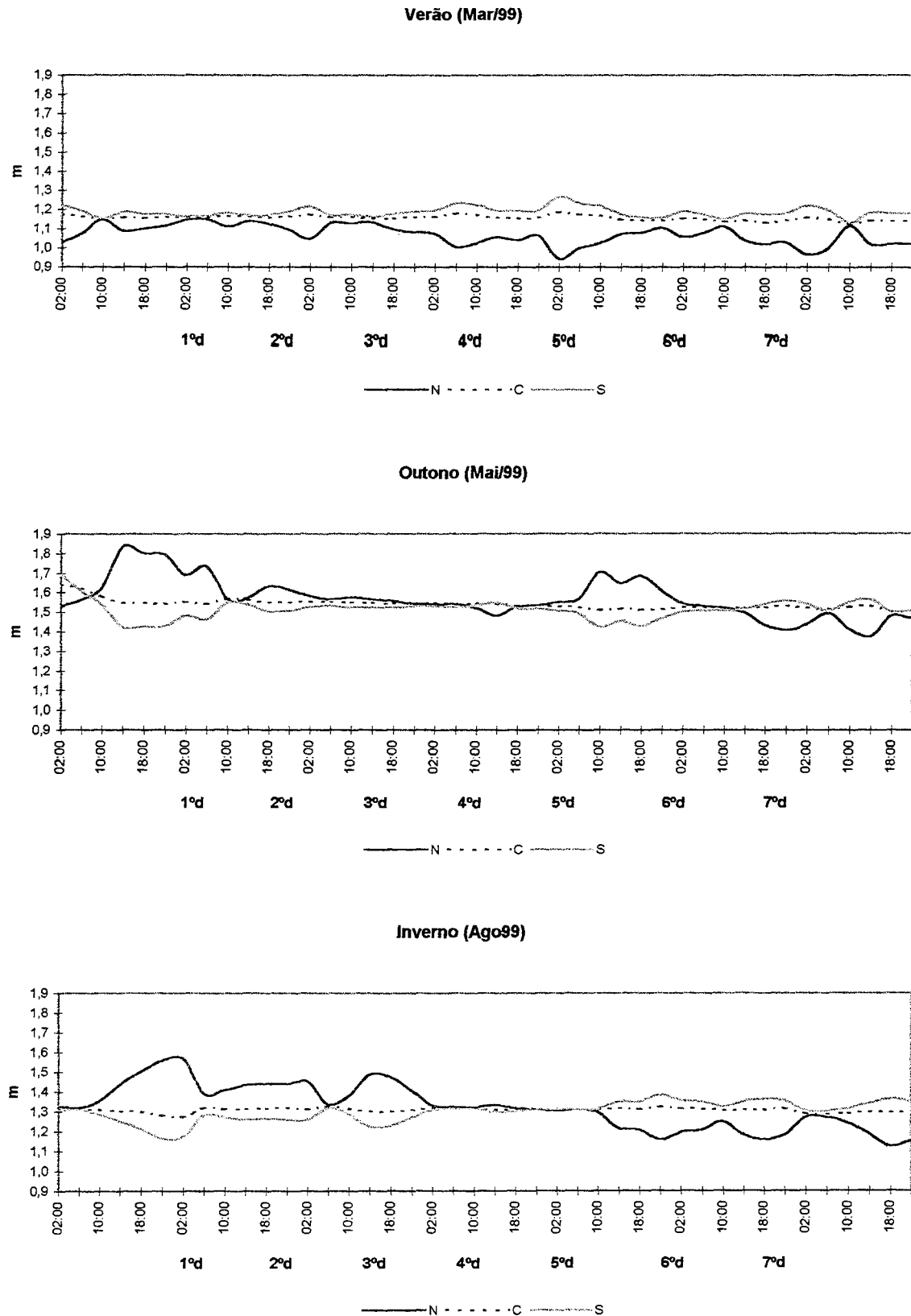


Figura 3.14 - Variação do nível d'água em cada ponto de amostragem sazonalmente na Lagoa Itapeva. (N= ponto Norte, C= ponto Centro, S= ponto Sul)

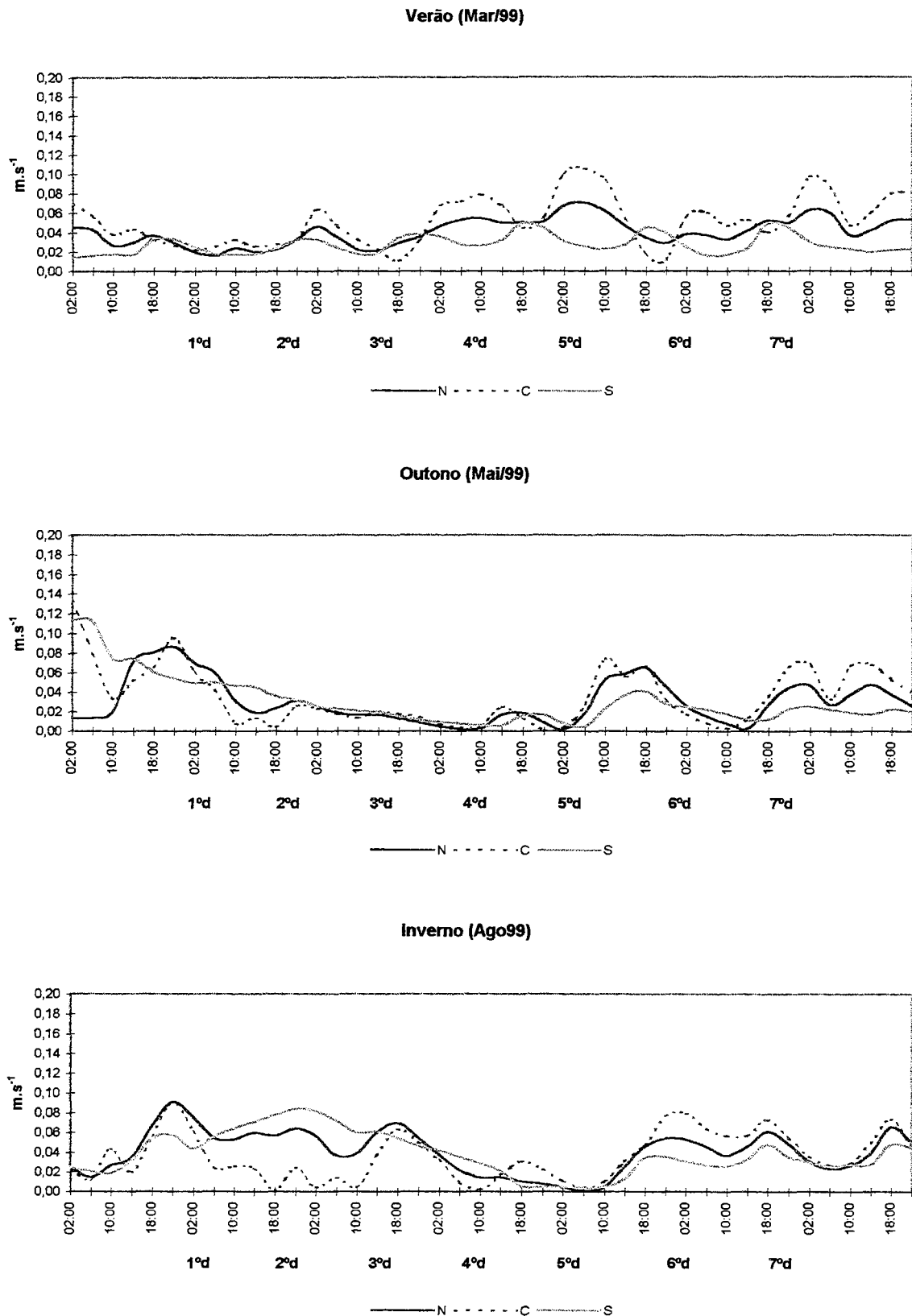


Figura 3.15 - Variação da velocidade d'água em cada ponto de amostragem sazonalmente na Lagoa Itapeva. (N= ponto Norte, C= ponto Centro, S= ponto Sul)

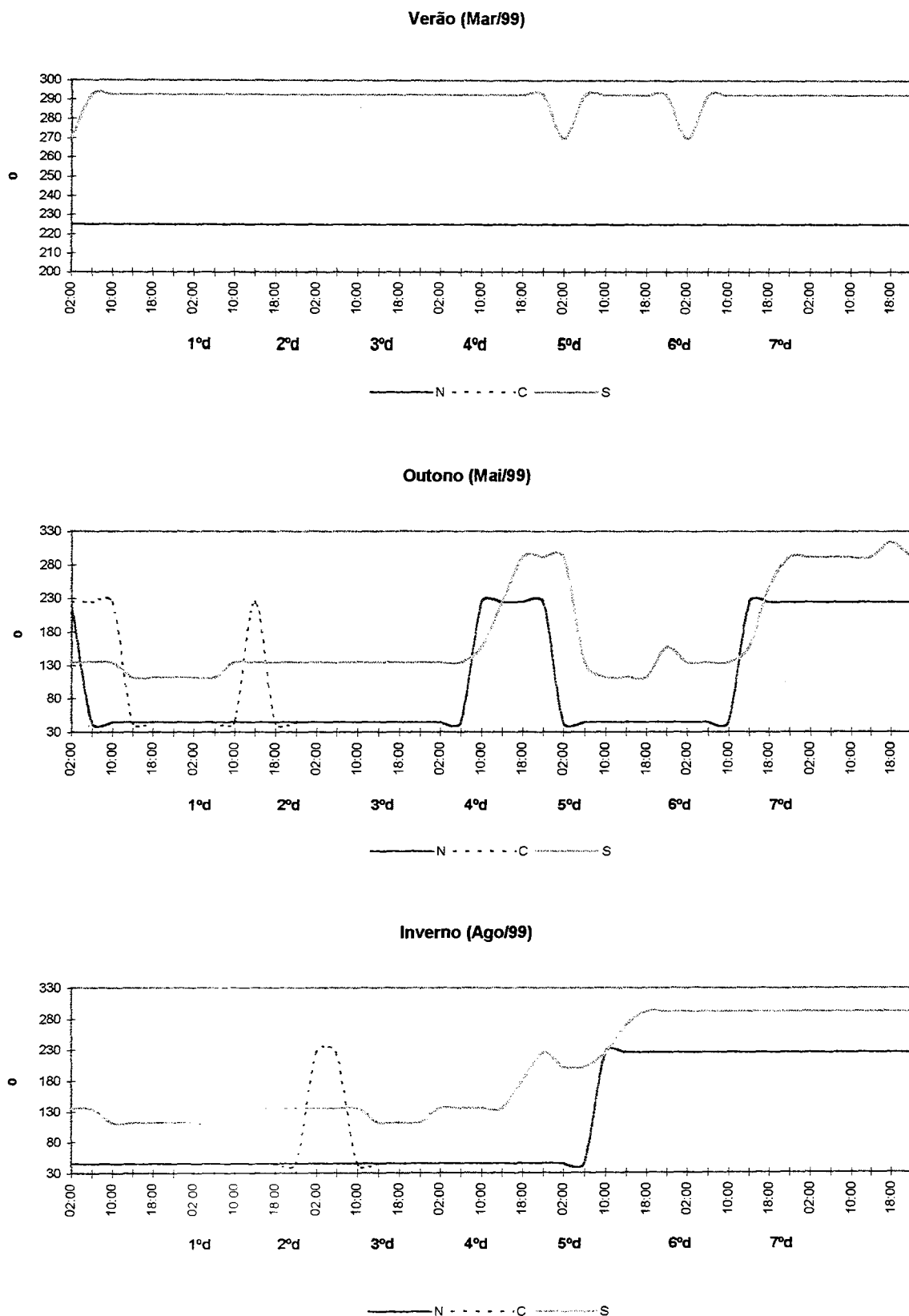


Figura 3.16 - Variação da direção d'água em cada ponto de amostragem sazonalmente na Lagoa Itapeva.
(N= ponto Norte, C= ponto Centro, S= ponto Sul)

Análise dos Dados

A região sul do Brasil é caracterizada por um clima subtropical, com as quatro estações do ano bastante definidas. Assim, como era de se esperar a ANOVA comprovou a existência de variância altamente significativa ($p < 0,01$) entre as campanhas sazonais com relação aos dados meteorológicos, tanto utilizando o dia ou a hora como fatores. Exceção ocorreu somente para a variável precipitação quando foi testado o efeito da hora.

Com relação aos dados hidrológicos, ao verificar a variância dos pontos em cada campanha sazonal a ANOVA (“two-way”) demonstrou que esta variância foi significativa para o nível d’água em todas as campanhas sazonais, testando o efeito do dia e/ou pontos (Tabela 3.8). Porém, quando o efeito da hora foi testado, somente ocorreu variância significativa no ponto durante o verão e outono. Isto parece indicar que a hora não exerceu uma variação nítida no nível da lagoa entre os pontos, mas sim a sucessão de dias dentro de cada campanha sazonal como um efeito fundamental. De fato, para a oscilação de o nível ter sido percebida em termos de horas, a declividade da lagoa teria que ser bastante acentuada ou durante um evento climático adverso de longa duração. Por exemplo, durante o outono o primeiro dia foi marcado por um registro máximo de velocidade de d’água em relação às demais campanhas sazonais na lagoa (Fig. 3.15). Justamente neste momento (Figura 3.17) uma rápida mudança no nível d’água foi sentida tanto no Sul (declínio) quanto no Norte (elevação) como resposta a esta entrada de frente fria do quadrante SW. Mas isto foi um efeito momentâneo da oscilação em nível de horas. Em todos os demais instantes nas campanhas sazonais onde ocorreu uma inversão do nível d’água entre os pontos, esta foi precedida de momentos sem oscilação deste entre os mesmos, ou seja, praticamente o mesmo nível em toda a lagoa (Figura 3.14).

A velocidade do movimento d’água foi significativamente diferente em todas as campanhas sazonais quando o efeito do dia foi testado (Tabela 3.8). Durante o verão também houve variância significativa no ponto, enquanto que durante o outono e inverno esta variância foi significativa na interação dia com ponto. Novamente o efeito da hora não apresentou resultados significativos, somente durante o verão quando em interação desta com o ponto. Isto porque oscilações na velocidade ocorreram dentro do mesmo dia entre os pontos Centro e Sul (Fig. 3.15).

Quando o efeito do dia foi testado, a direção do movimento d’água variou significativamente no outono e inverno (Tabela 3.8). A não significância durante o verão esteve vinculada à constância da direção do movimento dentro de cada ponto de amostragem

(Fig. 3.13). Entretanto, a ANOVA apontou variância significativa nos pontos em todas as estações do ano, embora o Norte e o Centro tenham exibido sempre o mesmo comportamento (Fig. 3.13). Inexplicavelmente, pela primeira vez o efeito da hora foi significativo (isolado ou interagindo com o ponto), justamente durante o verão quando a direção do movimento foi praticamente constante em todos os pontos e dias de amostragem.

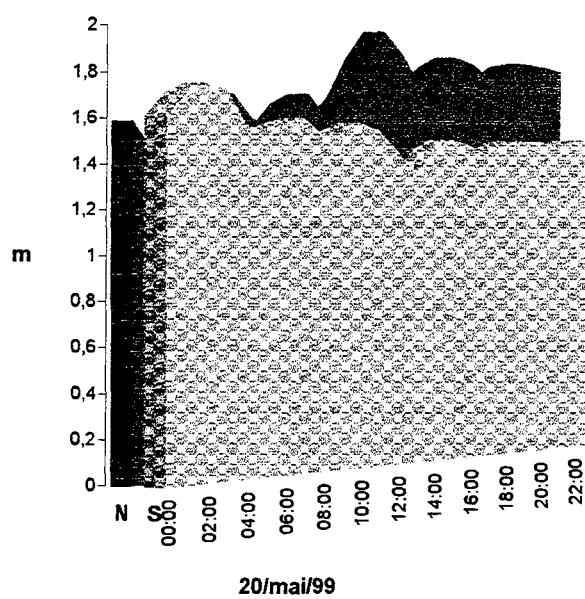


Figura 3.17 - Variação do nível d'água entre os pontos Norte e Sul da Lagoa Itapeva durante o início do outono (Mai/99). (N= ponto Norte, S= ponto Sul)

Tabela 3.8 – Medidas repetidas (ANOVA “two way”) para os dados hidrológicos (n=38), testando dia, hora e ponto como fatores, em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

VERÃO	nível (Mar/99)					velocidade (Mar/99)					direção (Mar/99)				
	A	dfE	dfe	F	p-level	A	dfE	dfe	F	p-level	A	dfE	dfe	F	p-level
	1	6	31	25,43	1,08E-10	1	6	31	8,25	2,22E-05	1	6	31	0,54	0,77
	2	2	62	143,67	5,29E-24	2	2	62	31,35	3,91E-10	2	2	62	3474,07	0
12	12	62	4,19	8E-05	12	12	62	1,75	0,078	12	12	62	0,54	0,88	
OUTONO	nível (Mai/99)					velocidade (Mai/99)					direção (Mai/99)				
	B	dfE	dfe	F	p-level	B	dfE	dfe	F	p-level	B	dfE	dfe	F	p-level
	1	5	32	0,42	0,83	1	5	32	1,02	0,42	1	5	32	3,92	0,007
	2	2	64	92,96	1,16E-19	2	2	64	41,02	3,43E-12	2	2	64	6051,60	0
12	10	64	1,34	0,23	12	10	64	8,09	2,80E-08	12	10	64	3,92	0,0003	
INVERNO	nível (Ago/99)					velocidade (Ago/99)					direção (Ago/99)				
	A	dfE	dfe	F	p-level	A	dfE	dfe	F	p-level	A	dfE	dfe	F	p-level
	1	6	31	37,22	7,68E-13	1	6	31	4,44	0,002	1	6	31	29,92	1,37E-11
	2	2	62	4,83	0,011	2	2	62	1,19	0,310	2	2	62	87,88	8,01E-19
12	12	62	12,35	2,57E-12	12	12	62	6,93	9,26E-08	12	12	62	2,05	0,03	
INVERNO	nível (Ago/99)					velocidade (Ago/99)					direção (Ago/99)				
	B	dfE	dfe	F	p-level	B	dfE	dfe	F	p-level	B	dfE	dfe	F	p-level
	1	5	32	0,04	0,999	1	5	32	1,70	0,163	1	5	32	0,01	1,00
	2	2	64	2,57	0,084	2	2	64	0,92	0,402	2	2	64	82,53	1,90E-18
12	10	64	0,15	0,998	12	10	64	0,35	0,962	12	10	64	0,45	0,91	

A- efeitos testados dia(1) e ponto (2); B- efeitos testados hora (1) e ponto (2)
dfE= graus de liberdade do efeito, dfe= graus de liberdade do erro

Quando a ANOVA foi testada com relação a três efeitos (“three-way”) todas as variáveis hidrológicas (nível, velocidade e direção) apresentaram variância significativa tanto no ponto, dia e mês de amostragem quanto na interação dia com mês (Tabela 3.9). Como na análise anterior (ANOVA “two-way”) tanto o dia quanto o ponto haviam sido significativamente diferentes para quase todas as variáveis hidrológicas nas campanhas sazonais, no momento em que estes três fatores foram testados juntos a variância ficou

acentuada. Contudo, quando os efeitos testados foram pontoxhoraxmês ou diaxhoraxmês o fator hora foi significativamente diferente somente com relação à velocidade (Tabela 3.9). Assim, ficou mais uma vez enfatizado que tanto para o nível quanto para a direção do movimento d'água o efeito da hora na variação destes não obteve valor significativo.

Tabela 3.9 – Medidas repetidas (ANOVA “three way”) para os dados hidrológicos (n=126), testando ponto, dia, hora e mês como fatores, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

nível					velocidade					direção				
A	dfE	dfe	F	p-level	A	dfE	dfe	F	p-level	A	dfE	dfe	F	p-level
1	2	105	3,45	0,04	1	2	105	10,48	7,1E-05	1	2	105	120,84	5,85E-28
2	6	105	11,29	1,1E-09	2	6	105	10,02	9,8E-09	2	6	105	60,02	0
3	2	210	4219,03	0	3	2	210	6,56	0,002	3	2	210	310,47	0
12	12	105	14,50	2,3E-17	12	12	105	6,22	3,6E-08	12	12	105	0,63	0,81
13	4	210	75,88	0	13	4	210	7,11	2,2E-05	13	4	210	0,69	0,60
23	12	210	2,42	0,01	23	12	210	14,96	1,8E-22	23	12	210	30,32	0
123	24	210	8,15	2,7E-19	123	24	210	1,18	0,263	123	24	210	0,98	0,49

nível					velocidade					direção				
B	dfE	dfe	F	p-level	B	dfE	dfe	F	p-level	B	dfE	dfe	F	p-level
1	2	108	1,09	0,34	1	2	108	5,44	0,006	1	2	108	28,56	1,1E-10
2	5	108	0,11	0,99	2	5	108	2,58	0,030	2	5	108	0,56	0,73
3	2	216	2231,77	0	3	2	216	3,83	0,023	3	2	216	115,24	0
12	10	108	0,15	1,00	12	10	108	0,37	0,958	12	10	108	0,10	1,00
13	4	216	40,14	4,0E-25	13	4	216	4,15	0,003	13	4	216	0,26	0,91
23	10	216	0,06	1,00	23	10	216	1,41	0,179	23	10	216	0,35	0,97
123	20	216	0,67	0,85	123	20	216	0,70	0,825	123	20	216	0,12	1,00

nível					velocidade					direção				
C	dfE	dfe	F	p-level	C	dfE	dfe	F	p-level	C	dfE	dfe	F	p-level
1	6	84	3,36	0,005	1	6	84	6,11	2,4E-05	1	6	84	17,95	2,8E-13
2	5	84	0,10	0,992	2	5	84	3,02	0,0148	2	5	84	0,70	0,622
3	2	168	1011,10	0	3	2	168	7,35	0,0009	3	2	168	639,59	0
12	30	84	0,02	1	12	30	84	0,77	0,7869	12	30	84	0,61	0,933
13	12	168	0,58	0,855	13	12	168	16,75	4,1E-23	13	12	168	62,47	0
23	10	168	0,03	1,000	23	10	168	2,70	0,0043	23	10	168	1,92	0,046
123	60	168	0,03	1	123	60	168	1,73	0,0034	123	60	168	4,99	1,0E-16

A- efeitos testados ponto (1), dia(2) e mês(3); B- efeitos testados ponto (1), hora (2) e mês(3); C- efeitos testados dia (1), hora (2) e mês(3); dfE= graus de liberdade do efeito, dfe= graus de liberdade do erro

A análise de agrupamento (“cluster”) dos dados hidrológicos utilizando a técnica de ligação simples e distância euclidiana evidenciou similaridades distintas entre os pontos de amostragem para cada variável. Quanto ao nível d'água, os pontos Centro e Sul sempre estiveram mais proximamente ligados em todas as campanhas sazonais (Fig. 3.18). Os resultados obtidos tanto nas leituras instantâneas na régua quanto automaticamente já haviam evidenciado este comportamento (Figs. 3.9 e 3.14). Já com relação à direção do movimento d'água, os pontos Centro e Norte foram os que estiveram mais proximamente ligados em

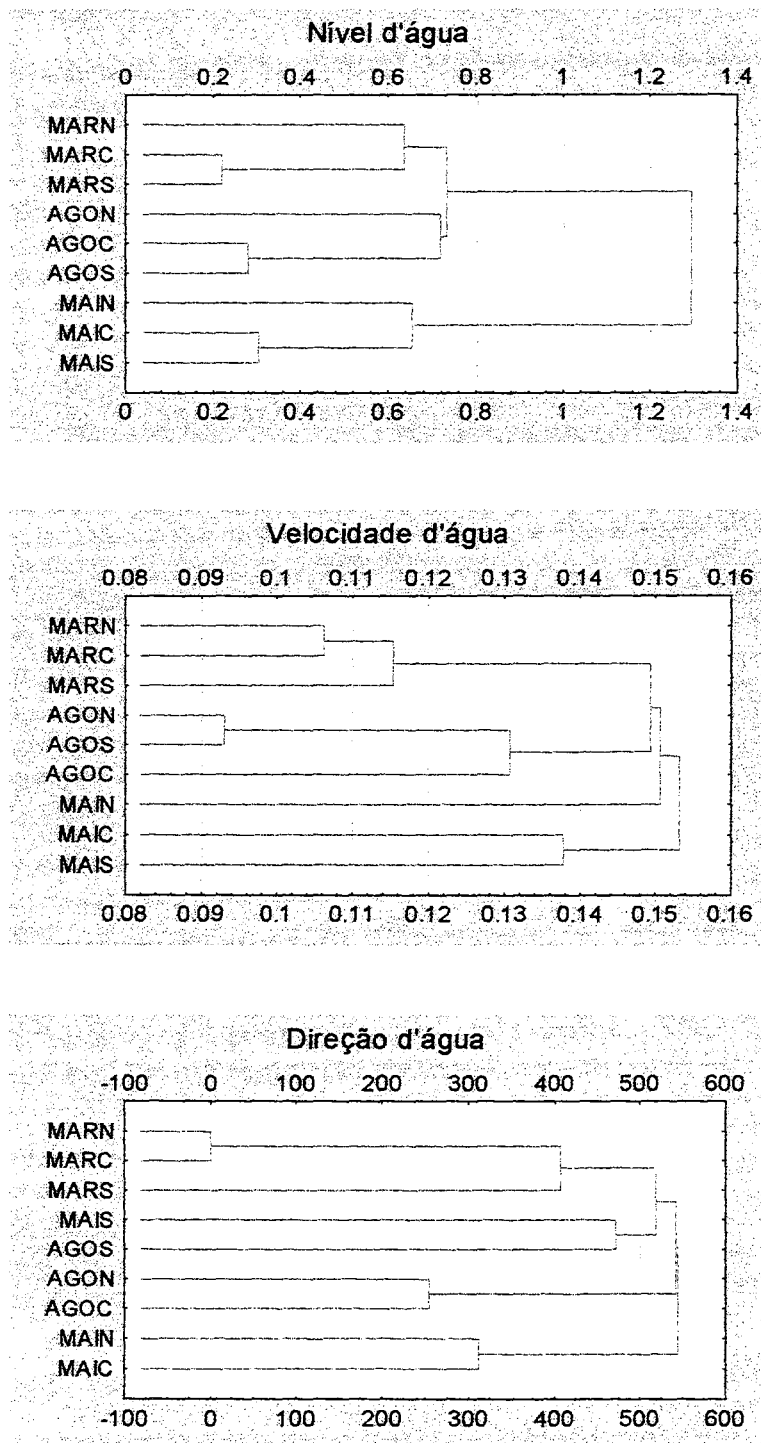


Figura 3.18 - Análise de agrupamento dos dados hidrológicos por ligação simples e distância euclidiana entre os pontos e as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

MAR= março/99 (verão), MAI= maio/99 (outono), AGO= agosto/99 (inverno), N=Norte, C= Centro, S= Sul

todas as campanhas (Fig. 3.18). Entretanto, combinações distintas de agrupamentos entre os pontos ocorreram em função da velocidade do deslocamento da água para cada campanha sazonal (Fig. 3.18). Assim, durante o verão o Norte e Centro estiveram mais próximos, sendo o efeito do vento, predominantemente de NNE-ENE, no fluxo d'água já discutido anteriormente e, certamente, decisivo neste sentido. Da mesma forma para o outono, quando os ventos do quadrante SW-W foram os grandes impulsionadores do fluxo nos pontos Sul e Centro. Já durante o inverno, onde os ventos dominantes foram de quadrantes opostos (WSW e NE) fez com que o fluxo dos pontos extremos, Norte e Sul, exibissem comportamentos similares. Os dois grandes agrupamentos formados, para todas as variáveis hidrológicas, separaram a campanha do outono das demais. De fato, a grande variação ocorrida no primeiro dia, seguida por um período de 3 dias de estabilidade no comportamento hidrológico certamente foi decisiva para separar o outono das demais estações do ano (Figs. 3.14 e 3.15). Todos estes agrupamentos retrataram bem o comportamento hidrodinâmico da Lagoa Itapeva, onde o ponto Centro realmente foi delimitado por um espaço físico de transição entre os extremos, com comportamentos ora semelhantes ao ponto Sul e ora, ao ponto Norte.

As análises de correlação e de regressão serviram para quantificar estas relações entre as variáveis meteorológicas e hidrológicas na Lagoa Itapeva. Em termos das relações entre as variáveis meteorológicas, a temperatura exibiu correlações significativas com a direção do vento (Tabela 3.10). Durante o verão esta relação foi mais forte e positiva, ou seja, ventos do sentido N a E relacionaram-se com o aumento da temperatura atmosférica. Contudo, durante o outono e inverno esta relação foi inversa (negativa), e ventos do sentido SW-W relacionaram-se com a diminuição da temperatura, ocasionada pela chegada de frentes frias na região. Também no outono e inverno a velocidade do vento esteve correlacionada diretamente com a direção do mesmo (Tabela 3.10). Durante o verão, a velocidade teve relação positiva com a precipitação, ou seja, o aumento da velocidade coincidiu com os registros de chuvas passageiras (chuvas orográficas).

O vento (velocidade e direção) teve forte relação com as variáveis hidrológicas em todas as campanhas sazonais (Tabela 3.10).

Durante o verão, a velocidade do vento apresentou alta correlação negativa com o nível no Norte e positiva no Sul (Fig. 3.19). Isto também já foi discutido anteriormente, onde o aumento da velocidade de ventos entre os quadrantes N e E fez com que ocorresse o deslocamento de água de N→S, diminuindo o nível no Norte e aumentando no Sul. A velocidade do vento teve uma relação direta com a velocidade do movimento d'água em todos os pontos na lagoa (Fig. 3.19), fortalecendo a hipótese do vento como um fator decisivo na

Tabela 3.10 - Matriz de correlação (r-Pearson, $p < 0,05$, $n = 38$) entre as variáveis meteorológicas e hidrológicas em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

Mar/99	TMAX	TMIN	VMED	VMAX	DIR	P	NN	VN	DN	NC	VC	DC	NS	VS	DS
TMAX	1														
TMIN	0,99	1													
VMED			1												
VMAX			0,98	1											
DIR	0,74	0,72			1										
P			0,34	0,40		1									
NN	0,35		-0,82	-0,71	0,56		1								
VN	-0,39	-0,36	0,77	0,67	-0,53		-0,93	1							
DN									1						
NC					-0,48					1					
VC	-0,54	-0,51	0,48	0,34	-0,78		-0,83	0,88		0,44	1				
DC												1			
NS			0,60	0,49	-0,66		-0,82	0,78		0,74	0,82		1		
VS			0,63	0,72	0,35	0,40		0,33						1	
DS					0,43		0,35			-0,33			-0,44		1

Mai/99	TMAX	TMIN	VMED	VMAX	DIR	P	NN	VN	DN	NC	VC	DC	NS	VS	DS
TMAX	1														
TMIN	0,98	1													
VMED			1												
VMAX			0,98	1											
DIR	-0,35	-0,38		0,36	1										
P						1									
NN			0,51	0,48	0,56		1								
VN			0,61	0,52			0,72	1							
DN					-0,73		-0,59		1						
NC	-0,33	-0,40	0,50	0,60	0,37					1					
VC			0,85	0,80			0,32	0,61		0,38	1				
DC					-0,53		-0,54		0,83			1			
NS							-0,69	-0,65	0,42	0,67		0,55	1		
VS		-0,33	0,84	0,91	0,52		0,44	0,37		0,76	0,69			1	
DS		0,33			-0,60		-0,62		0,73			0,61		-0,35	1

Ago/99	TMAX	TMIN	VMED	VMAX	DIR	P	NN	VN	DN	NC	VC	DC	NS	VS	DS
TMAX	1														
TMIN	0,996	1													
VMED			1												
VMAX			0,98	1											
DIR	-0,57	-0,58	0,43	0,52	1										
P						1									
NN	-0,59	-0,62	0,48	0,54	0,76		1								
VN			0,91	0,86			0,44	1							
DN	0,57	0,58			-0,78		-0,77		1						
NC							-0,41			1					
VC	0,37	0,39	0,36		-0,36			0,61	0,46	-0,36	1				
DC	0,39	0,40			-0,64		-0,69		0,89		0,33	1			
NS	0,48	0,51	-0,48	-0,52	-0,65		-0,97	-0,48	0,65	0,60		0,62	1		
VS	-0,47	-0,47	0,86	0,89	0,63		0,52	0,77					-0,45	1	
DS	0,57	0,58		-0,38	-0,92		-0,86		0,93		0,37	0,82	0,75	-0,43	1

TMAX= temperatura máxima, TMIN= temperatura mínima, VMED= velocidade média do vento, VMAX= velocidade máxima do vento, DIR= direção do vento, P= precipitação, NN= nível no Norte, VN= velocidade no Norte, DN= direção no Norte, NC= nível no Centro, VC= velocidade no Centro, DC= direção no Centro, NS= nível no Sul, VS= velocidade no Sul, DS= direção no Sul, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

hidrodinâmica da Lagoa Itapeva. A direção do vento apresentou relações tanto com o nível quanto com a velocidade do fluxo d'água em todos os pontos de amostragem (Fig. 3.21), de forma bastante peculiar. A variação da direção do vento de N para E teve uma relação direta com o nível no Norte e inversa no Centro e Sul. Isto é totalmente plausível em termos da posição geográfica dos pontos na lagoa. Em compensação, a velocidade d'água aumentou no Sul favorecida por esta direção de vento e diminuiu no Centro e Norte. Relação entre a direção do vento e direção do movimento d'água somente foi significativa no Sul, pois quanto mais em direção ENE o vento soprava, mais em direção WNW a água se deslocava (Fig. 3.21). A não significância entre estas variáveis, nos pontos Centro e Norte, talvez estivesse vinculada a maior constância de direção em termos d'água (Fig. 3.13), não respondendo às oscilações experimentadas pelo vento. A única relação da precipitação com alguma variável hidrológica somente foi evidenciada no verão, sendo positivamente correlacionada com a velocidade do fluxo no Sul (Fig. 3.20), embora com baixa correlação. Provavelmente as pontuais tempestades de verão e, principalmente, as chuvas orográficas que ocorrem caracteristicamente na encosta da Serra Geral durante esta época do ano foram decisivas para esta relação. Isto devido à posição do ponto Sul situar-se muito próximo da foz do Rio Três Forquilhas, onde ocorre o principal deságüe das chuvas ocorridas na serra. Quando esta água chega no sistema e encontra um vento dominante de quadrante oposto, dificulta que tal deságüe tivesse um maior efeito sobre os demais pontos de amostragem nesta campanha.

Durante o outono, a velocidade do vento apresentou relação positiva com nível no Norte e Centro (Fig. 3.22). Justamente nesta estação do ano a velocidade do vento teve o registro máximo entre todas as campanhas sazonais. Esta velocidade vindo principalmente dos quadrantes SW-W teve uma relação significativa nestes pontos. Contudo, esta relação foi muito mais forte com velocidade do movimento d'água em todos os pontos de amostragem (Fig. 3.22). Isto porque as curvas de distribuição de ambas velocidades durante o período (Figs. 3.7 e 3.15) exibiram comportamento bastante semelhante. A direção do vento também exibiu correlações positivas com o nível no Norte e Centro, porém com a velocidade do fluxo d'água, somente foi significativa no Sul (Fig. 3.23). Entretanto, a direção do vento apresentou correlações negativas com a direção do movimento d'água nos três pontos de amostragem (Fig. 3.23). Isto porque as direções do vento e do fluxo d'água normalmente foram opostas, especialmente no Norte e Centro, e levemente deslocados no Sul (Figs. 3.5 e 3.13).

No inverno, correlação entre velocidade do vento e nível d'água exibiu um comportamento oposto ao verificado durante o verão (Fig. 3.24). Ou seja, a correlação foi positiva no Norte e negativa no Sul, onde as curvas de distribuição destas variáveis

demonstraram esta nítida relação (Figs. 3.7 e 3.14). Em termos da relação com a velocidade d'água, embora a correlação tenha sido mais forte nos pontos extremos da lagoa (Norte e Sul), no Centro esta também foi significativa (Fig. 3.24). Esta diminuição da correlação no Centro em relação aos outros pontos provavelmente esteve relacionada com a divergência no deslocamento d'água ocorrida, principalmente entre o segundo e terceiro dia (Fig. 3.15). O único momento entre as campanhas onde ocorreu uma relação entre velocidade de vento e direção no movimento d'água foi no inverno para o ponto Sul (Fig. 3.25). Esta correlação foi negativa e em termos de velocidade máxima, assim, os picos na velocidade do vento coincidiram com movimentos d'água em direção SE. A direção do vento também exibiu o mesmo comportamento constatado entre velocidade e nível d'água, porém mais forte (Fig. 3.26). Deste modo, ventos do quadrante WSW foram responsáveis por forte elevação do nível no Norte e diminuição no Sul (Fig. 3.14). A direção do vento também foi positivamente correlacionada com a velocidade no Sul e negativamente no Centro. Ou seja, o fluxo d'água no Sul foi crescente quando a direção do vento foi de WSW e decrescente no Centro (Fig. 3.15). Entretanto, quando relacionada direção do vento com a do fluxo d'água, esta correlação foi mais alta e negativa em todos os pontos de amostragem do que havia sido registrada para o outono. Novamente os mesmos motivos discutidos são aplicados aqui, pois os padrões comportamentais foram bastante semelhantes entre outono e inverno para estas variáveis (Figs. 3.5 e 3.13).

A análise de agrupamento (Fig. 3.18) já havia demonstrado a ação do vento no nível d'água na lagoa atuando com respostas bastante similares no Centro e Sul. A análise de correlação também comprovou esta relação (Tabela 3.10). Correlações elevadas e positivas entre os níveis no Centro e Sul ocorreram em todas as campanhas sazonais. Por outro lado, sempre ocorreram correlações elevadas e negativas entre Norte e Sul.

Já com relação à direção do movimento, o Norte e Centro tiveram comportamentos praticamente idênticos em todas as estações do ano. Isto ficou mais bem retratado na análise de agrupamento do que na de correlação (Fig. 3.18, Tabela 3.10).

A velocidade do deslocamento d'água foi a variável hidrológica mais dependente das combinações entre velocidade e direção do vento, agindo de forma distinta entre os pontos na lagoa sazonalmente. Os agrupamentos entre os pontos em cada estação do ano (Fig. 3.18) coincidiram com as maiores correlações entre os mesmos (Tabela 3.10). Assim, em velocidades médias de vento entre 5 e 10 m.s⁻¹ uma maior correlação com a velocidade do movimento d'água ocorreu nos pontos extremos da lagoa, ou seja, Norte e Sul. De fato, tanto no verão quanto no inverno notou-se esta nítida tendência de comportamento linear no Norte

e Sul, sendo que no Centro ocorreu um maior dispersão (Fig. 3.27). Por outro lado, quando esta velocidade média do vento foi inferior a 5 m.s^{-1} , como ocorreu no outono, uma maior correlação com o movimento ficou evidenciada no Centro e Sul (Fig. 3.27). Em termos de velocidade máxima de vento (Tabela 3.10), a relação desta com o movimento d'água no Sul sempre foi superior ao observado com a velocidade média, enquanto que para os outros pontos isto nunca foi constatado. Assim, em velocidades entre 7 e 8 m.s^{-1} favoreceram um maior fluxo d'água no Sul (Fig. 3.28).

Em geral, a velocidade das correntes propagadas pelo vento é cerca de 5% da velocidade do vento que as impulsiona, sendo em grande parte independente da altura das ondas. A velocidade da água nas camadas superficiais aumenta com a velocidade do vento até este atingir uma velocidade crítica. Acima dessa velocidade crítica diminui a velocidade das correntes superficiais e o fator vento deixa de ser linear (Wetzel, 1993). Assim, para a lagoa Itapeva esta velocidade crítica não foi homogênea para todos os pontos. Velocidades acima de 5 m.s^{-1} no ponto Centro demonstraram ser críticas em muitos casos (Figs. 3.27 e 3.28), aumentando e turbidez e interferindo nos processos biológicos (*capítulos 4 a 8*). Contudo, no ponto Sul o aumento de velocidade, especialmente a máxima do vento, não demonstrou ser crítica para a velocidade do fluxo d'água (Figs. 3.27 e 3.28). Isto mesmo em velocidades acima de 10 ou 15 m.s^{-1} . Tudo isto demonstra que o fator direção do vento é um importante fator aliado ao efeito que sua velocidade causa no comportamento hidrodinâmico, conforme discutido anteriormente. Portanto, ficou comprovado que o vento age como uma força física decisiva nos reflexos hidrodinâmicos em cada ponto na Lagoa Itapeva.

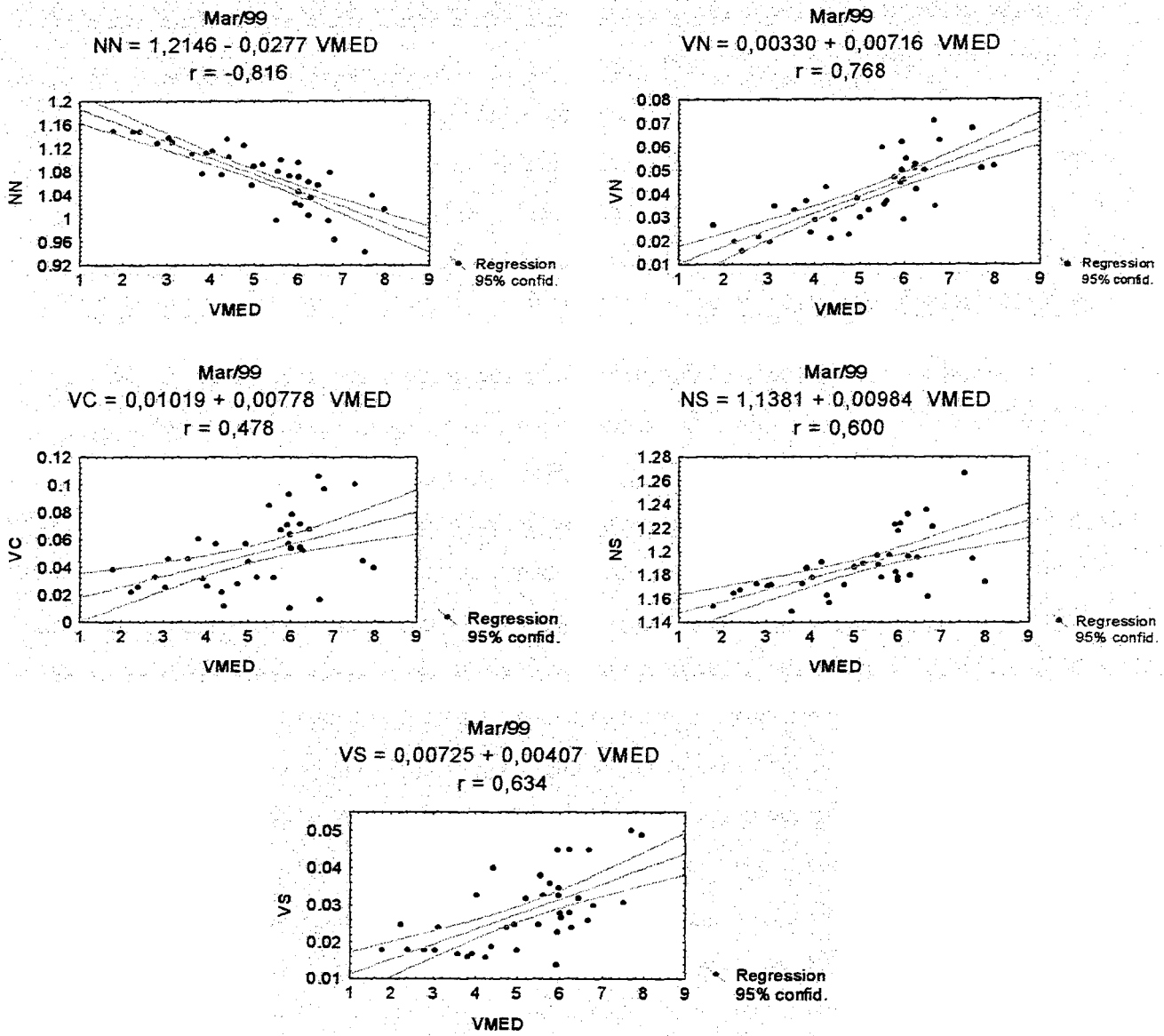


Figura 3.19 - Regressão linear entre velocidade média de vento (VMED) e variáveis hidrológicas durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva. NN= nível no Norte, VN= velocidade no Norte, VC= velocidade no Centro, NS= nível no Sul e VS= velocidade no Sul

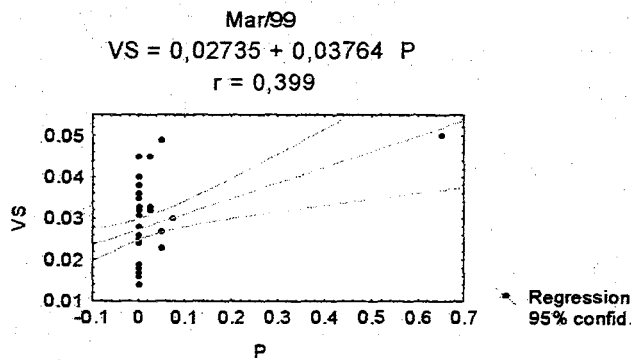


Figura 3.20 - Regressão linear entre precipitação (P) e velocidade da água no ponto Sul (VS) na Lagoa Itapeva durante o verão (Mar/99).

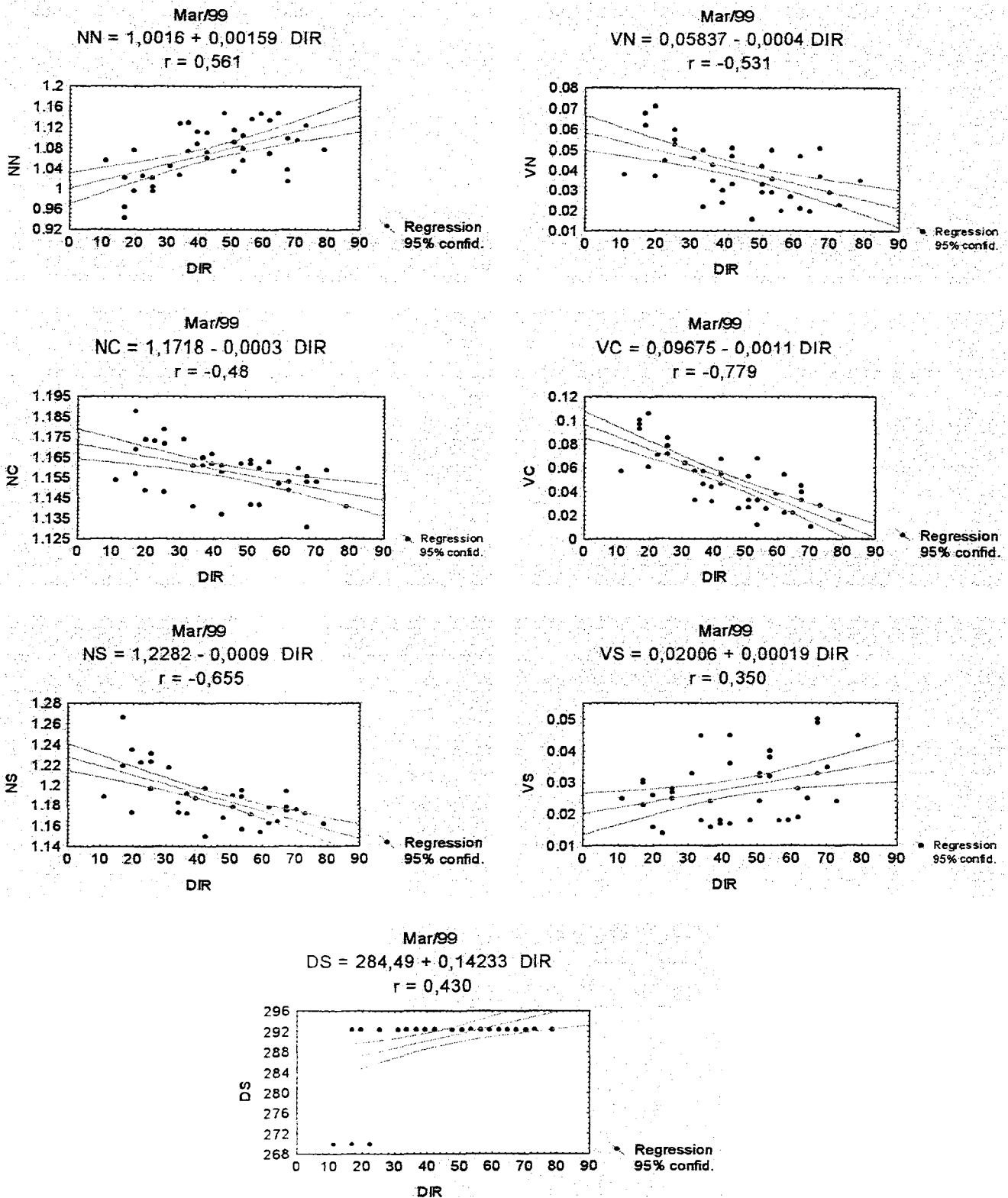


Figura 3.21 - Regressão linear entre direção do vento (DIR), de N a E, e variáveis hidrológicas durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva. NN= nível no Norte, VN= velocidade no Norte, NC= nível no Centro, VC= velocidade no Centro, NS= nível no Sul, VS= velocidade no Sul e DS= direção no Sul

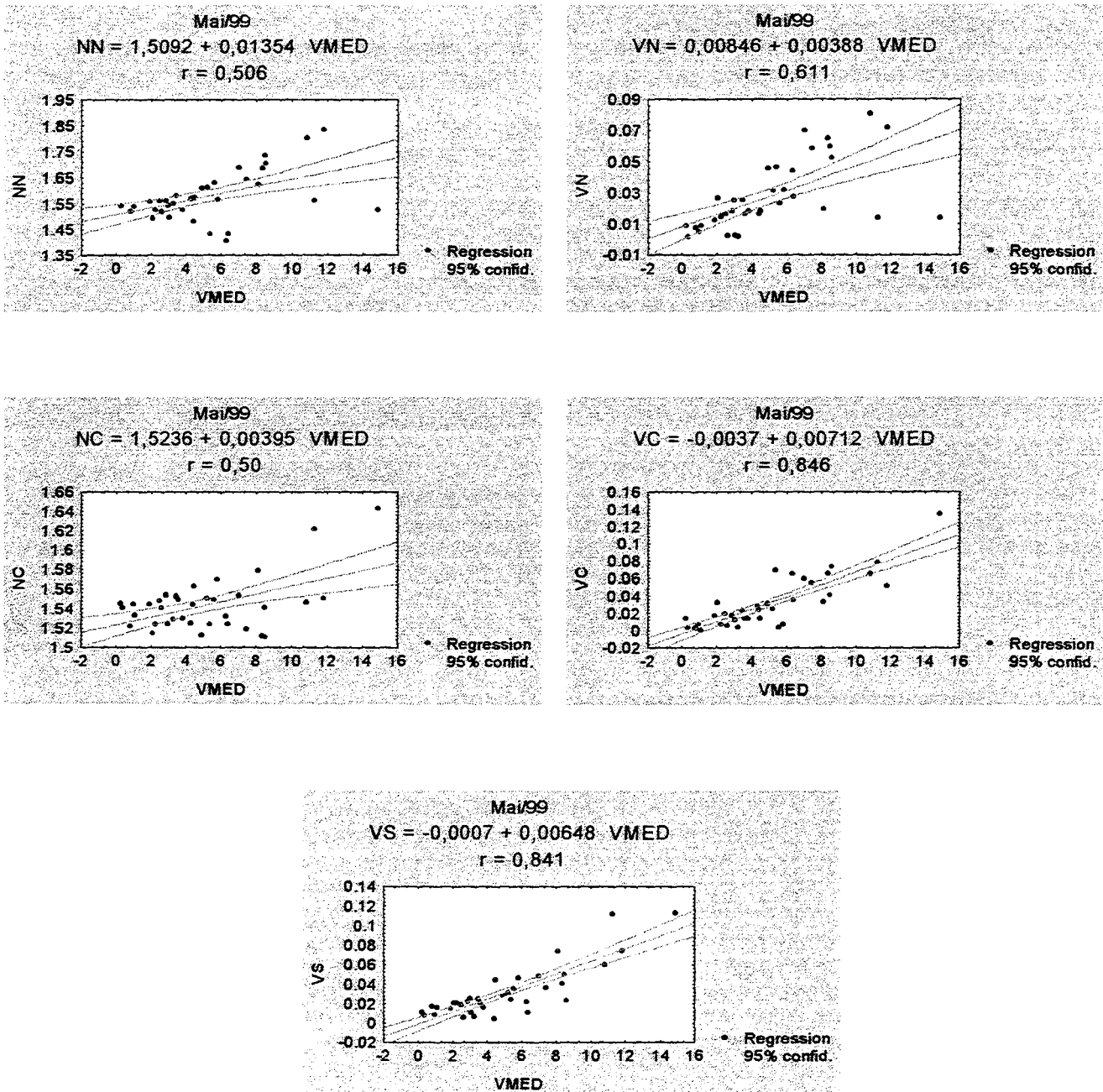


Figura 3.22 - Regressão linear entre velocidade média de vento (VMED) e variáveis hidrológicas durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva. NN= nível no Norte, VN= velocidade no Norte, NC= nível no Centro, VC= velocidade no Centro e VS= velocidade no Sul

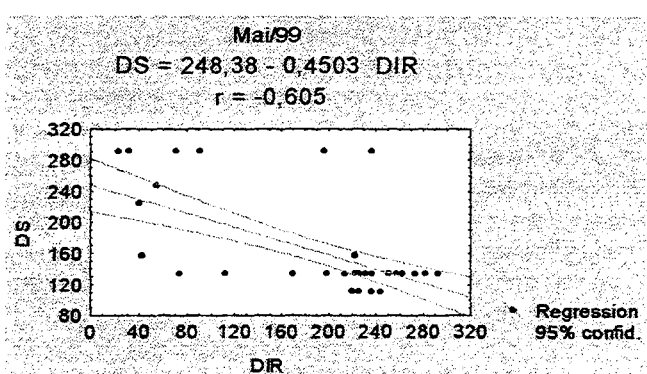
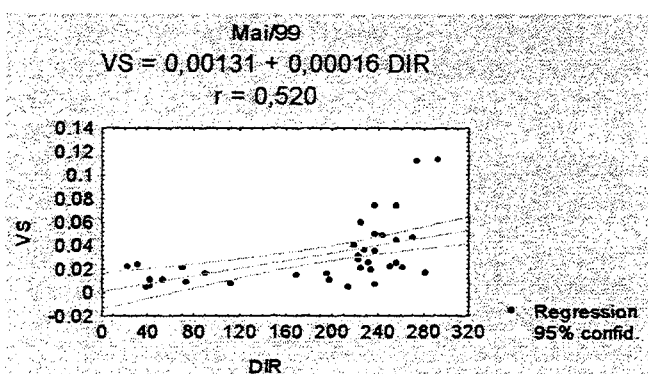
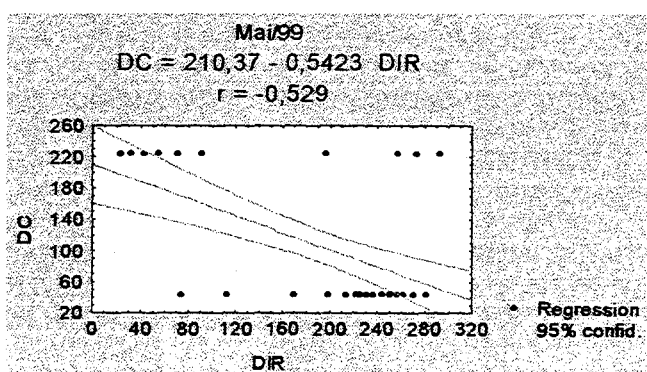
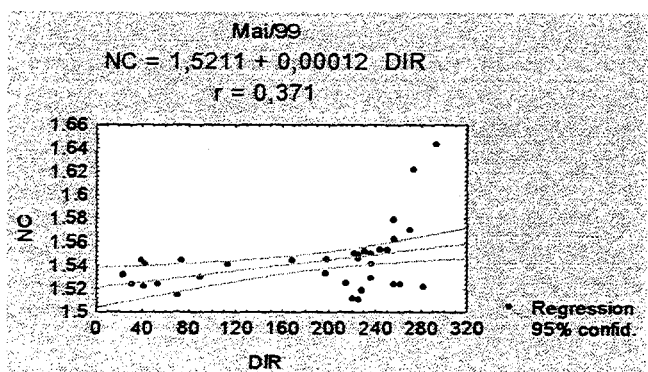
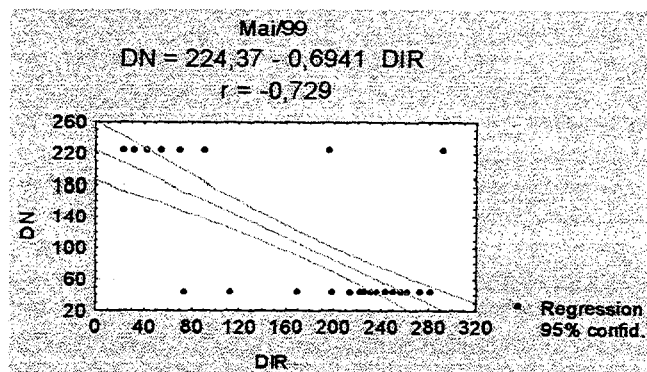
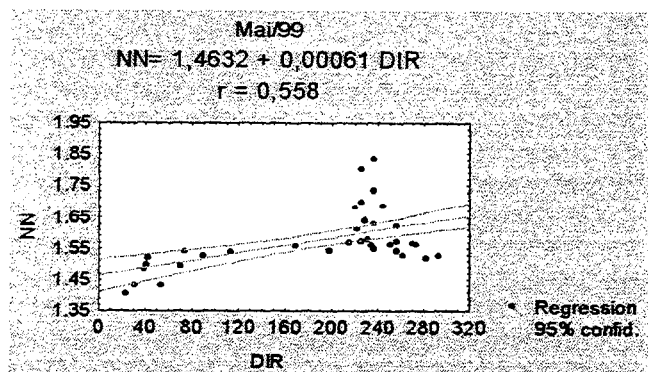


Figura 3.23 - Regressão linear entre direção do vento (DIR), de N a NW, e variáveis hidrológicas durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva. NN= nível no Norte, DN= direção no Norte, NC= nível no Centro, DC= direção no Centro, VS= velocidade no Sul e DS= direção no Sul

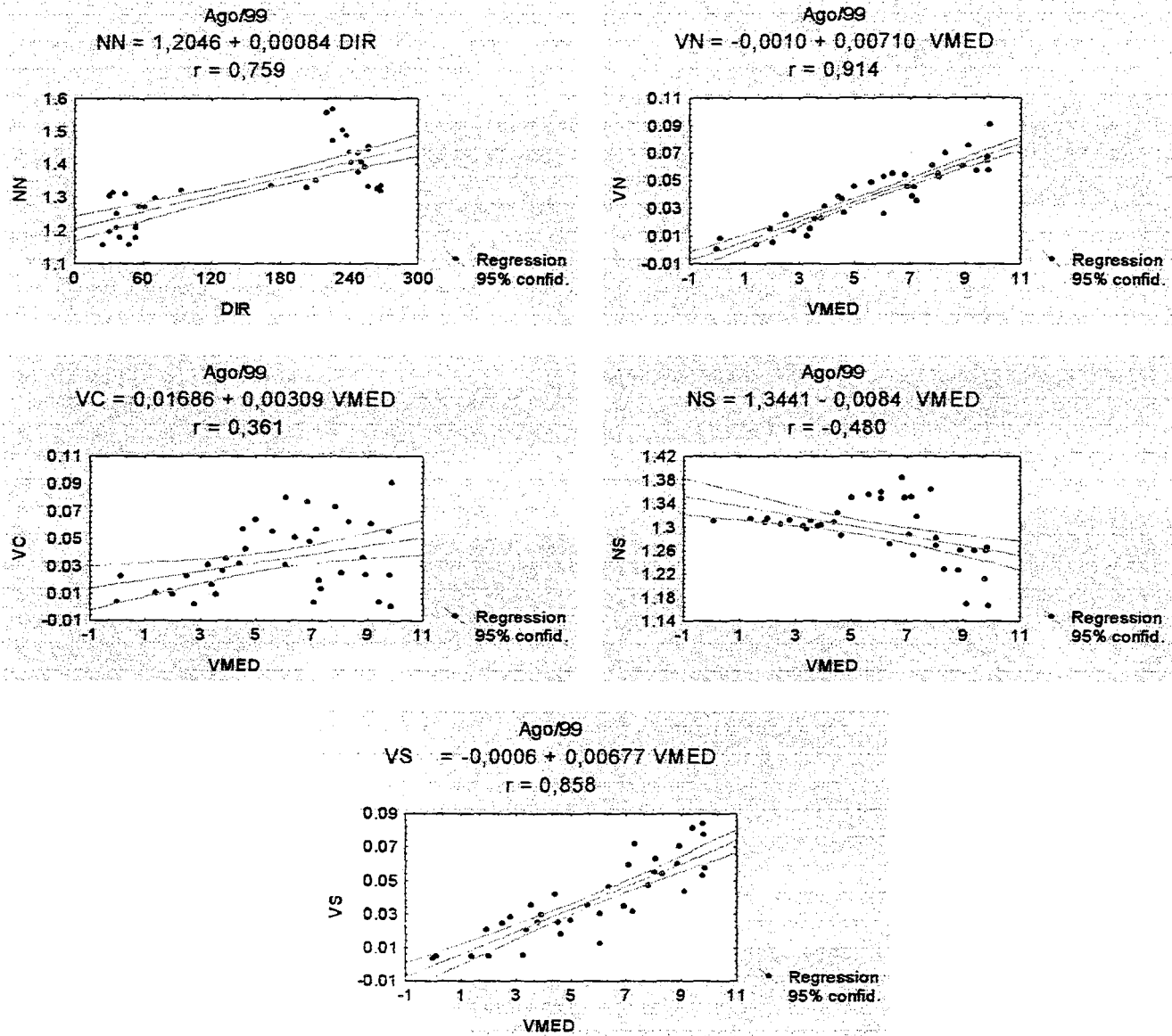


Figura 3.24 - Regressão linear entre velocidade média de vento (VMED) e variáveis hidrológicas durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva. NN= nível no Norte, VN= velocidade no Norte, VC= velocidade no Centro, NS= nível no Sul e VS= velocidade no Sul

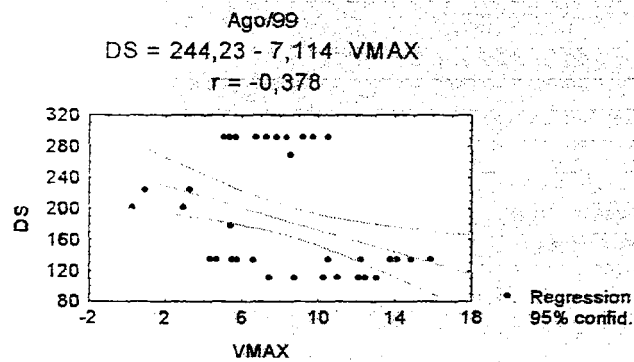


Figura 3.25 - Regressão linear entre velocidade máxima de vento (VMAX) e direção no ponto Sul durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.

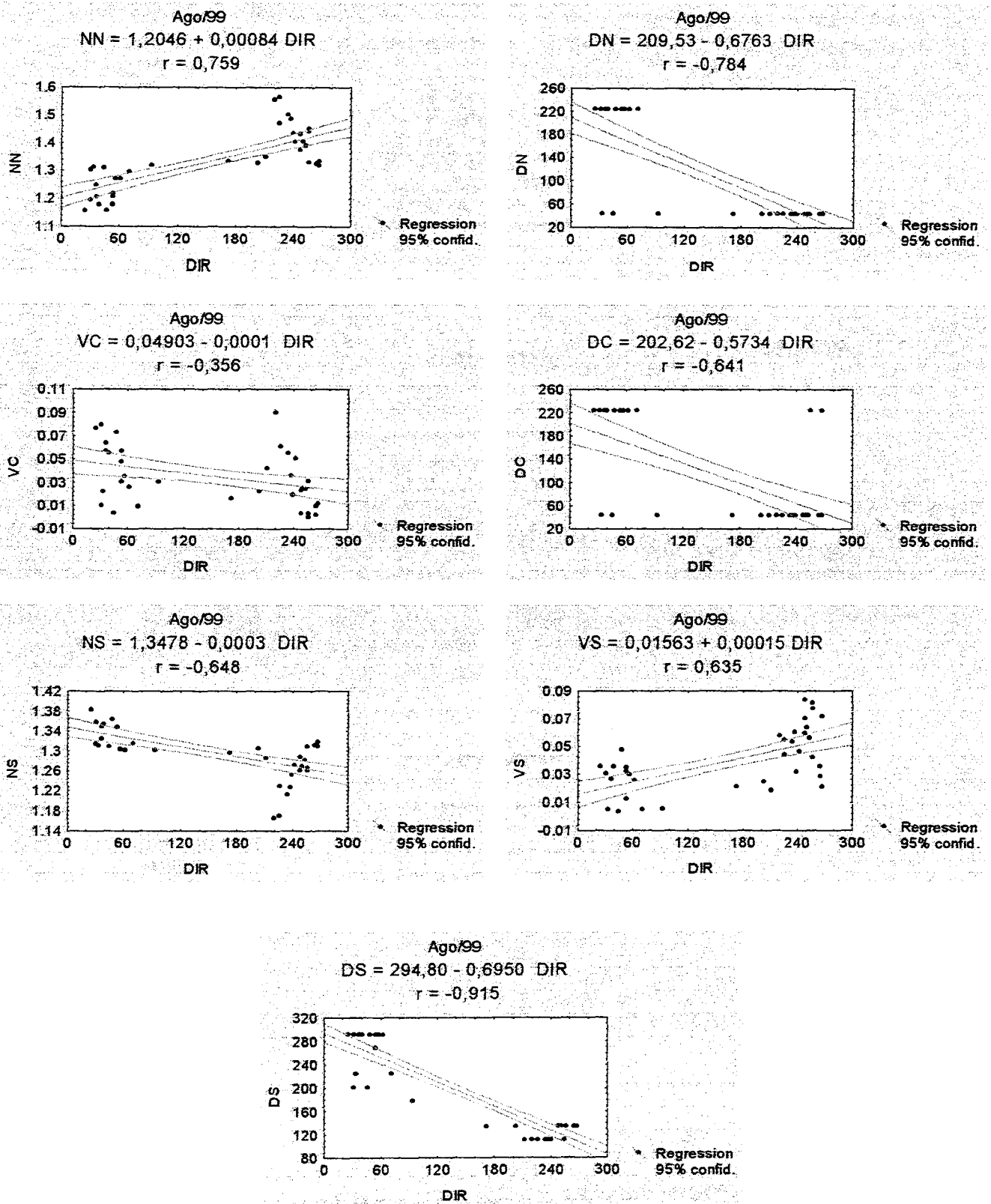


Figura 3.26 - Regressão linear entre direção do vento (DIR), de N a NW, e variáveis hidrológicas durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva. NN= nível no Norte, DN= direção no Norte, VC= velocidade no Centro, DC= direção no Centro, NS= nível no Sul, VS= velocidade no Sul e DS= direção no Sul

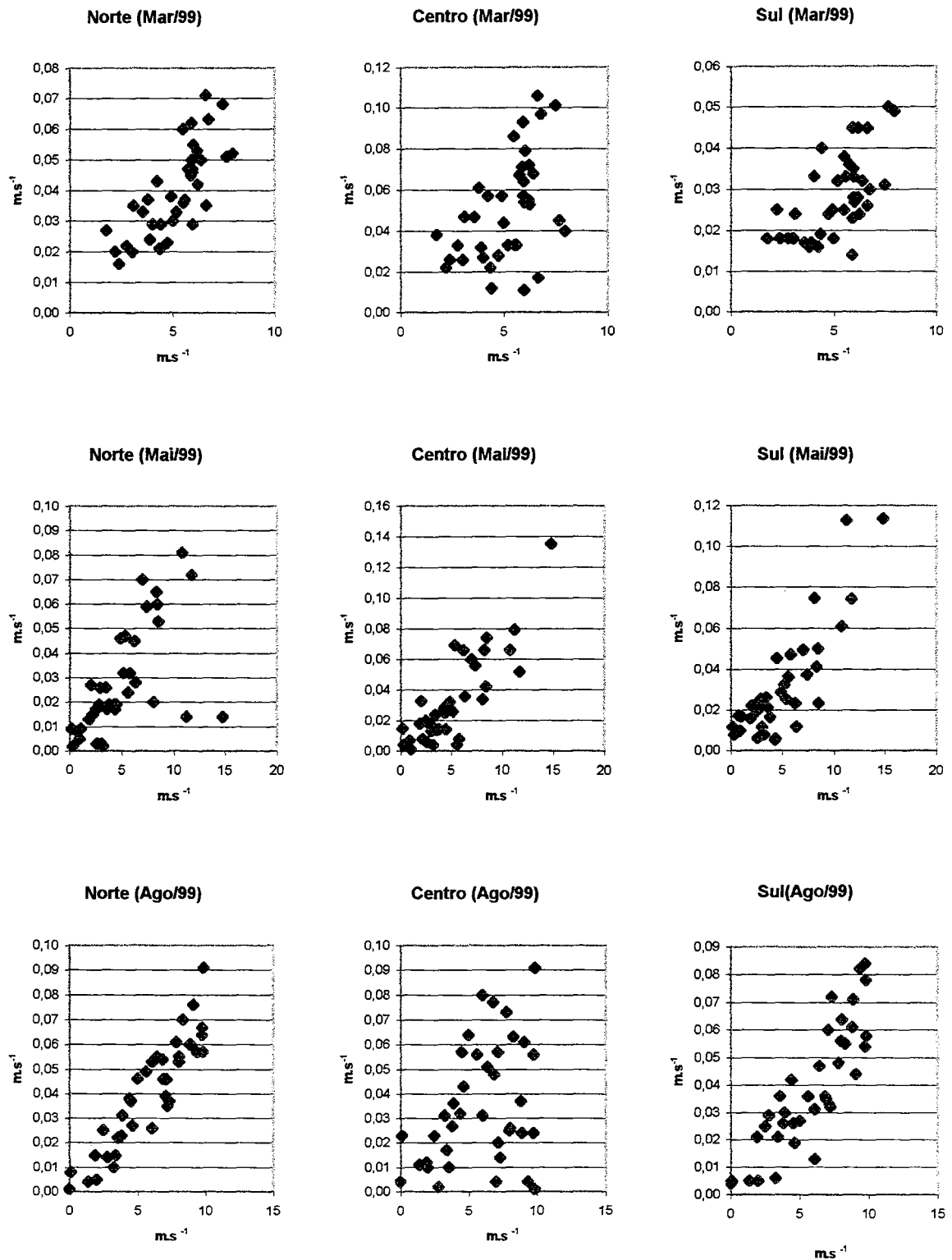


Figura 3.27 - Relações entre velocidade média de vento (eixo x) e velocidade do movimento d'água (eixo y) em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

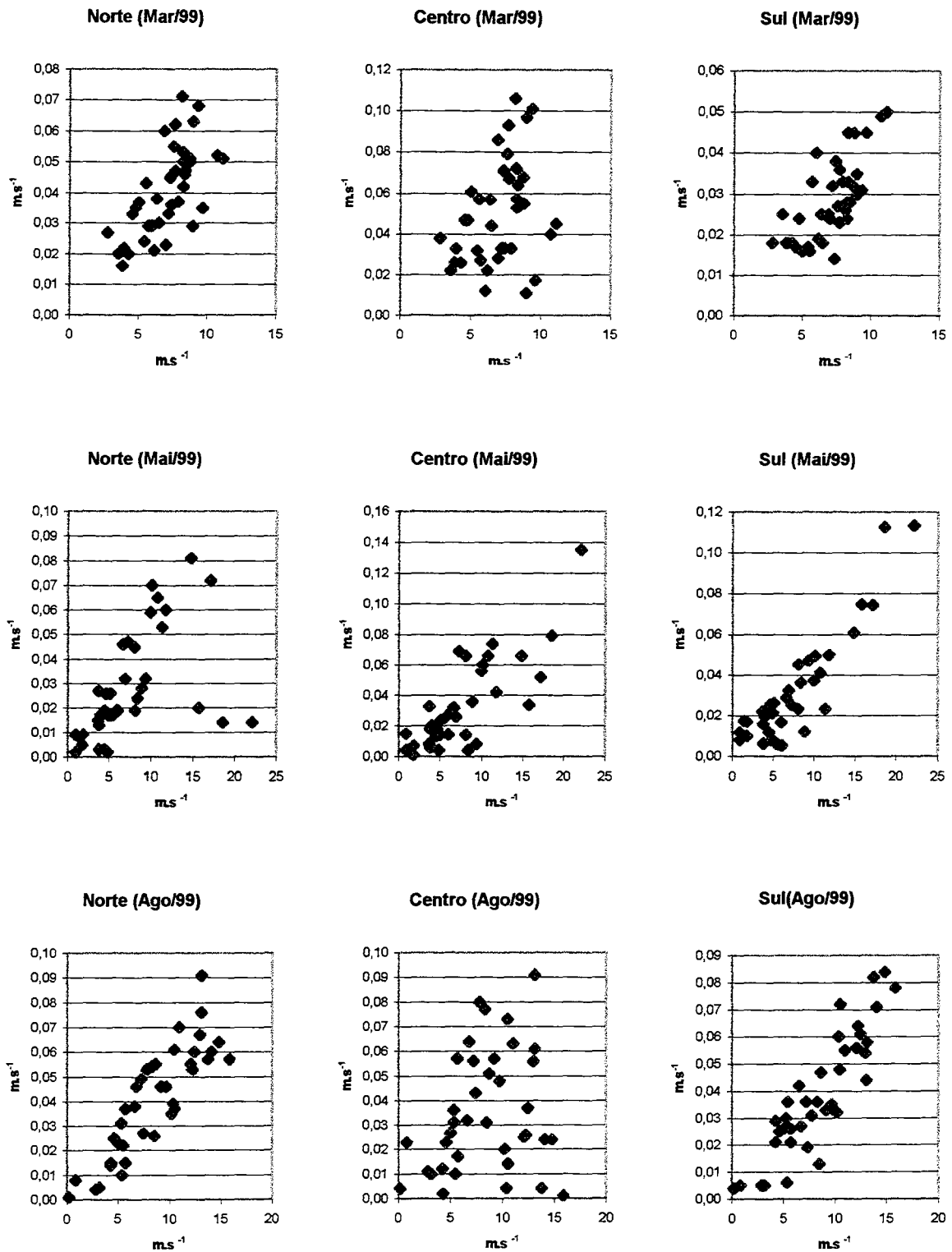
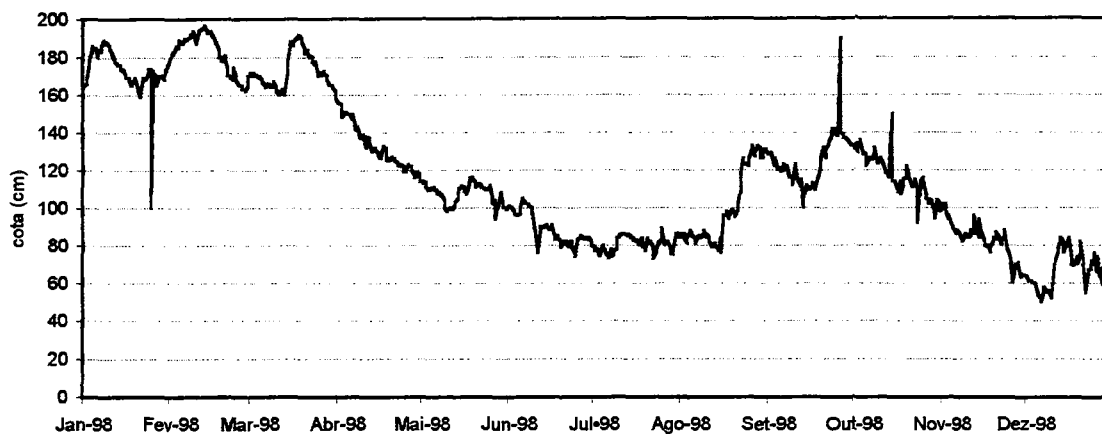


Figura 3.28 - Relações entre velocidade máxima de vento (eixo x) e velocidade do movimento d'água (eixo y) em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

BARRA DOS QUIRINOS - 1998



BARRA DOS QUIRINOS - 1999

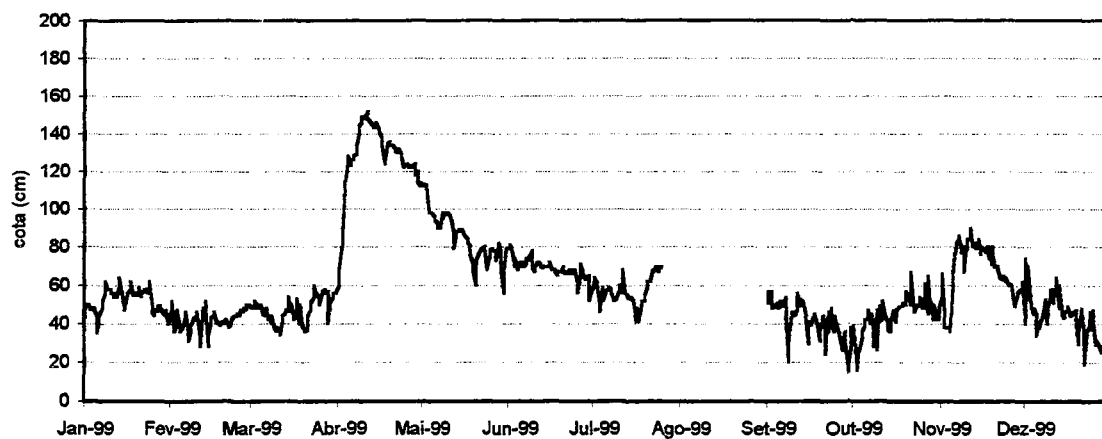


Figura 3.29 - Variação mensal de nível d'água na Barra dos Quirinos (Lagoa Itapeva)

CONCLUSÕES

A hipótese testada de que o vento age como fator principal determinante da Lagoa Itapeva foi confirmada, pois as variáveis hidrológicas exibiram uma variação espacial e temporal intimamente relacionada com o efeito do vento.

O comportamento hidrodinâmico foi caracterizado espacial e sazonalmente. Nível d'água apresentou oscilações espaciais em função da direção do vento, contudo, foi bastante semelhante entre os pontos Centro e Sul sazonalmente. Direção do movimento d'água apontou para o Sul como o ambiente de maior perturbação, enquanto que, Centro e Norte exibiram uma maior constância sazonal entre os mesmos. A velocidade do deslocamento d'água foi a variável hidrológica com maior dependência da velocidade do vento, apresentando ampla variação espaço-temporal como resposta direta à ação deste.

Fetch de direção SW e WSW produziram um efeito de maior extensão e intensidade na Lagoa Itapeva em relação ao de direção NE. Assim, nas estações frias do ano (outono e inverno), quando ventos de SW e WSW são característicos das frentes frias na região, a lagoa torna-se mais perturbada hidrodinamicamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério do Exército. Diretoria de serviço Geográfico. **Gravataí**. 2. ed. [Brasília], [1994]. f. SH22-X-C e D MIR 536 e 536A. Esc. 1:250000.
- GODOLPHIM, M.F. 1976. **Geologia do holoceno costeiro da área de Rio Grande, RS**. Porto Alegre, CPG Geociências / UFRGS. 146p. (dissertação)
- HÅKANSON, L. 1981. **A Manual of Lake Morphometry**. Berlin, Springer-Verlag. 78 p.
- JOST, H. & SOLIANI, Jr. E. 1976. Mapeamento geológico e geomorfológico. In: **Plano Integrado para o Desenvolvimento do Litoral Norte do Rio Grande do Sul**. Adequação do uso do solo. Porto Alegre, Fundação de Economia e Estatística. 121p.
- KJERFVE, B. & MAGILL, K.E. 1989. Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. **Marine Geology**, **88**: 187-199.
- KJERFVE, B. & KNOPPERS B.A. 1999. Physical characteristics of lagoons of the East Fluminense Coast, State of Rio de Janeiro, Brazil. In: **Environmental geochemistry of coastal lagoon systems of Rio de Janeiro, Brazil**. KNOPPERS B.A.; BIDONE, E.D. & ABRÃO, J.J. (eds.). Niterói, UFF/Programa de Geoquímica Ambiental; Rio de Janeiro, FINEP (série geoquímica ambiental, n.6). p. 57-67.
- LOPARDO, N. (em preparação). **Estudo hidrodinâmico e correlações com variáveis ambientais na Lagoa Itapeva no Litoral Norte do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, PPG Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental / UFRGS. (dissertação).
- MEDEIROS, P.R.P. 1992. **Estudo do Sistema Lagunar-Estuarino de Tramandaí-Imbé: Física e Química da Água**. Porto Alegre, CPG Ecologia / UFRGS. xii+112p. (dissertação)
- PANOSSO, R. de F.; ATTAYDE, J.L. & MUEHE, D. 1998. Morfometria das Lagoas Imboassica, Cabiúnas, Comprida e Carapebus: implicações para seu funcionamento e manejo. In: **Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. F. de A. Esteves (ed.), NUPEM, UFRJ. p. 91-108.
- SCHWARZBOLD, A. & SCHÄFER, A. 1984. Gênese e morfologia das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul - Brasil. **Amazoniana**, **9** (1): 87-104.
- WENTWORTH, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, v. 30, p. 377-392.
- WETZEL, R.G. 1993. **Limnologia**. Trad. M. J. Boavida. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian. xii+1017 p.
- WÜRDIG, N.L. 1987. Alguns dados físicos e químicos do sistema lagunar de Tramandaí, RGS. **Pesquisas**, **20**: 49-74.

4. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

RESUMO

Para o conhecimento do ciclo limnológico de um ecossistema é imprescindível compreender a variação diária de suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Para atender a este fato, monitoramento intensivo de variáveis físico-químicas foram realizados sazonalmente na Lagoa Itapeva. Turbidez, transparência Secchi, sólidos e nutrientes foram as variáveis mais correlacionadas com a hidrodinâmica da lagoa exibindo um comportamento de efeito-resposta praticamente imediato. Nestas condições um gradiente N→S pôde ser verificado, ora crescente e ora decrescente dependendo da direção do *fetch*. A análise de agrupamento separou o ponto Norte dos demais pontos de amostragem em todas as campanhas sazonais (exceção para o inverno chuvoso de 1998). A distância física deste ponto em relação aos outros aliado a propriedades bastante distintas exibidas (potencial de oxído-redução negativo e valores de DQO mais elevados) contribuíram para esta separação. O verão foi à única estação onde os turnos dentro de cada ponto foram mais similares entre si, evidenciando nitidamente a formação dos três agrupamentos por ponto de amostragem. Assim, ficou claro o quanto o verão teve um comportamento sazonal bastante definido e estável, possibilitando que características inerentes a cada um dos pontos se manifestassem. Este fato esteve associado com características hidrodinâmicas constantes, sem grandes oscilações que perturbassem o sistema. A análise de variância dentro de cada campanha sazonal foi altamente significativa ($p < 0,01$) para todas as variáveis físico-químicas monitoradas intensivamente entre os dias, bem como na interação dia-variável, para as cinco campanhas. Isto evidenciou a variabilidade existente nos dias em cada campanha sazonal, demonstrando que, para a compreensão do funcionamento das lagoas costeiras do RS torna-se necessário um monitoramento intensivo e contínuo. Contudo, em condições estáveis, como as ocorridas no inverno de 1998 (precipitação constante por longo período) o efeito hora não apresentou nenhuma significância; de fato oscilações quase imperceptíveis ocorreram dentro de cada dia. O outono, assim como a primavera, são estações do ano intermediárias, portanto mais sujeitas a alterações. Assim, as oscilações de temperatura e pH nos turnos de cada dia foram mais acentuadas, apresentando uma variância significativa ($p < 0,05$). Temperatura da água, oxigênio dissolvido e pH exibiram um comportamento diário regular durante o verão, com elevação dos valores no decorrer do dia e diminuição à noite. Desta forma, a variância do efeito hora foi altamente significativa para estas ($p < 0,01$). Durante o inverno de 1999 o efeito da hora apresentou variabilidade significativa ($p < 0,05$) somente para o pH. A variação entre os pontos de amostragem dentro de cada campanha foi bastante significativa, tanto para o dia

como para a hora como fatores combinados. Somente para a variável temperatura as médias entre os pontos não foram significativas, visto que a temperatura da água foi praticamente a mesma em toda a lagoa. Embora a Lagoa Itapeva seja considerado um ambiente polimítico, variâncias significativas foram encontradas no perfil da coluna d'água para algumas variáveis físico-químicas em determinadas estações do ano. Estas oscilações podem ser importantes na distribuição da comunidade planctônica no perfil. Em termos de qualidade d'água, os valores exibidos pelas variáveis físico-químicas na Lagoa Itapeva mostram que este ambiente não está impactado, apresentando uma qualidade boa de água para o consumo. Porém, a turbidez foi a única variável que perturbou esta qualidade, estando sempre acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA. Este fator torna-se incorrigível, pois está associado à hidrodinâmica local gerada pelo vento. Com isso, maior atenção deve ser dada a esta variável para uma regionalização do índice de qualidade das lagoas costeiras do RS.

ABSTRACT

For the knowledge of limnological cycle of an ecosystem it is indispensable to understand the daily variation of their physical, chemistries and biological properties. To assist to this fact, intensive monitoring of physiochemical variables were accomplished seasonal in the Itapeva lake. Turbidity, transparency Secchi, solids and nutrients were the variables more correlated practically with hydrodynamic lake exhibiting an effect-answer behavior immediate. In these conditions a gradient N→S could be verified, some times crescent and other times decreasing depending on the fetch direction. The cluster analysis separated the North point of the others sampling points in all of seasonal campaigns (exception for the rainy winter' 1998). The physical distance of this point in relation to the others and to ally with quite different properties exhibited (negative oxide-reduction potential and values of higher COD), they contributed to this distinction. The summer was the only station where the shifts inside of each point they were more similar amongst themselves, evidencing three groupings formation sharply for sampling point. Like this, it was clear as the summer had a quite defined and stable seasonal behavior, making possible manifested of inherent characteristics to each one of the points. This fact was associated with constant hydrodynamic characteristics, without great oscillations that disturbed the system. The variance analysis inside of each seasonal campaign it was highly significant ($p < 0,01$) for all the physiochemical variables monitored intensively among the days, as well as in the interaction day-variable, for the five campaigns. This evidenced an existent variability in the days in each seasonal campaign, demonstrating that, for the understanding of the operation of the coastal lagoons of RS it becomes necessary an intensive and continuous monitoring.

However, in stable conditions, as happened them in the winter' 1998 (constant precipitation for long period) the hour effect didn't present any significance; in fact almost imperceptible oscillations happened inside of every day. The autumn, as well as the spring, they are intermediate seasons, therefore more subject to alterations. Like this, the temperature oscillations and pH in the shifts of every day were more accentuated, presenting a significant variance ($p < 0,05$). Water temperature, dissolved oxygen and pH exhibited a daily behavior to regulate during the summer, with elevation of the values in elapsing of the day and decrease at night. This way, the variance of the effect hour went highly significant for these ($p < 0,01$). During the winter' 1999 the hour effect presented significant variability ($p < 0,05$) only for the pH. The variation among the sampling points inside of each campaign it was quite significant, so much for the day as for the hour as combined factors. Only for temperature variable, the averages among points were not significant, because the water temperature was practically the same in the whole lake. Although the Itapeva lake is considered an polymitic environmental, significant variances were found in the water column profile for some varied physiochemical in certain seasons. These oscillations can be important in profile distribution of the planktonic community. In terms of quality of water, the values exhibited by the physiochemical variables in the Itapeva lake show that this environmental is not impact, presenting a good quality of water for the consumption. However, turbidity was the only variable that disturbed this quality, being always above the established limits for CONAMA. This factor becomes incorrigible, because it is associated to the hydrodynamic force generated by the wind. With that, larger attention should be given to the this variable for a regionalization of the RS' coastal lagoons index of quality.

INTRODUÇÃO

O padrão de comportamento sazonal, com quatro estações do ano bem definidas, com caracterizações distintas entre si não impede que ocorram respostas a alterações ambientais em curto espaço de tempo (24h) em lagos tropicais. Assim, torna-se necessário uma análise diária das variáveis ambientais básicas para detectar estas peculiaridades (Esteves et al., 1988). Em ecossistemas aquáticos tropicais, as flutuações de variáveis limnológicas por um período de 24 horas (variações nictemerais) são fundamentais na caracterização do funcionamento deste ecossistema (Barbosa, 1981).

Alguns trabalhos em lagoas brasileiras (Barbosa, 1981; Melack & Fisher, 1983, Esteves et al., 1988) tiveram a preocupação de investigar variações diárias (24 h) ocorridas nestes ambientes. Principalmente pelo fato destas alterações bióticas e abióticas serem

marcantes neste curto espaço de tempo. Embora o sistema de lagoas costeiras do RS seja fortemente influenciado pelo vento (Schwarzbald & Schäfer, 1984) este comportamento ainda é desconhecido, visto que grande parte dos trabalhos se restringiu a coletas pontuais (Bohrer, 1985; Kremer, 1985; Würdig, 1987 e 1988; Vélez, 1990; Medeiros, 1992; Güntzel, 1995; Konrath, 1995; Tedesco, 1995; Fermino, 1997; Salomoni, 1997; Bruschi et al., 1998; Pedrozo, 2000), sendo estas normalmente realizadas em condições meteorológicas ideais.

Num mesmo lago os valores para a transparência variam durante o dia. Quantidade e qualidade de plâncton na água são fatores responsáveis para essa variação, assim como a circulação da água, a natureza geológica da bacia hidrográfica e o regime de chuvas (Kleerekoper, 1990).

Nutrientes são importados para lagoas costeiras via atmosfera, rios, escoamento direto de terra, infiltração de água subterrânea e o mar, e exportado via troca tidal, acumulação no sedimento e denitrificação. Uma fonte adicional é a fixação de nutrientes por certas espécies de cianobactérias, que podem neutralizar alguma perda pela denitrificação. Fontes internas do sistema são a regeneração bêntica e pelágica de nutrientes. Lagoas costeiras “sufocadas” com base de drenagem bem desenvolvida em regiões tropicais úmidas e temperadas recebem seu maior suprimento externo de nutrientes dos rios, as fontes remanescentes externas podem colocar uma regra secundária. Em geral, pouco é conhecido a respeito do suprimento de nutrientes pela atmosfera e infiltração de água subterrânea para lagoas costeiras. Contudo, sua grande contribuição é também devido à contaminação da água subterrânea pela descarga doméstica (Knoppers, 1994).

A pobreza em nutrientes (P e N) nos ecossistemas lacustres do RJ reflete em grande parte a pobreza dos ecossistemas terrestres adjacentes que são caracterizados por solos arenosos típicos de restinga. Provavelmente, a turbulência e as altas temperaturas observadas intensificam a atividade microbiana e, em conseqüência, grande parte do detrito orgânico é decomposto na própria coluna d'água podendo ser imediatamente reabsorvido pelo fitoplâncton (Esteves et al., 1984).

Assim, o objetivo principal deste trabalho foi caracterizar o ciclo limnológico diário e sazonal da Lagoa Itapeva com base em monitoramento intensivo de variáveis físico-químicas, bem como conhecer a amplitude de variação destas relacionando com aspectos hidrodinâmicos.

MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização do ciclo limnológico diário e sazonal da Lagoa Itapeva foi feita com base em monitoramento intensivo de variáveis físico-químicas, nos 3 pontos de amostragem, onde dois conjuntos de dados foram obtidos sazonalmente:

A. dados automáticos do multiprobe (YSI 6000)

- ✓ frequência: registrados a cada 5 minutos durante 6 dias consecutivos;
- ✓ variáveis: pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e potencial de óxido-redução;
- ✓ matriz: médias em intervalos de 1h e 4h.

B. dados procedentes de análises laboratoriais e derivados da transparência Secchi

- ✓ frequência: tomados a cada turno de 4h durante 3 dias alternados;
- ✓ variáveis: transparência Secchi, profundidade, coeficiente de absorção vertical (λ) ou atenuação luminosa (k), zona eufótica (Z_{eu}), relação $Z_{eu}:Z_{af}$ (zona eufótica: zona afótica), relação $Z_{eu}:Z_{mix}$ (zona eufótica: zona de mistura), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), fósforo ($PO_4^{3-}-P$), amônio (NH_4^+), Sílica, íons (NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- , F^-), sólidos (totais, dissolvidos e suspensos), gás carbônico (CO_2), dureza, alcalinidade;

Obs.: demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) e coliformes (totais e fecais) foram amostrados somente durante um dia, em cada campanha sazonal, e em dois turnos (manhã e tarde).

- ✓ matriz: valores obtidos nos turnos de 4h.
- ✓ métodos: as análises dos parâmetros físicos (coeficiente de atenuação vertical, extensão da zona eufótica, estimativa do percentual de 10% da radiação superficial) seguiram cálculos descritos por Esteves (1998) e Margalef (1983), enquanto que, as análises químicas seguiram metodologias padronizadas por APHA (1992). Amônia e fósforo (P) foram também calculados através de fatores de conversão de unidades (IWD, 1979), a partir dos valores de íon amônio (NH_4^+) e fósforo ($PO_4^{3-}-P$) *

Algumas falhas ocorreram no decorrer das campanhas, podendo estas ter sido devido ao próprio equipamento ou por ausência de coleta em algum turno e ponto de amostragem. Sempre que possível estas falhas foram preenchidas. Assim, segue a descrição das matrizes em cada campanha:

* ver detalhes na Tabela 2.1 do item Material e Métodos.

Quadro 4.1 – Número de dados (n) correspondente a cada variável medida pelo multiprobe em cada ponto e campanha de amostragem.

Dados do multiprobe com médias a intervalos de 1h								
CAMPANHA	PONTO	TEMP	COND	OD%	OD	pH	ORP	TURB
Inverno (Ago/98)	N	96	96			96	96	
	C	96	96	96	96	96		
	S	96	96	96	96	96	96	
Primavera (Dez/98)	N	116	116	116	116	116	116	116
	C	116	116			116	116	116
	S	111	111	111	111	111	111	
Verão (Mar/99)	N	121	121	121	121	121	121	121
	C	121		121		121	121	121
	S	121	121	121	121	121	121	121
Outono (Mai/99)	N	121	121	121	121	121	121	121
	C	121	121	121	121	121	121	121
	S	121	121	121	121	121	121	121
Inverno (Ago/99)	N	121	121			121	121	121
	C	121				121	121	121
	S	120	120	120	120	120	120	120

TEMP = temperatura, COND = condutividade, OD% = percentual de saturação do oxigênio, OD = oxigênio dissolvido, ORP = potencial de óxido-redução, TURB = turbidez, espaços vazios (em cinza) = sem dados.

As lacunas existentes em termos de oxigênio foram preenchidas com os valores obtidos por titulação em campo (método de Winckler) destinados ao estudo de produção primária (PP). Nestes casos, o percentual de saturação do oxigênio foi calculado pela solubilidade do oxigênio na água em função da temperatura, seguindo a tabela de Golterman et al. (1978). Assim, o número de observações foi bastante reduzido visto que as coletas para PP ocorreram num espaçamento maior. Estes valores foram utilizados nas análises estatísticas (descritivas, de variância e de agrupamento) sempre que o delineamento para tal era permitido. O menor número de registros nos valores de oxigênio no ponto Norte durante o inverno de 1998 foi decorrente de falha no equipamento no terço final da campanha. Porém, as lacunas existentes para condutividade, potencial de óxido-redução e turbidez não puderam ser preenchidas devido a peculiaridades inerentes ao comportamento destas variáveis no espaço e no tempo. Assim, para algumas análises estatísticas que envolviam a variável dentro da campanha (agrupamento e de variância) esta foi eliminada ou a análise não se processaria, podendo acusar delineamento incompleto. As matrizes para análise no perfil da coluna d'água apresentaram as mesmas lacunas evidenciadas anteriormente, porém o número de observações foi menor (n=36), visto que estas leituras ocorreram concomitantemente à amostragem em turnos das demais variáveis abióticas e bióticas.

Com relação aos íons, devido ao grande número de amostras onde o valor esteve abaixo do limite de detecção do equipamento, estes não puderam ser incluídos nas análises de agrupamento e de correlação. Por este motivo, foi utilizado o somatório destes íons (íons totais) lidos em cada amostra.

Quadro 4.2 – Número de dados (n) correspondente a cada variável físico-química nos pontos e campanhas de amostragem.

	Dez/98			Mar/99			Mai/99			Ago/99		
	N	C	S	N	C	S	N	C	S	N	C	S
CO ₂	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12
alcalinidade	0	0	0	0	0	0	12	12	12	12	11	12
dureza	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12
Sólidos Totais	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12
Sólidos Suspensos	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12
Sólidos Dissolvidos	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12
NTK	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12
P	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12
N:P	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12
NO ₃ ⁻ :PO ₄ ⁻	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12
NH ₄	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12
Cl ⁻ *	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12
F ⁻ *	0	1	0	4	6	4	12	12	12	12	11	12
PO ₄ ⁻ (d) *	1	1	0	0	2	2	1	0	1	0	0	0
SO ₄ ^{-2*}	12	9	12	12	12	11	12	12	12	12	11	12
NO ₂ ^{-*}	1	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0
NO ₃ ^{-*}	5	9	12	11	12	11	12	12	12	12	11	12
Silica	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12
DQO*	11	9	10	12	12	12	12	12	12	12	11	12
ions totais	12	10	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12
DBO ₅	3	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
coliformes	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

* valores ausentes (0) foram não-detectáveis (ND), salvo quando não houve coletas

Os resultados do primeiro conjunto de dados foram estatisticamente analisados através de ANOVA, (“two-way” e “three-way”), a fim de verificar a existência ou não de variabilidade destes fatores físico-químicos no tempo e espaço. Para o segundo grupo de variáveis físico-químicas, ANOVA (“three-way”) foi realizada apenas para o grupo dos sólidos (totais, suspensos, dissolvidos, fixos e voláteis) e nutrientes (nitrogênio e fósforo), pois estas variáveis são de grande interesse para relações com hidrodinâmica e comunidade planctônica.

Análise descritiva foi efetuada para determinar a amplitude de resposta de cada variável, por ponto e campanha de amostragem, para ambos conjuntos de variáveis.

As matrizes das variáveis físico-químicas (do multiprobe) sazonalmente independentes e combinadas com as variáveis ambientais (climáticas/hidrodinâmicas) foram agrupadas por similaridade (“cluster”). Também foram utilizadas estas variáveis nos mesmos turnos de amostragem das demais variáveis bióticas e abióticas coletadas (n=36 em cada estação do ano). A técnica empregada nestas análises de agrupamento foi a de ligação simples (“nearest neighbor”) e distância euclidiana, por ser o caminho mais direto para computar distâncias

entre objetos em um espaço multidimensional. Os agrupamentos gerados serviram para verificar as similaridades existentes dentro de cada ponto no ciclo diário e entre pontos nas campanhas, bem como para verificar quais alterações nos agrupamentos ocorreram em função das características hidrodinâmicas ou físico-químicas da água.

Análise de correlação foi processada com estas mesmas matrizes, a fim de estabelecer relações com as variáveis meteorológicas e hidrológicas. O programa estatístico utilizado para estas análises foi o STATISTICA[®] versão 4.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva das variáveis físico-químicas medidas com o uso do multiprobe, em cada campanha sazonal, encontra-se nas Tabelas 4.1 a 4.5 sendo a seguir apresentadas.

Temperatura (TEMP)

Os valores de temperatura da água evidenciaram que o inverno de 1999 (10,2 a 16,1°C) foi mais rigoroso que o do ano anterior (15,8 a 19°C). De fato, até o outono (13,4 a 17,1°C) foram registradas temperaturas mais baixas que as observadas naquele inverno de 1998, contudo estas campanhas sazonais foram as que apresentaram o menor desvio (inferior a 1°C). As campanhas do outono e inverno de 1999 coincidiram com a chegada de frentes frias na região sul do Brasil, enquanto que, no inverno de 1998 ocorreram chuvas intensas na região. Por outro lado, temperaturas mais elevadas ocorreram no verão (25,9 a 31,6°C) seguido da primavera (20,5 a 25,4°C). Este comportamento sazonal da temperatura da água também seguiu a distribuição unimodal da temperatura atmosférica (*capítulo 3*). Quanto aos pontos de amostragem, com exceção do inverno de 1999, geralmente ocorreu um gradiente decrescente dos valores médios de N→S (Figs. 4.1 a 4.5). O ciclo de variação diária da temperatura normalmente evidenciou comportamentos semelhantes entre as estações do ano (Fig. 4.6). Exceção ocorreu durante o inverno de 1998, quando a temperatura da água foi praticamente estável durante o período chuvoso (3 dias) declinando com a chegada de uma frente fria. Por outro lado, o inverno de 1999 apresentou oscilações diárias, com temperaturas mais elevadas no meio do período da tarde (ao redor das 15h) e a chegada de uma frente fria no segundo dia de campanha. A primavera e outono também apresentaram este comportamento diário de elevação da temperatura na tarde de uma forma mais uniforme. Porém, curvas diárias constantes com mínimas no amanhecer (6h), aumentando em direção à tarde (15h) e retornando a diminuir na noite, somente ocorreu no verão. Nesta estação o intervalo de oscilação ficou em torno de 5°C.

Tabela 4.1- Análise descritiva das variáveis físico-químicas obtidas automaticamente pela sonda YSI, durante a campanha de inverno (Ago/98), em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

INVERNO/98 (Ago/98)

<i>NORTE</i>	Temp (°C)	Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (%)	OD (mg.L^{-1})	pH	ORP (mV)	Turb (NTU)
Média	18,28	53,70	114,35	10,66	6,78	-24,65	
Desvio padrão	0,66	12,05	10,87	1,00	0,43	23,80	
Mínimo	16,67	45,00	73,08	6,82	6,11	-76,08	
Máximo	18,98	97,58	123,72	11,50	7,23	-4,49	
n	96	96	64	64	96	96	
<i>CENTRO</i>	Temp (°C)	Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (%)	OD (mg.L^{-1})	pH	ORP (mV)	Turb (NTU)
Média	17,74	109,39	83,24	7,89	7,18		
Desvio padrão	0,84	5,78	14,45	1,27	0,08		
Mínimo	15,78	99,00	49,23	4,85	7,00		
Máximo	18,47	115,00	96,06	9,06	7,41		
n	96	96	96	96	96		
<i>SUL</i>	Temp (°C)	Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (%)	OD (mg.L^{-1})	pH	ORP (mV)	Turb (NTU)
Média	17,53	46,30	108,25	10,35	7,58	328,25	
Desvio padrão	0,66	0,58	2,11	0,33	0,09	22,44	
Mínimo	16,01	45,00	104,68	9,91	7,46	278,63	
Máximo	18,31	47,00	111,64	10,95	7,76	362,56	
n	96	96	96	96	96	96	

Temp= temperatura, Cond = condutividade, OD =oxigênio dissolvido; ORP = potencial de óxido-redução, Turb = turbidez

Tabela 4.2- Análise descritiva das variáveis físico-químicas obtidas automaticamente pela sonda YSI, durante a campanha da primavera (Dez/98), em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

PRIMAVERA (Dez/98)

<i>NORTE</i>	Temp (°C)	Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (%)	OD (mg.L^{-1})	pH	ORP (mV)	Turb (NTU)
Média	23,82	55,27	90,24	7,61	7,55	-29,56	99,25
Desvio padrão	1,08	2,12	6,15	0,45	0,11	17,01	40,68
Mínimo	21,34	51,00	72,53	6,21	7,27	-60,68	48,41
Máximo	25,41	60,00	98,63	8,17	7,85	-0,08	197,73
n	116	116	116	116	116	116	116
<i>CENTRO</i>	Temp (°C)	Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (%)	OD (mg.L^{-1})	pH	ORP (mV)	Turb (NTU)
Média	22,89	52,24	117,33	9,83	7,74	274,48	208,16
Desvio padrão	1,11	2,44	4,55	0,42	0,09	22,09	127,10
Mínimo	20,50	46,83	109,70	9,19	7,61	208,28	65,94
Máximo	24,47	57,42	124,58	10,44	7,97	302,84	520,81
n	116	116	10	10	116	116	116
<i>SUL</i>	Temp (°C)	Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (%)	OD (mg.L^{-1})	pH	ORP (mV)	Turb (NTU)
Média	22,91	53,21	157,21	13,51	7,43	188,42	
Desvio padrão	1,10	1,97	5,02	0,54	0,10	74,08	
Mínimo	20,98	48,00	142,72	11,80	7,17	91,58	
Máximo	24,94	57,00	164,59	14,12	7,62	284,42	
n	111	111	111	111	111	111	

Temp= temperatura, Cond = condutividade, OD =oxigênio dissolvido; ORP = potencial de óxido-redução, Turb = turbidez

Tabela 4.3- Análise descritiva das variáveis físico-químicas obtidas automaticamente pela sonda YSI, durante a campanha do verão (Mar/99), em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

VERÃO (Mar/99)

<i>NORTE</i>	Temp (°C)	Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (%)	OD (mg.L^{-1})	pH	ORP (mV)	Turb (NTU)
Média	29,15	50,14	108,93	7,07	7,78	-133,75	55,41
Desvio padrão	1,19	1,43	4,33	0,27	0,14	6,30	11,66
Mínimo	26,80	46,75	100,81	6,55	7,50	-143,90	41,40
Máximo	31,60	53,71	118,71	7,74	8,16	-121,56	86,63
n	121	121	121	121	121	121	121
<i>CENTRO</i>	Temp (°C)	Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (%)	OD (mg.L^{-1})	pH	ORP (mV)	Turb (NTU)
Média	28,39		99,43	8,43	7,96	361,32	83,94
Desvio padrão	1,35		3,09	0,60	0,11	29,92	23,20
Mínimo	25,86		94,38	7,60	7,78	288,31	44,02
Máximo	31,01		105,41	9,40	8,17	400,25	132,22
n	121		121	11	121	121	121
<i>SUL</i>	Temp (°C)	Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (%)	OD (mg.L^{-1})	pH	ORP (mV)	Turb (NTU)
Média	28,28	42,14	102,10	6,91	7,82	216,05	103,09
Desvio padrão	1,45	1,08	3,12	0,17	0,15	30,18	22,87
Mínimo	25,95	40,37	97,63	6,61	7,60	149,19	56,67
Máximo	31,56	45,38	111,79	7,26	8,28	263,69	148,43
n	121	121	121	121	121	121	121

Temp= temperatura, Cond = condutividade, OD =oxigênio dissolvido; ORP = potencial de óxido-redução, Turb = turbidez

Tabela 4.4- Análise descritiva das variáveis físico-químicas obtidas automaticamente pela sonda YSI, durante a campanha do outono (Mai/99), em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

OUTONO (Mai/99)

<i>NORTE</i>	Temp (°C)	Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (%)	OD (mg.L^{-1})	pH	ORP (mV)	Turb (NTU)
Média	15,68	122,77	110,30	10,96	7,42	-139,22	221,48
Desvio padrão	0,89	3,68	1,39	0,18	0,05	10,35	76,02
Mínimo	13,39	110,92	107,49	10,71	7,31	-161,89	143,16
Máximo	16,82	129,50	113,63	11,64	7,52	-118,33	528,14
n	121	121	121	121	121	121	121
<i>CENTRO</i>	Temp (°C)	Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (%)	OD (mg.L^{-1})	pH	ORP (mV)	Turb (NTU)
Média	15,62	116,45	76,27	7,58	8,12	346,08	115,19
Desvio padrão	0,68	2,92	1,40	0,11	0,07	20,00	38,37
Mínimo	14,08	110,00	73,23	7,35	7,98	273,73	61,16
Máximo	17,08	121,92	79,29	8,05	8,37	368,83	229,81
n	121	121	121	121	121	121	121
<i>SUL</i>	Temp (°C)	Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (%)	OD (mg.L^{-1})	pH	ORP (mV)	Turb (NTU)
Média	15,43	108,07	98,45	9,83	7,60	274,62	138,28
Desvio padrão	0,57	1,61	1,37	0,10	0,07	21,53	35,04
Mínimo	14,39	105,00	96,21	9,61	7,46	232,26	73,98
Máximo	16,56	111,00	101,88	10,10	7,81	308,13	231,48
n	121	121	121	121	121	121	121

Temp= temperatura, Cond = condutividade, OD =oxigênio dissolvido; ORP = potencial de óxido-redução, Turb = turbidez

Tabela 4.5- Análise descritiva das variáveis físico-químicas obtidas automaticamente pela sonda YSI, durante a campanha do inverno (Ago/99), em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

INVERNO/99 (Ago/99)

<i>NORTE</i>	Temp (°C)	Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (%)	OD (mg.L^{-1})	pH	ORP (mV)	Turb (NTU)
Média	12,84	138,75	113,56	11,55	7,57	-166,24	276,57
Desvio padrão	1,50	7,02	11,20	1,01	0,04	41,97	95,87
Mínimo	10,17	126,04	89,76	9,16	7,42	-222,89	162,08
Máximo	16,14	156,85	133,96	12,81	7,64	-123,10	525,49
n	121	121	11	11	121	121	121
<i>CENTRO</i>	Temp (°C)	Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (%)	OD (mg.L^{-1})	pH	ORP (mV)	Turb (NTU)
Média	12,99		116,84	11,87	8,10	380,37	206,44
Desvio padrão	1,32		10,84	1,15	0,06	21,18	91,12
Mínimo	10,67		100,64	10,04	7,98	317,75	102,54
Máximo	15,67		130,02	13,26	8,22	405,60	490,69
n	121		9	9	121	121	121
<i>SUL</i>	Temp (°C)	Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (%)	OD (mg.L^{-1})	pH	ORP (mV)	Turb (NTU)
Média	13,14	109,44	103,67	10,35	7,40	301,89	207,65
Desvio padrão	0,98	3,84	1,31	0,30	0,03	31,95	47,31
Mínimo	11,67	103,18	100,79	9,71	7,32	242,60	109,67
Máximo	15,41	117,04	105,82	10,70	7,47	339,63	327,25
n	120	120	120	120	120	120	120

Temp= temperatura, Cond = condutividade, OD =oxigênio dissolvido; ORP = potencial de óxido-redução, Turb = turbidez

Comparando as curvas diárias de temperaturas atmosféricas e da água (Fig. 4.7) verificou-se que, embora ambas apresentassem um ritmo diário de aumento durante o dia e queda à noite, algumas peculiaridades sazonais ocorreram. As variações mais conspícuas entre os dias e pontos foram constatadas na primavera. Se no primeiro dia a temperatura da água foi superior à atmosférica, tanto no dia quanto na noite, nos dias sucessivos isto não se repetiu. Inclusive a temperatura da água no ponto Sul chegou a ser inferior à do ar durante a noite. Por outro lado, no decorrer da campanha, somente as temperaturas da água nos pontos Sul e Norte chegaram a superar a do ar durante alguns momentos do dia. Já no verão, com exceção do turno da tarde no primeiro dia, a temperatura da água foi superior à atmosférica durante toda a campanha. Geralmente, o outono e o inverno exibiram o ritmo característico de temperaturas da água superior à atmosférica no período noturno, ocorrendo o inverso durante o diurno. Porém, no primeiro dia, em ambas campanhas sazonais, exceções à regra ocorreram. No outono a temperatura da água nos pontos Sul e Centro foram superiores à do ar em alguns momentos no ciclo noturno. Já no inverno, a temperatura da água, nos três pontos, foi superior à do ar tanto no dia quanto na noite.

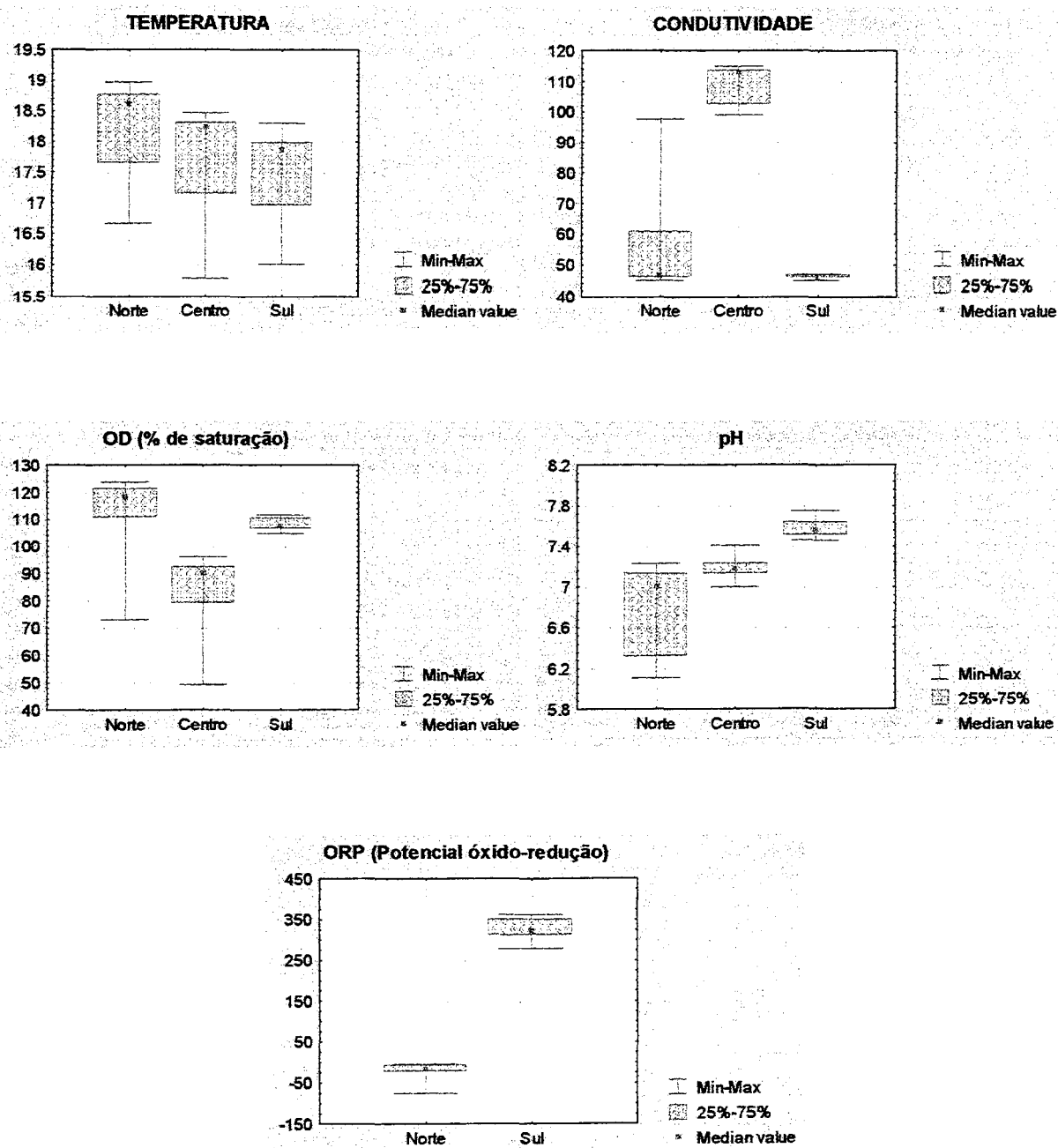


Figura 4.1 - Distribuição dos valores das variáveis físico-químicas obtidas pela sonda YSI, durante a campanha do inverno (Ago/98) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.
(temperatura em °C, condutividade em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, OD= oxigênio dissolvido em % , ORP em mV)

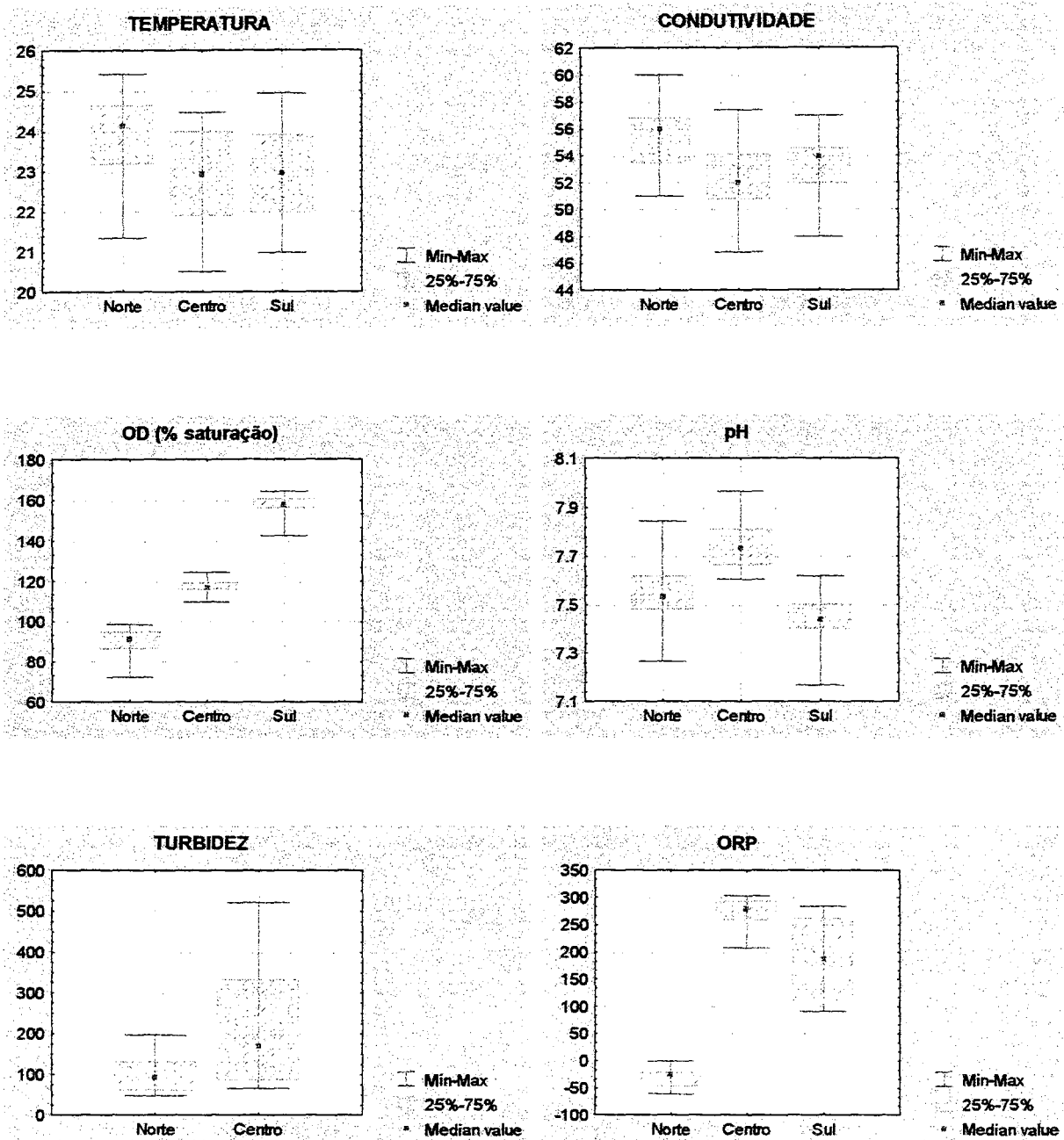


Figura 4.2 - Distribuição dos valores das variáveis físico-químicas obtidas pela sonda YSI, durante a campanha da primavera (Dez/98) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva. (temperatura em °C, condutividade em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, OD= oxigênio dissolvido em %, ORP em mV, turbidez em NTU)

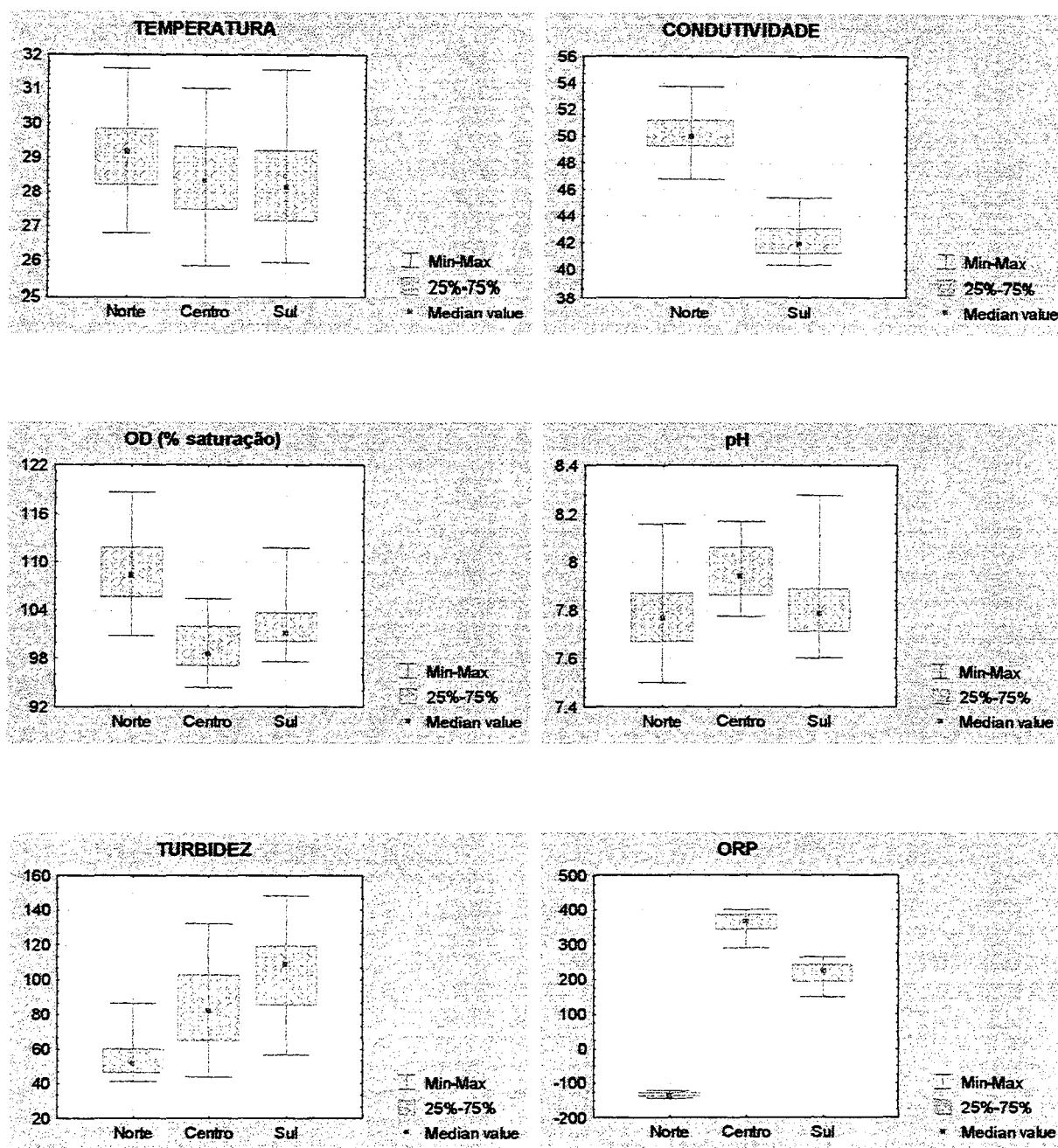


Figura 4.3 - Distribuição dos valores das variáveis físico-químicas obtidas pela sonda YSI, durante a campanha do verão (Mar/99) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva. (temperatura em °C, condutividade em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, OD= oxigênio dissolvido em %, ORP em mV , turbidez em NTU)

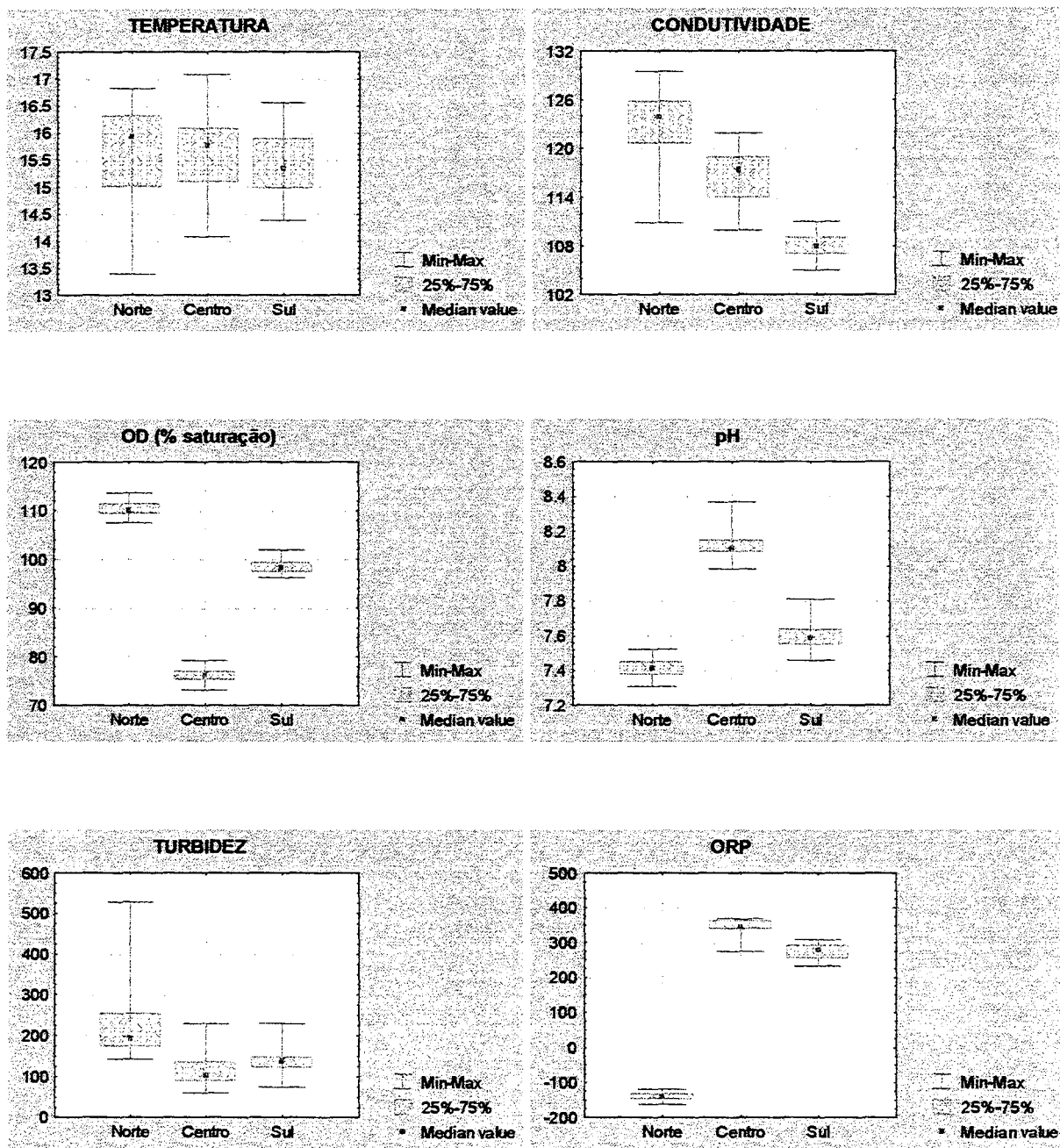


Figura 4.4 - Distribuição dos valores das variáveis físico-químicas obtidas pela sonda YSI, durante a campanha do outono (Mai/99) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva. (temperatura em °C, condutividade em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, OD= oxigênio dissolvido em % , ORP em mV , turbidez em NTU)

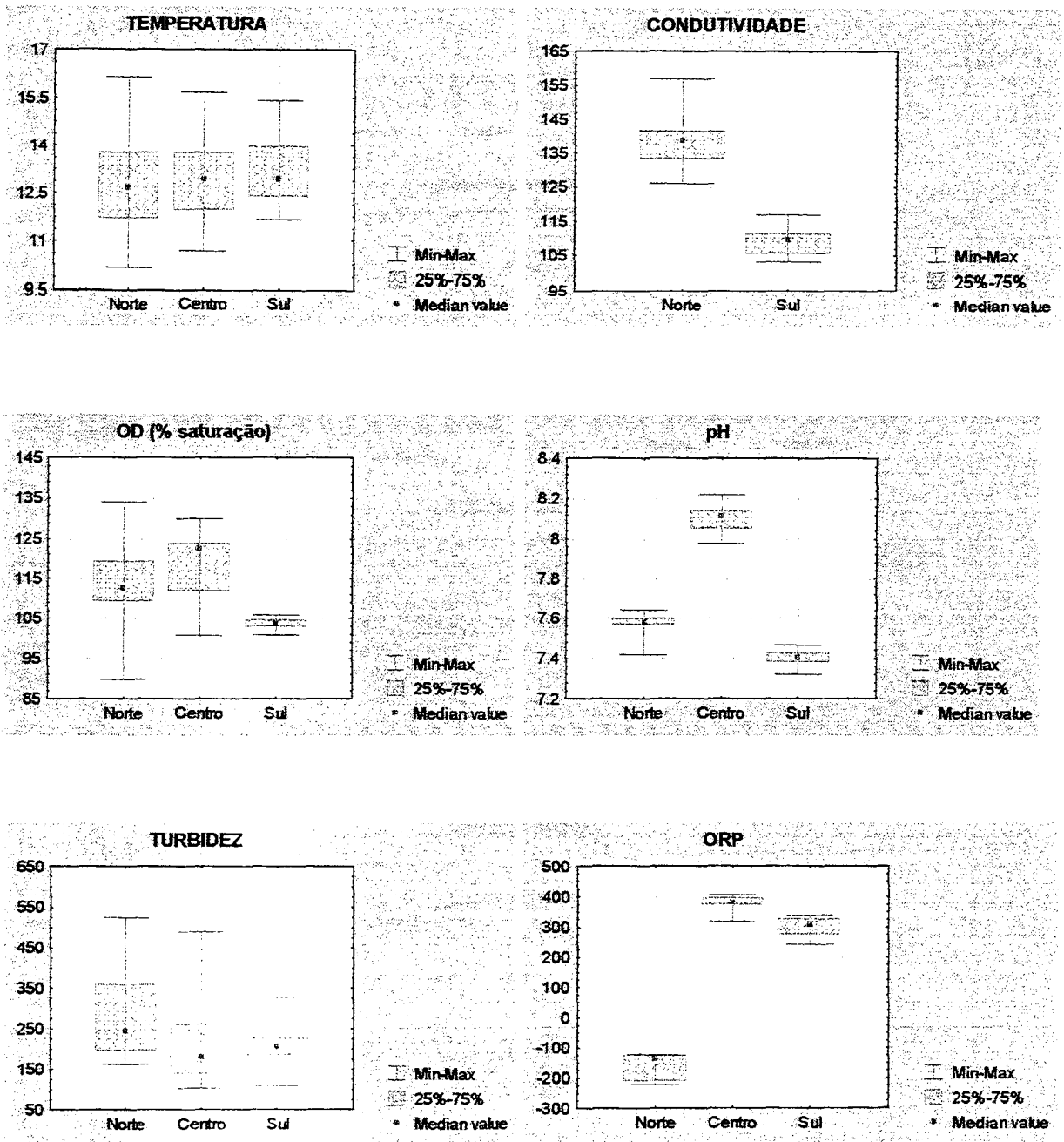


Figura 4.5 - Distribuição dos valores das variáveis físico-químicas obtidas pela sonda YSI, durante a campanha do inverno (Ago/99) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva. (temperatura em °C, condutividade em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, OD= oxigênio dissolvido em %, ORP em mV, turbidez em NTU)

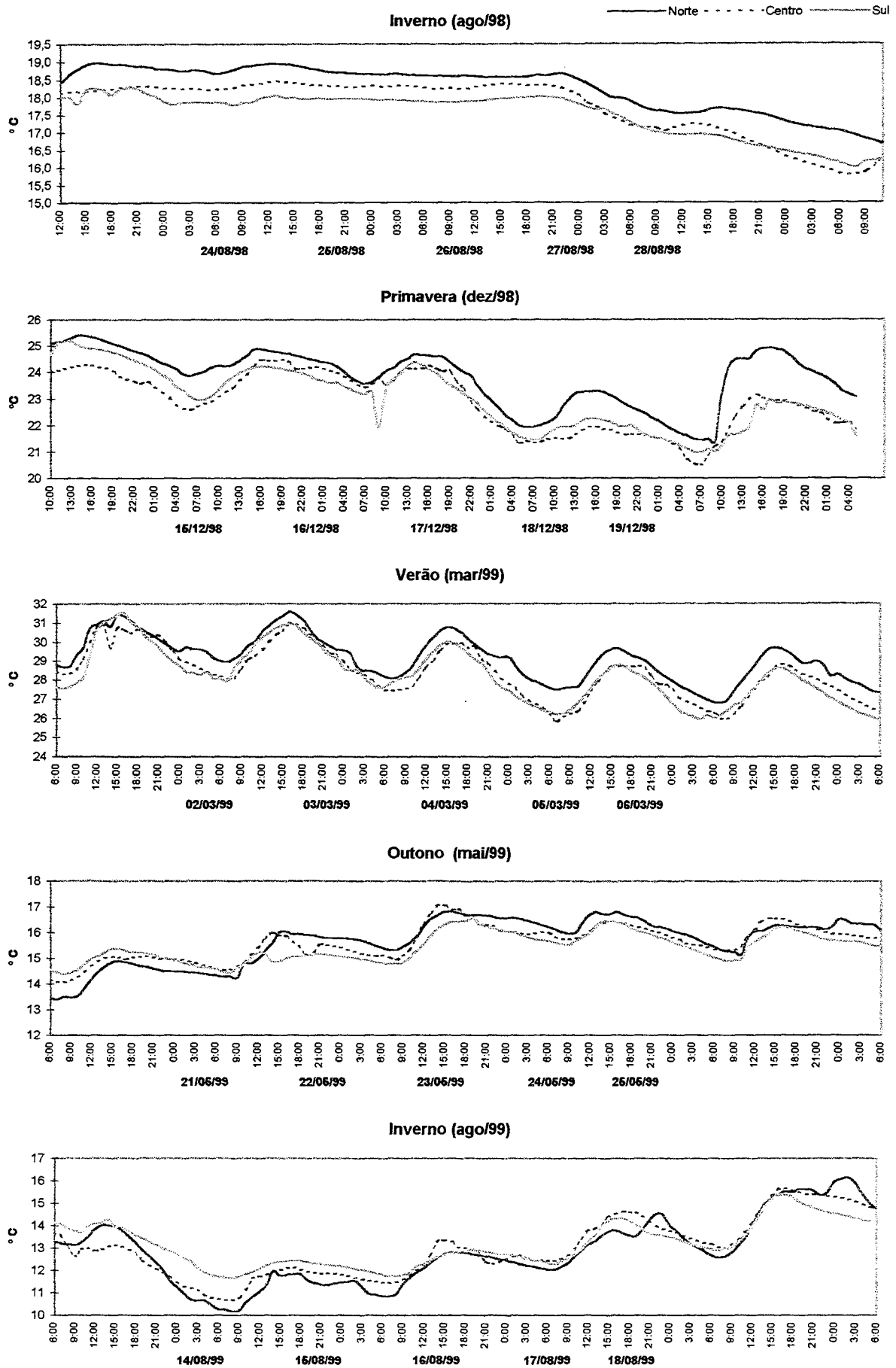


Figura 4.6 - Variação diária da temperatura em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

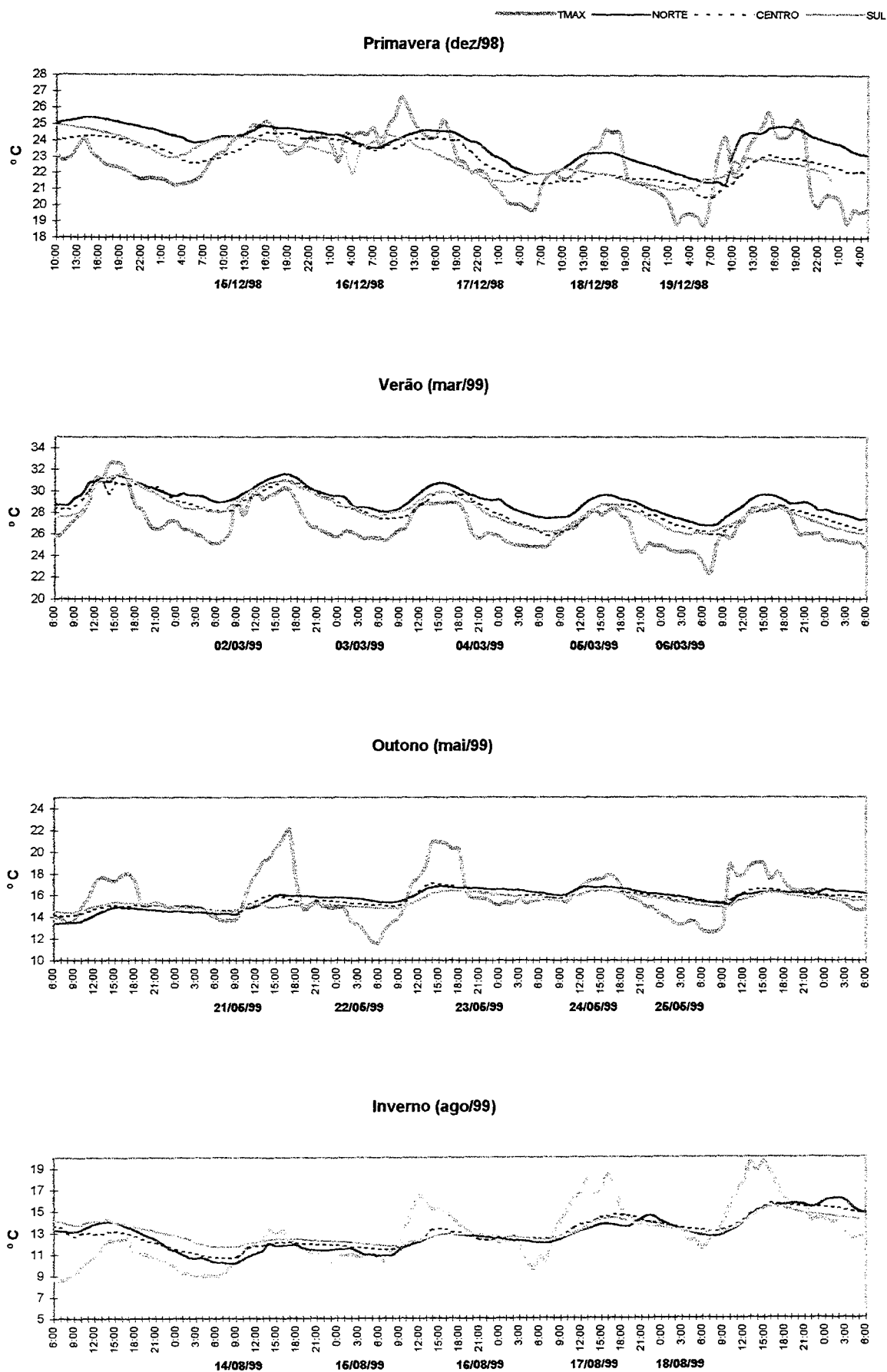


Figura 4.7- Variação diária das temperaturas atmosférica (TMAX) e da água nos pontos de amostragem durante cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

Condutividade (COND)

Condutividade é uma medida da habilidade de uma solução aquosa para carregar uma corrente elétrica. Esta habilidade depende da presença de íons, em suas concentrações totais, mobilidade e valência, e da temperatura (APHA, 1992; Esteves, 1998). Soluções com muitos compostos inorgânicos são relativamente bons condutores (APHA, 1992). Assim, é de esperar que uma solução de maior concentração de íons apresente maior condutividade (Esteves, 1998).

Com exceção do inverno de 1998 (45 a 115 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), os valores de condutividade foram mais baixos na primavera (46,8 a 70 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e no verão (40,4 a 53,7 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e aumentaram mais de 100% no outono (105 a 129,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e inverno de 1999 (103,2 a 156,8 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Como na campanha do inverno de 1998 ocorreram chuvas prévias e durante a mesma, as variáveis físico-químicas da água responderam a esta condição adversa. A condutividade no ponto Centro foi muito maior que nos outros pontos de amostragem (Fig. 4.1), embora o registro máximo no Norte tenha se aproximado do mínimo para o Centro. O ponto Sul foi mais constante, apresentando o menor desvio e intervalo de oscilação dos dados. Com relação à variação diária (Fig. 4.8) novamente no inverno de 1998 uma distribuição mais uniforme ao longo do dia ocorreu durante o período chuvoso (3 dias). Com a chegada da frente fria a condutividade do Centro começou a decair e aumentar no Norte, ficando constante no Sul. A primavera foi marcada por freqüentes oscilações ao longo do dia sem nenhum padrão uniforme, tendendo a uma maior estabilidade no último dia de campanha. Nas estações seguintes pequenas oscilações diárias foram registradas, contudo um gradiente de N→S também se tornou mais evidente.

Percentual de saturação do oxigênio dissolvido (OD%)

Dentre os gases dissolvidos na água o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos (Esteves, 1998). As principais fontes de oxigênio para os ambientes aquáticos são a atmosfera e a fotossíntese, sendo a decomposição da matéria orgânica e a respiração dos organismos, os responsáveis principais por perdas deste gás (Petruccio, 1998).

Geralmente, o percentual de saturação do oxigênio foi em média superior a 100% nos pontos de amostragem sazonalmente, sendo este em grande parte promovido pela ação do vento. De fato, a reduzida profundidade dos ambientes associada à ação dos ventos, permite uma maior circulação e conseqüentemente uma maior oxigenação da coluna d'água nas lagoas costeiras (Petruccio, 1998). Visto que, movimentos ondulatórios causados pelo vento e

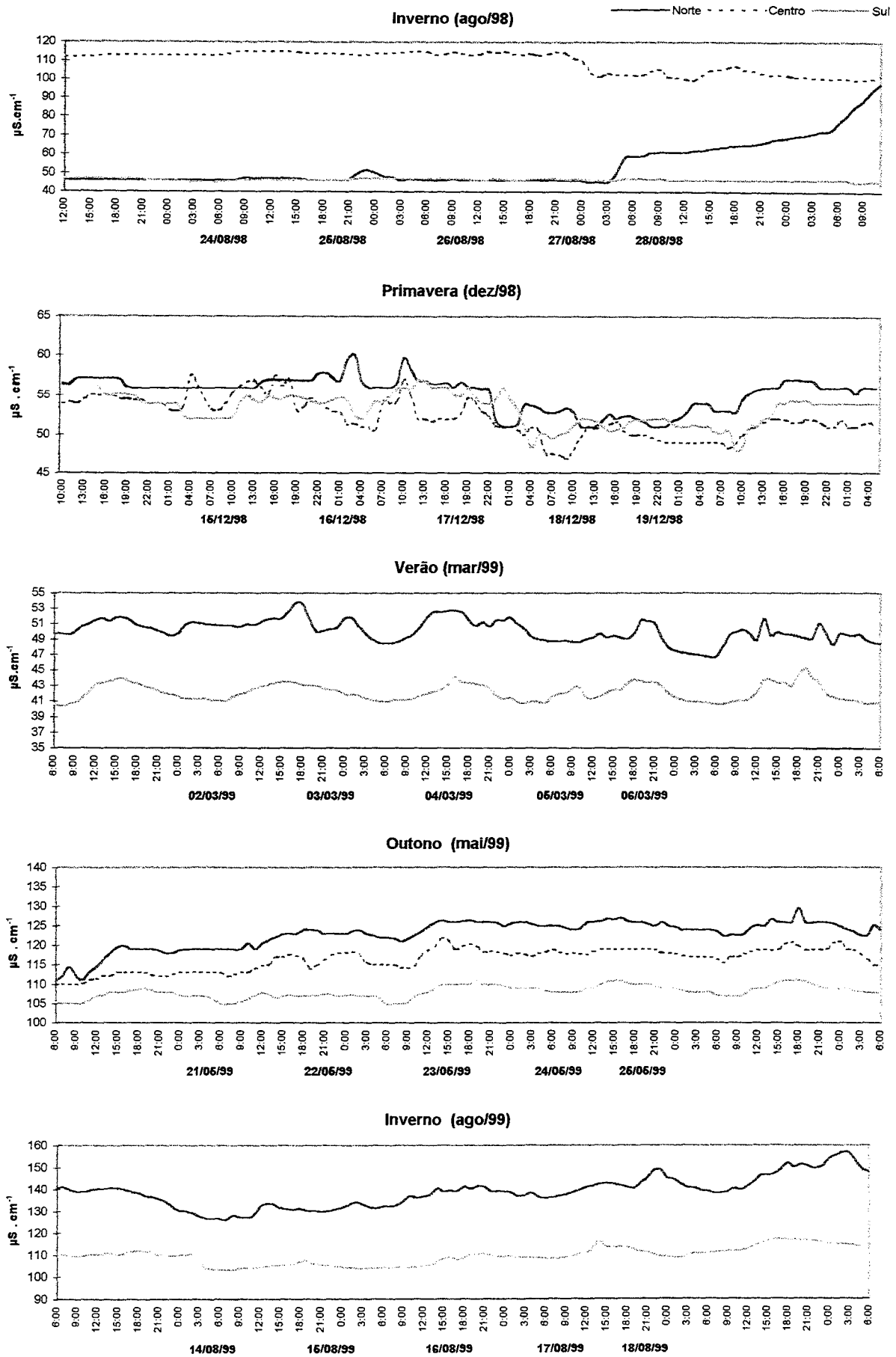


Figura 4.8 - Variação diária da condutividade em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

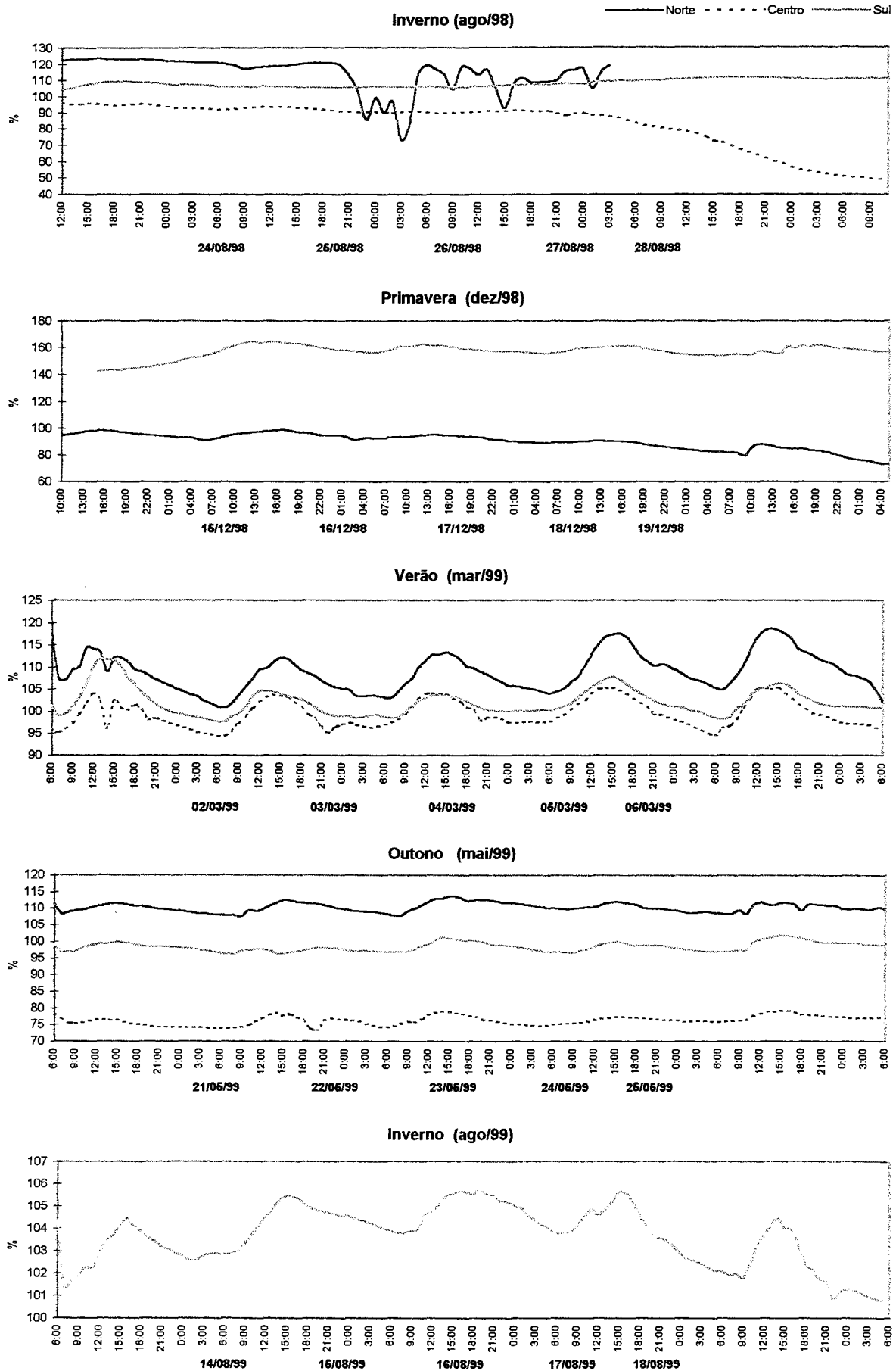


Figura 4.9 - Variação diária do percentual de saturação do oxigênio dissolvido em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

oscilações da temperatura da água são, em primeiro lugar, responsáveis pela penetração do oxigênio atmosférico na água (Kleerekoper, 1990). Com relação aos pontos de amostragem nenhum gradiente pôde ser estabelecido, porém, geralmente, foi verificada uma tendência de redução dos valores no ponto Centro (Figs. 4.1 a 4.5). As maiores amplitudes de oscilação ocorreram nos pontos Norte e Centro em ambos invernos (Figs. 4.1 e 4.5). A variação diária possibilitou evidenciar alguns padrões comportamentais (Fig. 4.9). No inverno de 1998 o ponto Sul manteve-se praticamente constante, sendo acompanhado pelo Centro durante os três primeiros dias entrando em declínio posterior. Já o ponto Norte apresentou grandes oscilações a partir da noite do segundo dia. Já no inverno de 1999 a situação foi bastante diferente, pelo menos para o ponto Sul. Infelizmente somente tivemos registros para estes pontos, pois tivemos problemas com os outros probes. Foi verificado um padrão diário com elevação no meio do período da tarde. No verão estas curvas diárias com declínio durante a noite e elevação no decorrer do dia foram mais pronunciadas, com o ponto Norte sobressaindo aos demais. Na primavera e no outono pequenas oscilações quase imperceptíveis foram registradas.

Oxigênio dissolvido (OD)

Como não podia ser diferente, o mesmo padrão de distribuição dos valores, assim como o mesmo padrão da variação diária, exibido entre os pontos para o percentual de saturação do oxigênio foi verificado com relação ao oxigênio dissolvido (Tabelas 4.1 a 4.5). Assim, os valores foram em média mais elevados durante os invernos (7,9 a 10,7 mg.L⁻¹ em 98 e 10,4 a 11,9 mg.L⁻¹ em 99), embora a média mais elevada tenha sido registrada durante a primavera para o ponto Sul (13,5 mg.L⁻¹). De acordo com a resolução nº20 do CONAMA (1992) a Lagoa Itapeva seria enquadrada na classe 1 em termos de oxigênio dissolvido (>6 mg.L⁻¹), pois se apresentou como um ambiente bastante oxigenado.

pH

O pH pode ser considerado uma das variáveis mais importantes para a caracterização dos ambientes aquáticos, ao mesmo tempo em que pode ser uma das variáveis mais difíceis de se interpretar devido ao grande número de fatores que podem influenciá-lo (Esteves, 1998). Os valores de pH foram na maior parte do tempo levemente alcalinos, apenas no ponto Norte durante o inverno de 1998 foram em média levemente ácidos (6,8). Os valores médios mais elevados foram obtidos no ponto Centro no outono e inverno de 1999 (8,1 em ambos). Os menores intervalos de distribuição para todos os pontos ocorreram no outono e em ambos invernos, com exceção do ponto Norte no inverno de 1998 quando o pH foi levemente ácido

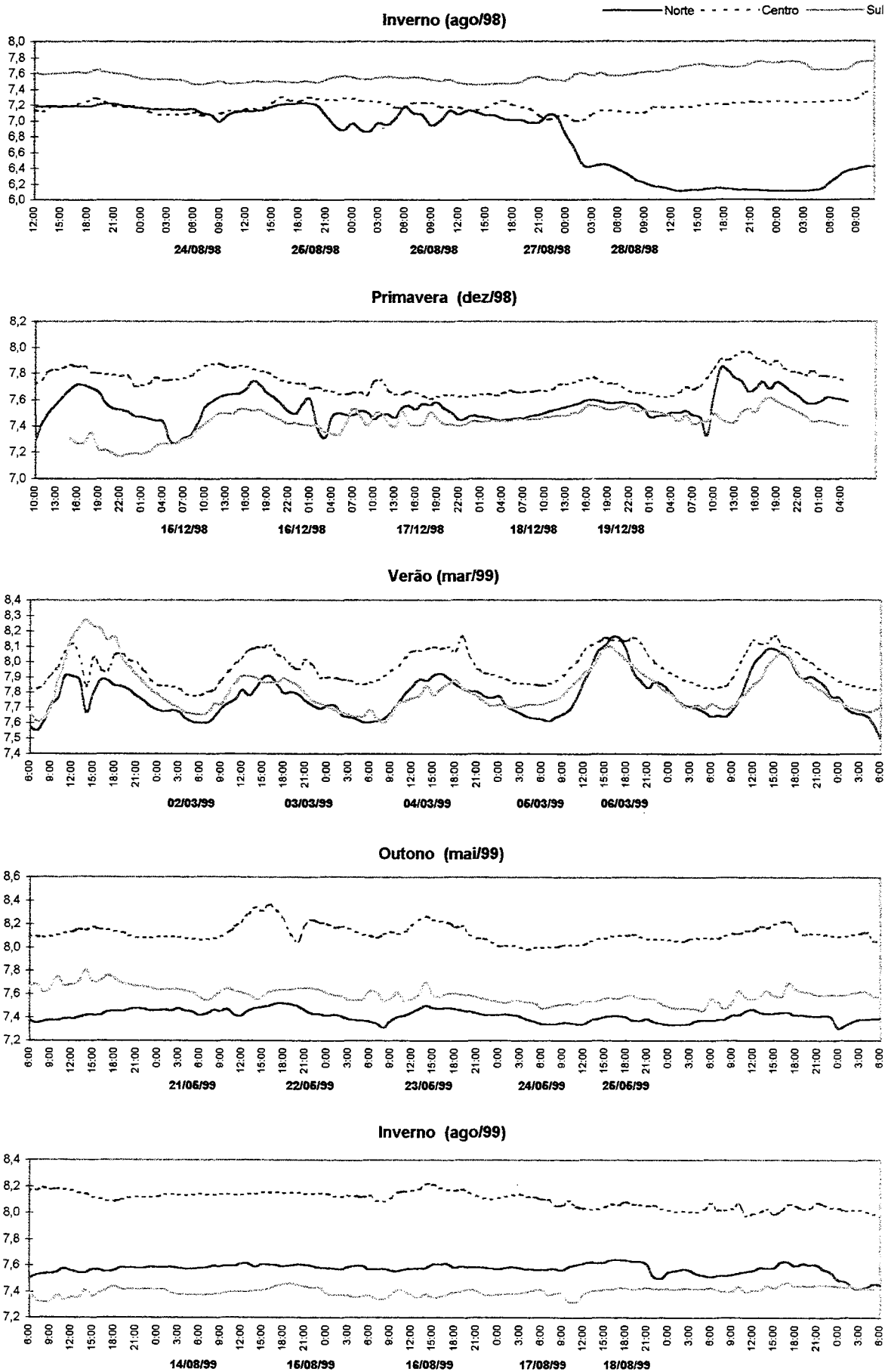


Figura 4.10 - Variação diária do pH em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

(Figs. 4.1 a 4.5). A variação diária revelou melhor este comportamento (Fig. 4.10). Por exemplo, a diminuição do pH no Norte durante o inverno de 1998 apresentou oscilações no período noturno do segundo e do terceiro dia. Contudo, uma acentuada queda ocorreu na noite do quarto dia, enquanto que, no Centro e Sul oscilações muito amenas ocorreram no decorrer da campanha. Nesta campanha foi a única situação em que os valores no Sul sempre foram superiores aos demais pontos. Nas demais campanhas o ponto Centro apresentou maiores valores (exceção durante dois momentos no verão). Na primavera, oscilações mais freqüentes ocorreram sobretudo nos pontos Norte e Sul. No verão voltou a repetir aquele comportamento diário com mínimas durante o amanhecer crescendo em direção à tarde e voltando a decair no período noturno. No outono e no inverno pequenas oscilações sem padrão definido foram constatadas. Porém, no ponto Sul estas variações se repetiam durante cada período iluminado. De acordo com a resolução nº20 do CONAMA (1992) a Lagoa Itapeva esteve dentro dos limites estabelecidos para as classes 3 e 4 (pH entre 6,0 e 9,0).

Quanto algas filamentosas se desenvolveram na película superficial, formando floração, rápidas oscilações no pH podem ser verificadas, causadas pela fotossíntese e sua paralisação durante a noite (Kleerekoper, 1990). Assim, estas pequenas e constantes variações diárias (pulsos) observadas durante o outono no ponto Sul podem estar associadas à floração de cianobactérias (Cardoso et al., em preparação). Uma vez que no outono, ventos predominantes do quadrante SW produziram um *fetch* que perturbou mais os outros pontos de amostragem. As diferenças entre as estações estiveram relacionadas com os aspectos hidrodinâmicos, por isso a maior semelhança nas curvas entre o outono e inverno/99.

Potencial de óxido-redução (ORP)

Quanto aos valores do potencial de óxido-redução, independentemente da estação do ano no ponto Norte os valores sempre foram negativos (médias de -166,2 a -24,6 mV), enquanto que nos outros pontos, sempre positivos (médias de 274,5 a 380,4 mV). Como o potencial de óxido-redução é uma medida da concentração de elétrons em solução aquosa, altos valores deste significam baixo conteúdo de elétrons (Langmuir, 1971). Os valores obtidos tornam o Norte um ambiente mais redutor que os demais, ou seja, com maior conteúdo de matéria orgânica. Assim, no Norte os valores médios foram se tornando mais negativos do inverno de 1998 ao inverno de 1999 (Figs. 4.1 a 4.5). Os valores médios do Centro foram superiores aos do Sul, sendo que neste ponto durante a primavera foi registrada uma grande amplitude de distribuição dos dados, o que geralmente não era comum de ocorrer (Figs. 4.1 a 4.5). Quase não se observou oscilação diurna no decorrer das campanhas refletindo o mesmo comportamento evidenciado na distribuição dos dados (Fig. 4.11). Ou

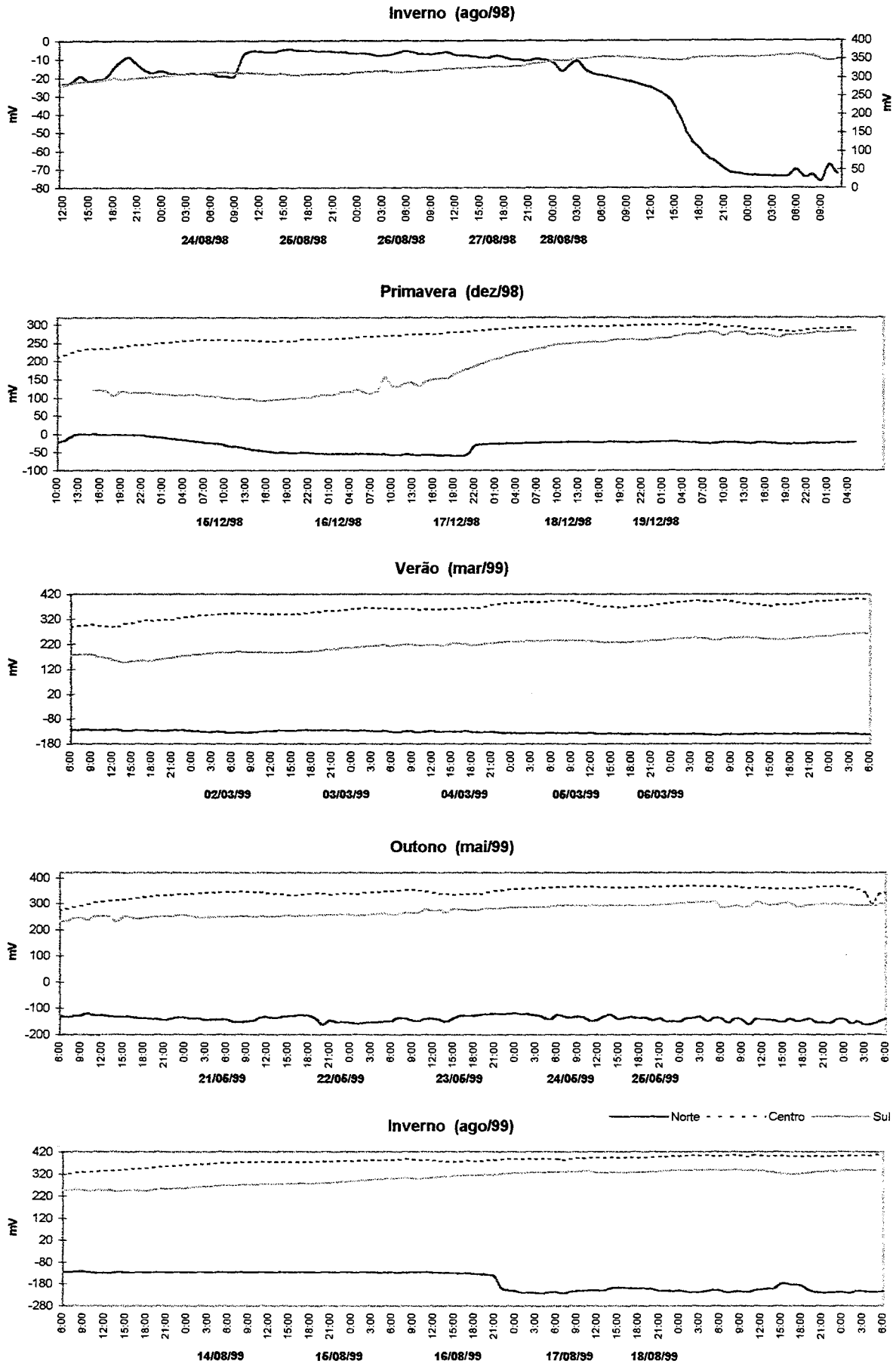


Figura 4.11 - Variação diária do potencial de óxido-redução em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

seja, o aumento do potencial de óxido-redução no Sul durante a primavera iniciou no terceiro dia e continuou crescente no decorrer de toda a campanha. No Norte, durante o inverno de 1998 uma brusca queda ocorreu no decorrer do quarto dia, assinalada na distribuição dos dados (Fig. 4.1). Reações relacionadas com o potencial de óxido-redução em ambientes naturais são usualmente irreversíveis e resultantes de várias reações redox. Assim, em geral, medidas deste potencial seriam consideradas principalmente como uma ferramenta descritiva de tais processos (Langmuir, 1971).

Turbidez (TURB)

A penetração de luz em um corpo de água natural é o determinante maior da condição e produtividade deste ecossistema. Turbidez na água é causada por matéria em suspensão, tais como argila, silte, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, compostos orgânicos coloridos solúveis, e plâncton juntamente com outros organismos microscópicos (APHA, 1992).

Os valores de turbidez foram desconsiderados para a campanha do inverno de 1998 devido a serem extremamente elevados (médias de 700 a 1000 NTU). Provavelmente o probe tenha sido alterado em função das chuvas intensas neste período, que ocasionaram um aumento na quantidade de sólidos na água. Entretanto, durante o decorrer das campanhas alguns picos de turbidez (em torno de 500 NTU) foram registrados. Coincidentemente nestes locais e horários era totalmente plausível encontrar fortes picos devido ao efeito hidrodinâmico ocasionado pelo *fetch*. Assim, embora o registro máximo de turbidez para outras lagoas do litoral norte do RS tenha sido levemente superior a 100 NTU (Bruschi et al., 1998), nenhum trabalho feito anteriormente nesta região foi monitorado tão intensamente. Desta forma, surge a seguinte questão: “Até que ponto este elevado valor de turbidez não foi real, visto que em todas estas situações um forte elo com a hidrodinâmica foi também encontrado?”. Contudo, os valores mais baixos de turbidez foram registrados para o verão (médias de 55,4 a 103,1 NTU) e os mais elevados para o inverno de 1999 (médias de 206,4 a 276,6 NTU). Durante a primavera e o verão os valores no Norte foram menores que nos outros pontos, ocorrendo o inverso no outono e inverno (Figs. 4.2 a 4.5). Este fato está em íntima relação com as frentes frias do quadrante SW registrada nestes períodos do ano (*capítulo 3*), causando um efeito hidrodinâmico muito maior no ponto Norte. A variação diária revelou uma distribuição intimamente vinculada à hidrodinâmica (Fig. 4.12). Durante o início da campanha da primavera, ventos do quadrante NE foram característicos refletindo numa turbidez no Centro levemente superior à do Norte, porém ambas com pequenas oscilações. Na medida em que os ventos oscilaram entre os quadrantes S e W no terceiro dia,

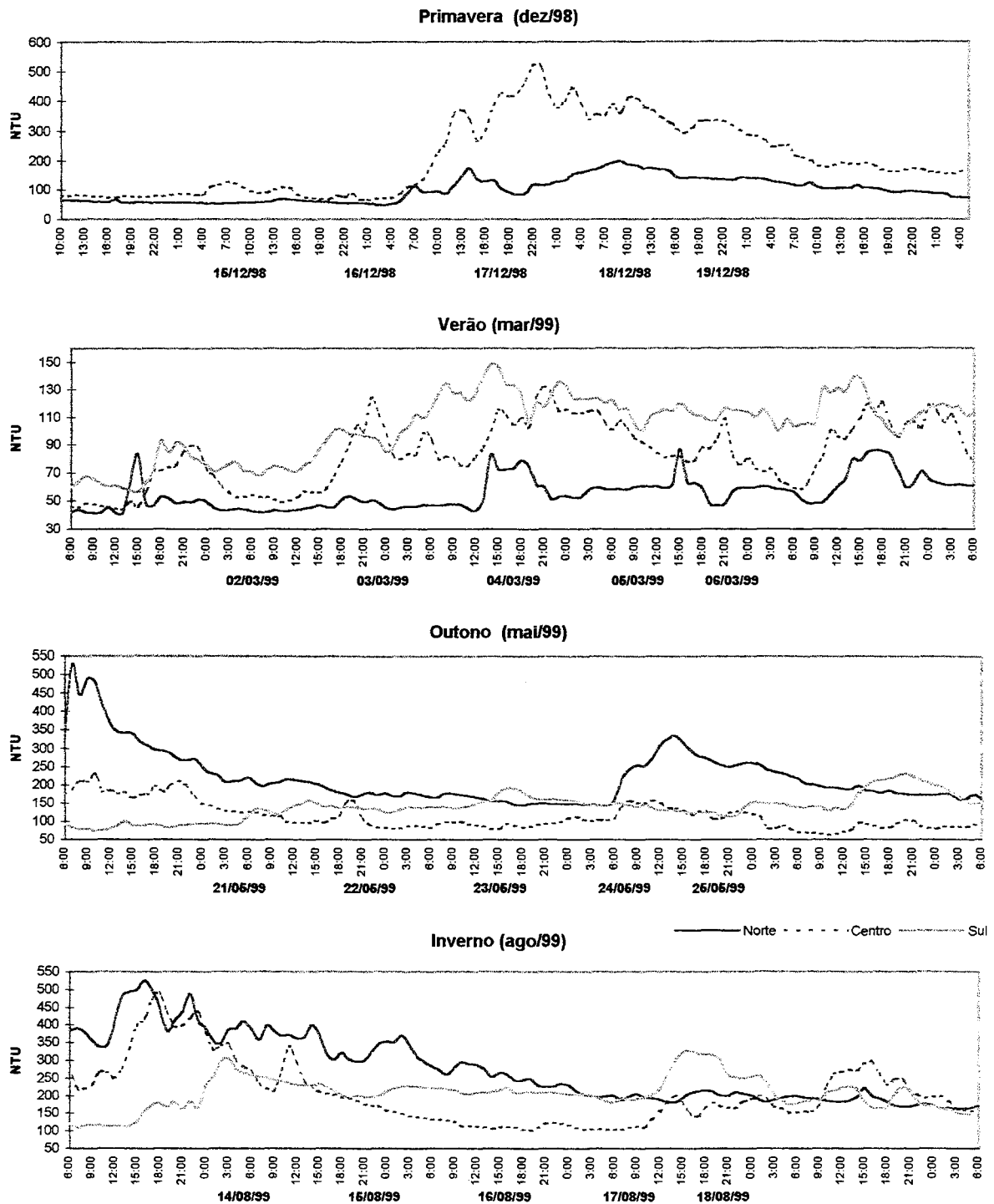


Figura 4.12 - Variação diária da turbidez em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

um forte acréscimo da turbidez ocorreu no Centro em resposta a este efeito, sendo no Norte um aumento mais ameno. Tal resposta era esperada, visto que ventos do quadrante W produzem um *fetch* de 14,7 km no ponto Centro, ou seja, muito maior que a largura existente entre as margens neste local (5,5 km). Assim, o pico de 520,8 NTU ocorrido na noite (17/dez/98) certamente foi um reflexo de ventos deste quadrante W com velocidades médias acima de 8 m.s^{-1} soprando desde o final da tarde (*capítulo 3* - Fig. 3.8). Infelizmente o probe que mede a turbidez no ponto Sul foi danificado durante aquela campanha, não havendo registros para confrontar com os outros dados. No verão, perturbações diárias foram freqüentemente registradas. Geralmente estas foram mais intensas nos pontos Centro e Sul, pois o predomínio de ventos dos quadrantes NNE-ENE foi dominante nesta estação do ano (*capítulo 3* - Fig. 3.5). O *fetch* gerado por ventos destas direções variou de 7,9 a 10,8 km partindo do ponto Norte e de 10,6 a 15,6 partindo do ponto Centro. Como a distância entre os pontos Centro e Sul (8,4 km) é inferior ao *fetch* produzido, nada mais plausível que o efeito no Sul seja magnificado com ventos desta direção. Os maiores picos observados (superiores a 100 NTU) coincidiram com velocidades de vento acima de 6 m.s^{-1} (*capítulo 3* - Fig. 3.8). Já para o outono e inverno o inverso no comportamento entre os pontos foi observado. Ou seja, os maiores picos ocorreram no ponto Norte, estando estes vinculados aos ventos dos quadrantes SW-WSW (*capítulo 3* - Fig. 3.5). Novamente fortes picos (acima de 500 NTU) foram registrados, só que agora para o ponto Norte. De fato, estes coincidiram com a chegada de frente fria na região com elevadas velocidades de ventos (*capítulo 3* - Fig. 3.8), sem contar que o maior *fetch* na Lagoa Itapeva é produzido por ventos deste quadrante (19,8 km partindo do ponto Sul). No inverno nota-se que o comportamento no ponto Centro acompanhou o do Norte no início da campanha, isto porque os ventos dominantes foram de WSW agindo com maior intensidade neste local do que os de direção SW. Além disso, no decorrer desta campanha com a mudança na direção dos ventos para o quadrante NE, ocorreu uma elevação na turbidez no ponto Sul e Centro em resposta a este *fetch*. Uma outra resposta da turbidez à hidrodinâmica foi que durante o outono e inverno a turbidez decresceu no meio da campanha em função da diminuição da velocidade do vento (*capítulo 3* - Fig. 3.8).

Assim, ficou claro que algumas variáveis físico-químicas apresentam variações diárias e sazonais em função do próprio metabolismo do sistema aquático, enquanto que outras, estão na total dependência da hidrodinâmica.

Os valores obtidos para a Lagoa Itapeva não apresentaram discrepâncias com os valores registrados para outras lagoas costeiras do RS (Tabela 4.6). Entretanto, como pouco registro havia sobre os valores de turbidez para estes ambientes, a comparação tornou-se

limitada. Além disso, os valores do potencial de óxido-redução eram até agora totalmente desconhecidos para este sistema lagunar. Provavelmente devido ao fato que o uso deste parâmetro esteja vinculado com a remobilização de metais em sedimentos e seu acúmulo na biota (Lacerda et al., 1999). Por não existir, até o presente momento, influência de resíduos industriais na região litorânea do RS, a investigação neste sentido ainda é uma lacuna existente. Em muitos casos o potencial de óxido-redução é determinado por atividades fotossintéticas, respiratórias e por reações associadas com a oxidação ou redução de ferro e enxofre (Langmuir, 1971).

Tabela 4.6 - Avaliação geral dos dados do multiprobe nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva e em comparação com valores registrados para outras lagoas costeiras do RS.

Lagoas	Temp (°C)			Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)			OD (%)			OD (mg.L^{-1})		
	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med
campanhas												
Ago/98	15,8	19	17,5-18,3	45	115	46,3-109,4	49,2	123,7	83,2-114,4	4,8	11,5	7,9-10,7
Dez/98	20,5	25,4	22,9-23,8	46,8	60	52,2-55,3	72,5	164,6	90,2-157,2	6,2	14,1	7,6-13,5
Mar/99	25,9	31,6	28,3-29,2	40,4	53,7	42,1-50,1	94,4	118,7	99,4-108,9	6,6	9,4	6,9-9,4
Mai/99	13,4	17,1	15,4-15,7	105	129,5	108,1-122,8	73,2	113,6	76,3-110,3	7,4	11,6	7,6-11
Ago/99	10,2	16,1	12,8-13,1	103,2	156,8	109,4-138,8	89,8	134	103,7-116,8	9,2	13,2	10,4-11,9
L. Itapeva	10	32	12,8 - 29,2	40,4	157	42,1 - 138,8	49,2	165	76,3 - 157,2	5	14	6,9 - 13,5
L. Caconde	10	25		42,4	72,8							
L. Emboaba ¹	12,5	29		67,26	132,6	78,1 - 91,23	78,1	144,2	100	6,5	16	
L. Emboaba ²	12,9	26,1		57,1	91,6	78,1	85,5	95	91,3	7,5	10	
L. de Tramandai-Imbé	8	26	19,9				64	159	100,4			
L. das Pombas	11	27		40	210		29,4	106				
L. Marcelino a Pinguela ¹	15	27,3		52,1	192,7					2,1	9,8	
L. Marcelino a Pinguela ²	14,9	25,6	20 - 21	56	181	69-154,5	56	121	84-95	5,2	9,9	7,6 - 8,4
L. Marcelino a L. Malvas			11,3 - 27		235	71 - 90,7						7,1 - 8,4

campanha	pH			ORP (mV)			Turb (NTU)		
	Min	Max	Med	Min	Max	Med	Min	Max	Med
Ago/98	6,1	7,8	6,8-7,6	-76,1	362,6	-24,6 - 328,2			
Dez/98	7,2	8	7,4-7,7	-60,7	302,8	-29,6 - 274,5	48,4	520,8	99,2-208,2
Mar/99	7,5	8,3	7,8-8	-143,9	400,2	-133,8 - 361,3	41,4	148,4	55,4-103,1
Mai/99	7,3	8,4	7,4-8,1	-161,9	368,8	-139,2 - 346,1	61,2	528,1	115,2-221,5
Ago/99	7,3	8,2	7,4-8,1	-222,9	405,6	-166,2 - 380,4	102,5	525,5	206,4 - 276,6
L. Itapeva	6,1	8,4	6,8 - 8,1	-223	406	-24,6 - 380,4	41,4	528	55,4 - 276,6
L. Caconde	6,3	7,3							
L. Emboaba ¹	6,1	7,8							
L. Emboaba ²	6,6	7,6							
L. de Tramandai-Imbé	7	9	7,6						
L. das Pombas	6,1	8,6							
L. Marcelino a Pinguela ¹	6,5	8,2					4,2	84,8	
L. Marcelino a Pinguela ²	6,6	8,9	7,1 - 7,8				28,5	113,9	46,81-63,82
L. Marcelino a L. Malvas	6,7	8					15,3	147	27,8 - 84,1

Temp= temperatura, Cond= condutividade, OD= oxigênio dissolvido, ORP= potencial de óxido-redução, Turb= turbidez, Min= mínimo, Max= máximo e Med= média.

Fonte dos dados: L. Itapeva (presente trabalho), L. Caconde (Tedesco, 1995), L. Emboaba¹ (Bohrer, 1985), L. Emboaba² (Vélez, 1990), L. de Tramandai-Imbé (Medeiros, 1992), L. das Pombas (Kremer, 1985), L. Marcelino a Pinguela¹ (Fermino, 1997), L. Marcelino a Pinguela² (Salomoni, 1997), L. Marcelino a Malvas (Pedrozo, 2000).

Ficou claro que a turbidez foi a variável que respondeu diretamente à ação dos ventos. Assim, os registros diários obtidos neste trabalho ficaram sendo um marco inicial na investigação sobre o comportamento hidrodinâmico em lagoas costeiras do RS.

De acordo com a resolução nº20 do CONAMA (1992) a Lagoa Itapeva não seria enquadrada em nenhuma das quatro classes previstas, pois os valores de turbidez, salvam raríssimas exceções (no verão), sempre apresentaram valores superiores a 100 NTU. De fato, as lagoas da região costeira do RS são consideradas polimíticas (Schwarzbald & Schäfer, 1984), o que justifica uma mistura total das massas de água, podendo gerar altos valores de turbidez. Assim, uma situação clara da necessidade de regionalização do IQA está relacionada à turbidez para este sistema (Bruschi et al., 1998).

Análise dos dados do multiprobe

A análise de variância (ANOVA “two-way”) dentro de cada campanha sazonal foi altamente significativa ($p < 0,01$) para todas as variáveis físico-químicas entre os dias, bem como na interação dia-variável, para as cinco campanhas (Tabelas 4.7 a 4.11). Ou seja, as variáveis não oscilaram com a mesma amplitude ou direção nos diferentes dias de coleta, em cada campanha sazonal. Entretanto, quando o efeito hora foi testado como um fator em detrimento ao dia, o comportamento da variabilidade foi bastante distinto; embora a variável físico-química continuasse a apresentar uma variância altamente significativa ($p < 0,001$). No inverno de 1998 o efeito hora não apresentou nenhuma significância, de fato oscilações quase imperceptíveis ocorreram dentro de cada dia (Figs. 4.6 a 4.11). Já durante a primavera as oscilações de temperatura e pH nos turnos de cada dia foram mais acentuadas (Figs. 4.6 e 4.10), apresentando assim uma variância altamente significativa ($p < 0,01$). Conforme havia sido discutido anteriormente, muitas das variáveis exibiram um comportamento diário similar durante o verão (Figs. 4.6 a 4.10). Desta forma, como era de se esperar, a variância do efeito hora foi altamente significativa para a maioria destas ($p < 0,01$), com exceção do potencial de óxido-redução (constante dentro de cada ponto) e a turbidez (oscilações ocorreram em função da hidrodinâmica). Assim, o verão apresentou as variações diárias mais marcantes (efeito hora). O outono, assim como a primavera, são estações do ano intermediárias, portanto sujeitas a alterações. Novamente a temperatura e o pH exibiram uma variância significativa ($p < 0,05$) para o efeito hora, bem como o percentual de saturação do oxigênio dissolvido. Embora este não tenha apresentado uma variação tão marcante dentro do dia (Fig. 4.8), como foi verificado para a temperatura e o pH (Figs. 4.6 e 4.10). Durante o inverno de 1999 o efeito da hora apresentou variabilidade significativa ($p < 0,05$) somente para o pH.

Tabela 4.7 – Medidas repetidas (ANOVA “two-way”) para variáveis físico-químicas da sonda YSI (n=96), testando dia e hora, durante o inverno/98 (Ago/98) na Lagoa Itapeva.

INVERNO/98 (Ago/98)							
1-DIA, 2-TEMPERATURA, 3-HORA							
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1	4	91	317	0	3	23	72 0,33 1,00
2	2	182	1895	0	2	2	144 556 0
12	8	182	51	0	32	46	144 0,36 1,00
1-DIA, 2-CONDUTIVIDADE, 3-HORA							
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1	4	91	31	1,9E-16	3	23	72 0,55 0,94
2	2	182	9894	0	2	2	144 1214 0
12	8	182	168	0	32	46	144 0,35 1,00
1-DIA, 2-OD EM % DE SATURAÇÃO, 3- HORA *							
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1	3	60	17	3,1E-08	3	23	40 0,37 0,99
2	2	120	212	0	2	2	80 185 1,1E-30
12	6	120	8,58	9,2E-08	32	46	80 0,49 1,00
1-DIA, 2-pH, 3-HORA							
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1	4	91	216	0	3	23	72 0,32 1,00
2	2	182	1710	0	2	2	144 159 0
12	8	182	189	0	32	46	144 0,14 1
1-DIA, 2-POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUÇÃO, 3-HORA							
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1	4	91	38	1,2E-18	3	23	72 0,09 1
2	1	91	62742	0	2	1	72 5585 0
12	4	91	218	0	32	23	72 0,27 1,00

*n= 64 para o ponto Centro; dfe= graus de liberdade do principal efeito, dfe= graus de liberdade do erro

A análise de variância (ANOVA “three-way”) utilizando as variáveis físico-químicas em cada campanha como medidas repetidas, novamente evidenciou uma variabilidade altamente significativa ($p < 0,001$) de todas as variáveis independentemente do efeito testado (Tabela 4.12). Exceção somente ocorreu para o potencial de óxido-redução quando os efeitos testados foram dia e hora, pois normalmente a oscilação foi bastante baixa na variação diária (Fig. 4.11). Realmente quando dia e hora foram efeitos testados a variância foi significativa somente para a variável temperatura, mostrando que a oscilação diária evidenciada para este parâmetro foi extremamente importante em todas as estações do ano (Fig. 4.6). A variação entre os pontos dentro de cada campanha foi bastante significativa, tanto para o dia como para a hora como fatores combinados. Somente para a variável temperatura as médias entre os pontos não foram significativas quando o dia foi o fator associado. Entretanto, quando em interação do ponto com temperatura e dia com temperatura, a variância foi altamente significativa ($p < 0,001$). O efeito do ponto por si só ter sido significativo para as demais variáveis ficou nítido na variação diária exibida por estes (Figs. 4.7 a 4.12). Somente para as variáveis turbidez e potencial de óxido-redução variância altamente significativa ($p < 0,001$)

Tabela 4.8 – Medidas repetidas (ANOVA “two-way”) para variáveis físico-químicas da sonda YSI (n=116), testando dia e hora, durante a primavera na Lagoa Itapeva.

PRIMAVERA (Dez/98)									
1-DIA, 2-TEMPERATURA, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	105	60	3,9E-29	3	23	87	1,08	0,38
2	2	210	66	4,8E-23	2	2	174	253	0
12	10	210	5,64	1,9E-07	32	46	174	4,77	3,0E-14
1-DIA, 2-CONDUTIVIDADE, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	105	52	6,3E-27	3	23	87	0,61	0,91
2	2	210	62	7,6E-22	2	2	174	150	0
12	10	210	11	1,3E-15	32	46	174	0,92	0,62
1-DIA, 2-OD EM % DE SATURAÇÃO, 3- HORA *									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	105	53	3,6E-27	3	23	87	0,50	0,97
2	1	105	15009	0	2	1	87	7164	0,00
12	5	105	134	0	32	23	87	0,58	0,93
1-DIA, 2-pH, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	105	6,83	1,6E-05	3	23	87	2,31	0,003
2	2	210	220	0	2	2	174	378	0
12	10	210	23	1,7E-28	32	46	174	1,66	0,010
1-DIA, 2-POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUÇÃO , 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	105	340	0	3	23	87	0,05	1
2	2	210	6290	0	2	2	174	1388	0
12	10	210	281	0	32	46	174	0,05	1
1-DIA, 2-TURBIDEZ, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	110	52	2,3E-27	3	23	92	0,04	1
2	1	110	184	3,3E-25	2	1	92	120	2,1E-18
12	5	110	23	9,0E-16	32	23	92	0,12	1,00

* excluído o ponto Centro da análise

dfE= graus de liberdade do principal efeito, dfe= graus de liberdade do erro

Tabela 4.9 – Medidas repetidas (ANOVA “two-way”) para variáveis físico-químicas da sonda YSI (n=121), testando dia e hora, durante o verão na Lagoa Itapeva.

VERÃO (Mar/99)									
1-DIA, 2-TEMPERATURA, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	115	29	4,0E-19	3	23	97	4,88	1,6E-08
2	2	230	352	0	2	2	194	383	0
12	10	230	7,54	2,3E-10	32	46	194	2,18	0,0001
1-DIA, 2-CONDUTIVIDADE, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	115	6,10	4,8E-06	3	23	97	7,10	1,8E-12
2	1	115	5662	0	2	1	97	3986	0
12	5	115	14	5,4E-11	32	23	97	0,50	0,97
1-DIA, 2-OD EM % DE SATURAÇÃO, 3- HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	115	4,00	0,002	3	23	97	21	2,9E-28
2	2	230	1178	0	2	2	194	895	0
12	10	230	13	1,1E-17	32	46	194	0,65	0,96
1-DIA, 2-pH, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	115	3,92	0,003	3	23	97	29	0
2	2	230	318	0	2	2	194	218	0
12	10	230	17	7,2E-23	32	46	194	0,60	0,98
1-DIA, 2-POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUÇÃO , 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	115	459	0	3	23	97	0,41	0,99
2	2	230	213941	0	2	2	194	15687	0
12	10	230	324	0	32	46	194	0,35	1,00
1-DIA, 2-TURBIDEZ, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	115	38	4,8E-23	3	23	97	0,66	0,87
2	2	230	470	0	2	2	194	421	0
12	10	230	12	5,5E-17	32	46	194	1,32	0,10

dfE= graus de liberdade do principal efeito, dfe= graus de liberdade do erro

Tabela 4.10 – Medidas repetidas (ANOVA “two-way”) para variáveis físico-químicas da sonda YSI (n=121), testando dia e hora, durante o outono na Lagoa Itapeva.

OUTONO (Mai/99)									
1-DIA, 2-TEMPERATURA, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	115	34	3,6E-21	3	23	97	1,72	0,04
2	2	230	58	4,6E-21	2	2	194	24	6,8E-10
12	10	230	37	0	32	46	194	0,53	0,99
1-DIA, 2-CONDUTIVIDADE, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	115	48	1,1E-26	3	23	97	1,31	0,18
2	2	230	7111	0	2	2	194	2463	0
12	10	230	51	0	32	46	194	0,28	1,00
1-DIA, 2-OD EM % DE SATURAÇÃO, 3- HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	115	3,54	0,01	3	23	97	6,91	3,7E-12
2	2	230	56812	0	2	2	194	48142	0
12	10	230	9,11	1,2E-12	32	46	194	0,58	0,99
1-DIA, 2-pH, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	115	23	6,2E-16	3	23	97	2,94	0,0001
2	2	230	8909	0	2	2	194	6895	0
12	10	230	14	1,2E-18	32	46	194	0,80	0,82
1-DIA, 2-POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUÇÃO , 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	115	110	0	3	23	97	0,15	1,00
2	2	230	101933	0	2	2	194	30700	0
12	10	230	62	0	32	46	194	0,32	1,00
1-DIA, 2-TURBIDEZ, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	115	48	1,2E-26	3	23	97	0,64	0,89
2	2	230	306	0	2	2	194	115	0
12	10	230	48	0	32	46	194	0,47	1,00

dfE= graus de liberdade do principal efeito, dfe= graus de liberdade do erro

ocorreu para todas as combinações de efeitos testados quando os fatores foram ponto e dia. O potencial de óxido-redução quase não oscilou ao longo do dia e a distribuição entre os pontos foi bastante distinta (Fig. 4.11). Já para a turbidez, embora tenham ocorrido intensas oscilações, o comportamento exibido em cada ponto no decorrer dos dias da campanha foi também distinto (Fig. 4.12).

Tabela 4.11 – Medidas repetidas (ANOVA “two-way”) para variáveis físico-químicas da sonda YSI (n=121), testando dia e hora, durante o inverno/99 (Ago/99) na Lagoa Itapeva.

INVERNO/99 (Ago/99)									
1-DIA, 2-TEMPERATURA, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	114	51	1,8E-27	3	23	96	0,76	0,77
2	2	228	6,52	0,002	2	2	192	16	3,3E-07
12	10	228	53	0	32	46	192	0,34	1,00
1-DIA, 2-CONDUTIVIDADE, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	114	73	0	3	23	96	0,50	0,97
2	1	114	12131	0	2	1	96	4588	0
12	5	114	41	5,0E-24	32	23	96	0,24	1,00
1-DIA, 2-pH, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	114	33	8,5E-21	3	23	96	1,87	0,019
2	2	228	16308	0	2	2	192	6877	0
12	10	228	45	0	32	46	192	0,53	0,99
1-DIA, 2-POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUÇÃO, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	114	110	0	3	23	96	0,10	1,00
2	2	228	98607	0	2	2	192	6077	0
12	10	228	395	0	32	46	192	0,25	1,00
1-DIA, 2-TURBIDEZ, 3-HORA									
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level		
1	5	114	49	1,0E-26	3	23	96	0,25	1,00
2	2	228	136	0	2	2	192	32	1,3E-12
12	10	228	102	0	32	46	192	0,20	1

dfE= graus de liberdade do principal efeito, dfe= graus de liberdade do erro

A análise de variância (ANOVA “three-way”) evidenciou comportamentos distintos em relação à distribuição das variáveis físico-químicas na coluna d’água como medidas repetidas (superfície, meio e fundo). Assim, distribuição da temperatura no perfil da coluna d’água foi significativa ($p < 0,05$) na maioria das campanhas sazonais, com exceção do verão (Tabela 4.13). Isto porque as elevadas temperaturas ocorridas nesta estação do ano, juntamente com a radiação solar mais intensa, promoveram um aquecimento mais homogêneo na coluna d’água pouco profunda. A condutividade e o pH foram significativos ($p < 0,05$) no perfil durante o outono e inverno (Tabela 4.14 e 4.17). O oxigênio dissolvido (Tabelas 4.15 e 4.16) evidenciou variâncias significativas no perfil ($p < 0,05$), com exceção da primavera. Como havia sido referenciada anteriormente as principais fontes de oxigênio para os

Tabela 4.12 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para as variáveis físico-químicas da sonda YSI (n=36), testando dia, ponto e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva (ago/98 a ago/99).

		TEMP		OD%		OD		pH		COND *		ORP**		TURB***	
A	dfE dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level	dfE dfe	F	p-level	dfE dfe	F	p-level
1	2 27	1,17	0,33	1,81	0,18	5,73	0,008	0,09	0,91	2 18	6,77	0,006	2 27	203,99	5,1E-17
2	2 27	1,48	0,24	111,24	9,2E-14	133,39	1,0E-14	94,12	6,7E-13	1 18	407,75	8,2E-14	2 27	23518,30	0
3	4 108	5269,44	0	236,19	0	595,20	0	214,36	0	4 72	5727,13	0	3 81	114,68	4,6E-29
12	4 27	0,18	0,95	1,16	0,35	2,41	0,07	0,47	0,76	2 18	2,78	0,09	4 27	165,15	1,6E-18
13	8 108	33,40	6,7E-26	10,19	1,6E-10	12,34	2,0E-12	4,59	7,8E-05	8 72	7,49	3,2E-07	6 81	44,84	9,6E-24
23	8 108	4,83	4,2E-05	278,97	0	281,42	0	61,75	0	4 72	132,47	0	6 81	628,55	0
123	16 108	0,98	0,48	5,37	3,2E-08	5,74	8,2E-09	3,90	1,0E-05	8 72	2,30	0,029	12 81	22,78	4,0E-21
		TEMP		OD%		OD		pH		COND *		ORP**		TURB***	
B	dfE dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level	dfE dfe	F	p-level	dfE dfe	F	p-level
1	2 24	6,34	0,006	0,18	0,83	0,47	0,63	0,01	0,99	2 12	0,20	0,82	2 24	0,10	0,90
2	3 24	44,24	6,2E-10	0,45	0,72	0,11	0,95	0,72	0,55	3 12	0,14	0,93	3 24	0,00	1,00
3	4 96	7010,91	0	9,47	1,7E-06	23,66	1,2E-13	32,93	2,8E-17	4 48	482,00	0	3 72	2,01	0,12
12	6 24	1,70	0,16	0,09	1,00	0,07	1,00	0,04	1,00	6 12	0,00	1,00	6 24	0,00	1
13	8 96	44,44	5,5E-29	0,41	0,91	0,49	0,86	0,70	0,69	8 48	0,63	0,75	6 72	0,79	0,58
23	12 96	6,19	5,9E-08	0,04	1,00	0,03	1,00	0,35	0,98	12 48	0,21	1,00	9 72	0,01	1,00
123	24 96	1,91	0,015	0,03	1	0,04	1	0,08	1	24 48	0,07	1	18 72	0,02	1
		TEMP		OD%		OD		pH		COND *		ORP**		TURB***	
C	dfE dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level	dfE dfe	F	p-level	dfE dfe	F	p-level
1	2 24	6,54	0,005	135,77	8,2E-14	84,23	1,4E-11	293,57	1,3E-17	1 16	297,502	9,3E-12	2 24	517,19	1,8E-20
2	3 24	35,83	5,0E-09	5,44	0,005	0,85	0,48	18,46	2,0E-06	3 16	3,544	0,039	3 24	0,03	0,99
3	4 96	1542,44	0	94,43	0	216,79	0	130,91	0	4 64	3252,074	0	3 72	13,77	3,4E-07
12	6 24	0,15	0,99	0,46	0,83	0,64	0,70	1,87	0,13	3 16	0,151	0,93	6 24	0,00	1,00
13	8 96	1,41	0,20	111,54	0	102,50	0	37,71	2,2E-26	4 64	75,222	1,8E-23	6 72	75,48	4,6E-29
23	12 96	1,36	0,20	0,36	0,98	0,31	0,99	1,40	0,18	12 64	1,395	0,19	9 72	0,08	1,00
123	24 96	0,09	1	0,41	0,99	0,37	1,00	0,57	0,94	12 64	0,385	0,96	18 72	0,12	1,00

* sem incluir os valores do ponto Centro; ** de dez/98 a ago/99; *** de mar/99 a ago/99

A- efeitos: dia (1), ponto (2), variável físico-química (3); B- efeitos: dia (1), hora (2), variável físico-química (3); C- efeitos: ponto (1), hora (2), variável físico-química (3);

dfE = graus de liberdade do efeito, dfe = graus de liberdade do erro.

Tabela 4.13 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para temperatura (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

		Dez/98		Mar/99		Mai/99		Ago/99		
A	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	27	4,80	0,016	1,73	0,20	0,24	0,79	0,29	0,75
2	2	27	10,11	0,001	7,57	0,00	14,46	5,4E-05	14,86	4,4E-05
3	2	54	3,37	0,042	0,73	0,49	5,22	0,008	3,24	0,047
12	4	27	0,52	0,72	0,04	1,00	0,99	0,43	0,42	0,79
13	4	54	0,42	0,80	0,39	0,81	0,35	0,84	0,24	0,91
23	4	54	3,51	0,013	0,82	0,52	1,07	0,38	1,26	0,30
123	8	54	0,45	0,89	0,65	0,73	0,94	0,49	0,57	0,80
B	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	24	3,73	0,039	2,52	0,10	0,17	0,85	0,17	0,85
2	3	24	4,40	0,013	12,02	5,3E-05	5,80	0,004	3,00	0,05
3	2	48	3,04	0,06	0,91	0,41	7,70	0,001	7,74	0,001
12	6	24	0,19	0,98	0,24	0,96	0,03	1,00	0,06	1,00
13	4	48	0,38	0,82	0,49	0,74	0,52	0,72	0,58	0,68
23	6	48	1,62	0,16	3,06	0,013	6,08	8,6E-05	14,98	1,5E-09
123	12	48	0,56	0,86	0,97	0,49	1,04	0,43	1,17	0,33
C	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	24	14,98	6,0E-05	32,01	1,7E-07	64,29	2,3E-10	99,73	2,4E-12
2	3	24	8,38	0,001	34,97	6,4E-09	37,13	3,6E-09	35,26	5,9E-09
3	2	48	4,61	0,015	1,14	0,33	8,29	0,001	9,87	0,0003
12	6	24	1,36	0,27	0,09	1,00	0,74	0,62	11,11	6,2E-06
13	4	48	4,80	0,002	1,28	0,29	1,69	0,17	3,85	0,009
23	6	48	2,46	0,037	3,83	0,003	6,55	4,3E-05	19,10	3,2E-11
123	12	48	1,52	0,15	1,99	0,046	1,04	0,43	1,55	0,14

A- efeitos: ponto (1), dia (2), perfil (3); B- efeitos : ponto (1), hora (2), perfil (3); C- efeitos: dia (1), hora (2), perfil (3);
dfE = graus de liberdade do efeito, dfe = graus de liberdade do erro.

Tabela 4.14 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para condutividade (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

		Dez/98		Mar/99		Mai/99		Ago/99		
A	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	27	17,15	1,6E-05	205	2,8E-11	83,64	2,7E-12	527	8,8E-15
2	2	27	7,67	0,002	0,91	0,42	20,46	3,9E-06	10,03	0,001
3	2	54	2,86	0,07	0,87	0,43	3,57	0,035	8,14	0,001
12	4	27	1,49	0,23	0,57	0,58	3,27	0,026	0,30	0,75
13	4	54	0,34	0,85	1,14	0,33	1,93	0,12	4,38	0,020
23	4	54	3,79	0,009	0,46	0,77	0,09	0,98	1,77	0,16
123	8	54	1,24	0,30	2,43	0,07	1,06	0,41	1,98	0,12
B	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	24	12,25	0,0002	469	2,8E-13	35,47	6,8E-08	304	7,8E-12
2	3	24	2,47	0,09	10,12	0,001	3,31	0,037	1,98	0,16
3	2	48	2,35	0,11	0,83	0,45	3,58	0,036	6,30	0,005
12	6	24	0,52	0,79	0,53	0,67	0,07	1,00	0,12	0,94
13	4	48	0,28	0,89	1,08	0,35	1,93	0,12	3,39	0,046
23	6	48	1,14	0,35	1,73	0,15	1,30	0,28	0,81	0,57
123	12	48	0,84	0,61	0,46	0,83	0,59	0,84	0,44	0,85
C	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	24	3,53	0,045	0,05	0,95	2,68	0,09	0,23	0,80
2	3	24	1,59	0,22	0,25	0,86	1,02	0,40	0,08	0,97
3	2	48	3,03	0,06	0,81	0,46	3,41	0,041	5,79	0,009
12	6	24	0,36	0,89	0,01	1,00	0,02	1,00	0,02	1,00
13	4	48	4,02	0,007	0,43	0,79	0,09	0,99	1,26	0,31
23	6	48	1,48	0,21	1,70	0,16	1,24	0,30	0,74	0,62
123	12	48	1,03	0,44	0,88	0,58	0,96	0,50	0,75	0,69

A- efeitos: ponto (1), dia (2), perfil (3); B- efeitos : ponto (1), hora (2), perfil (3); C- efeitos: dia (1), hora (2), perfil (3);
dfE = graus de liberdade do efeito, dfe = graus de liberdade do erro.

Tabela 4.15 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para percentual de saturação do oxigênio dissolvido (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

		Dez/98		Mar/99		Mai/99		Ago/99		
A	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	27	742	2,5E-24	24,53	8,5E-07	1171	5,9E-27	13,40	9,1E-05
2	2	27	3,99	0,030	0,47	0,63	0,10	0,91	9,19	0,001
3	2	54	0,11	0,90	5,69	0,006	5,06	0,010	3,44	0,039
12	4	27	5,67	0,002	1,40	0,26	0,65	0,63	2,81	0,045
13	4	54	1,16	0,34	0,95	0,44	1,79	0,14	0,66	0,62
23	4	54	0,53	0,71	4,48	0,003	1,09	0,37	3,19	0,020
123	8	54	1,14	0,35	0,60	0,77	0,52	0,84	1,38	0,23
B	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	24	386	5,6E-19	42,31	1,4E-08	2447	1,8E-28	7,97	0,002
2	3	24	0,49	0,69	10,60	0,0001	11,95	5,5E-05	1,34	0,28
3	2	48	0,18	0,84	5,49	0,007	5,56	0,007	2,69	0,08
12	6	24	0,75	0,61	0,35	0,90	0,41	0,87	0,94	0,49
13	4	48	1,95	0,12	0,91	0,46	1,97	0,11	0,52	0,72
23	6	48	3,16	0,011	3,12	0,012	2,39	0,042	0,49	0,81
123	12	48	3,56	0,001	0,62	0,82	0,53	0,88	0,83	0,62
C	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	24	0,06	0,94	0,19	0,83	0,00	1,00	4,11	0,029
2	3	24	0,01	1,00	2,44	0,09	0,06	0,98	1,01	0,40
3	2	48	0,10	0,91	9,95	0,0002	7,89	0,001	3,25	0,047
12	6	24	0,01	1,00	0,18	0,98	0,01	1,00	0,35	0,90
13	4	48	0,49	0,74	7,84	6,1E-05	1,70	0,16	3,02	0,027
23	6	48	1,72	0,14	5,64	0,0002	3,39	0,007	0,59	0,73
123	12	48	0,31	0,98	2,30	0,021	2,80	0,006	1,04	0,43

A- efeitos: ponto (1), dia (2), perfil (3); B- efeitos : ponto (1), hora (2), perfil (3); C- efeitos: dia (1), hora (2), perfil (3);
dfE = graus de liberdade do efeito, dfe = graus de liberdade do erro.

Tabela 4.16 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para oxigênio dissolvido (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

		Dez/98		Mar/99		Mai/99		Ago/99		
A	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	27	813	7,6E-25	70,65	1,9E-11	3695,36	0	38,69	1,2E-08
2	2	27	4,45	0,021	9,94	0,001	25,50	6,0E-07	26,86	3,8E-07
3	2	54	0,21	0,81	4,96	0,010	7,58	0,001	3,53	0,036
12	4	27	8,99	9,4E-05	3,66	0,017	6,17	0,001	4,21	0,009
13	4	54	1,06	0,39	2,46	0,06	1,99	0,11	0,65	0,63
23	4	54	0,70	0,60	4,67	0,003	1,32	0,27	3,14	0,022
123	8	54	1,07	0,40	1,40	0,22	0,56	0,81	1,34	0,24
B	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	24	336	2,8E-18	33,39	1,2E-07	919,13	2,1E-23	11,47	0,0003
2	3	24	0,74	0,54	1,42	0,26	0,23	0,88	0,32	0,81
3	2	48	0,36	0,70	4,13	0,022	7,20	0,002	2,79	0,07
12	6	24	0,58	0,74	0,13	0,99	0,14	0,99	0,66	0,68
13	4	48	1,80	0,14	2,05	0,10	1,89	0,13	0,52	0,72
23	6	48	3,25	0,009	2,06	0,08	1,40	0,24	0,53	0,79
123	12	48	3,63	0,001	0,78	0,67	0,34	0,98	0,83	0,62
C	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	24	0,06	0,94	1,44	0,26	0,08	0,92	5,61	0,010
2	3	24	0,03	0,99	0,44	0,73	0,00	1,00	0,22	0,88
3	2	48	0,20	0,82	4,77	0,013	10,79	0,0001	3,37	0,043
12	6	24	0,01	1,00	0,19	0,98	0,01	1,00	0,11	0,99
13	4	48	0,66	0,62	4,48	0,004	1,88	0,13	3,00	0,027
23	6	48	1,81	0,12	2,38	0,043	2,09	0,07	0,64	0,70
123	12	48	0,36	0,97	0,82	0,63	2,83	0,005	1,05	0,42

A- efeitos: ponto (1), dia (2), perfil (3); B- efeitos : ponto (1), hora (2), perfil (3); C- efeitos: dia (1), hora (2), perfil (3);
dfE = graus de liberdade do efeito, dfe = graus de liberdade do erro.

Tabela 4.17 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para pH (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

		Dez/98		Mar/99		Mai/99		Ago/99		
A	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	27	6,88	0,004	4,04	0,029	635	2,0E-23	2486	0
2	2	27	1,82	0,18	0,38	0,69	0,94	0,40	1,26	0,30
3	2	54	0,10	0,90	0,01	0,99	16,87	2,0E-06	5,19	0,009
12	4	27	2,11	0,11	1,48	0,24	2,68	0,05	12,59	6,6E-06
13	4	54	2,73	0,038	2,36	0,06	26,63	3,2E-12	22,66	5,0E-11
23	4	54	3,04	0,025	0,72	0,58	1,56	0,20	5,84	0,001
123	8	54	0,60	0,78	0,51	0,84	1,72	0,11	1,63	0,14
B	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	24	6,33	0,006	7,78	0,002	824	7,6E-23	856	4,9E-23
2	3	24	1,30	0,30	12,47	4,1E-05	8,89	0,0004	0,91	0,45
3	2	48	0,09	0,91	0,02	0,98	16,08	4,5E-06	3,46	0,039
12	6	24	1,34	0,28	0,57	0,75	0,13	0,99	0,13	0,99
13	4	48	2,53	0,05	3,32	0,018	25,38	2,5E-11	15,10	4,6E-08
23	6	48	1,10	0,37	3,47	0,006	1,94	0,09	0,41	0,87
123	12	48	0,92	0,53	1,42	0,19	0,91	0,54	0,82	0,63
C	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	24	1,16	0,33	0,45	0,64	0,02	0,98	0,01	0,99
2	3	24	0,91	0,45	7,63	0,001	0,13	0,94	0,01	1,00
3	2	48	0,10	0,91	0,02	0,98	5,32	0,008	1,83	0,17
12	6	24	0,79	0,58	0,23	0,96	0,01	1,00	0,00	1,00
13	4	48	2,88	0,032	1,00	0,42	0,49	0,74	2,06	0,10
23	6	48	1,13	0,36	3,41	0,007	0,64	0,70	0,22	0,97
123	12	48	0,95	0,50	2,09	0,036	0,26	0,99	0,53	0,88

A- efeitos: ponto (1), dia (2), perfil (3); B- efeitos : ponto (1), hora (2), perfil (3); C- efeitos: dia (1), hora (2), perfil (3); dfE = graus de liberdade do efeito, dfe = graus de liberdade do erro.

Tabela 4.18 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para potencial de óxido-redução (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

		Dez/98		Mar/99		Mai/99		Ago/99		
A	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	27	2423	0	18168	0	9944	0	25549	0
2	2	27	154	1,8E-15	198	7,5E-17	33,95	4,3E-08	99,59	3,5E-13
3	2	54	27,60	5,5E-09	7,62	0,001	10,04	0,0002	6,10	0,004
12	4	27	79,16	1,6E-14	82,54	9,8E-15	24,65	1,1E-08	228	2,2E-20
13	4	54	18,20	1,6E-09	1,05	0,39	4,39	0,004	4,92	0,002
23	4	54	5,27	0,001	0,65	0,63	1,75	0,15	0,93	0,45
123	8	54	5,94	1,9E-05	0,81	0,59	1,19	0,32	1,63	0,14
B	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	24	90,66	6,5E-12	584	4,4E-21	1256	5,2E-25	540	1,1E-20
2	3	24	0,04	0,99	0,02	1,00	0,07	0,97	0,00	1,00
3	2	48	12,72	3,7E-05	8,24	0,0008	8,39	0,001	6,12	0,004
12	6	24	0,04	1,00	0,02	1,00	0,04	1,00	0,01	1,00
13	4	48	8,38	3,3E-05	1,13	0,35	3,67	0,011	4,94	0,002
23	6	48	0,32	0,92	1,36	0,25	1,16	0,34	0,96	0,46
123	12	48	0,55	0,87	1,00	0,46	0,33	0,98	1,44	0,18
C	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	24	0,71	0,50	0,13	0,88	0,04	0,96	0,05	0,96
2	3	24	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
3	2	48	8,27	0,0008	8,66	0,0006	7,83	0,001	4,10	0,023
12	6	24	0,01	1,00	0,00	1	0,00	1	0,00	1
13	4	48	1,58	0,19	0,73	0,57	1,36	0,26	0,62	0,65
23	6	48	0,21	0,97	1,43	0,22	1,09	0,38	0,64	0,69
123	12	48	0,25	0,99	1,41	0,19	0,73	0,72	0,54	0,88

A- efeitos: ponto (1), dia (2), perfil (3); B- efeitos : ponto (1), hora (2), perfil (3); C- efeitos: dia (1), hora (2), perfil (3); dfE = graus de liberdade do efeito, dfe = graus de liberdade do erro.

Tabela 4.19 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para turbidez (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

		Dez/98		Mar/99		Mai/99		Ago/99		
A	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	1	18	14,60	0,001	23,27	1,3E-06	34,02	4,2E-08	28,97	1,9E-07
2	2	18	7,84	0,004	21,36	2,7E-06	18,60	8,4E-06	19,51	5,7E-06
3	2	36	0,91	0,41	5,57	0,01	1,55	0,22	2,03	0,14
12	2	18	1,21	0,32	2,47	0,07	16,11	7,4E-07	23,37	2,0E-08
13	2	36	1,09	0,35	0,92	0,46	0,95	0,44	0,86	0,50
23	4	36	0,58	0,68	0,17	0,95	1,34	0,27	3,12	0,022
123	4	36	1,22	0,32	0,60	0,78	0,90	0,52	1,28	0,27
B	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	1	16	7,26	0,02	9,18	0,001	7,01	0,004	4,53	0,021
2	3	16	0,41	0,75	1,97	0,15	0,09	0,96	0,24	0,87
3	2	32	0,85	0,44	8,22	0,001	1,50	0,23	1,65	0,20
12	3	16	0,24	0,87	0,25	0,95	0,37	0,89	0,04	1,00
13	2	32	1,01	0,37	1,35	0,26	0,92	0,46	0,70	0,60
23	6	32	0,72	0,63	3,50	0,01	0,78	0,59	0,33	0,92
123	6	32	0,63	0,71	1,56	0,14	0,96	0,50	1,04	0,43
C	dfE	dfe	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
1	2	12	3,92	0,05	7,78	0,002	2,96	0,07	2,91	0,07
2	3	12	0,41	0,75	1,82	0,17	0,07	0,97	0,23	0,88
3	2	24	1,23	0,31	6,60	0,003	1,53	0,23	1,81	0,17
12	6	12	0,71	0,65	0,15	0,99	0,20	0,97	0,32	0,92
13	4	24	0,79	0,54	0,20	0,94	1,32	0,28	2,78	0,037
23	6	24	1,05	0,42	2,81	0,02	0,80	0,58	0,37	0,90
123	12	24	2,32	0,04	0,76	0,69	0,94	0,51	0,86	0,59

A- efeitos: ponto (1), dia (2), perfil (3); B- efeitos : ponto (1), hora (2), perfil (3); C- efeitos: dia (1), hora (2), perfil (3);

dfE = graus de liberdade do efeito, dfe = graus de liberdade do erro.

ambientes aquáticos provém da atmosfera e fotossíntese (Petruccio, 1998), por isso, era totalmente previsível encontrar uma variância na distribuição deste gás no perfil. O potencial de óxido-redução foi a única variável onde a variância foi significativa no perfil em todas as campanhas sazonais e para todos os fatores testados (Tabela 4.18). Já a turbidez somente no verão foi significativa ($p < 0,01$) para o perfil (Tabela 4.19). Certamente esta diferença verificada para o perfil tenha sido um reflexo da hidrodinâmica nesta estação do ano. De fato, o verão foi caracterizado por ser a estação mais estável do ponto de vista climático e hidrodinâmico (*capítulo 3*), sendo isto um fator responsável pela existência de um gradientes verticais mais marcantes.

Embora tenha sido constatada variância significativa no perfil em termos de temperatura, em nenhum dos momentos esta oscilação na coluna foi superior a 5°C. Uma das principais características observadas nas lagoas estudadas do RJ foi também a ausência de estratificação térmica da coluna d'água. Essa característica pôde ser atribuída a pouca profundidade desses ecossistemas (raramente superior a 3,5 m) e também ao fato de estarem submetidos à ação de ventos constantes típicos de regiões litorâneas e, conseqüentemente, com a coluna d'água em constante circulação. A ausência da estratificação térmica destas lagoas levou a uma homogeneidade na concentração de pH, condutividade e oxigênio ao longo da coluna d'água. Além disso, a turbulência reduziu a profundidade da zona eufótica devido a ressuspensão da camada superficial do sedimento. Na realidade, esses ecossistemas apresentam grande variação sazonal de salinidade em função, principalmente, do regime de precipitação e da duração da comunicação com o mar (Esteves et al., 1984). Assim, as lagoas fluminenses são rasas, sistemas efêmeros que respondem a mudanças em curto prazo de forças meteorológicas, descargas de rios, marés, e oscilações de temperatura, com variações de advecção lateral e mistura vertical de massas de água, freqüente ressuspensão de sedimentos superficiais, gradientes de turbidez e regimes de luminosidade (Knoppers & Moreira, 1988 e 1990; Domingos, 1991). Neste sentido, a Lagoa Itapeva apresentou um comportamento bastante similar às lagoas costeiras do RJ, pois também não apresentou estratificação das variáveis físico-químicas medidas durante as campanhas sazonais (Tabela 4.49). Certamente a ação dos ventos foi o fator responsável por desencadear este processo de homogeneização da coluna d'água. A maior variação sazonal na Lagoa Itapeva foi a temperatura, visto que as estações do ano são bem definidas em termos desta. Todas as demais oscilações verificadas ocorreram em função da hidrodinâmica local.

A análise de agrupamento com relação às variáveis físico-químicas evidenciou a formação de dois grandes grupos, onde os turnos do ponto Norte sempre estiveram separados dos demais, nas campanhas sazonais da primavera ao inverno de 1999 (Figs. 4.14 a 4.17). Durante o inverno de 1998 o ponto Centro é que esteve separado dos outros (Fig. 4.13). O ponto Norte por si só apresenta um isolamento geográfico bastante grande, distanciando-se enormemente dos demais pontos (20,1 km em relação ao Centro e 28,4 km em relação ao Sul). Além disso, algumas características físico-químicas foram bastante peculiares a este (potencial de óxido-redução negativo), sendo que em todas as campanhas teve um grande destaque por apresentar valores médios mais elevados de algumas variáveis. O verão foi a única estação onde os turnos dentro de cada ponto foram mais similares entre si, evidenciando nitidamente a formação dos três agrupamentos por ponto. Novamente ficou claro o quanto o verão teve um comportamento sazonal bastante definido e estável, possibilitando que

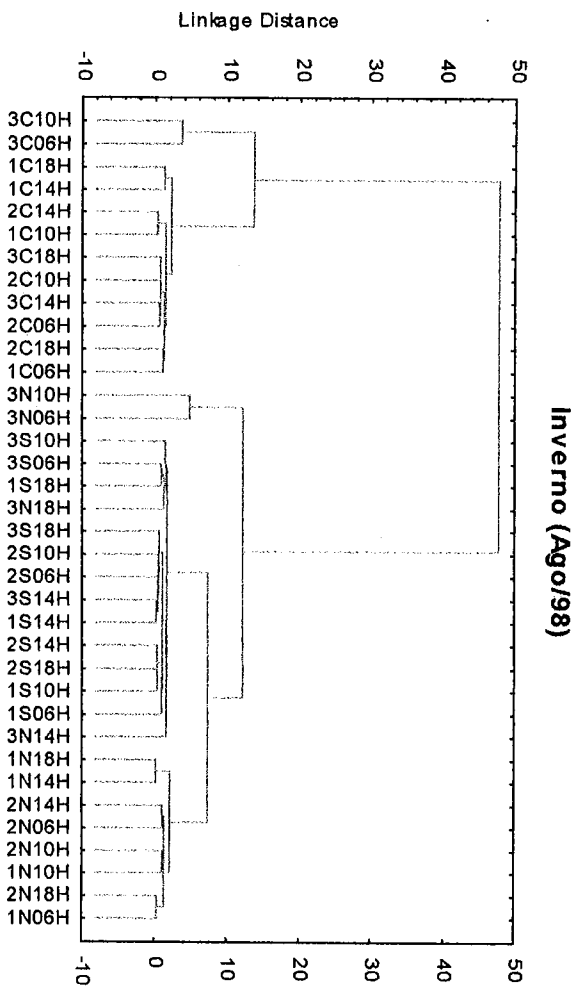


Figura 4.13 - Análise de agrupamento usando a técnica de ligação simples e distância euclidiana das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, condutividade, OD e pH), durante a campanha de Inverno (Ago/98) na Lagoa Itapeva. (N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia)

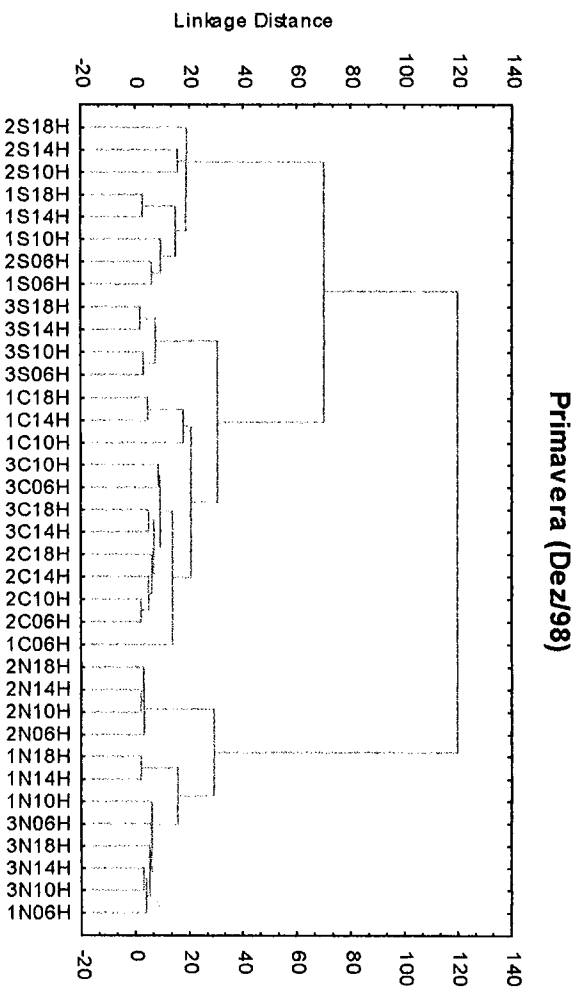


Figura 4.14 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, condutividade, OD, pH e ORP), durante a campanha de primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva. (N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia)

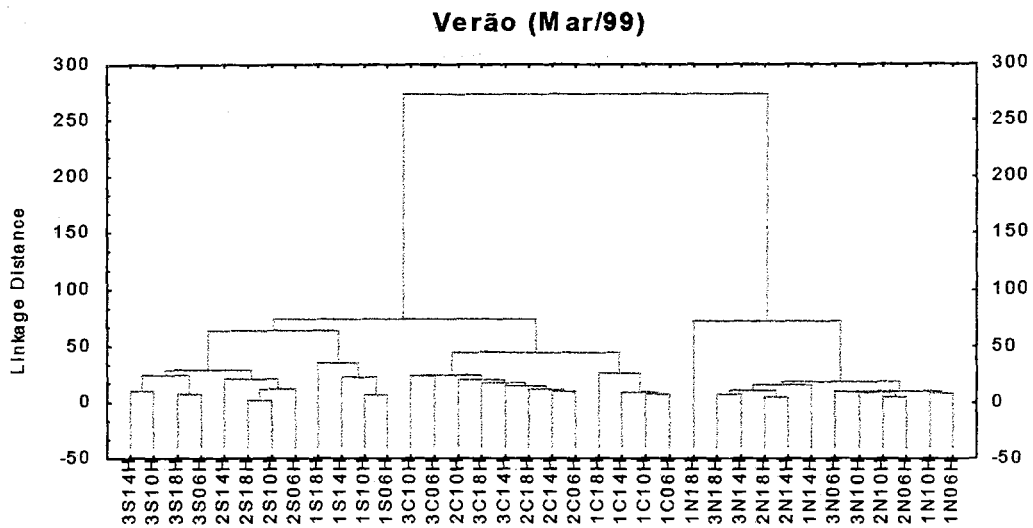


Figura 4.15 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, OD, pH, ORP e turbidez), durante a campanha de verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva. (N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia)

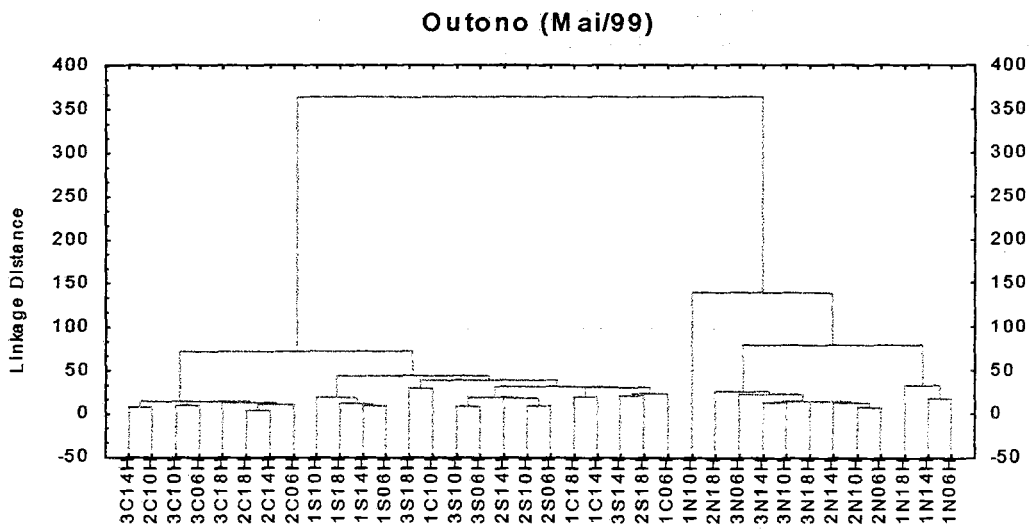


Figura 4.16 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, condutividade, OD, pH, ORP e turbidez), durante a campanha de outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva. (N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia)

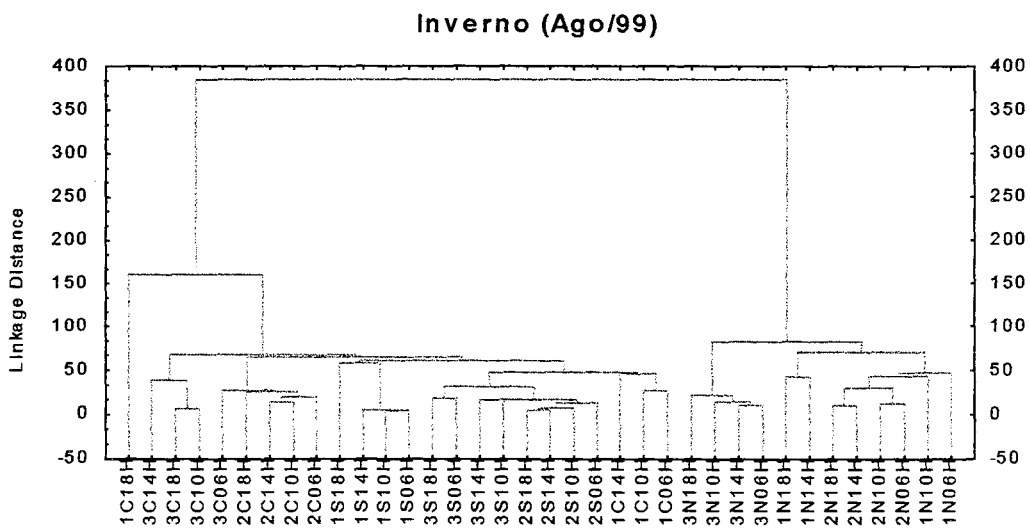


Figura 4.17 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, OD, pH, ORP e turbidez), durante a campanha de inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva. (N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia)

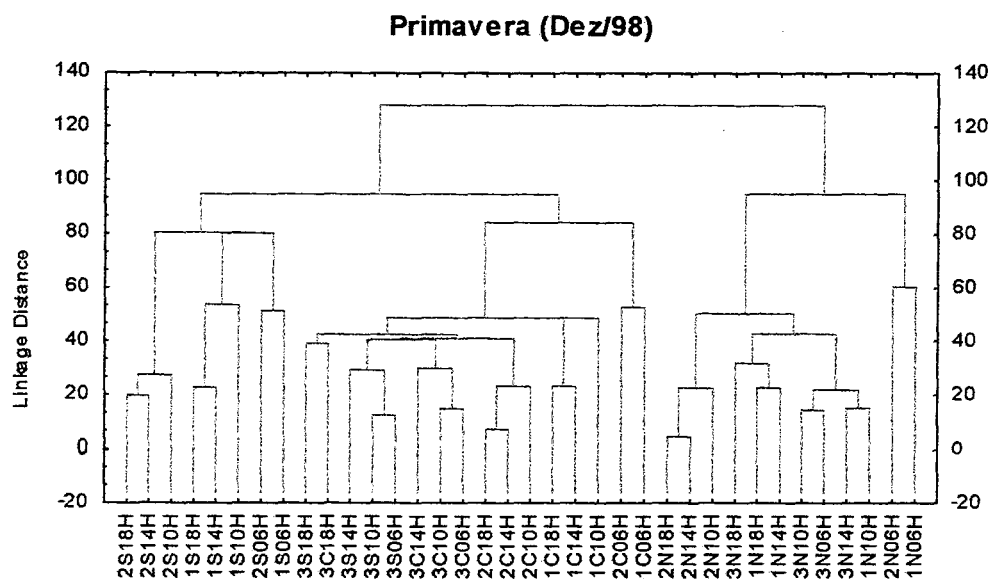


Figura 4.18 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, condutividade, OD, pH e ORP) e meteorológicas, durante a campanha de primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.

(N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia)

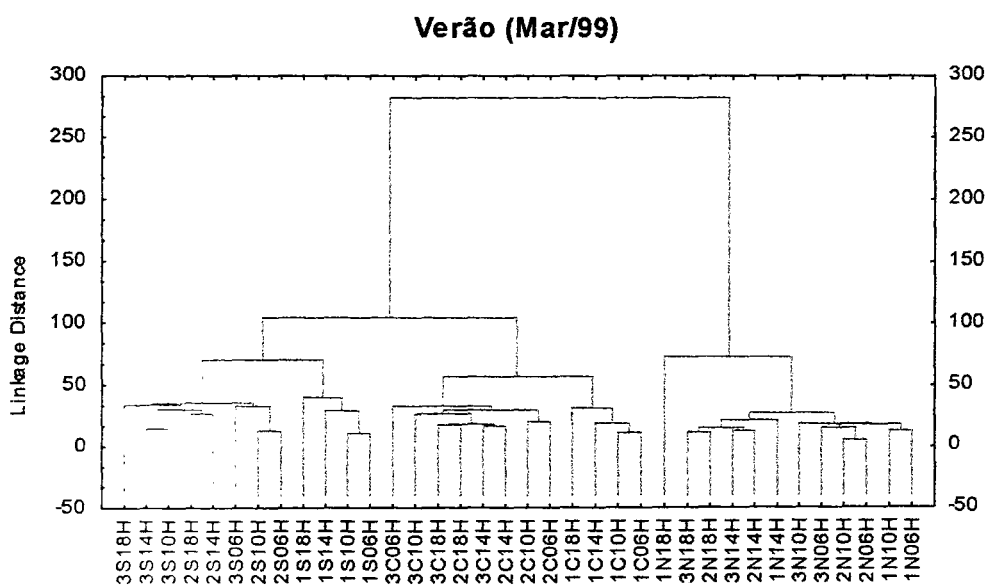


Figura 4.19 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, OD, pH, ORP e turbidez) e hidrodinâmicas, durante a campanha de verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.

(N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia)

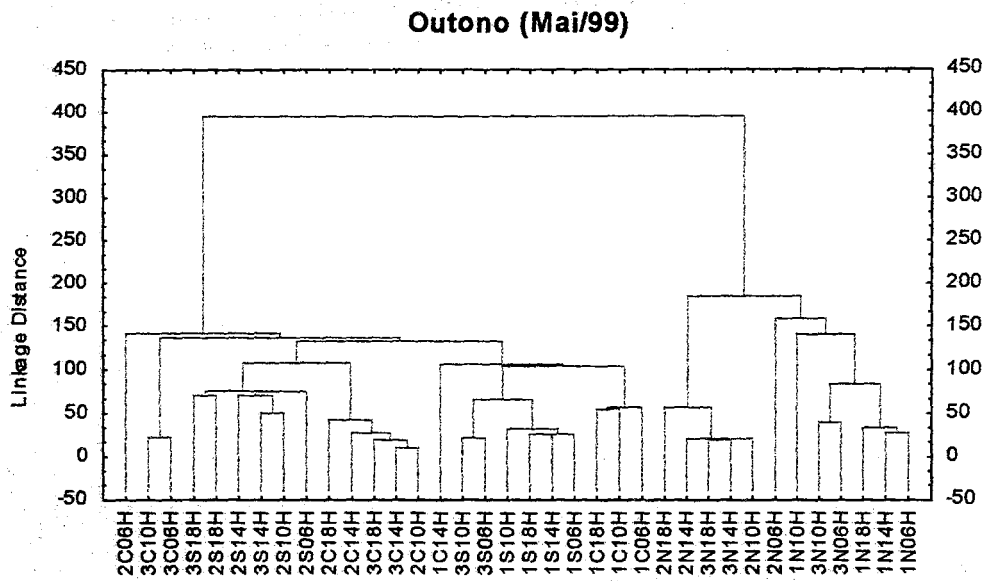


Figura 4.20 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, condutividade, OD, pH, ORP e turbidez) e hidrodinâmicas, durante a campanha de outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.
(N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia)

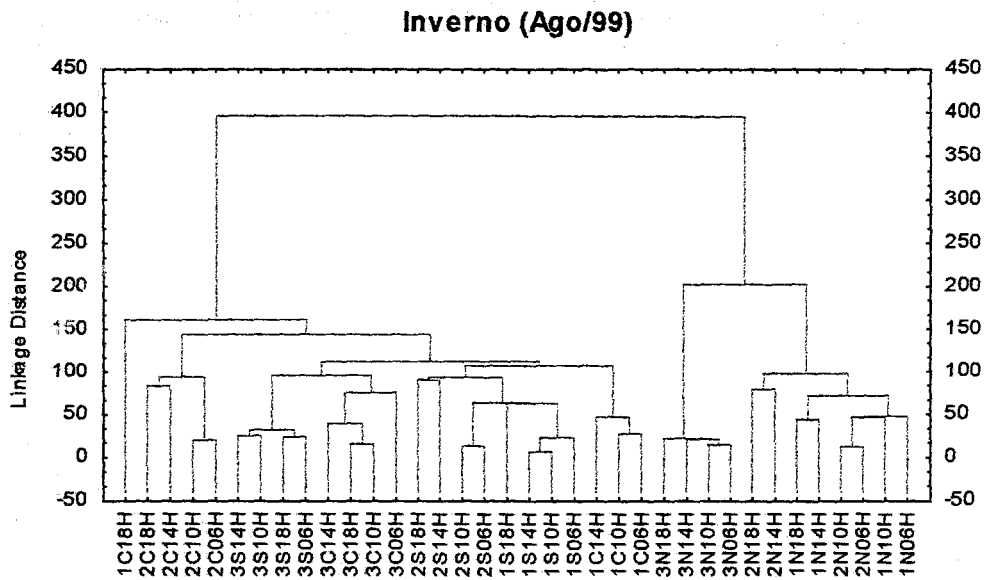


Figura 4.21 - Agrupamento das variáveis físico-químicas da sonda YSI (temperatura, OD, pH, ORP e turbidez) e hidrodinâmicas durante a campanha de inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.
(N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia)

características inerentes a cada um dos pontos se manifestassem. Por outro lado, parece que o período de forte precipitação (observação local) ocorrido no inverno de 1998 tenha acarretado maiores alterações no ponto Centro, separando este dos demais. De fato, os elevados valores de condutividade registrados juntamente com a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido foram as variáveis mais marcantes que contribuíram para sua caracterização.

Como não havia dados meteorológicos e hidrológicos registrados na Lagoa Itapeva durante o inverno de 1998, os agrupamentos formados entre estas variáveis e as físico-químicas foram efetuados para as demais campanhas sazonais. Assim, novamente o ponto Norte manteve-se separado dos demais (Figs. 4.18 a 4.21). As diferenças agora observadas dentro destes dois grandes agrupamentos tenderam a aproximar mais os turnos de amostragem, mesmo em dias e/ou pontos (Sul e Centro) distintos, por que o comportamento do vento obedeceu mais regularmente um ciclo diário. Conforme a intensidade do efeito do vento (*fetch*) a resposta hidrodinâmica poderia ter sido a mesma entre dois pontos no mesmo turno do dia ou não, mantendo os pontos isoladamente em algumas circunstâncias.

A análise de correlação foi efetuada com objetivo de estabelecer o grau das relações entre as variáveis físico-químicas com as variáveis meteorológicas e hidrológicas. Assim, as matrizes foram feitas para cada campanha sazonal (Tabelas 4.20 a 4.23), com exceção da campanha de inverno 1998, pois a estação meteorológica e os linígrafos ainda não haviam sido instalados. Devido à falhas nos linígrafos durante a primavera, somente os dados climáticos foram incorporados nesta matriz.

Como era esperado, correlações positivas foram verificadas entre temperatura atmosférica e da água, sendo mais elevadas durante o verão (r 0,76 e 0,84). Correlações positivas também ocorreram entre temperatura atmosférica e condutividade (r de 0,30 a 0,68), percentual de saturação do oxigênio dissolvido (r de 0,20 a 0,81) e pH (r de 0,20 a 0,75), sendo também mais elevadas durante o verão. Somente durante o inverno, no ponto Centro, a correlação com o pH foi inversa (r -0,52 e -0,53). Quanto ao potencial de óxido-redução, as relações mais fortes com a temperatura ocorreram no verão e inverno, porém de uma forma bastante peculiar nos pontos de amostragem. Durante o verão a correlação no Norte foi positiva (r 0,51) e negativa no Centro (r -0,58) e Sul (r -0,56), ocorrendo o inverso durante o inverno (Tabela 4.23). Como havia sido discutido anteriormente, o Norte é caracterizado por ser um ambiente redutor na Lagoa Itapeva. Provavelmente, o aumento da temperatura no verão tenha aumentado a atividade de oxidação desta matéria orgânica, verificado pelo aumento no potencial de óxido-redução no Norte (menos negativo). As relações com a turbidez foram geralmente fracas e negativas (r de -0,20 a 0,30). Contudo, somente para o

Tabela 4.20- Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 116$) das variáveis físico-químicas e meteorológicas, durante a campanha da primavera (Dez/98) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

Dez/98	TEMPN	CONDN	OD%N	ODN	pHN	ORPN	TURBN	TEMPC	COND C	pHC	ORPC	TURBC	TEMPS	COND S	OD%S	ODS	pHS	ORPS
TMAX	0,56	0,47	0,53	0,42	0,24	-0,49	-0,20	0,61	0,45	0,32	-0,32	-0,20	0,56	0,68	0,23			-0,35
TMIN	0,63	0,50	0,61	0,49	0,25	-0,48	-0,28	0,69	0,54	0,34	-0,41	-0,26	0,64	0,73	0,20			-0,45
VMED		-0,25	0,20	0,29	-0,23	-0,34	0,39			-0,34	0,24	0,49			0,46	0,42	0,43	
VMAX			0,27	0,37	-0,26	-0,50	0,46			-0,46	0,24	0,60			0,44	0,39	0,40	
DIR	-0,43	-0,46					0,76	-0,35	-0,45	-0,43	0,48	0,76	-0,41	-0,28		0,20	0,33	0,57
P																		

TMAX = temperatura máxima, TMIN = temperatura mínima, VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação, TEMP = temperatura, COND = condutividade, OD% = oxigênio dissolvido em percentual de saturação, OD = oxigênio dissolvido em mg.L^{-1} , ORP = potencial de óxido-redução, TURB = turbidez, (N = Norte, C = Centro, S = Sul na direita dos símbolos das variáveis)

Tabela 4.21- Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 121$) das variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, durante a campanha do verão (Mar/99) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

Mar/99	TEMPN	CONDN	OD%N	ODN	pHN	ORPN	TURBN	TEMPC	OD% C	ODC	pHC	ORPC	TURBC	TEMPS	COND S	OD% S	ODS	pHS	ORPS	TURBS
TMAX	0,84	0,62	0,54		0,54	0,51		0,76	0,65		0,60	-0,58	-0,27	0,84	0,66	0,80	0,19	0,75	-0,56	-0,30
TMIN	0,84	0,61	0,54		0,55	0,51		0,76	0,66		0,60	-0,58	-0,26	0,84	0,64	0,80	0,19	0,75	-0,56	-0,30
VMED			0,32	0,29	0,37		0,52		0,40	0,38	0,34	0,37	0,70		0,20				0,37	0,65
VMAX	0,23	0,21	0,39	0,29	0,47		0,58		0,47	0,36	0,44	0,27	0,62		0,33	0,19			0,27	0,58
DIR	0,59	0,39	0,57	0,31	0,60	0,19	0,25	0,55	0,62	0,26	0,65	-0,30		0,62	0,61	0,66	0,21	0,68	-0,28	
P																				
NIN	0,39	0,24				0,37	-0,37	0,42		-0,23		-0,58	-0,67	0,46		0,25		0,33	-0,59	-0,63
VN	-0,37	-0,20				-0,32	0,32	-0,41		0,22		0,54	0,60	-0,43	-0,19	-0,26		-0,33	0,51	0,54
DN																				
NIC			-0,53	-0,56	-0,50	0,43	-0,44		-0,41	-0,40	-0,44	-0,23			-0,35	-0,35	-0,37	-0,36	-0,31	
VC	-0,44	-0,25	-0,29		-0,31	-0,24		-0,47	-0,21		-0,34	0,44	0,35	-0,47	-0,36	-0,35		-0,45	0,41	0,34
DC	-0,20													-0,20	-0,21					
NIS	-0,23		-0,38	-0,30	-0,35			-0,24	-0,28		-0,34	0,21	0,43	-0,28	-0,32	-0,39	-0,20	-0,45		0,32
VS	0,34	0,29	0,43	0,27	0,60		0,56	0,35	0,41		0,57		0,58	0,27	0,62			0,29	0,20	0,39
DS																				-0,18

TMAX = temperatura máxima, TMIN = temperatura mínima, VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação, TEMP = temperatura, COND = condutividade, OD% = oxigênio dissolvido em percentual de saturação, OD = oxigênio dissolvido em mg.L^{-1} , ORP = potencial de óxido-redução, TURB = turbidez, Ni = nível d'água, V = velocidade do movimento d'água, D = direção do movimento d'água (N = Norte, C = Centro, S = Sul na direita dos símbolos das variáveis)

Tabela 4.22- Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 121$) das variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, durante a campanha do outono (Mai/99) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

Mai/99	TEMPN	CONDN	OD%N	ODN	pHN	ORPN	TURBN	TEMPC	COND C	OD% C	ODC	pHC	ORPC	TURBC	TEMPS	COND S	OD% S	ODS	pHS	ORPS	TURBS
TMAX	0,37	0,30	0,76		0,51	0,23		0,58	0,41	0,66	0,25	0,61			0,48	0,50	0,56		0,26		0,27
TMIN	0,41	0,33	0,81		0,47	0,25		0,62	0,44	0,68	0,24	0,56			0,55	0,56	0,63		0,24		0,31
VMED			0,22		-0,25	0,24	0,45			0,21		-0,22		0,43	0,34	0,35	0,31			0,20	
VMAX			0,20	0,19	-0,26	0,27	0,54			0,21		-0,21		0,52	0,28	0,29	0,30				
DIR	-0,39	-0,38	-0,24	0,27		0,39	0,51	-0,37	-0,43	-0,39		-0,32		0,48	-0,23	-0,21	-0,39	-0,24		-0,20	-0,57
P						-0,20							-0,19								
NiN		-0,23		0,20		0,34	0,42	-0,21	-0,28	-0,33	-0,21	-0,25		0,50			-0,29	-0,31		-0,22	-0,57
VN					-0,26		0,34	0,18				-0,24		0,28	0,33	0,34	0,19			0,28	
DN	0,43	0,41	0,35	-0,24			-0,47	0,50	0,46	0,53		0,20		-0,47	0,42	0,37	0,57	0,26		0,36	0,65
NiC	-0,63	-0,63		0,62	0,33		0,30	-0,57	-0,60	-0,28	0,22	0,26	-0,61	0,40	-0,57	-0,52	-0,21	0,39	0,54	-0,74	-0,43
VC					-0,25		0,28					-0,23		0,27	0,22	0,24	0,18			0,23	
DC						-0,19				0,24	0,25						0,27	0,32			0,27
NiS	-0,30	-0,26		0,28	0,28	-0,20		-0,23	-0,20		0,32	0,36	-0,31		-0,34	-0,28		0,52	0,37	-0,33	
VS	-0,41	-0,49		0,46	-0,20	0,24	0,86	-0,34	-0,42		0,34		-0,40	0,70				0,23	0,35	-0,19	-0,47
DS	0,49	0,42	0,44	-0,24			-0,50	0,54	0,48	0,45				-0,43	0,52	0,46	0,56			0,34	0,69

TMAX = temperatura máxima, TMIN = temperatura mínima, VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação,

TEMP = temperatura, COND = condutividade, OD% = oxigênio dissolvido em percentual de saturação, OD = oxigênio dissolvido em $mg.L^{-1}$, ORP = potencial de óxido-redução, TURB = turbidez,

Ni = nível d'água, V = velocidade do movimento d'água, D = direção do movimento d'água (N = Norte, C = Centro, S = Sul na direita dos símbolos das variáveis)

Tabela 4.23- Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 121$) das variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, durante a campanha do inverno (Ago/99) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

Ago/99	TEMPN	CONDN	pHN	ORPN	TURBN	TEMPC	pHC	ORPC	TURBC	TEMPS	CONDS	OD%S	ODS	pHS	ORPS	TURBS
TMAX	0,60	0,58	0,20	-0,49	-0,60	0,70	-0,52	0,60	-0,20	0,55	0,57	0,22	-0,32	0,34	0,63	0,23
TMIN	0,62	0,60	0,20	-0,50	-0,61	0,72	-0,53	0,62	-0,20	0,57	0,58	0,20	-0,34	0,37	0,64	0,23
VMED				0,37	0,56			-0,46	0,82	0,27			-0,26		-0,59	
VMAX		-0,18		0,47	0,67			-0,58	0,84	0,23			-0,22		-0,69	
DIR	-0,60	-0,68		0,87	0,86	-0,68	0,60	-0,72	0,48	-0,45	-0,60		0,38	-0,29	-0,88	
P							0,18							-0,25		
NIN	-0,54	-0,60		0,73	0,79	-0,66	0,67	-0,72	0,38	-0,47	-0,53		0,43	-0,24	-0,79	-0,28
VN				0,22	0,36			-0,26	0,59	0,30		-0,18	-0,30	0,30	-0,38	
DN	0,68	0,70	-0,22	-0,84	-0,74	0,77	-0,84	0,71		0,62	0,69	-0,36	-0,63	0,42	0,75	
NIC	-0,18	-0,20	0,24		0,21	-0,19		-0,22							-0,20	
VC	0,25					0,29	-0,30		0,24	0,30	0,25		-0,27	0,33		0,19
DC	0,41	0,42		-0,52	-0,42	0,47	-0,62	0,44		0,41	0,44	-0,38	-0,48	0,26	0,42	
NIS	0,41	0,47		-0,62	-0,68	0,52	-0,58	0,61	-0,33	0,36	0,43		-0,33		0,69	0,34
VS		-0,33	0,07	0,60	0,78	-0,27	0,22	-0,65	0,87			-0,25			-0,82	
DS	0,70	0,76	-0,23	-0,90	-0,85	0,79	-0,82	0,78	-0,31	0,60	0,72	-0,30	-0,60	0,41	0,87	

TMAX = temperatura máxima, TMIN = temperatura mínima, VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação, TEMP = temperatura, COND = condutividade, OD% = oxigênio dissolvido em percentual de saturação, OD = oxigênio dissolvido em $mg \cdot L^{-1}$, ORP = potencial de óxido-redução, TURB = turbidez, Ni= nível d'água, V= velocidade do movimento d'água, D= direção do movimento d'água (N = Norte, C = Centro, S = Sul na direita dos símbolos das variáveis)

ponto Norte durante o inverno ($r -0,61$) esta se apresentou mais forte. Isto também já havia sido discutido anteriormente, onde a frente fria de SW-WSW produziu um *fetch* agindo diretamente no ponto Norte, resultando em uma elevada turbidez juntamente com a diminuição da temperatura.

Desta forma, a velocidade do vento apresentou uma correlação mais forte e direta com a turbidez em todas as estações. Nota-se que esta foi mais elevada durante o verão nos pontos Centro ($r 0,70$) e Sul ($r 0,65$) devido ao *fetch* produzido de direção NE, e significativa durante o inverno somente para o Norte ($r 0,67$) e Centro ($r 0,84$), pelo *fetch* de sentido oposto. Secundariamente, a velocidade do vento esteve correlacionada com o percentual de saturação do oxigênio na primavera ($r 0,46$) e verão ($r 0,47$) e com o potencial de óxido-redução no inverno ($r 0,67$ no Norte e r de $-0,58$ a $-0,69$ no Centro e Sul respectivamente).

A relação da direção do vento com a turbidez foi incrementada durante a primavera ($r 0,76$) e inverno ($r 0,86$ no Norte) e enfraquecida no verão (significativa somente para o Norte $r 0,25$). Isto mostra que a constante direção do vento do quadrante NE durante o verão pouco interferiu na turbidez do sistema, sendo a velocidade o parâmetro preponderante neste caso. Já durante a primavera, a diversidade em oscilações de direção dos ventos contribuiu de forma decisiva na promoção da turbidez no meio. Quanto ao inverno, já foi extensamente discutida a importância do *fetch* de SW no ponto Norte principalmente. Já para o outono, a contribuição da direção do vento na turbidez manteve-se estável para o Norte ($r 0,51$) e Centro ($r 0,48$), sendo pela primeira vez significativa e negativa para o Sul ($r -0,57$). No outono o início da campanha coincidiu com uma forte frente fria também de SW, explicando assim este efeito inverso no Sul. De uma maneira em geral, as correlações da direção do vento com as demais variáveis físico-químicas foram maiores do que as apresentadas com relação à velocidade do vento. Particularmente com a temperatura da água foi geralmente negativa (r de $-0,23$ a $-0,68$), porém no verão foram sempre positivas (r de $0,55$ a $0,62$). Também totalmente esperado, pois ventos de direção NE acarretam numa elevação da temperatura, enquanto que do quadrante S o efeito é contrário.

A precipitação foi a única variável ambiental mais fracamente relacionada com as variáveis físico-químicas. Durante a primavera e o verão nenhuma correlação significativa foi registrada. Para o outono a relação foi inversa com o potencial de óxido-redução ($r -0,19$ e $-0,20$) e distinta para o pH no inverno ($r 0,18$ no Centro e $r -0,25$ no Sul). Isto porque a precipitação que ocorre na bacia (serra) exerce uma maior importância em termos de nível da lagoa do que a chuva pontual (na própria lagoa).

Com relação às variáveis hidrológicas, durante o verão o nível d'água esteve correlacionado positivamente com a turbidez no Sul (r 0,32) e negativamente no Norte (r -0,37). Isto porque o *fetch* gerado de NE contribuiu para o deslocamento de água de N→S, perturbando ambos locais. Com relação às outras variáveis físico-químicas, as relações foram negativas no Centro e Sul e positivas no Norte (Tabela 4.21). Isto evidenciou que o aumento do nível d'água no Centro e Sul causado pelo *fetch* perturbou consideravelmente o sistema, causando uma diminuição na concentração destas variáveis medidas. Por outro lado, o aumento da velocidade da água foi acompanhado por uma aumento da turbidez em toda a lagoa (r de 0,32 a 0,39). A maior correlação em termos de velocidade d'água ocorreu com a condutividade no Sul (r 0,62) e com a temperatura no Centro (r -0,47) e Norte (r -0,37). A direção do movimento d'água não apresentou correlações significativas com as variáveis físico-químicas durante o verão.

Durante o outono, o nível d'água apresentou correlações positivas com a turbidez no Norte (r 0,42) e Centro (r 0,40) em resposta ao *fetch* de SW, o qual agora deslocou água do S→N. Já no Sul, a correlação mais forte foi registrada com o oxigênio dissolvido (r 0,52), enquanto que, para o Centro, foi com o potencial de óxido-redução (r -0,61) e a condutividade (r -0,60). A velocidade do movimento d'água apresentou uma correlação negativa com a turbidez no Sul (r -0,47) e positiva no Centro (r 0,27) e Norte (r 0,34), pelos mesmos motivos acima discutidos. Nesta campanha a direção do movimento d'água esteve relacionada diretamente e fortemente com a turbidez no Sul (r 0,69), enquanto que inversamente no Norte (r -0,47). Isto por que a direção do movimento d'água oscilou consideravelmente no Sul acompanhando as oscilações na turbidez. Ainda esta oscilação do movimento d'água contribuiu também para uma maior oxigenação desta (r 0,56).

No inverno, a relação do nível d'água com a turbidez foi incrementada no Norte (r 0,79) e Sul (r 0,34). Isto porque o nível oscilou com a mudança da direção do vento predominantemente de SW para NE, perturbando mais intensamente o Norte que o Sul. Em ambos pontos a elevação do nível d'água foi acompanhada por um incremento no potencial de óxido-redução (r 0,73 no Norte e r 0,69 no Sul). A velocidade d'água por sua vez apresentou fraca relação com a turbidez no Norte (r 0,36) e Centro (r 0,24). Já a direção do movimento d'água esteve negativa e fortemente correlacionada com a turbidez somente no Norte (r -0,74).

Características ópticas da água

A leitura do disco de Secchi tem uma enorme aplicabilidade em ecossistemas aquáticos, especialmente na ausência de equipamentos especializados para medir a radiação.

A transparência do corpo d'água está na dependência direta da radiação que o atinge, sendo que ao penetrar na coluna d'água esta é submetida a profundas alterações, dependendo, principalmente, da concentração de material dissolvido e em suspensão. As partículas encontradas em suspensão na coluna d'água são arremessadas do fundo pela ação do vento, interferindo diretamente na turbidez (Esteves, 1998).

Tabela 4.24- Análise descritiva de variáveis físicas associadas à intensidade luminosa na coluna d'água, durante a primavera (Dez/98) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

<i>Dez/98</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	ZeU	Zafo	ZeU:Zafo	ZeU:Zmix
Média	0,10	1,32	18,37	0,14	0,28	0,28	1,04	0,29	0,22
Desvio padrão	0,032	0,301	6,41	0,04	0,09	0,09	0,28	0,14	0,07
Mínimo	0,05	0,95	10	0,07	0,14	0,14	0,55	0,17	0,14
Máximo	0,17	1,75	34	0,23	0,46	0,46	1,48	0,74	0,43
n	34	34	34	34	34	34	34	34	34
<i>NORTE</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	ZeU	Zafo	ZeU:Zafo	ZeU:Zmix
Média	0,10	1,25	18,29	0,14	0,28	0,27	0,97	0,29	0,22
Desvio padrão	0,035	0,080	5,13	0,05	0,09	0,09	0,11	0,13	0,07
Mínimo	0,07	1,1	10	0,09	0,19	0,19	0,79	0,19	0,16
Máximo	0,17	1,36	24,29	0,23	0,46	0,46	1,14	0,58	0,37
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<i>CENTRO</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	ZeU	Zafo	ZeU:Zafo	ZeU:Zmix
Média	0,09	0,96	22,25	0,12	0,24	0,24	0,72	0,35	0,25
Desvio padrão	0,035	0,022	8,99	0,05	0,09	0,09	0,09	0,19	0,10
Mínimo	0,05	0,95	11,33	0,07	0,14	0,14	0,55	0,17	0,14
Máximo	0,15	1	34	0,20	0,41	0,41	0,82	0,74	0,43
n	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<i>SUL</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	ZeU	Zafo	ZeU:Zafo	ZeU:Zmix
Média	0,12	1,68	15,22	0,16	0,31	0,31	1,37	0,23	0,19
Desvio padrão	0,022	0,054	2,50	0,03	0,06	0,06	0,09	0,06	0,04
Mínimo	0,1	1,55	11,33	0,14	0,27	0,27	1,25	0,18	0,15
Máximo	0,15	1,75	17	0,20	0,41	0,41	1,48	0,33	0,25
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Zds= profundidade do disco de Secchi (m), Z= profundidade da coluna d'água (m), Zmix= zona de mistura, k= coeficiente de atenuação vertical, I10%= profundidade com 10% da radiação superficial (m), I1%= profundidade com 1% da radiação superficial (m), ZeU= extensão da zona eufótica (m), Zafo= extensão da zona afótica (m)

Durante as campanhas sazonais, o verão foi a estação com uma maior transparência da água (média 0,22 m), enquanto que na primavera e no inverno (ambas com média 0,10 m) foram obtidos os menores valores (Fig. 4.22, Tabelas 4.24 a 4.27). A situação entre os pontos de amostragem evidenciou uma maior transparência no Norte e Centro durante o verão e no Sul, na primavera e inverno Estes resultados foram totalmente coerentes com a ação climática e hidrodinâmica. O verão foi considerado a estação mais estável pela menor amplitude de variação das características físico-químicas, tendo sido registrado a menor turbidez no sistema. Além disso, a maior incidência da radiação solar (inclinação do sol e horas de iluminação do dia) aliada a menor velocidade de vento contribuiu enormemente para esta

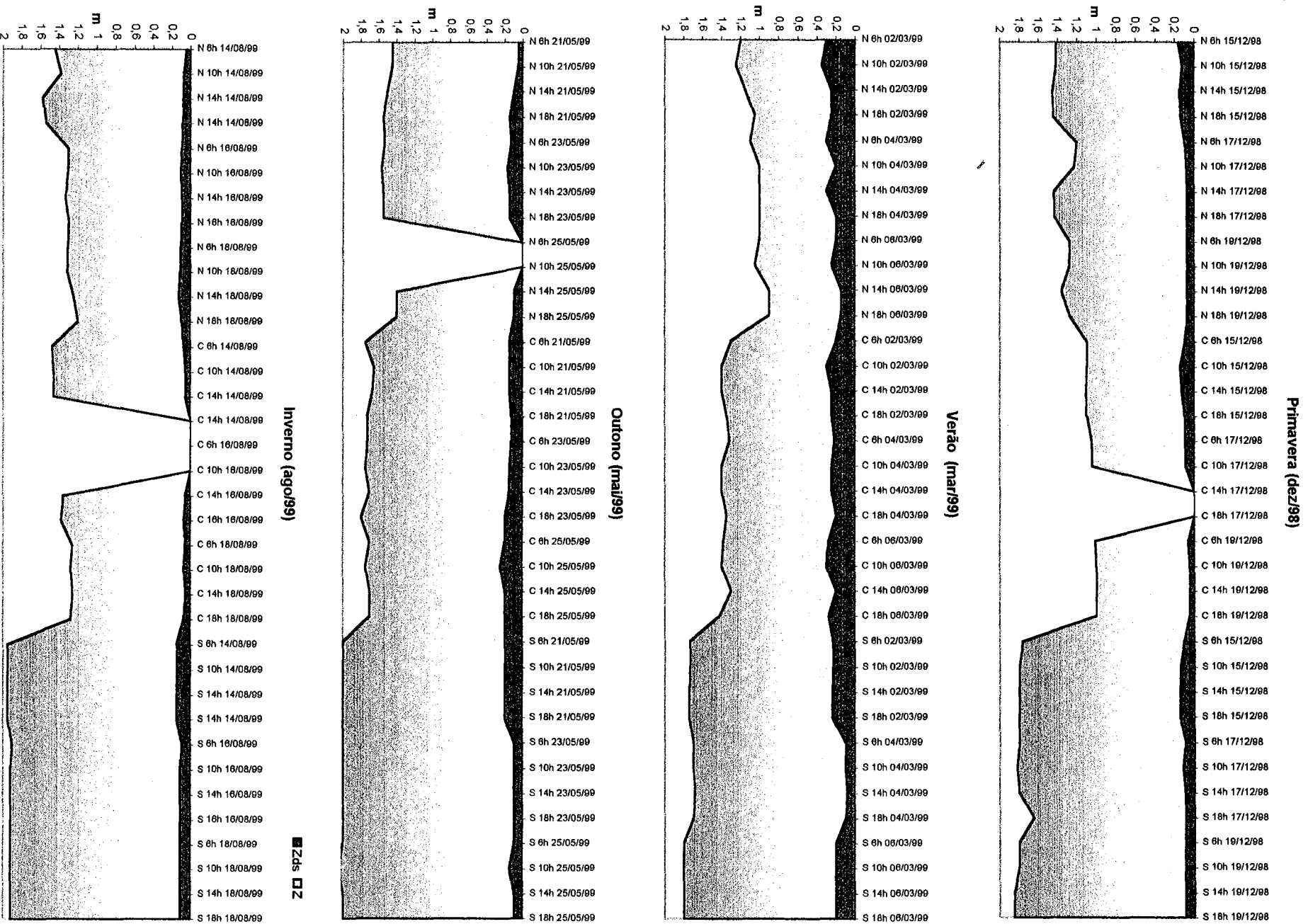


Figura 4.22 - Variação diária da transparência Secchi, sazonalmente em cada ponto e turno de amostragem, na Lagoa Itapeva. Zds= profundidade do disco de Secchi, Z= profundidade da coluna d'água

maior absorção de energia luminosa. Por outro lado, o inverno, como sendo a situação extrema em termos climáticos/hidrodinâmicos, e a primavera, caracterizada pela maior amplitude de variação da direção dos ventos, tornaram o ambiente mais turbulento nestas estações do ano, perturbando assim a penetração de energia luminosa na coluna d'água.

Tabela 4.25- Análise descritiva de variáveis físicas associadas à intensidade luminosidade na coluna d'água, durante o verão (Mar/99) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

<i>Mar99</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	ZeU	Zafo	ZeU:Zafo	ZeU:Zmix
Média	0,22	1,17	8,60	0,30	0,60	0,60	0,62	1,72	0,57
Desvio padrão	0,063	0,319	3,73	0,09	0,17	0,17	0,40	1,83	0,25
Mínimo	0,08	0,7	4,86	0,11	0,22	0,22	0,09	0,16	0,14
Máximo	0,35	1,6	21,3	0,47	0,95	0,95	1,38	9,00	1,16
n	36	36	36	36	36	36	36	36	36
<i>NORTE</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	ZeU	Zafo	ZeU:Zafo	ZeU:Zmix
Média	0,24	0,81	7,54	0,33	0,65	0,65	0,23	3,49	0,81
Desvio padrão	0,063	0,063	2,151	0,09	0,17	0,17	0,09	2,61	0,20
Mínimo	0,15	0,7	4,86	0,20	0,41	0,41	0,09	1,17	0,54
Máximo	0,35	0,9	11,33	0,47	0,95	0,95	0,35	9,00	1,16
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<i>CENTRO</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	ZeU	Zafo	ZeU:Zafo	ZeU:Zmix
Média	0,25	1,12	6,99	0,34	0,67	0,67	0,45	1,63	0,60
Desvio padrão	0,037	0,025	1,08	0,05	0,10	0,10	0,11	0,67	0,09
Mínimo	0,2	1,1	5,67	0,27	0,54	0,54	0,29	0,89	0,47
Máximo	0,3	1,15	8,5	0,41	0,81	0,81	0,61	2,79	0,74
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<i>SUL</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	ZeU	Zafo	ZeU:Zafo	ZeU:Zmix
Média	0,18	1,57	11,27	0,24	0,48	0,48	1,09	0,48	0,31
Desvio padrão	0,062	0,049	5,17	0,08	0,17	0,17	0,21	0,23	0,11
Mínimo	0,08	1,5	7,08	0,11	0,22	0,22	0,85	0,16	0,14
Máximo	0,24	1,6	21,3	0,32	0,65	0,65	1,38	0,76	0,43
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Zds= profundidade do disco de Secchi (m), Z= profundidade da coluna d'água (m), Zmix= zona de mistura, k= coeficiente de atenuação vertical, I10%= profundidade com 10% da radiação superficial (m), I1%= profundidade com 1% da radiação superficial (m), ZeU= extensão da zona eufótica (m), Zafo= extensão da zona afótica (m)

A radiação da água está submetida a dois processos básicos: absorção e dispersão. A atenuação da radiação é a soma de ambos e ocorre em função, principalmente, da quantidade de material em suspensão. O coeficiente de atenuação vertical da radiação (k), também chamado de coeficiente de extinção vertical ou coeficiente de absorção vertical (expresso em metros) resulta do cálculo deste somatório. Os valores de k variam fortemente (0,10 a 35,3) em função de compostos dissolvidos e em suspensão presentes na água, sendo que os maiores valores foram encontrados em lagos túrbidos. Assim, a turbidez da água é uma variável importante, pois está relacionada com a capacidade em dispersar a radiação. Da mesma forma, a profundidade de desaparecimento do disco de Secchi é inversamente proporcional à quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos no caminho óptico. Como resultado

observa-se freqüentemente em lagos túrbidos uma subestimação dos valores do disco de Secchi, ou seja, uma superestimação de k (Esteves, 1998).

Tabela 4.26- Análise descritiva de variáveis físicas associadas à intensidade luminosa na coluna d'água, durante o outono (Mai/99) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

<i>Mai/99</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	Ze	Zafo	Ze:Zafo	Ze:Zmix
Média	0,14	1,61	13,65	0,19	0,39	0,39	1,22	0,34	0,24
Desvio padrão	0,048	0,209	6,18	0,06	0,13	0,13	0,25	0,16	0,09
Mínimo	0,05	1,3	6,8	0,07	0,14	0,14	0,83	0,11	0,10
Máximo	0,25	1,9	34	0,34	0,68	0,68	1,63	0,82	0,45
n	34	34	34	34	34	34	34	34	34
<i>NORTE</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	Ze	Zafo	Ze:Zafo	Ze:Zmix
Média	0,12	1,38	17,61	0,16	0,31	0,31	1,07	0,30	0,22
Desvio padrão	0,042	0,042	9,04	0,06	0,11	0,11	0,11	0,13	0,08
Mínimo	0,05	1,3	10	0,07	0,14	0,14	0,94	0,11	0,10
Máximo	0,17	1,4	34	0,23	0,46	0,46	1,27	0,49	0,33
n	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<i>CENTRO</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	Ze	Zafo	Ze:Zafo	Ze:Zmix
Média	0,17	1,55	10,30	0,23	0,47	0,46	1,08	0,45	0,30
Desvio padrão	0,037	0,048	2,04	0,05	0,10	0,10	0,13	0,16	0,07
Mínimo	0,13	1,5	6,8	0,18	0,35	0,35	0,83	0,28	0,22
Máximo	0,25	1,6	13,08	0,34	0,68	0,68	1,25	0,82	0,45
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<i>SUL</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	Ze	Zafo	Ze:Zafo	Ze:Zmix
Média	0,14	1,87	13,69	0,19	0,37	0,37	1,50	0,26	0,20
Desvio padrão	0,048	0,049	4,16	0,07	0,13	0,13	0,18	0,13	0,08
Mínimo	0,1	1,8	8,5	0,14	0,27	0,27	1,26	0,17	0,14
Máximo	0,2	1,9	17	0,27	0,54	0,54	1,63	0,43	0,30
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Zds= profundidade do disco de Secchi (m), Z= profundidade da coluna d'água (m), Zmix= zona de mistura, k= coeficiente de atenuação vertical, I10%= profundidade com 10% da radiação superficial (m), I1%= profundidade com 1% da radiação superficial (m), Ze= extensão da zona eufótica (m), Zafo= extensão da zona afótica (m)

Como a turbidez interfere enormemente nos valores do coeficiente de atenuação vertical da radiação (k), os maiores valores na Lagoa Itapeva somente poderiam ter sido registrados na primavera (média 18,37) e no inverno (média 18,48), e o oposto, no verão (média 8,6) (Tabelas 4.24 a 4.27). Como este coeficiente tem uma relação inversa com a transparência Secchi, os menores valores foram registrados para o ponto Sul durante a primavera e inverno, ocorrendo o oposto durante o verão. Durante a primavera e o inverno os maiores valores de k foram mais freqüentes de ocorrer no Centro do que no Norte. De fato os valores de turbidez no Centro foram mais elevados que os do Norte durante a primavera (Figs. 4.2 e 4.12), porém no inverno isto não se repetiu (Figs. 4.5 e 4.12). Novamente a hidrodinâmica pôde explicar melhor esta situação. No inverno ventos de dois quadrantes WSW (início da campanha) e NE (final da campanha), perturbaram o ponto Centro de uma forma mais constante que os demais. Os registros máximos de k mantiveram-se no ponto Centro durante a primavera ($k=34$), porém no outono e inverno ($k=34$ em ambos) estes

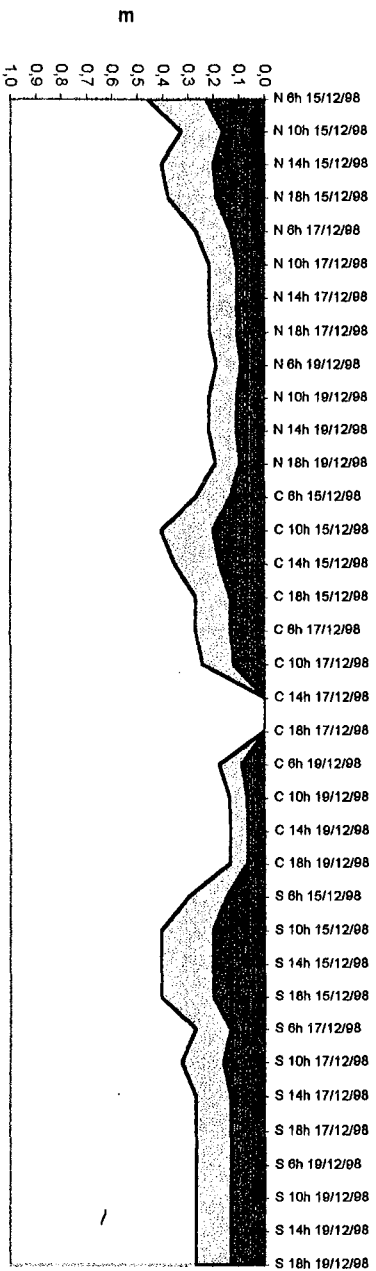
ocorreram no Norte. De fato, os registros máximos de turbidez também foram conferidos para estes pontos nestas estações do ano (Tabelas 4.2, 4.4 e 4.5). Como a Lagoa Itapeva foi caracteristicamente enquadrada como um ambiente túrbido, os registros máximos obtidos estiveram de acordo com os registrados para outros lagos túrbidos (Esteves, 1998).

Tabela 4.27- Análise descritiva de variáveis físicas associadas à intensidade luminosa na coluna d'água, durante o inverno (Ago/99) em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

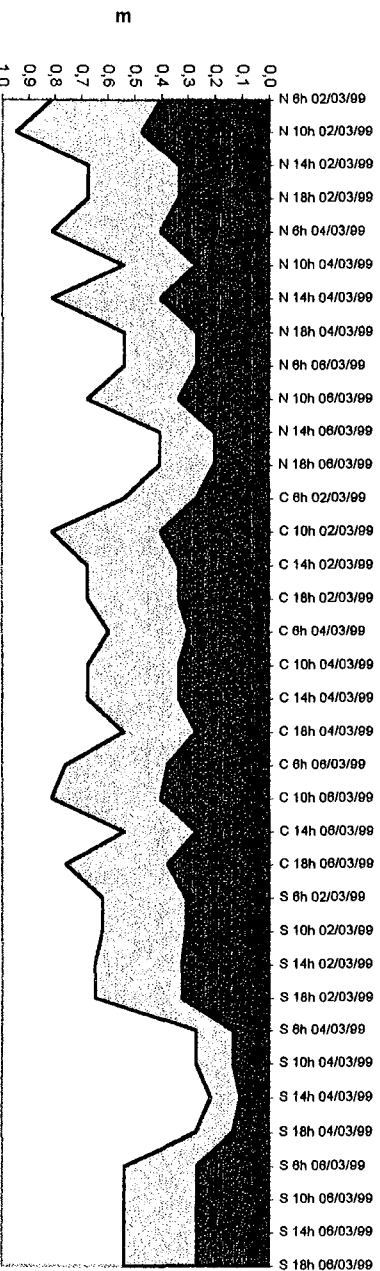
<i>Ago/99</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	ZeU	Zafo	ZeU:Zafo	ZeU:Zmix
Média	0,10	1,46	18,48	0,14	0,27	0,27	1,19	0,24	0,19
Desvio padrão	0,029	0,273	6,08	0,04	0,08	0,08	0,24	0,08	0,05
Mínimo	0,05	1,1	11,33	0,07	0,14	0,14	0,77	0,11	0,10
Máximo	0,15	1,8	34	0,20	0,41	0,41	1,53	0,46	0,31
n	33	33	33	33	33	33	33	33	33
<i>NORTE</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	ZeU	Zafo	ZeU:Zafo	ZeU:Zmix
Média	0,10	1,26	18,46	0,13	0,26	0,26	1,00	0,28	0,21
Desvio padrão	0,021	0,127	5,49	0,03	0,06	0,06	0,17	0,10	0,06
Mínimo	0,05	1,1	13,08	0,07	0,14	0,14	0,77	0,11	0,10
Máximo	0,13	1,5	34	0,18	0,35	0,35	1,28	0,46	0,31
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<i>CENTRO</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	ZeU	Zafo	ZeU:Zafo	ZeU:Zmix
Média	0,07	1,29	25,19	0,09	0,19	0,19	1,10	0,17	0,15
Desvio padrão	0,011	0,093	3,73	0,01	0,03	0,03	0,10	0,04	0,03
Mínimo	0,06	1,2	21,25	0,08	0,16	0,16	0,98	0,13	0,12
Máximo	0,08	1,4	28,33	0,11	0,22	0,22	1,24	0,22	0,18
n	9	9	9	9	9	9	9	9	9
<i>SUL</i>	Zds	Z e Zmix	k	I10%	I1%	ZeU	Zafo	ZeU:Zafo	ZeU:Zmix
Média	0,13	1,80	13,46	0,17	0,35	0,35	1,45	0,24	0,19
Desvio padrão	0,017	0,000	1,76	0,02	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03
Mínimo	0,1	1,8	11,33	0,14	0,27	0,27	1,40	0,18	0,15
Máximo	0,15	1,8	17	0,20	0,41	0,41	1,53	0,29	0,23
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Zds= profundidade do disco de Secchi (m), Z= profundidade da coluna d'água (m), Zmix= zona de mistura, k= coeficiente de atenuação vertical, I10%= profundidade com 10% da radiação superficial (m), I1%= profundidade com 1% da radiação superficial (m), ZeU= extensão da zona eufótica (m), Zafo= extensão da zona afótica (m)

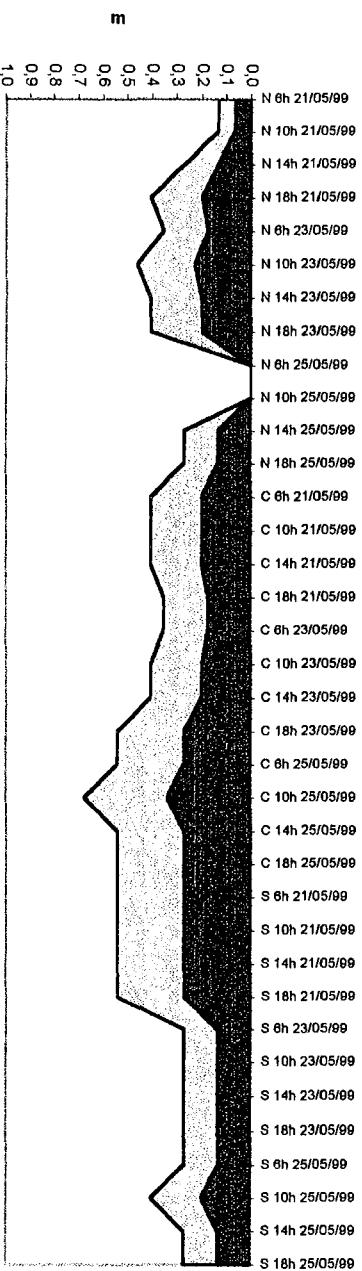
Uma das aplicabilidades da leitura do disco de Secchi diz respeito à estimação da radiação incidente na coluna d'água. Com isso obteve-se um valor aproximado da profundidade de 10% da radiação superficial (Margalef, 1983), bem como o limite inferior da zona eufótica (ZeU) para cada turno de amostragem na Lagoa Itapeva. Esta extensão da zona eufótica é geralmente assumida como sendo aquela profundidade onde a intensidade da radiação corresponde a 1% da que atinge a superfície, sendo chamado de "ponto de compensação" (Esteves, 1998). Novamente, as maiores extensões de penetração da luz ocorreram no verão, enquanto que as menores, na primavera e inverno (Fig. 4.23 e Tabelas 4.24 a 4.27). O mesmo comportamento entre os pontos exibidos para a transparência Secchi



Verão (mar/99)



Outono (mai/99)



Inverno (ago/99)

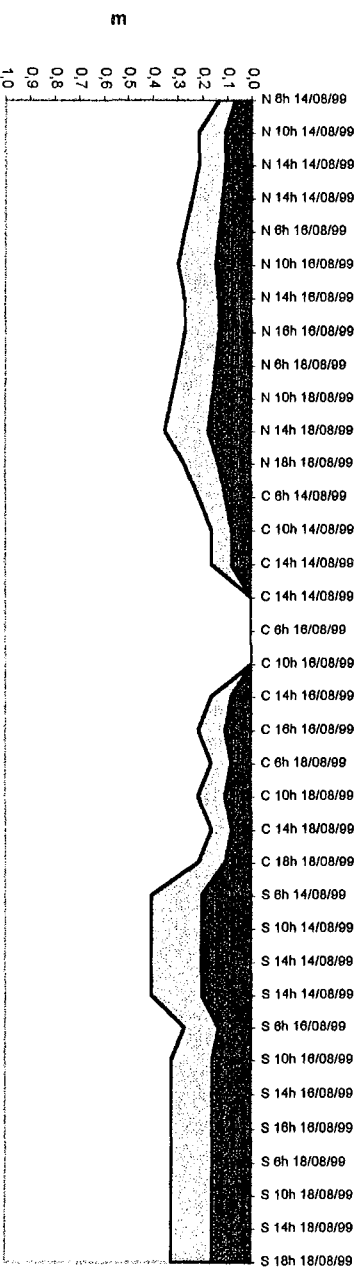


Figura 4.23 - Variação diária da relação entre 110% e 11%, sazonalmente em cada ponto e turno de amostragem, na Lagoa Itapeva. 110% = profundidade com 10% da radiação superficial, 11% = profundidade com 1% da radiação superficial

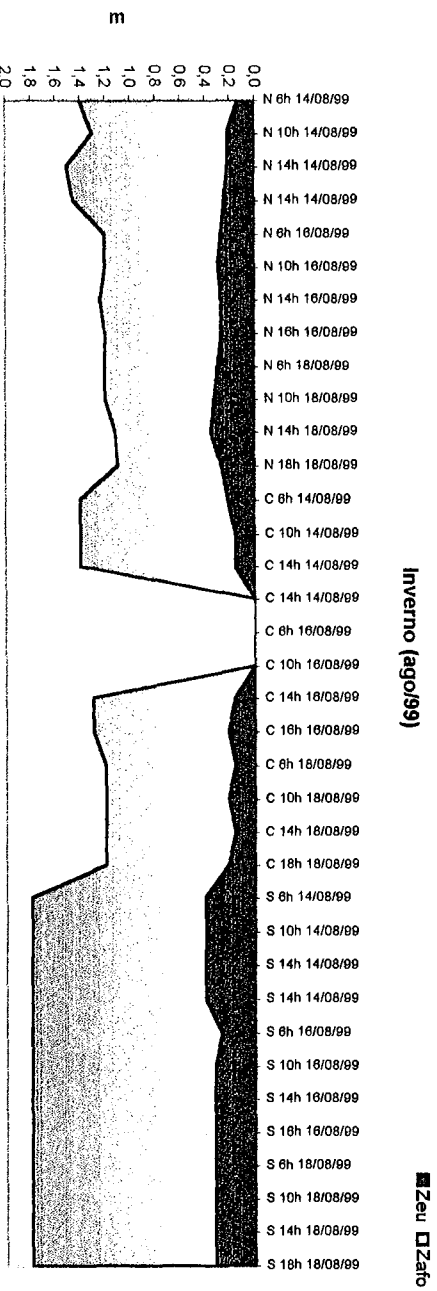
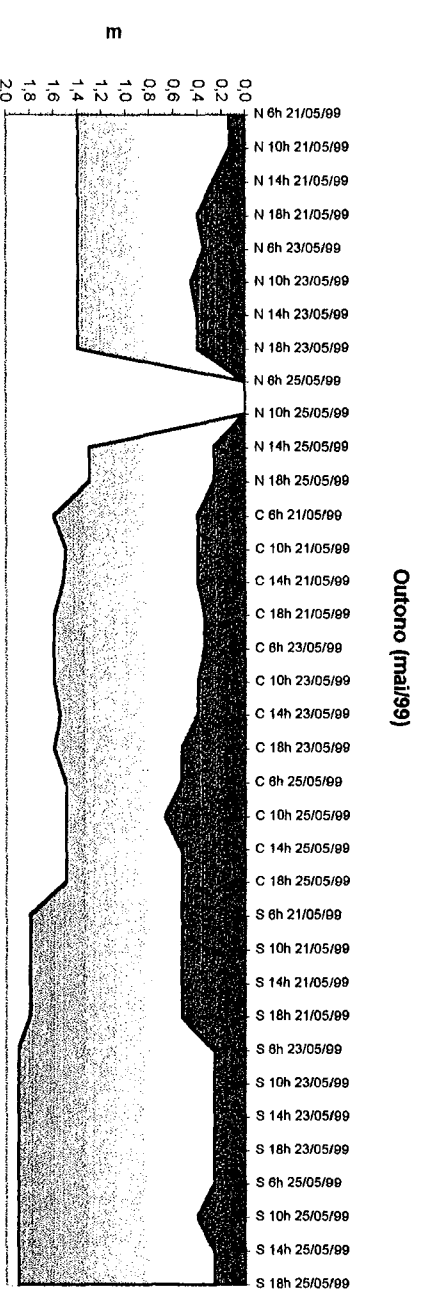
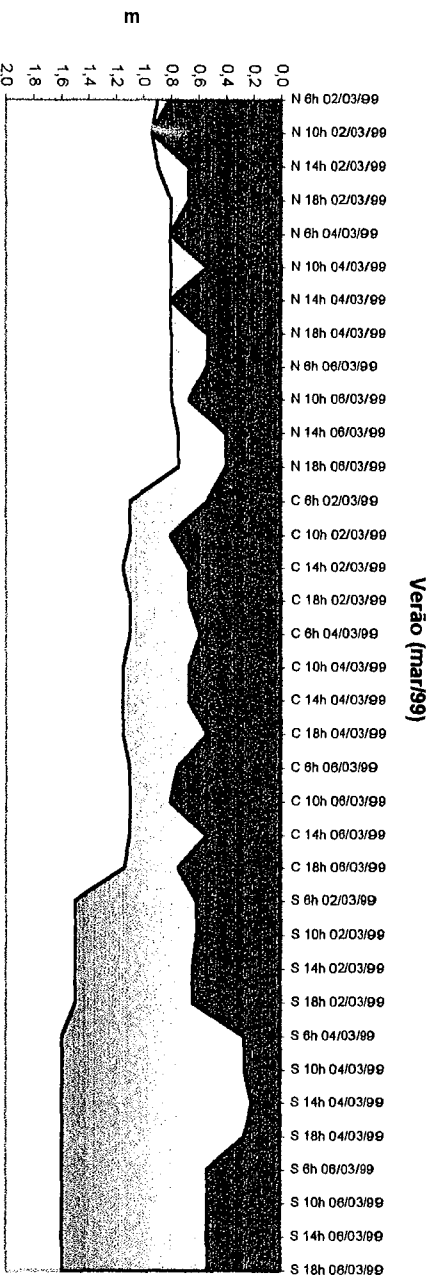
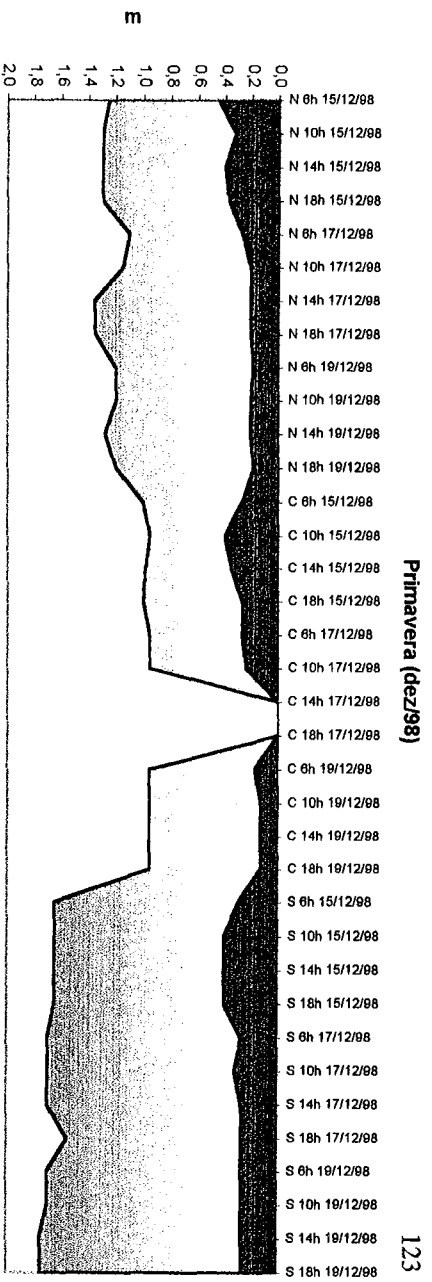


Figura 4.24 - Variação diária da relação entre Zeu e Zafó, sazonalmente em cada ponto e turno de amostragem, na Lagoa Itapeva. Zeu = zona eufórica, Zafó = zona afótica

foram aqui repetidos, isto porque a relação do percentual de radiação superficial é direta com a leitura da profundidade Secchi.

As maiores extensões da zona afótica (Zafo) ocorreram no outono e inverno devido a dois motivos principais: elevação do nível d'água e inclinação solar (Fig. 4.24 e Tabelas 4.24 a 4.27). E como era esperado, as menores foram obtidas no verão, sendo que em três ocasiões a extensão da zona eufótica chegou até a profundidade máxima no ponto Norte. A extensão da Zafo sempre foi maior no Sul, visto que a profundidade neste ponto também sempre foi maior. As relações entre $Z_{eu}:Z_{afo}$ destacaram o verão como a época do ano onde as condições de luminosidade na coluna d'água foram as melhores, mantendo o inverno como situação oposta (Tabelas 4.24 a 4.27).

Como não foi verificado a existência de estratificação na coluna d'água, a zona de mistura (Z_{mix}) correspondeu à extensão total da coluna d'água. Desta forma, as relações existentes entre $Z_{eu}:Z_{mix}$ exibiram o mesmo comportamento da zona eufótica, ou seja, máximo no verão (média 0,57m) e mínima no inverno (média de 0,19m) (Fig. 4.24 e Tabelas 4.24 a 4.27).

A estabilidade da coluna de água é um fator essencial na sucessão fitoplanctônica. Entretanto, em sistemas turbulentos ou com hidrodinâmica complexa as mudanças físicas são responsáveis pelas alterações na comunidade e as relações zona eufótica / zona de mistura ($Z_{eu}:Z_{mix}$), por exemplo, tornam-se fundamentais. Isto porque as razões $Z_{eu}:Z_{mix}$ são limitantes para certos grupos de espécies. Geralmente há alterações na composição relacionadas com o tamanho relativo das células do fitoplâncton, e com a capacidade de crescimento da espécie. Pequenos estrategistas r podem apresentar rápidas taxas de reprodução em ambientes turbulentos (1 a 3 dias), enquanto que estrategistas k mostram respostas com maior duração (4 a 5 dias) (Harris, 1986 *apud* Tundisi, 1990). Neste intuito, as relações destas variáveis físicas associadas à transparência da água com as comunidades planctônicas e, principalmente, com a produção primária foram estabelecidas e correlacionadas com a hidrodinâmica da Lagoa Itapeva (*capítulos 6 a 8*).

Limitação de luz foi uma característica comum observada na Lagoa Itapeva, assim como foi para o lago *Neusiedlersee* (Padisák & Dokulil, 1994). Uma propriedade fortemente seletiva em ambos corpos d'água foi a alta turbidez causada principalmente por partículas inorgânicas que ressuspendem muito facilmente e sedimentam muito vagarosamente. Desta forma, a turbidez teve forte implicação para a radiação subaquática que variou grandemente no tempo e espaço. Certamente uma característica marcante desta lagoa é apresentar a maior parte da coluna d'água afótica, exigindo adaptações ecofisiológicas por parte do fitoplâncton.

CO₂ dissolvido

Mesmo em casos menos típicos, o consumo de CO₂ poderá sempre ser demonstrado pela análise química, principalmente pelas oscilações do valor de pH, o qual se eleva com o esgotamento deste gás. Quando as reservas de CO₂ são pequenas, este poderá ser a matéria mínima, limitando a produtividade da água por sua deficiência quantitativa. Se numa situação de equilíbrio a quantidade de gás carbônico diminui em consequência da ação fotossintética do fitoplâncton, uma parte dos bicarbonatos existentes transforma-se em carbonatos e CO₂ (Kleerekoper, 1990).

Durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva foi verificado que no verão os valores médios foram superiores aos registrados nas outras campanhas (Tabela 4.28). Embora os valores médios durante o inverno tenham se aproximado mais do observado no verão, a diferença na concentração de CO₂ entre os pontos foi mais acentuada no verão que no inverno. Esta homogeneidade não foi somente verificada no inverno, mas também nas demais estações do ano, com exceção do verão.

Tabela 4.28 – Análise descritiva dos valores de CO₂ dissolvido (mg CO₂.L⁻¹) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

CO ₂	Dez/98	Mar/99	Mai/99	Ago/99
Média	2,23	6,36	3,50	5,43
Desvio padrão	0,79	1,79	0,93	2,70
Mínimo	0,88	3,52	1,76	1,76
Máximo	4,40	10,56	5,28	10,56
n	34	36	36	35
NORTE	Dez/98	Mar/99	Mai/99	Ago/99
Média	2,20	5,79	3,59	5,35
Desvio padrão	0,80	1,21	0,88	2,67
Mínimo	0,88	4,40	2,64	2,64
Máximo	3,52	7,92	5,28	9,68
n	12	12	12	12
CENTRO	Dez/98	Mar/99	Mai/99	Ago/99
Média	2,02	7,26	3,67	5,36
Desvio padrão	0,59	2,16	1,12	3,16
Mínimo	0,88	3,52	2,64	1,76
Máximo	2,64	10,56	5,28	10,56
n	10	12	12	11
SUL	Dez/98	Mar/99	Mai/99	Ago/99
Média	2,42	6,01	3,23	5,57
Desvio padrão	0,93	1,63	0,78	2,53
Mínimo	0,88	3,52	1,76	1,76
Máximo	4,40	8,80	4,40	9,68
n	12	12	12	12

Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Águas superficiais normalmente contém menos que 10 mg de CO₂ livre por litro, enquanto que muitas águas subterrâneas podem facilmente exceder esta concentração. A importância do conteúdo de CO₂ na água reside no fato que este pode contribuir

significativamente para a corrosão (APHA, 1992). Além disso, dentro de certos limites pode ser tóxico. Sobre o valor letal da concentração de CO_2 livre na água, para peixes, esse valor varia de 28 até 150 mg.L^{-1} (Kleerekoper, 1990). Desta forma, os valores obtidos para a Lagoa Itapeva encontraram-se dentro do padrão normal para águas naturais, não oferecendo riscos aos níveis tróficos subseqüentes.

O CO_2 presente na atmosfera prontamente se dissolve dentro do sistema aquoso, pois este em equilíbrio com a superfície da água está constantemente sendo dissolvido dentro da fase aquosa. Uma vez que o dióxido de carbono é dissolvido, forma ácido carbônico, um ácido fraco, que então dissocia-se em íon bicarbonato ou carbonato dependendo do pH da água. A porcentagem relativa de cada uma das espécies de carbono presente em um dado tempo ocorre em função do pH. Assim, baixo valor de pH ($< 6,2$) ocorre o predomínio de H_2CO_3 ; valores de pH entre 6,2 e 10,3 o íon bicarbonato (HCO_3^-) é a forma predominante; para valores de pH $> 10,3$ o íon carbonato (CO_3^{2-}) é que predomina (Waite, 1984). Baseado nos valores obtidos de pH pôde-se inferir que o predomínio de CO_2 dissolvido na Lagoa Itapeva estava na forma de íon bicarbonato.

Como a distribuição diária da concentração do CO_2 é fundamental para o conhecimento do metabolismo aquático, especialmente em termos de fotossíntese e respiração, a relação deste gás com a produção primária foi estabelecida para a Lagoa Itapeva (*capítulo 6*).

Alcalinidade

O parâmetro mais comum em uso atualmente para medida do carbono inorgânico total de um sistema é a alcalinidade. Alcalinidade é essencialmente uma medida da habilidade do sistema aquático em resistir à mudança no pH quando um ácido é adicionado. Assim, através da medição de alcalinidade e pH de uma amostra de água é possível determinar o carbono total presente no sistema. Isto permite analisar sistemas aquáticos para nutrientes limitantes, ou qual nutriente que é controlador da produtividade algal. Desta forma, a flora aquática provavelmente usa carbono procedente da alcalinidade para seu crescimento ao invés do dióxido de carbono livre da atmosfera (Waite, 1984).

Infelizmente, devido às falhas laboratoriais, não se obteve valores de alcalinidade total para as campanhas da primavera e verão, sendo os valores discutidos apenas para as demais estações do ano. Assim, o inverno apresentou maiores valores de alcalinidade do que o outono (Tabela 4.29). Provavelmente esta redução verificada no outono (a metade do valor obtido no

inverno) esteja relacionada com a floração de cianobactérias (Cardoso et al., em preparação), que devido à alta densidade tenha elevado o consumo de carbono na atividade fotossintética.

Tabela 4.29 – Análise descritiva dos valores de alcalinidade total ($\text{mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

Alcalinidade	<i>Dez/98</i>	<i>Mar/99</i>	<i>Mai/99</i>	<i>Ago/99</i>
Média			8,08	19,03
Desvio padrão			4,17	3,48
Mínimo			2,00	13,00
Máximo			16,00	27,00
n			36	35
NORTE	<i>Dez/98</i>	<i>Mar/99</i>	<i>Mai/99</i>	<i>Ago/99</i>
Média			7,67	17,58
Desvio padrão			3,58	2,84
Mínimo			2,00	13,00
Máximo			13,00	23,00
n			12	12
CENTRO	<i>Dez/98</i>	<i>Mar/99</i>	<i>Mai/99</i>	<i>Ago/99</i>
Média			7,67	21,18
Desvio padrão			4,74	4,09
Mínimo			2,00	14,00
Máximo			14,00	27,00
n			12	11
SUL	<i>Dez/98</i>	<i>Mar/99</i>	<i>Mai/99</i>	<i>Ago/99</i>
Média			8,92	18,50
Desvio padrão			4,36	2,61
Mínimo			3,00	14,00
Máximo			16,00	22,00
n			12	12

Dez/98= primavera, *Mar/99*= verão, *Mai/99*= outono, *Ago/99*= inverno

Dureza

Originalmente, dureza da água foi compreendida a ser uma medida da capacidade da água a precipitar sabão, sendo este precipitado principalmente pelos íons cálcio e magnésio presentes. Desta forma, dureza total é definida como a soma das concentrações de cálcio e magnésio, ambas expressam como carbonato de cálcio, em miligramas por litro. Quando a dureza é numericamente maior que a soma da alcalinidade de carbonato e bicarbonato, esta quantia de dureza equivalente à alcalinidade total é chamada “dureza carbonato”; a quantia de dureza em excesso desta é chamada “dureza não carbonato”, estando associada aos cloretos e sulfatos. Por outro lado, quando a dureza é igual ou menor que a soma da alcalinidade de carbonato e bicarbonato, toda a dureza é dureza carbonato e dureza não carbonato está ausente. A dureza pode variar de zero a centenas de miligramas por litro (APHA, 1992).

A dureza na Lagoa Itapeva não apresentou diferenças marcantes entre as campanhas sazonais, porém a média foi levemente superior no outono (Tabela 4.30). Geralmente, as maiores concentrações médias foram constatadas no ponto Centro. A dureza foi superior à

alcalinidade durante o outono, e em média menor durante o inverno (Tabela 4.29). Desta forma no outono, a “dureza não carbonato” pareceu estar mais associada aos cloretos que sulfatos, visto que as concentrações médias dos cloretos é que foram superiores nesta estação do ano em comparação ao inverno (Tabela 4.35).

Segundo a classificação qualitativa das águas de acordo com o nível de dureza (Tchobanoglous & Schroeder, 1987), a Lagoa Itapeva foi incluída na categoria de águas moles (dureza $<50 \text{ mg.L}^{-1}$ ou $<1 \text{ meq.L}^{-1}$).

Tabela 4.30 – Análise descritiva dos valores de dureza ($\text{mg CaCO}_3.\text{L}^{-1}$) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

Dureza	<i>Dez/98</i>	<i>Mar/99</i>	<i>Mai/99</i>	<i>Ago/99</i>
Média	16,70	17,26	19,79	17,11
Desvio padrão	2,62	4,51	4,81	2,59
Mínimo	10,92	10,92	13,65	11,83
Máximo	24,57	34,58	35,49	22,75
n	34	36	36	35
NORTE	<i>Dez/98</i>	<i>Mar/99</i>	<i>Mai/99</i>	<i>Ago/99</i>
Média	16,00	16,76	19,41	17,97
Desvio padrão	2,37	2,81	4,87	2,13
Mínimo	10,92	11,83	14,56	16,38
Máximo	18,20	20,02	32,76	22,75
n	12	12	12	12
CENTRO	<i>Dez/98</i>	<i>Mar/99</i>	<i>Mai/99</i>	<i>Ago/99</i>
Média	17,29	19,11	21,99	17,37
Desvio padrão	2,27	6,27	5,49	2,01
Mínimo	13,65	12,74	15,47	13,65
Máximo	20,93	34,58	35,49	20,93
n	10	12	12	11
SUL	<i>Dez/98</i>	<i>Mar/99</i>	<i>Mai/99</i>	<i>Ago/99</i>
Média	16,91	15,93	17,97	16,00
Desvio padrão	3,14	3,42	3,30	3,21
Mínimo	12,74	10,92	13,65	11,83
Máximo	24,57	20,93	23,66	22,75
n	12	12	12	12

Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Sólidos

Refere-se à matéria suspensa ou dissolvida na água. Sólidos podem afetar a qualidade da água ou efluente adversamente de diversas formas. Águas com elevada quantidade de sólidos dissolvidos geralmente são de palatabilidade inferior e podem induzir uma reação fisiológica desfavorável no consumidor. Por estas razões, um limite de 500 mg de sólidos dissolvidos por litro é recomendável para água potável. Além disso, análises de sólidos são importantes no controle dos processos biológicos e físicos do tratamento de águas residuárias (APHA, 1992).

PRIMAVERA

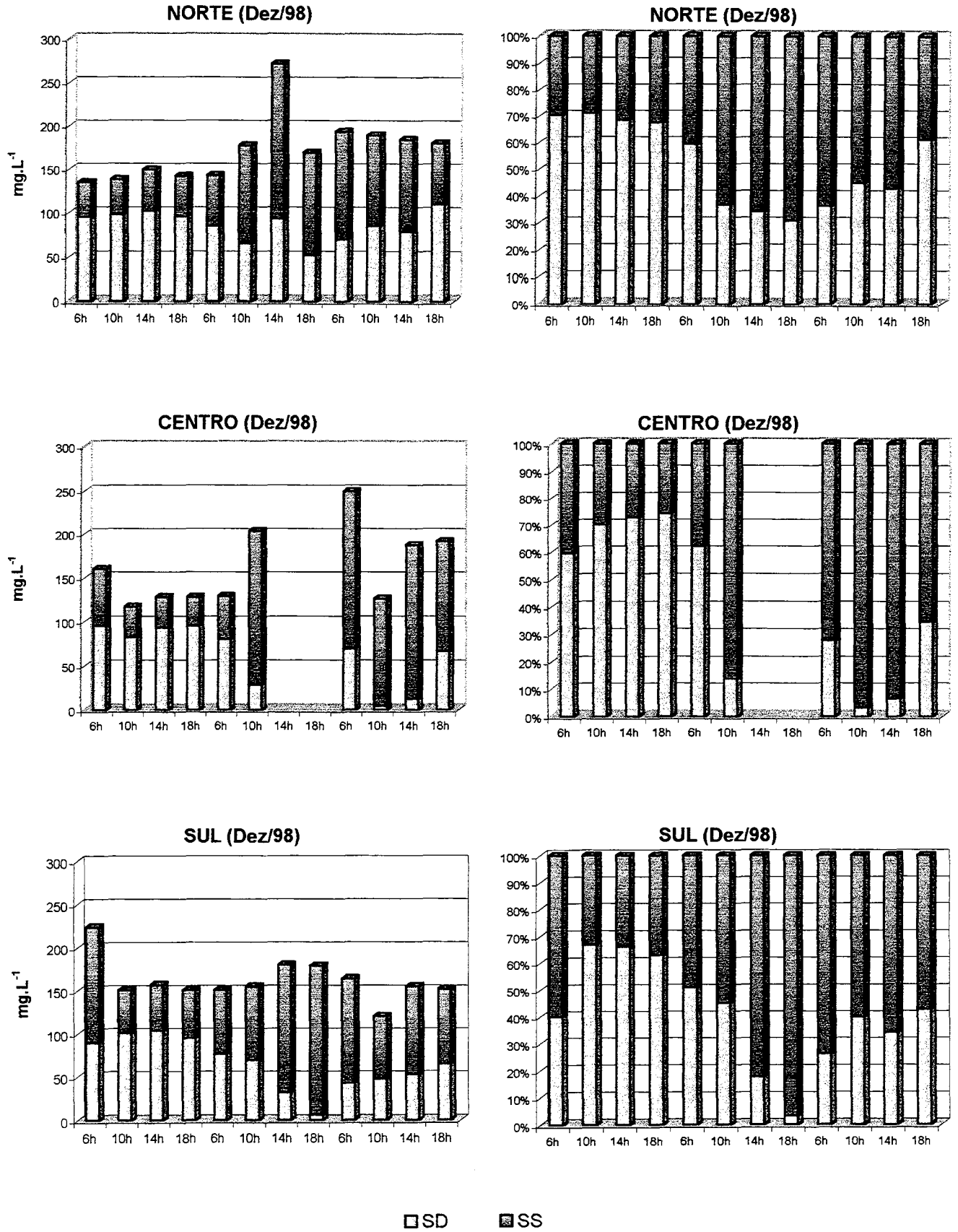


Figura 4.25 - Distribuição dos valores de sólidos durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva, em cada ponto de amostragem. SD = sólidos dissolvidos, SS = sólidos suspensos

As concentrações de sólidos totais nas campanhas seguiram o mesmo comportamento sazonal evidenciado pela turbidez, ou seja, máximas no inverno e mínimas no verão (Tabela 4.31). Os fatores que determinam a dinâmica do material em suspensão de sistemas lagunares são: o aporte fluvial e da maré, contribuição alóctone (vegetação marginal), pequena profundidade (promovendo o acoplamento do metabolismo pelágico e bêntico), e ressuspensão de matéria do fundo (devido à homogeneização da água pelo vento) (Knoppers & Moreira, 1990). No caso da Lagoa Itapeva, o efeito do *fetch* é que foi o mecanismo desencadeador da hidrodinâmica, agindo diretamente na ressuspensão do material de fundo. Tanto que no outono e inverno, o gradiente crescente de S→N foi uma resposta direta a este *fetch* (Figs. 4.28 e 4.30). O inverso ocorreu no verão, ou seja, um gradiente crescente N→S em função dos ventos de direção NE (Fig. 4.26).

A relação entre sólidos suspensos e dissolvidos nas amostras também foi uma resposta direta à hidrodinâmica diária (Tabela 4.31), onde os sólidos suspensos exibiram o mesmo gradiente observado com relação aos sólidos totais no verão e inverno (Figs. 4.26 e 4.30). Com exceção da primavera (Fig. 4.25), geralmente os valores de sólidos dissolvidos excederam a concentração dos suspensos. Os momentos onde a relação inversa foi observada estiveram em íntima relação com aspectos hidrodinâmicos.

Cabe uma pequena discussão sobre problemas metodológicos na análise destas frações de sólidos. Em primeiro lugar, sólidos suspensos não sedimentam no teste do cone de Imhoff, assim, não poderiam ser removidos por método de sedimentação gravitacional convencional. As argilas são típicos sólidos suspensos coloidais, porém na prática, o termo sólido coloidal raramente é usado. De fato, sólidos são divididos em dois amplos grupos: dissolvidos (incluindo partículas suspensas pequenas e coloidais) e suspensos (incluindo os sedimentáveis). A distinção entre estes grupos é realizada usando uma membrana filtrante com tamanho de poro de aproximadamente 1,2 μm , onde o que passa é considerado dissolvido e o que fica retido, suspenso (Tchobanoglous & Schroeder, 1987). Como este método também foi aqui empregado, ficou nítido que nesta fração “dissolvida” incluiu parte do material em suspensão. Basta confrontar com os valores de condutividade, onde o valor máximo registrado ($156,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) apresenta uma força iônica (I) estimada de 0,003, o que caracteriza águas muito diluídas ($I < 1 \times 10^{-2}$), e conseqüentemente, desfavoráveis a precipitações de íons dissolvidos na água (Tchobanoglous & Schroeder, op cit.). Realmente, se o objetivo deste trabalho fosse avaliar impactos ambientais neste corpo d’água, até os métodos operacionais onde a utilização de membrana com porosidade de 0,45 μm é rotineira, apresentam problemas para a fração dissolvida conforme alertado por Laybauer & Bidone

VERÃO

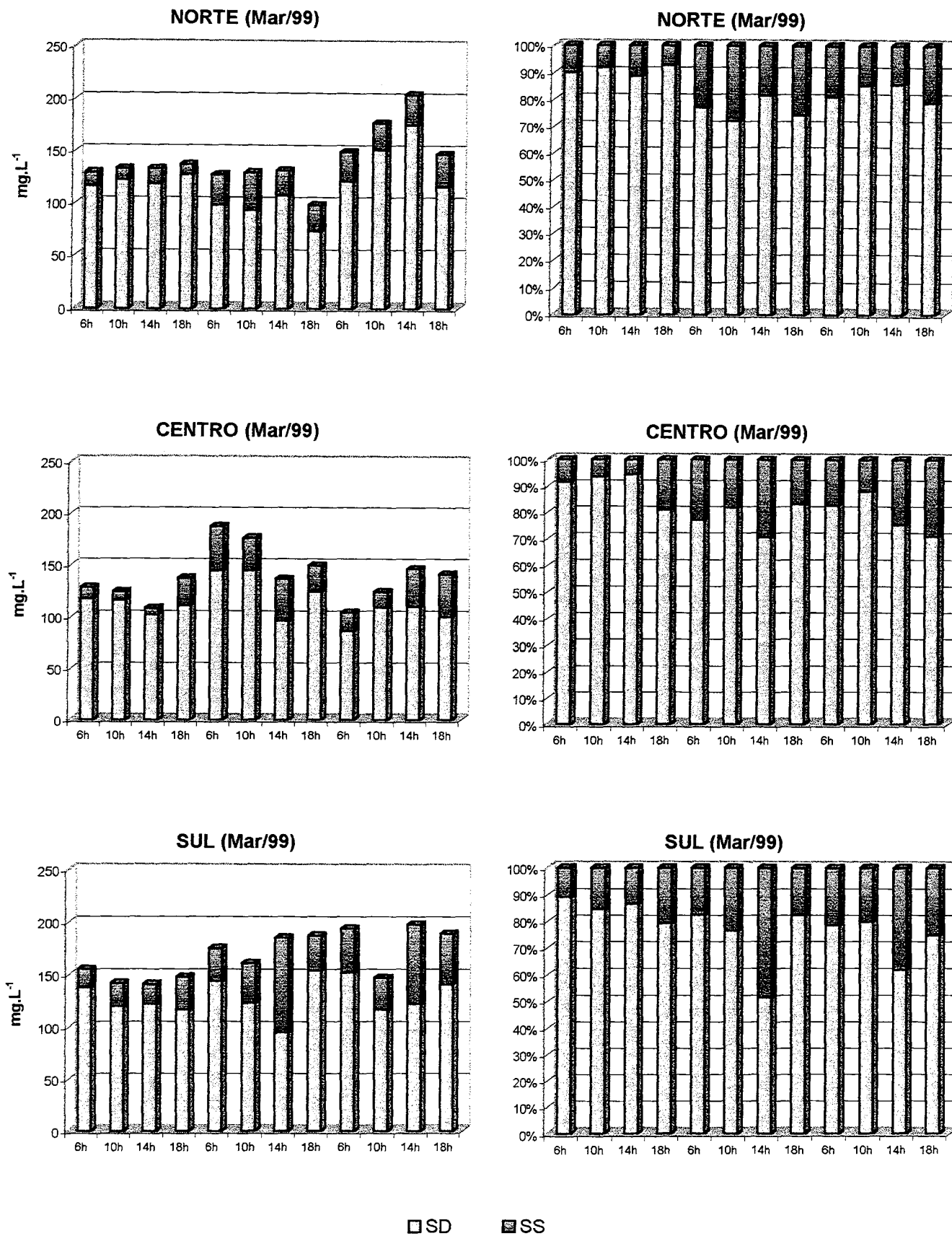


Figura 4.26 - Distribuição dos valores de sólidos durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva, em cada ponto de amostragem. SD = sólidos dissolvidos, SS = sólidos suspensos

VERÃO

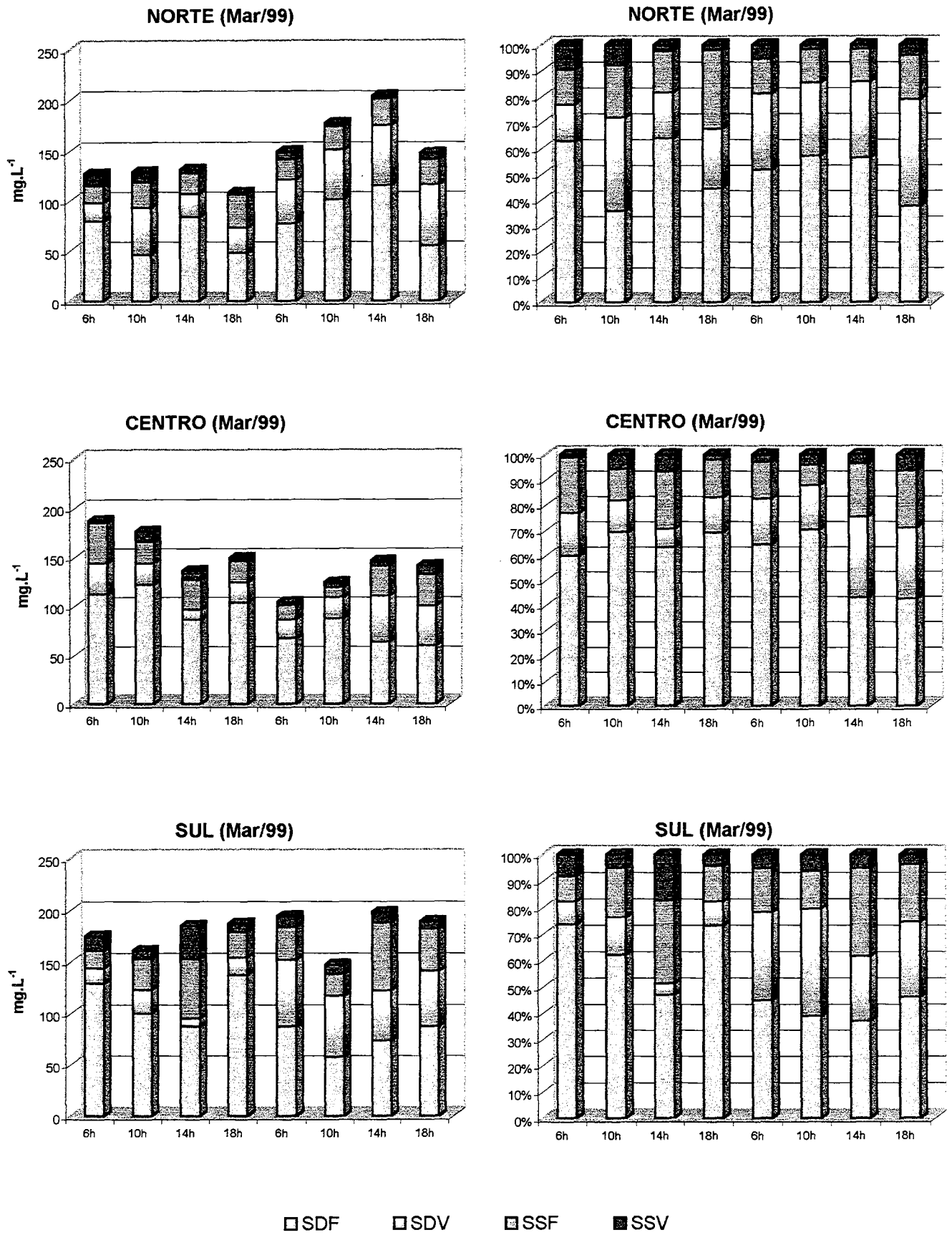


Figura 4.27 - Distribuição dos valores de sólidos durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva, em cada ponto de amostragem. SDF = sólidos dissolvidos fixos, SDV = sólidos dissolvidos voláteis, SSF = sólidos suspensos fixos, SSV = sólidos suspensos voláteis

(1998). Assim, neste trabalho ocorreu uma subestimação dos valores de sólidos suspensos e uma superestimação dos sólidos dissolvidos.

Quanto à primavera, a partir do segundo dia (17/dez) ocorreu um predomínio de sólidos suspensos nas amostras (>50%) em todos os pontos de amostragem (Fig. 4.25). Isto porque no início da campanha os ventos eram do quadrante NE, mudando para predominantemente W a partir do segundo dia (*capítulo 3*, Fig. 3.8). Embora o *fetch* gerado de W tenha seu efeito mais intenso no ponto Centro, a dispersão do seu movimento ao longo da lagoa foi quase homogênea. Tanto que os valores máximos de partículas em suspensão foram bastante próximos entre os pontos e turnos de amostragem. Além disso, existe a foz do Rio Três Forquilhas bem na altura do ponto Centro, e como este está mais próximo do Sul, o efeito em ambos é quase simultâneo, dependendo da direção do vento. Este efeito no Centro foi tão intenso no segundo dia a ponto de ter inviabilizado amostragens no turno da tarde, onde a velocidade média do vento era $>8 \text{ m.s}^{-1}$ e máxima em torno de 15 m.s^{-1} . Estas velocidades de ventos associadas ao *fetch* podem produzir ondas de 0,7-1,2 m, como a profundidade no local esteve entre 0,95-1,0 m, o efeito de ressuspensão foi bastante drástico. Neste turno a direção do vento estava deslocando-se mais para WNW, chegando a produzir uma quantidade de partículas em suspensão >90% da totalidade no ponto Sul. Tal feito foi constatado no ponto Centro no terceiro dia (19/dez) quando os ventos foram do quadrante WSW.

Durante o verão, situação oposta a esta da primavera foi constatada, ou seja, grande predomínio de sólidos dissolvidos na coluna d'água (Tabela 4.31). A quantidade de partículas em suspensão foi maior no Sul (90 mg.L^{-1}) justamente quando a velocidade média do vento ($>6 \text{ m.s}^{-1}$) foi maior entre os turnos de amostragem (Fig. 4.26).

No outono, as maiores concentrações de sólidos suspensos ocorreram no primeiro dia (21/mai) no Norte e Centro, correspondendo a >50% em relação à totalidade (Fig. 4.28). Também foi visto que o início da campanha de outono coincidiu com a chegada de uma forte frente fria de quadrante SW, causando um efeito mais intenso nestes pontos da lagoa. No final da campanha, quando a direção do vento oscilou 180° , o efeito de NE no Sul se fez sentir com o registro da concentração máxima de sólidos suspensos (107 mg.L^{-1} , correspondendo a >50% dos sólidos).

O ponto Norte foi o único local que apresentou uma concentração de sólidos suspensos maior que dissolvidos durante o inverno (Tabela 4.31), especialmente durante os dois primeiros dias de campanha (Fig. 4.30). Isto somente ocorreu no Centro durante o primeiro dia de amostragem (14/ago), quando a direção do vento oscilou WSW-W. Como

OUTONO

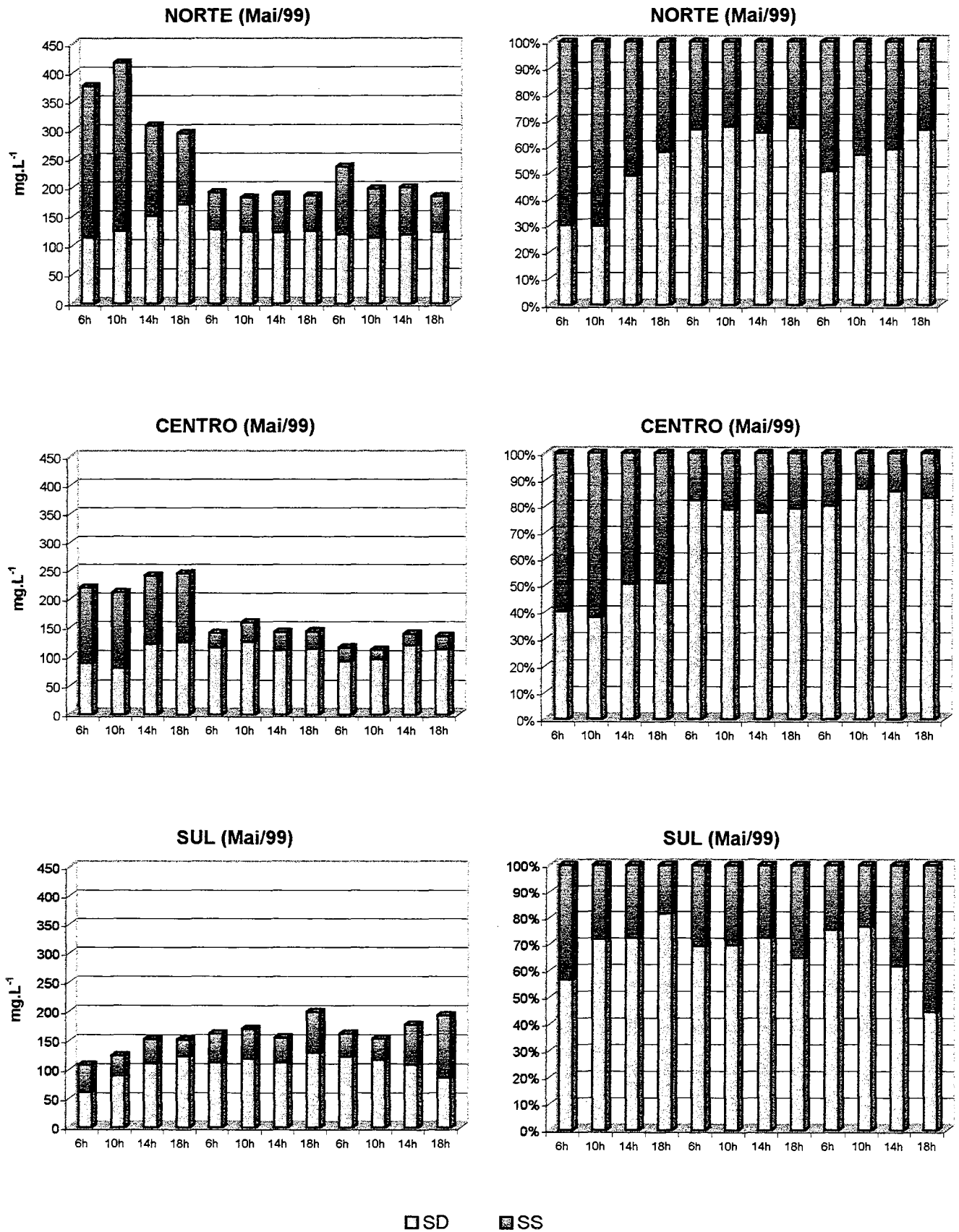


Figura 4.28 - Distribuição dos valores de sólidos durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva, em cada ponto de amostragem. SD = sólidos dissolvidos, SS = sólidos suspensos

OUTONO

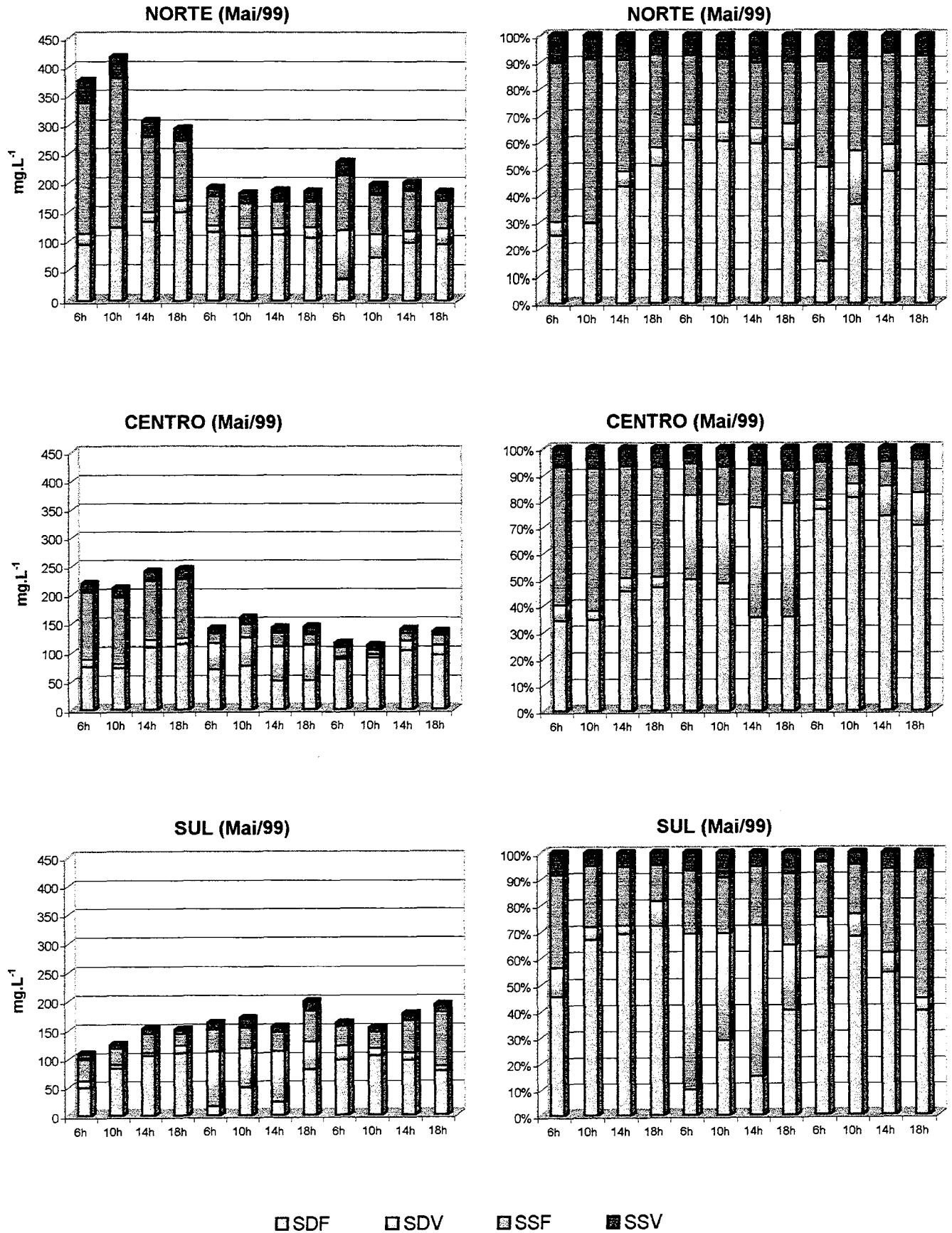


Figura 4.29 - Distribuição dos valores de sólidos durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva, em cada ponto de amostragem. SDF = sólidos dissolvidos fixos, SDV = sólidos dissolvidos voláteis, SSF = sólidos suspensos fixos, SSV = sólidos suspensos voláteis

havia sido mencionada anteriormente, a frente fria durante o inverno foi predominantemente de WSW não atingindo tão intensamente o Centro. Isto porque esta direção contribui para um deslocamento do deságüe do rio Três Forquilhas mais para o Norte. Somente no final da campanha os ventos mudaram de quadrante, soprando de NE, mas a velocidade média deste foi baixa durante o dia (em torno de 5 m.s^{-1}) aumentando somente no final do período. Isto não foi tempo suficiente para ser observada uma resposta no Sul, visto que a concentração de sólidos suspensos foi sempre inferior a 50% do total (Fig. 4.30).

Os valores de sólidos dissolvidos totais sempre estiveram abaixo do limite estabelecido na resolução nº20 do CONAMA (1992), como sendo de 500 mg.L^{-1} para todas as classes de água doce.

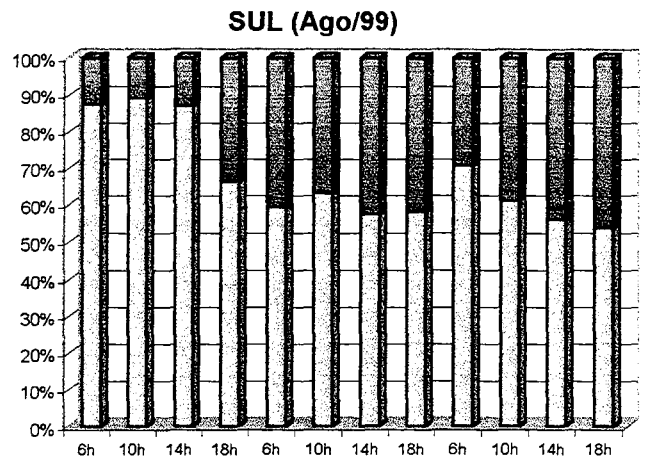
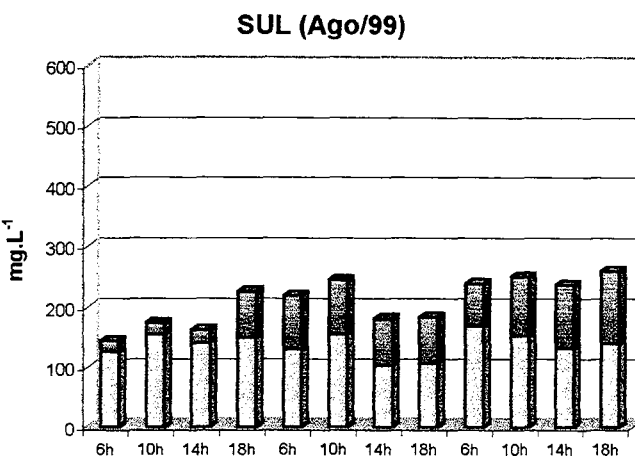
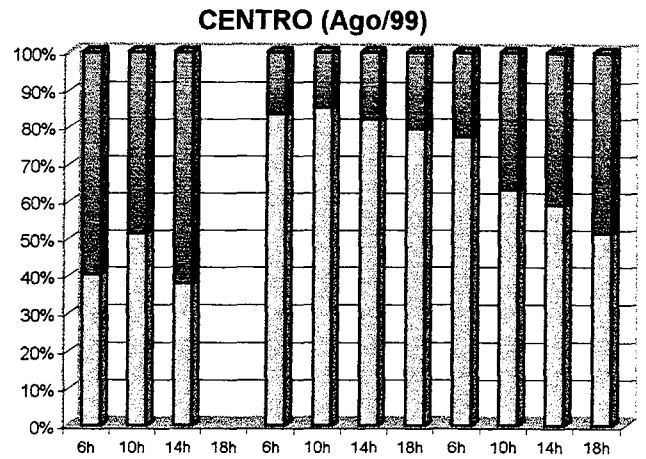
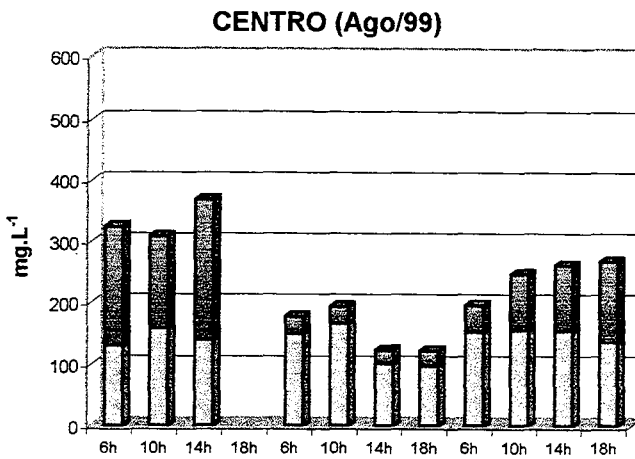
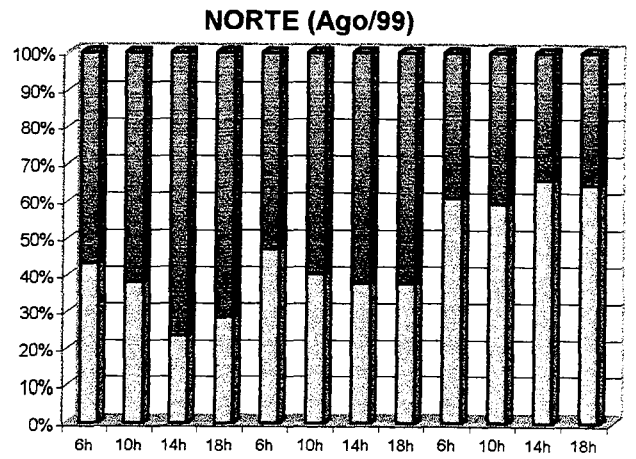
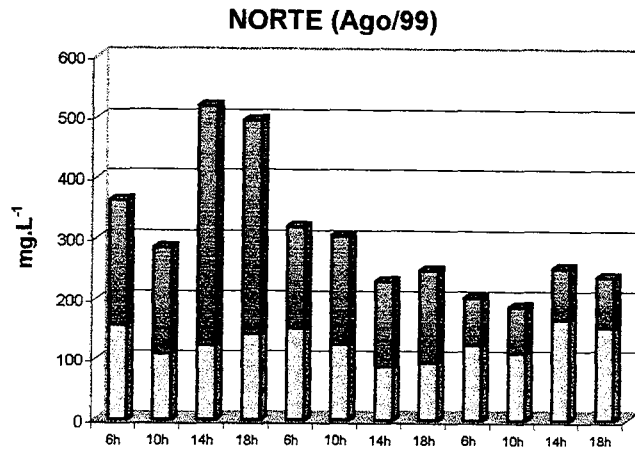
Embora o maior efeito de *fetch* na Lagoa Itapeva seja no sentido S→N de direção SW e WSW, a grande distância do ponto Norte em relação ao Sul (aproximadamente 28 km) amortiza seu efeito. Talvez por isso a concentração das partículas em suspensão tivesse sido inferior a 80% do total, não repetindo o efeito verificado nos pontos Centro e Sul durante a primavera.

Tabela 4.31 – Análise descritiva dos valores de sólidos (mg.L^{-1}) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

Sólidos	Dez/98			Mar/99			Mai/99			Ago/99		
	ST	SS	SD	ST	SS	SD	ST	SS	SD	ST	SS	SD
Média	167,18	93,82	71,71	149,61	29,31	120,03	190,14	82,14	115,28	243,40	114,66	134,63
Desvio padrão	33,23	47,61	29,03	29,10	17,11	21,25	88,25	67,31	18,37	86,07	86,89	22,72
Mínimo	121,00	33,00	4,00	104,00	6,00	73,00	89,00	16,00	61,00	117,00	18,00	86,00
Máximo	276,00	180,00	110,00	220,00	90,00	175,00	498,00	293,00	148,00	494,00	397,00	168,00
n	34	34	34	36	36	36	36	36	36	35	35	35
NORTE	ST	SS	SD	ST	SS	SD	ST	SS	SD	ST	SS	SD
Média	172,25	86,75	85,83	138,58	23,08	118,08	243,92	133,92	124,67	310,17	175,58	127,17
Desvio padrão	37,72	43,41	16,81	16,57	8,64	26,32	115,68	84,01	12,35	100,33	104,03	25,60
Mínimo	134,00	40,00	52,00	122,00	10,00	73,00	122,00	63,00	109,00	202,00	76,00	86,00
Máximo	276,00	179,00	110,00	178,00	36,00	175,00	498,00	293,00	144,00	494,00	397,00	165,00
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
CENTRO	ST	SS	SD	ST	SS	SD	ST	SS	SD	ST	SS	SD
Média	166,40	99,40	62,40	140,25	25,08	113,25	162,67	61,00	113,83	221,73	95,27	139,55
Desvio padrão	39,42	62,82	34,88	32,28	13,39	17,59	64,41	49,60	19,46	67,04	73,24	22,43
Mínimo	121,00	33,00	4,00	104,00	6,00	86,00	89,00	16,00	80,00	117,00	22,00	97,00
Máximo	246,00	180,00	95,00	219,00	43,00	144,00	257,00	131,00	148,00	337,00	229,00	165,00
n	10	10	10	12	12	12	12	12	12	11	11	11
SUL	ST	SS	SD	ST	SS	SD	ST	SS	SD	ST	SS	SD
Média	162,75	96,25	65,33	170,00	39,75	128,75	163,83	51,50	107,33	196,50	71,50	137,58
Desvio padrão	23,83	39,96	30,15	26,39	22,30	17,22	50,16	21,48	19,37	31,84	34,32	19,70
Mínimo	124,00	50,00	6,00	131,00	17,00	95,00	99,00	28,00	61,00	144,00	18,00	103,00
Máximo	225,00	173,00	104,00	220,00	90,00	154,00	261,00	107,00	129,00	244,00	120,00	168,00
n	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

ST = sólido total, SS = sólido suspenso, SD = sólido dissolvido, Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

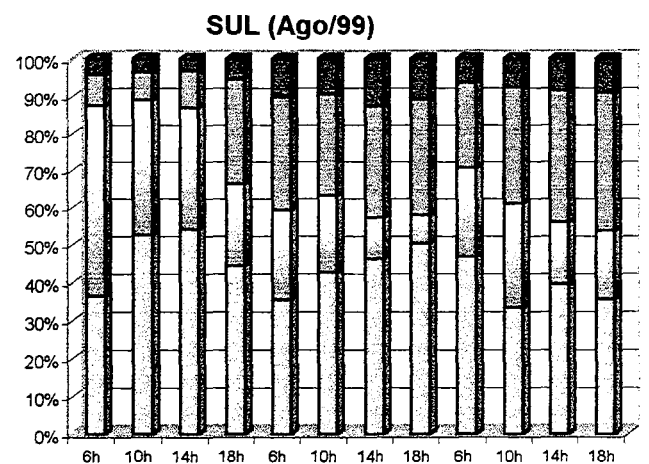
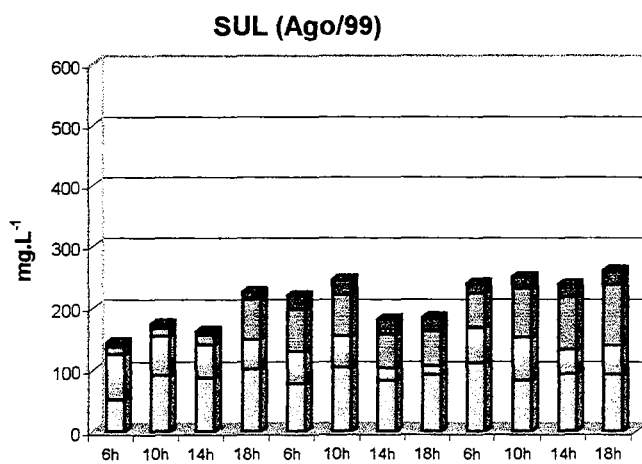
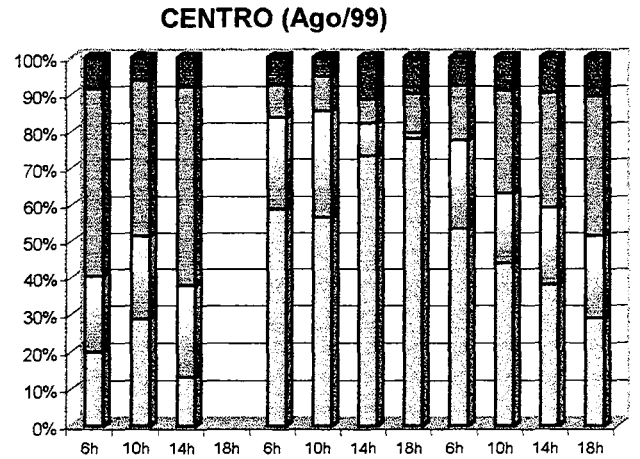
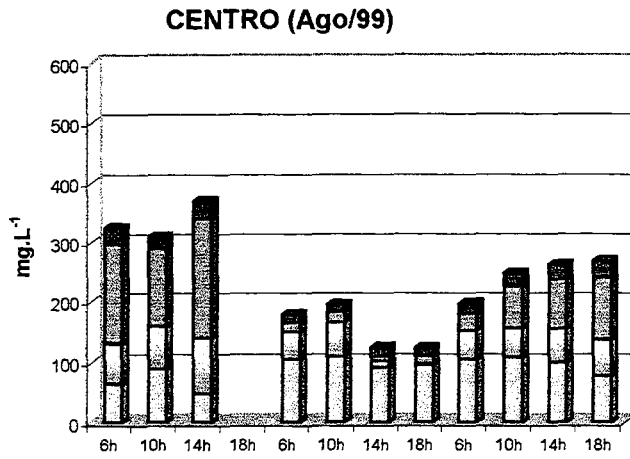
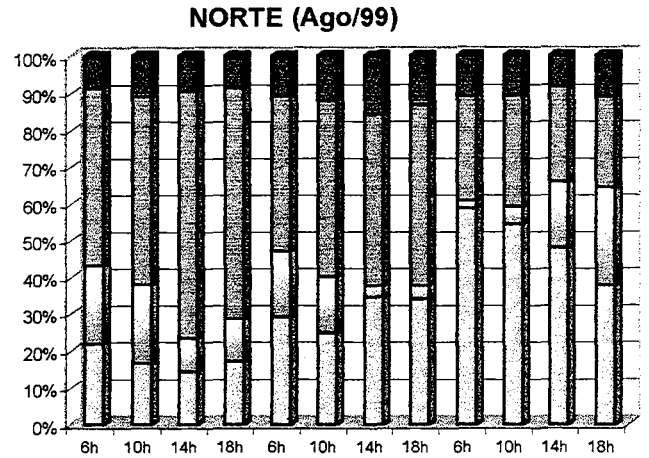
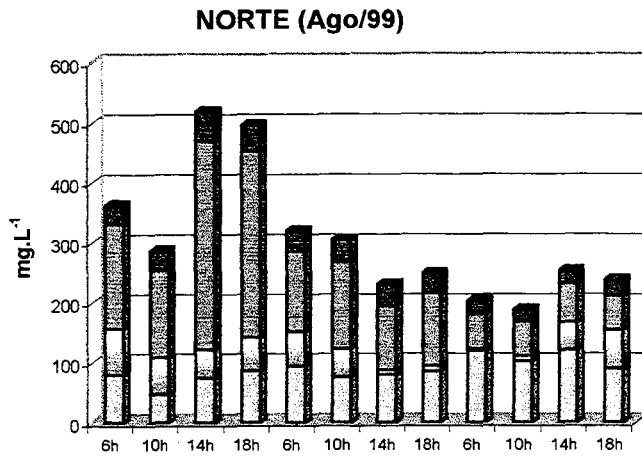
INVERNO



□ SD ■ SS

Figura 4.30- Distribuição dos valores de sólidos durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva, em cada ponto de amostragem. SD = sólidos dissolvidos, SS = sólidos suspensos

INVERNO



□ SDF □ SDV □ SSF ■ SSV

Figura 4.31 - Distribuição dos valores de sólidos durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva, em cada ponto de amostragem. SDF = sólidos dissolvidos fixos, SDV = sólidos dissolvidos voláteis, SSF = sólidos suspensos fixos, SSV = sólidos suspensos voláteis

A análise do material em suspensão pode demonstrar predominância de material inorgânico, orgânico detritico ou vivo. A composição química da matéria orgânica varia: (a) com a razão entre a fração detritica e viva; (b) com relação à origem da fração detritica; (c) com a composição, sucessão e estado fisiológico das populações planctônicas (Knoppers & Moreira, 1990).

Infelizmente não foi analisada a relação entre os sólidos fixos e voláteis durante a primavera. Contudo, para as demais estações do ano foi constatado que a grande maioria destes nas amostras eram de origem inorgânica (Tabela 4.32, Figs. 4.27, 4.29 e 4.31).

Geralmente, a fração inorgânica (fixo) foi maior que a orgânica (volátil), sendo que as maiores médias foram registradas para o inverno em ambas (Tabela 4.32). Durante o verão, as maiores médias freqüentemente foram concentradas no ponto Sul, enquanto que no outono e inverno, no Norte.

Tabela 4.32 – Análise descritiva dos valores de sólidos (mg.L^{-1}), nas frações orgânicas e inorgânicas, obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva, onde: SSF = sólido suspenso fixo, SSV = sólido suspenso volátil, SDF = sólido dissolvido fixo, SDV = sólido dissolvido volátil.

Sólidos	Mar/99				Mai/99				Ago/99			
	SSF	SSV	SDF	SDV	SSF	SSV	SDF	SDV	SSF	SSV	SDF	SDV
Média	28,5	8,0	86,0	34,7	67,5	14,6	74,8	40,4	92,1	22,6	88,4	46,2
Desvio padrão	12,8	6,1	25,3	18,1	59,0	8,9	25,3	27,3	77,9	10,2	17,7	22,9
Mínimo	10,0	2,0	46,0	8,0	10,0	4,0	16,0	1,0	8,0	5,0	47,0	2,0
Máximo	66,0	32,0	137,0	65,0	256,0	39,0	123,0	96,0	348,0	49,0	120,0	91,0
n	24	24	24	24	36	36	36	36	35	35	35	35
NORTE												
Média	23,9	5,9	75,8	41,0	110,9	23,0	79,5	45,2	143,7	31,9	87,0	40,2
Desvio padrão	4,9	3,8	24,9	16,9	74,5	9,9	24,3	27,2	96,0	8,8	19,9	25,8
Mínimo	17,0	2,0	46,0	18,0	46,0	12,0	36,0	1,0	56,0	20,0	47,0	4,0
Máximo	33,0	12,0	115,0	61,0	256,0	39,0	123,0	83,0	348,0	49,0	120,0	77,0
n	8	8	8	8	12	12	12	12	12	12	12	12
CENTRO												
Média	25,5	5,8	87,5	26,6	49,9	11,1	71,0	42,8	75,8	19,5	89,6	49,9
Desvio padrão	10,1	3,2	23,3	12,1	45,2	5,0	19,1	20,5	67,1	7,0	19,5	25,3
Mínimo	10,0	2,0	60,0	10,0	10,0	4,0	37,0	7,0	8,0	10,0	48,0	2,0
Máximo	41,0	10,0	122,0	47,0	116,0	21,0	109,0	62,0	200,0	29,0	109,0	91,0
n	8	8	8	8	12	12	12	12	11	11	11	11
SUL												
Média	36,3	12,3	94,6	36,4	41,8	9,8	74,0	33,3	55,3	16,2	88,7	48,8
Desvio padrão	17,6	8,3	26,9	22,9	19,5	3,5	32,2	33,6	28,0	7,1	14,9	17,7
Mínimo	17,0	7,0	57,0	8,0	21,0	6,0	16,0	5,0	12,0	5,0	52,0	14,0
Máximo	66,0	32,0	137,0	65,0	95,0	16,0	109,0	96,0	97,0	23,0	111,0	73,0
n	8	8	8	8	12	12	12	12	12	12	12	12

Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Durante o verão as análises foram feitas somente para os 2º e 3º dias, onde para a fração dissolvida, em duas situações no Norte (2º dia - 10h, com 47 mg.L⁻¹ e 3º dia - 18h, com 61 mg.L⁻¹) e uma no Sul (3º dia - 10h, com 60 mg.L⁻¹) a porção orgânica desta foi levemente superior à inorgânica (Fig. 4.27), sendo baixa a concentração total de íons nestas amostras.

Durante o outono, novamente em alguns turnos a fração volátil dos sólidos dissolvidos superou a inorgânica, tendo sido estas concentradas no 2º dia nos pontos Centro e Sul (Fig. 4.29). Pela primeira vez, na fração suspensa ocorreu equivalência entre as partes orgânicas e inorgânicas destes sólidos, sendo registrada no ponto Centro (3º dia - 10h, com 7 e 8 mg.L⁻¹).

No inverno, com relação à fração dissolvida somente no Centro (1º dia - 14h, com 91 mg.L⁻¹) e Sul (1º dia - 6h, com 73 mg.L⁻¹) a parte orgânica foi superior. Novamente no Centro (2º dia - 14h, com 14 e 8 mg.L⁻¹ respectivamente) a porção orgânica em suspensão foi agora maior que a inorgânica (Fig. 4.31).

Também foi registrado o inverno como a estação onde foram observados os maiores valores de sólidos suspensos, orgânicos e inorgânicos, para outras lagoas costeiras do litoral norte do RS (Pedrozo, 2000), bem como o verão com os menores. Este fato evidencia um comportamento sazonal típico para estas lagoas costeiras, sendo o vento a força física gestora de tal padrão.

O gradiente decrescente de IQA para as lagoas costeiras do litoral norte do RS já havia sido constatado, bem como uma situação de pior qualidade de água durante o inverno. Também já havia sido verificado que a qualidade desta água durante a primavera decrescia em função das elevações de turbidez e da concentração dos sólidos totais (Cardoso et al., 1997). Assim, estes resultados encontrados para a Lagoa Itapeva apontam para uma maior concentração de material em suspensão na primavera, interferindo na turbidez da água; enquanto que durante o inverno, a elevada concentração de sólidos totais foi que interferiu na elevação da turbidez no sistema.

Nitrogênio

A principal entrada de nitrogênio ao ciclo em sistemas naturais é através da fixação do nitrogênio atmosférico, e a principal saída é a perda do gás nitrogênio para atmosfera a partir da denitrificação (Waite, 1984).

A importância do nitrogênio para a formação dos compostos orgânicos, e o fato das formas mais bem assimiláveis (em primeiro lugar os nitratos) serem encontrados comumente em quantidades mínimas, fazem com que o estudo das formas de nitrogênio na água e sua correlação com a biologia se encontre num dos primeiros planos dos estudos limnológicos

sobre a produtividade biológica. No auge do desenvolvimento do plâncton, os nitratos estão no mínimo, enquanto que nas épocas de produção planctônica reduzida, a quantidade de nitratos alcança seu máximo em detrimento das formas orgânicas. A amônia é o último produto da decomposição dos compostos orgânicos de nitrogênio. Nitratos, nitritos, amônia e os sais dessa formam a parte inorgânica do nitrogênio solúvel na água. A parte orgânica do nitrogênio deriva de excreções e secreções dos organismos, assim como das próprias células quando decompostas. Os ácidos amínicos ocupam um lugar preponderante nas formas de N orgânico solúvel, onde o desenvolvimento máximo do zooplâncton é acompanhado por uma depressão destes ácidos na água. É particularmente interessante notar que o aumento de N orgânico solúvel é sempre acompanhado por um aumento do insolúvel, ou seja, dos organismos planctônicos (Kleerekoper, 1990).

A maior concentração de nitrogênio total Kjeldahl (NTK) ocorreu na primavera (média $2,7 \text{ mg.L}^{-1}$) e a menor durante o outono (média $0,88 \text{ mg.L}^{-1}$) (Tabela 4.33). O comportamento entre os pontos evidenciou uma maior estabilidade diária durante a primavera, sendo no Norte levemente decrescente no decorrer da campanha, enquanto que no Centro e Sul um padrão oposto a este (Fig. 4.32). Esta maior homogeneidade na distribuição do NTK dentro e entre os pontos esteve em estreita relação com a constante perturbação do sistema em função do regime de ventos. Por outro lado, durante o verão somente o Sul manteve uma maior estabilidade diária em relação aos outros pontos, porém em todos ocorreu uma tendência levemente decrescente de concentração ao longo da campanha (Fig. 4.32). No período de menor concentração em termos de NTK, o outono, novamente o Sul exibiu o mesmo padrão de distribuição e o Centro com uma maior estabilidade ao longo da campanha (Fig. 4.33). O Norte destoou dos demais, pois sua concentração média foi superior ao valor médio da campanha, muitas vezes chegando a ser praticamente o dobro dos demais pontos (Fig. 4.33). Certamente esta discrepância do Norte esteja fortemente vinculada à hidrodinâmica desencadeada nesta época do ano, como já foi discutida anteriormente. Já durante o inverno, foi a única estação onde o Sul apresentou uma maior oscilação diária ao longo da campanha (Fig. 4.33). O Centro manteve uma maior estabilidade, decrescendo levemente no meio da campanha, e o Norte novamente com um padrão semelhante ao outono (Fig. 4.33). Como também já era esperado em termos de hidrodinâmica que este comportamento fosse repetido no Norte e levemente perturbado no Centro, pois a direção predominante do *fetch* foi de WSW no início da campanha virando para NE no final desta.

A amônia pode aparecer como um gás (NH_3) ou como íon amônio (NH_4^+) dependendo do pH, sendo que o pH de equilíbrio para o sistema amônia-amônio é aproximadamente 9,3.

Em sistemas naturais de pH neutro o íon amônio é a forma predominante, contudo para sistemas onde o pH tem sido aumentado, tais como em lagos de alta produtividade, uma quantia significativa de gás amônia volatiliza para a atmosfera (Waite, 1984). Como o pH da Lagoa Itapeva foi caracterizado como levemente alcalino, as análises foram processadas em termos de íon amônio. Contudo, ao utilizar fatores de conversão de unidades deste íon para a forma gasosa (IWD, 1979) praticamente foram obtidos os mesmos valores, com pequena redução nesta. Ainda, como os valores médios em cada campanha foram coincidentes, manteve-se a análise em termos da forma iônica.

Tabela 4.33 – Análise descritiva dos valores de diversas formas de nitrogênio (mg.L^{-1}) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

Nitrogênio	Dez/98				Mar/99				Mai/99				Ago/99			
	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-
Média	2,72	0,11	0,36	0,42	1,59	0,08	0,71	0,52	0,88	0,21	0,36	0,54	1,60	0,21		1,55
Desvio padrão	0,42	0,04		0,09	0,48	0,04	0,49	0,18	0,34	0,12		0,09	0,50	0,09		0,38
Mínimo	1,96	0,04	0,36	0,33	0,28	0,01	0,32	0,40	0,28	0,09	0,36	0,46	0,28	0,04		0,95
Máximo	3,36	0,20	0,36	0,59	2,52	0,16	1,26	1,39	1,68	0,69	0,36	0,99	2,80	0,39		2,58
n	34	34	1	23	36	36	3	34	36	36	1	36	35	35	ND	35
NORTE	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-
Média	2,89	0,11	0,36	0,36	1,47	0,05	0,91	0,51	1,12	0,31		0,56	1,87	0,22		1,12
Desvio padrão	0,14	0,03		0,02	0,43	0,02	0,50	0,09	0,40	0,16		0,14	0,66	0,10		0,08
Mínimo	2,80	0,04	0,36	0,34	0,28	0,01	0,56	0,40	0,28	0,16		0,50	0,28	0,05		0,95
Máximo	3,08	0,15	0,36	0,38	1,96	0,09	1,26	0,71	1,68	0,69		0,99	2,80	0,34		1,26
n	12	12	1	5	12	12	2	11	12	12	ND	12	12	12	ND	12
CENTRO	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-
Média	3,08	0,10		0,36	1,63	0,08	0,32	0,51	0,67	0,11	0,36	0,52	1,54	0,19		1,68
Desvio padrão	0,26	0,04		0,04	0,61	0,03		0,13	0,25	0,02		0,02	0,21	0,10		0,17
Mínimo	2,80	0,05		0,33	0,56	0,04	0,32	0,40	0,28	0,09	0,36	0,49	1,26	0,04		1,52
Máximo	3,36	0,20		0,42	2,52	0,12	0,32	0,84	0,84	0,14	0,36	0,56	1,96	0,39		2,02
n	10	10	ND	6	12	12	1	12	12	12	1	12	11	11	ND	11
SUL	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	NTK	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-
Média	2,24	0,12		0,48	1,66	0,11		0,54	0,84	0,21		0,55	1,40	0,22		1,85
Desvio padrão	0,24	0,05		0,08	0,39	0,03		0,28	0,16	0,05		0,06	0,43	0,05		0,33
Mínimo	1,96	0,05		0,37	0,56	0,06		0,42	0,56	0,14		0,46	0,28	0,13		1,58
Máximo	2,52	0,19		0,59	1,96	0,16		1,39	1,12	0,29		0,63	1,96	0,29		2,58
n	12	12	ND	12	12	12	ND	11	12	12	ND	12	12	12	ND	12

NTK = nitrogênio total Kjeldahl, ND = não detectado, Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

O NTK nada mais é do que a porção de nitrogênio orgânico e amoniacal presentes na amostra (APHA, 1992). Os valores do íon amônio (NH_4^+) foram extremamente baixos durante todas as campanhas sazonais, sendo que durante o outono e inverno foram superiores em relação à primavera e verão (Tabela 4.33). Assim, durante a primavera e o verão o percentual de amônia em relação ao NTK foi em média inferior a 10%, aumentando sua importância no outono (25%) e inverno (17%). Principalmente durante o inverno nos países temperados e frios, quando não há desenvolvimento da vegetação e os produtos da

decomposição se acumulam, quantidades consideráveis desse gás podem ser encontradas (Kleerekoper, 1990). Como o outono e inverno são caracteristicamente as estações mais frias do ano, o provável acúmulo de matéria orgânica possa ter sido em função de mudanças sazonais ocorridas na comunidade planctônica, com a morte de muitas destas espécies em função das condições extremas (stress ambiental causado pela temperatura e vento).

Nitrogênio orgânico é usualmente escrito como NH_2 , com o estado de oxidação deste similar ao da amônia. Em geral, nitrogênio inorgânico é uma fonte de nitrogênio preferida pela flora ao invés do nitrogênio orgânico (Waite, 1984).

Quando o nitrogênio molecular é dissolvido no sistema aquático, é eventualmente convertido para formas aquosas, através da fixação biológica, predominantemente amônia (NH_3), íon nitrito (NO_2^-), e íon nitrato (NO_3^-). Com exceção do NO_2^- , estas formas de nitrogênio são prontamente disponíveis para atividade biológica. O nitrogênio molecular é a forma mais abundante em sistemas aquáticos (Waite, 1984).

Em grande parte das amostras analisadas as concentrações de nitrito estavam abaixo do limite de detecção (Tabela 4.33). Em nenhuma amostra durante o inverno foi detectada sua presença. Porém durante o verão, uma amostra apresentou concentração superior à estabelecida pela resolução nº20 do CONAMA (1992), a qual apresenta um patamar de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ para qualquer classe. De fato, em águas arejadas a presença de nitritos não é comum. Entretanto, nas águas do hipolímnio durante as épocas de estagnação, os nitritos podem ser encontrados em quantidades apreciáveis (Kleerekoper, 1990). Certamente este achado durante o verão esteja relacionado com uma condição mais estável e menor profundidade da coluna d'água.

Com relação ao nitrato, este geralmente esteve acima do limite de detecção do cromatógrafo, porém bem abaixo do limite estabelecido pela resolução nº20 do CONAMA (1992), a qual apresenta uma concentração máxima de $10,0 \text{ mg.L}^{-1}$ para qualquer classe. A maior concentração média ocorreu no inverno, enquanto que nas demais estações do ano os valores estiveram bastante próximos (Tabela 4.33). Entretanto, quando comparada em relação ao nitrogênio total (NTK), a variação sazonal mostra que as concentrações de nitrato foram crescendo da primavera em direção ao inverno, ocorrendo o inverso com o NTK. Inclusive no inverno, a concentração média de ambos foi praticamente a mesma, sendo que, nos pontos Centro e Sul o nitrato chegou a ser superior. Este fato pode estar ligado à variação sazonal fitoplanctônica, pois no outono e inverno ocorreram domínio de cianobactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, especialmente durante a floração no outono (*capítulo 7*). Assim, provavelmente a grande densidade destes organismos com a posterior sedimentação e morte

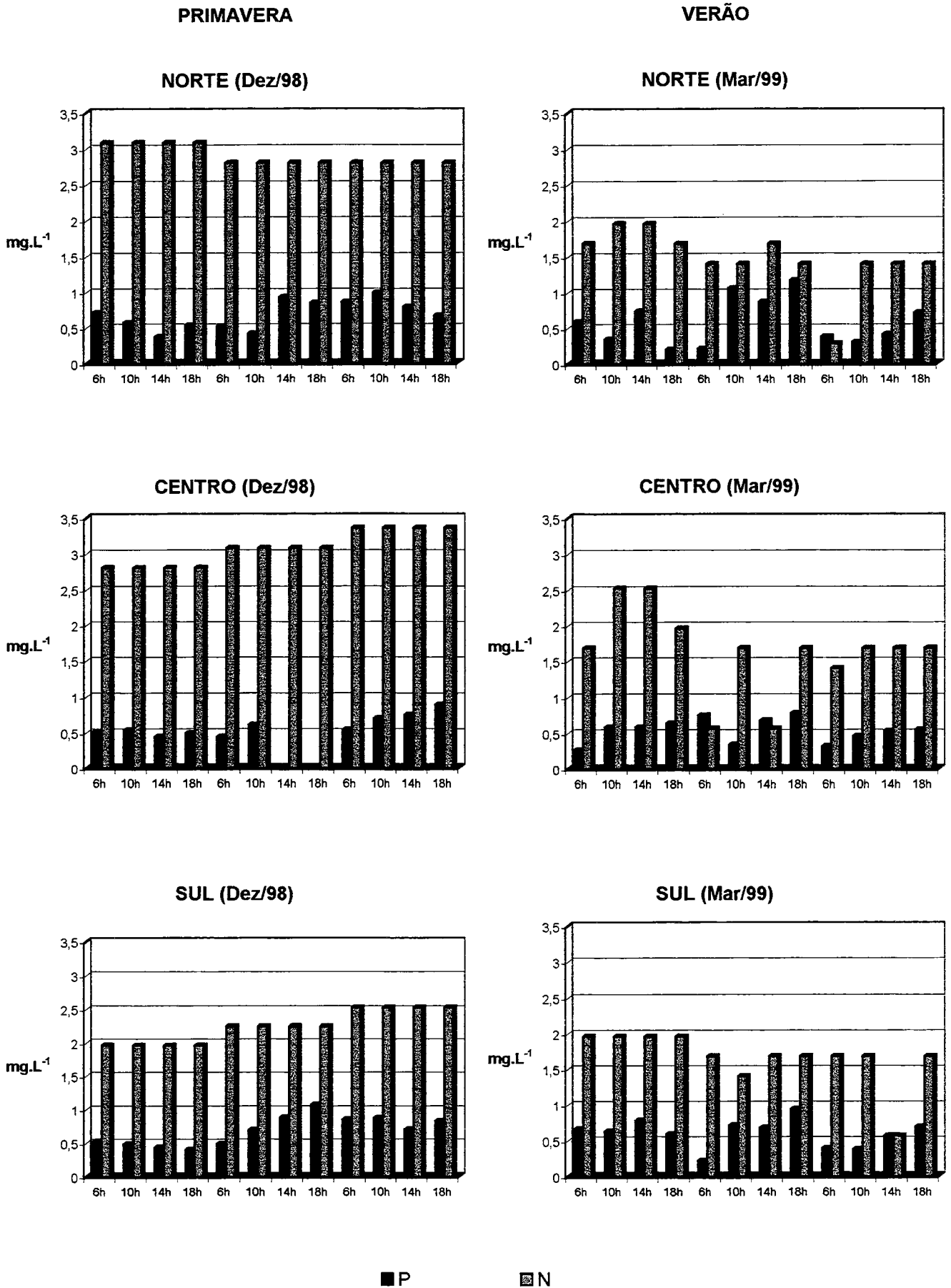


Figura 4.32 - Distribuição dos valores de nutrientes durante a primavera (Dez/98) e verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva. N = Nitrogênio total Kjeldahl, P = fósforo total (PO₄⁻ - P)

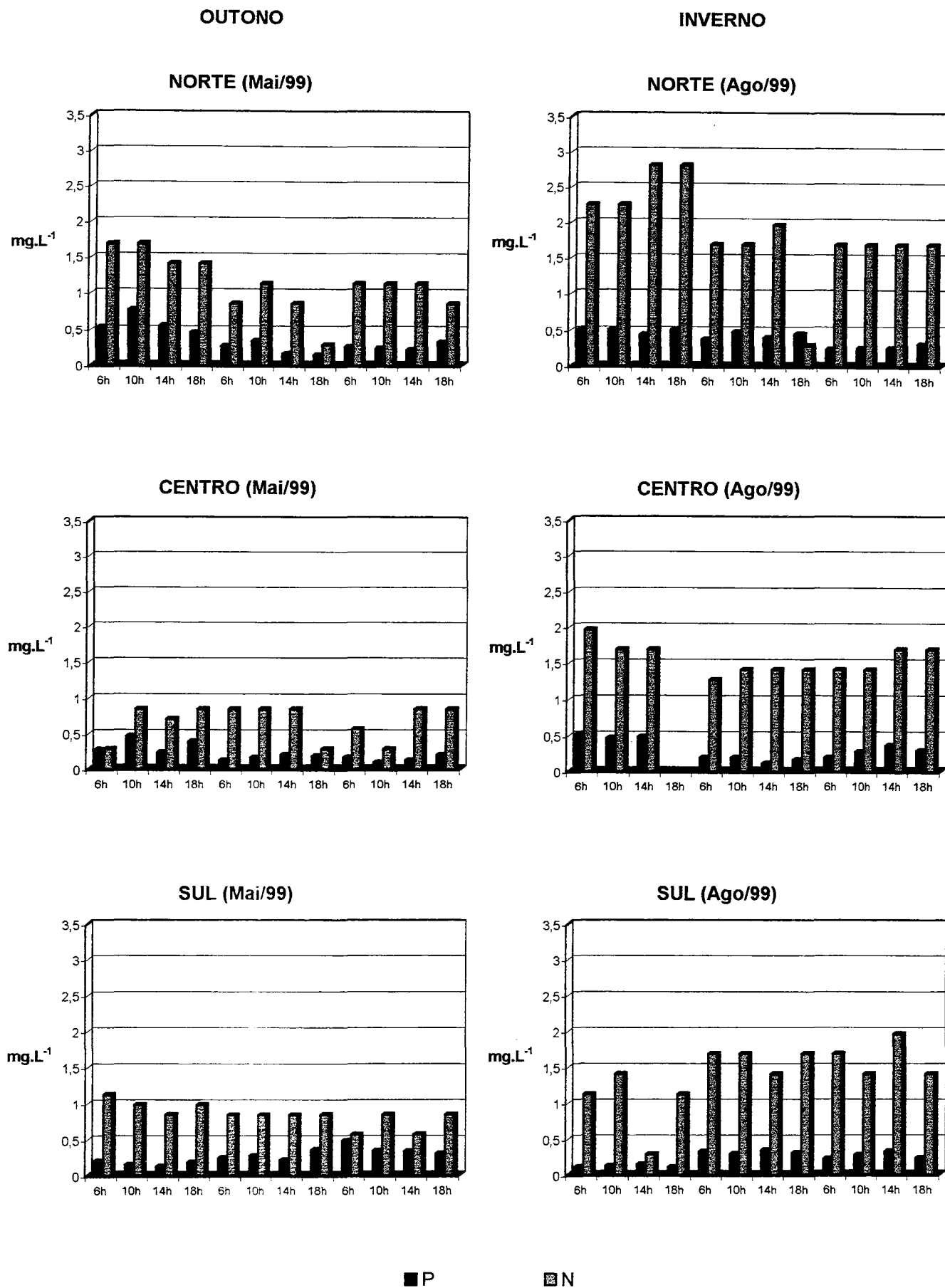


Figura 4.33 - Distribuição dos valores de nutrientes durante o outono (Mai/99) e inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.
 N = Nitrogênio total Kjeldahl, P = fósforo total ($\text{PO}_4^- - \text{P}$)

fez com que o nível de nitrato aumentasse nestas estações do ano. Os valores médios normalmente foram superiores no ponto Sul.

Nitrogênio é fixado por muitas bactérias e vários tipos de cianobactérias. O termo fixado refere-se ao fato de que o gás nitrogênio é usado como uma fonte de nitrogênio diretamente pelos microorganismos e convertido para nitrogênio orgânico celular. Outras formas de nitrogênio tendem a ser cicladas nos sistemas ou perdidas através da gaseificação. Se amônia é adicionada ao sistema, a fixação do nitrogênio é inibida porque os organismos preferem usar amônia como fonte de nitrogênio ao invés de fixar nitrogênio atmosférico. Um dos principais caminhos da utilização do nitrogênio em sistemas naturais é a fotossíntese. Normalmente amônia e nitrato são favorecidos sobre o nitrogênio molecular como fonte de nitrogênio. A amônia é assimilada diretamente pela célula vegetal, porém quando a planta utiliza o nitrato, o nitrogênio deve ser reduzido por uma enzima antes de ser utilizado pela planta. Neste caso a planta tem que gastar pouquíssima energia para reduzir o nitrogênio, e é por esta razão que plantas freqüentemente usam amônia da solução preferencialmente ao nitrato (Waite, 1984). Talvez esta seja uma das razões para os valores de amônio na Lagoa Itapeva terem sido menores que os de nitrato. Outra razão estaria diretamente vinculada à carência de *input* orgânico (descarga doméstica e excremento de animais) resultando em um baixo processo de decomposição, e ainda à elevada oxigenação da água pela ação do vento.

Fósforo

Fósforo é o 11º elemento mais comum em minerais ígneos na crosta terrestre, normalmente encontrado como ortofosfato, sendo que o mineral mais comum contendo fósforo é a apatita. Fosfato é também encontrado adsorvido em superfícies argilosas e combinado como metais fosfatados. Na natureza o fósforo ocorre quase que exclusivamente como fosfato (PO_4^{3-}). Fosfato é dissolvido em sistemas aquosos devido ao intemperismo de rochas e, uma vez dissolvido, ortofosfato pode ocorrer em qualquer uma das três formas, dependendo do pH. Em águas com variação de pH em torno da neutralidade, as formas predominantes são H_2PO_4^- e $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$. Estas espécies são designadas como ortofosfato e são consideradas a estarem disponíveis para absorção vegetal (Waite, 1984).

Fosfatos orgânicos são formados primeiramente por processos biológicos. Fósforo é essencial para o crescimento de organismos e pode ser o nutriente que limita a produtividade primária de um corpo de água. Fosfato também ocorre em sedimentos de fundo e em lodo biológico, ambos como formas inorgânicas precipitadas e incorporadas em compostos orgânicos (APHA, 1992).

O fosfato ainda pode ser ciclado dentro do sistema muitas vezes, contribuindo no aumento da atividade biológica antes de ser removido do sistema por sedimentação. Em muitas situações em ambientes de água doce, fósforo tem sido mostrado a ser o nutriente limitante, ou seja, o nutriente na mais baixa concentração relativa à proporção estequiométrica para o crescimento algal. Segundo o trabalho de Sawyer (1947 apud Waite, 1984), para lagos em Wisconsin, o limite para evitar excessivo crescimento fitoplanctônico é a concentração de $10 \mu\text{g.l}^{-1}$ de fósforo.

O fósforo foi interpretado na forma de $\text{PO}_4^- - \text{P}$, pois grande parte do fosfato analisado via cromatografia (fosfato dissolvido) esteve muitas vezes abaixo do limite de detecção do aparelho (Tabela 4.34). Então, os valores médios deste foram utilizados no preenchimento destas falhas nas análises estatísticas (correlação e agrupamento), para evitar um grande número de lacunas nas matrizes.

Desta forma, o valor de fósforo ($\text{PO}_4^- - \text{P}$) foi maior durante a primavera e menor no outono e inverno (Tabela 4.34). Enquanto que, para fosfato (PO_4^-) o outono foi a estação com maior valor médio e, no inverno, esteve sempre abaixo do limite de detecção. A variação diária durante a primavera mostrou uma tendência ao aumento da concentração no decorrer da campanha para todos os pontos (Fig. 4.32). Embora o máximo tenha sido observado no Sul, os valores médios foram os mesmos tanto no Norte quanto no Sul. Já no verão, as maiores concentrações ocorreram no meio da campanha em todos os pontos, com os valores máximos registrados no Norte (Fig. 4.32). Porém, a média foi maior no Sul, certamente em função do *fetch* de NE. No outono e inverno o comportamento entre os pontos foi bastante distinto, sendo que no Norte elevadas concentrações ocorreram no início de ambas campanhas (Fig. 4.33). Em ambas campanhas sazonais os maiores valores médios foram observados no Norte, sendo também resultante do *fetch* de SW e WSW gerados. No Sul, o comportamento foi praticamente o oposto do observado no Norte (Fig. 4.33), também vinculado ao efeito do vento. Já o Centro teve um comportamento semelhante ao Norte durante o outono. Contudo no inverno ocorreu uma depressão na concentração no meio da campanha (Fig. 4.33), onde esta oscilação acompanhou as mudanças da direção do vento de WSW para NE. Novamente o efeito da hidrodinâmica sazonal confirmou a distribuição destes nutrientes na Lagoa Itapeva.

O nível trófico de lagos pode ser estimado baseado na relação carga-nutriente que nos mostra a concentração resultante de fósforo. O limite da classificação trófica seria colocado entre 10 e 20 mg.m^{-3} de fósforo. Abaixo de 10 seria considerado oligotrófico e maior que 20 , eutrófico (Vollenweider, 1968 apud Waite, 1984). Neste sentido, as concentrações observadas

na Lagoa Itapeva foram bastante superiores. De fato, estiveram uma ordem de grandeza acima da concentração de fosfato total estabelecida pela resolução nº20 do CONAMA (1992), para qualquer classe de enquadramento (limite de $0,025 \text{ mgP.L}^{-1}$).

Tabela 4.34 – Análise descritiva dos valores de diversas formas de fósforo (mg.L^{-1}) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

Fósforo	Dez/98		Mar/99		Mai/99		Ago/99	
	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$
Média	0,66	0,29	0,57	0,46	0,28	0,49	0,30	
Desvio padrão	0,19	0,00	0,24	0,07	0,14	0,27	0,13	
Mínimo	0,37	0,29	0,20	0,38	0,09	0,30	0,10	
Máximo	1,07	0,29	1,17	0,54	0,75	0,68	0,52	
n	34	2	36	4	36	2	35	ND
NORTE	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$
Média	0,68	0,29	0,58		0,35		0,39	
Desvio padrão	0,20		0,33		0,18		0,11	
Mínimo	0,37	0,29	0,20		0,15		0,24	
Máximo	0,99	0,29	1,17		0,75		0,51	
n	12	1	12	ND	12	ND	12	ND
CENTRO	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$
Média	0,59	0,29	0,54	0,50	0,22	0,30	0,29	
Desvio padrão	0,15		0,17	0,05	0,11		0,14	
Mínimo	0,44	0,29	0,26	0,46	0,09	0,30	0,11	
Máximo	0,89	0,29	0,78	0,54	0,46	0,30	0,52	
n	10	1	12	2	12	1	11	ND
SUL	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$	$\text{PO}_4^- - \text{P}$	$\text{PO}_4^- (\text{d})$
Média	0,68		0,60	0,41	0,26	0,68	0,23	
Desvio padrão	0,22		0,19	0,05	0,10		0,09	
Mínimo	0,40		0,22	0,38	0,12	0,68	0,10	
Máximo	1,07		0,94	0,45	0,48	0,68	0,34	
n	12	ND	12	2	12	1	12	ND

$\text{PO}_4^- - \text{P}$ = fósforo, $\text{PO}_4^- (\text{d})$ = fosfato dissolvido, ND = não detectado, Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Em águas não poluídas, esse importante elemento se encontra em quantidades particularmente pequenas, parte em forma de fosfatos solúveis, parte em forma insolúvel, suspensa na água em matéria orgânica ou nos próprios organismos. A solúvel é constituída quase que totalmente de fosfatos. O plâncton em desenvolvimento dispõe, não somente dos fosfatos dissolvidos na água, no início do período de desenvolvimento, mas aproveita ainda os fosfatos libertados dos cadáveres do plâncton, na própria camada trófica. Principalmente o zooplâncton contribui grandemente para este reingresso imediato dos fosfatos no ciclo biológico. As quantidades de fosfatos encontradas na água doces são particularmente pequenas, tendo por isso um papel importantíssimo para a produtividade biológica da água. Contudo, em certas regiões quando quantidades maiores são encontradas, estas são geralmente de origem geológica, mas podem ser também introduzidas juntamente com substâncias alóctones. De qualquer maneira, influências geológicas não deixarão de contribuir

para as variações locais e regionais no teor em P das águas naturais (Kleerekoper, 1990). Assim, estes elevados valores de fósforo registrados para a Lagoa Itapeva foram de origem geológica, pois as oscilações diárias observadas nas campanhas sazonais seguiram, principalmente, a ressuspensão causada pelo vento. Além disso, os valores estiveram próximos aos limites assinalados para outras lagoas do litoral norte do RS (Fermino, 1997, Salomoni, 1997 e Pedrozo, 2000). Por isso, é bastante duvidoso que tenha ocorrido erro laboratorial em todas estas pesquisas, já que as análises envolvidas nestes trabalhos foram efetuadas em épocas, laboratórios e técnicos distintos.

Íons

Quanto maior o número de íons em solução, maior a facilidade na condução da eletricidade através do líquido, ou seja, menor será sua resistência elétrica. As águas com alta resistência elétrica (baixa condutividade) são fatalmente pobres em substâncias dissolvidas eletrolíticas e, automaticamente, não podem conter apreciável quantidade de substâncias nutritivas. A medição da condutividade fornece com grande precisão sobre a natureza dos processos bioquímicos que se desenvolvem na água, como a intensidade da fotossíntese (variações diurnas são causadas quase que exclusivamente por este processo). Provavelmente nenhuma outra característica da água esteja em correlação tão direta com a geologia e as condições edáficas de sua bacia (Kleerekoper, 1990).

Cloreto (Cl⁻) na forma iônica é um dos maiores ânions inorgânicos na água e águas residuárias. Em água potável, o sabor salgado produzido por concentrações de cloreto é variável e depende da composição química da água. Algumas águas contendo 250 mg Cl⁻ .L⁻¹ podem possuir um sabor salgado detectável se o cátion for o sódio. Por outro lado, o típico sabor salgado pode estar ausente em águas contendo 1000 mg.L⁻¹ quando os cátions predominantes forem cálcio e magnésio. Altas concentrações de cloretos podem danificar tubulações e estruturas metálicas, tanto quanto interferir no crescimento vegetal (APHA, 1992). O teor de cloro em forma de cloretos varia muito nas águas naturais e caracteriza freqüentemente a biologia desta. A maior parte dos vegetais evita um ambiente com elevada concentração de cloretos. Muitas vezes é difícil determinar se tal fobia diz respeito somente ao cloro ou também a dois outros sais, que invariavelmente acompanham os cloretos: sulfato de magnésio e sulfato de cálcio, os quais freqüentemente estão em quantidades bem superior à dos cloretos. Concentrações maiores de cloretos freqüentemente tem sua origem numa comunicação antiga ou recente com o mar, onde uma quantidade de sulfatos (magnésio e cálcio) contém quantidade considerável. As regiões litorâneas dos continentes são ricas em águas com teor mais elevado em cloretos. Quando não há infiltração de água marinha ou

invasões periódicas, tais lagoas podem tornar-se perfeitamente doces, embora muitas vezes apresentem um teor mais elevado de cloretos. Nas lagoas do RS o cloro na água varia de 6,0 a 17,0 mg.L⁻¹ (Kleerekoper, 1990).

Os valores de cloretos foram mais elevados durante o verão e menores na primavera (Tabela 4.35). O ponto Centro apresentou a maior média durante o verão, enquanto que nas demais estações do ano, no Norte estas foram mais elevadas. Os valores máximos registrados para a Lagoa Itapeva não excederam o limite estabelecido por Kleerekoper (1990), porém o limite mínimo foi inferior, especialmente no verão. Entretanto, estiveram bem abaixo do limite de 250 mg.L⁻¹ estabelecido pela resolução nº20 do CONAMA (1992) para qualquer classe de enquadramento.

Tabela 4.35 – Análise descritiva dos valores de íons (mg.L⁻¹) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

Íons	Dez/98			Mar/99			Mai/99			Ago/99		
	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²
Média	6,35	0,21	2,77	8,51	0,46	3,51	7,77	0,16	4,37	6,85	0,10	4,37
Desvio padrão	0,52		0,31	1,98	0,49	1,01	1,87	0,09	0,96	1,31	0,05	0,72
Mínimo	4,79	0,21	2,19	0,46	0,20	2,64	5,50	0,09	3,08	5,50	0,07	3,53
Máximo	7,14	0,21	3,50	14,55	1,84	8,93	13,05	0,42	7,27	11,32	0,32	7,31
n	34	1	33	36	14	35	36	36	36	35	35	35
NORTE	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²
Média	6,87		3,01	9,00	0,25	3,45	9,45	0,24	5,20	7,21	0,09	4,51
Desvio padrão	0,14		0,20	0,78	0,04	0,31	1,67	0,12	1,03	0,19	0,02	0,15
Mínimo	6,59		2,81	6,58	0,22	2,64	7,43	0,12	4,21	6,87	0,07	4,19
Máximo	7,14		3,39	9,55	0,31	3,84	13,05	0,42	7,27	7,58	0,13	4,71
n	12	ND	12	12	4	12	12	12	12	12	12	12
GENTRO	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²
Média	6,33	0,21	2,65	9,30	0,53	3,56	6,89	0,13	4,06	6,27	0,11	4,07
Desvio padrão	0,25		0,32	2,00	0,64	0,26	1,32	0,03	0,72	0,99	0,07	0,48
Mínimo	5,84	0,21	2,47	7,54	0,20	3,35	5,90	0,09	3,50	5,50	0,07	3,53
Máximo	6,67	0,21	3,50	14,55	1,84	4,15	10,57	0,20	6,15	8,28	0,32	5,08
n	10	1	9	12	6	12	12	12	12	11	11	11
SUL	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	F	SO ₄ ⁻²
Média	5,84		2,61	7,23	0,57	3,51	6,96	0,11	3,85	7,02	0,11	4,52
Desvio padrão	0,39		0,24	2,28	0,52	1,81	1,41	0,01	0,47	1,96	0,05	1,11
Mínimo	4,79		2,19	0,46	0,22	2,67	5,50	0,10	3,08	5,63	0,07	3,76
Máximo	6,22		2,94	9,83	1,33	8,93	9,96	0,13	4,94	11,32	0,27	7,31
n	12	ND	12	12	4	11	12	12	12	12	12	12

Cl⁻ = cloretos, F = fluoreto, e SO₄⁻² = sulfatos, ND = não detectado, Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Fluoreto (F⁻) apresenta uma importância em termos de saúde pública. Sua presença em água potável é eficaz na redução de cáries dentárias, sem efeitos colaterais na saúde, desde que em concentração de aproximadamente 1,0 mg F.L⁻¹. Em raros exemplos a ocorrência natural da concentração de fluoreto pode aproximar-se de 10 mg.L⁻¹, onde tais águas devem ser desfluoretadas antes do consumo. Assim, a determinação precisa de fluoreto tem

aumentado em importância juntamente com o crescimento da prática de fluoretação de suprimentos de água como uma medida de saúde pública (APHA, 1992).

Os valores médios de fluoretos na Lagoa Itapeva estiveram abaixo do limite permitido pela saúde pública, com as maiores médias durante o verão (Tabela 4.35). Justamente nesta época em duas ocasiões os valores excederam este patamar, sendo registrados como valores máximos no Centro ($1,84 \text{ mg.L}^{-1}$) e Sul ($1,33 \text{ mg.L}^{-1}$). Por outro lado, no inverno foram registrados os menores valores médios para todos os pontos. Já a resolução nº20 do CONAMA (1992) estabeleceu o limite de $1,4 \text{ mg.L}^{-1}$ para qualquer classe de enquadramento, sendo assim, apenas em uma ocasião o valor foi levemente superior.

Sulfato (SO_4^{-2}) está amplamente distribuído na natureza e pode estar presente em águas naturais em concentrações variando de poucos a vários milhares de miligramas por litro. Resíduos de drenagem de mina podem contribuir com grandes quantidades de sulfato através da oxidação da pirita. Sulfato de sódio e magnésio exercem uma ação catalisadora no sistema (APHA, 1992).

Os valores médios mais elevados ocorreram no outono e inverno, sendo o comportamento contrário evidenciado na primavera (Tabela 4.35). No outono e na primavera ocorreu um gradiente decrescente de N→S, porém o Centro apresentou a maior média durante o verão e a menor no inverno. Os valores de sulfatos foram sempre inferiores aos cloretos nas campanhas sazonais da Lagoa Itapeva.

Relação N:P

A relação entre as diversas espécies destes nutrientes, especialmente na fração dissolvida, foi objeto de estudo para a identificação das fontes naturais e avaliação dos incrementos causados por fontes antropogênicas. Assim, relações entre N:P foram estabelecidas em função do principal uso da terra, servindo de base para comentários sobre o gerenciamento de pequenas bacias costeiras da costa S-SE do Brasil (Bidone et al., 1999). Este trabalho ressaltou o quanto estes nutrientes são fundamentais para a manutenção da biota e, conseqüentemente, para a qualidade da água do ecossistema associado. Infelizmente relações entre as formas dissolvidas não puderam ser estabelecidas para a Lagoa Itapeva, pois grande parte do fósforo esteve abaixo do limite de detecção do cromatógrafo iônico ($0,01 \text{ mg.L}^{-1}$). Este fato mostra que praticamente todo o fósforo encontra-se acumulado na forma particulada (biota, detritos e matéria inorgânica), por ocasião da liberação deste para o meio rapidamente é incorporado na biomassa.

Nitrogênio e fósforo são dois constituintes elementares de todas as células que podem impor limitações significantes no potencial de crescimento e reprodução destes organismos,

além de serem importantes constituintes de biomoléculas como: ácidos nucléicos, proteínas, lipídios, ATP e carboidratos estruturais tais como a quitina (Stemberger & Miller, 1998).

N e P são tomados pelo fitoplâncton a uma proporção de massa em torno de 7,2:1. Limitação da produção poderá resultar caso as quantidades disponíveis diferirem enormemente desta proporção, sendo que a razão crítica N:P encontrada é de aproximadamente 10:1 (Jørgensen & Vollenweider, 1989). A partir de um estudo comparativo entre proporções de N:P, em culturas de células algais e em águas de lagos, Forsberg et al. (1978) determinaram a regra destes elementos como nutrientes limitantes do crescimento: a) $N_T:P_T > 12$ implica em P como o fator limitante e um nível de clorofila $a < 20 \mu\text{g.L}^{-1}$; b) $N_T:P_T < 7$ implica em N como o fator limitante e um nível de clorofila $a > 70 \mu\text{g.L}^{-1}$; c) $7 < N_T:P_T < 12$ implica em ambos nutrientes como fatores não-limitantes e um nível de clorofila a 20-70 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

De acordo com os resultados obtidos para a Lagoa Itapeva, as relações médias entre estes nutrientes (N:P) foram maiores durante o inverno e menores durante o verão (Tabela 4.36). De fato, baixas concentrações de fósforo devem ser relacionadas a períodos de aporte de água doce, mais ricos, relativamente em nitrogênio do que em fósforo (Nixon, 1982 apud Moreira, 1988). Por outro lado a mineralização do fósforo é mais rápida que a do nitrogênio (Pomeroy, 1960 apud Moreira, 1988) e que a primeira pode ocorrer em minutos, o que talvez explicaria a ocorrência de teores de fósforo mais altos no verão, quando a mineralização é mais acentuada pela alta temperatura. Realmente, os teores de fósforo na Lagoa Itapeva foram maiores na primavera e no verão (Tabela 4.34).

Geralmente, as relações N:P foram menores que 7, indicando que o nutriente limitante no caso era o N (Fig. 4.34). De fato, as concentrações de nitrogênio foram muito baixas em todas as estações do ano, principalmente quando comparadas aos valores de fósforo (Tabelas 4.33 e 4.34). Isto foi decorrente do fato que não existe uma atividade poluidora em termos de carga orgânica na Lagoa Itapeva (despejos domésticos), onde os elevados valores de fósforo são procedentes da própria constituição mineral/geológica da região. Porém, em um único momento durante o inverno (ponto Centro-2º dia-14h) o fósforo foi encontrado como fator limitante para a produção primária (N:P = 12,7) (Fig. 4.34). Com exceção do outono, nas demais estações do ano ocorreram situações onde ambos nutrientes estavam em uma relação de equilíbrio, ou seja, não-limitantes ao crescimento fitoplanctônico (Fig. 4.34). Estes momentos foram mais intensos durante o inverno, estando provavelmente relacionados ao forte efeito do *fetch* registrado nesta época do ano. Este, por sua vez, agiu de uma forma mais

efetiva na dinâmica de fundo, possibilitando uma maior ressuspensão com ciclagem de nutrientes mais eficaz.

Quanto aos pontos de amostragem, o efeito do vento foi fundamental na distribuição das relações entre nutrientes observadas. Por exemplo, durante o outono e inverno quando os ventos predominantes foram dos quadrantes SW e WSW, as relações médias N:P foram maiores no Sul. Isto indicou que o deslocamento desta água agiu na dinâmica de fundo, disponibilizando uma maior quantidade de fósforo (por ser mais abundante) no sentido do *fetch*. A mesma relação pôde ser estabelecida durante o verão, quando os ventos dominantes foram de NE, apresentando um gradiente N:P decrescente de N→S. Enfim, durante a primavera o predomínio de ventos de W possibilitaram um maior deslocamento de água da foz do Rio Três Forquilhas diretamente para o ponto Centro, aumentando assim a concentração de nitrogênio. Mais uma vez ficou nítido o efeito hidrodinâmico na distribuição de nutrientes na Lagoa Itapeva.

Tabela 4.36 – Análise descritiva das relações entre nutrientes (nitrogênio e fósforo) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

Relações	Dez/98	Mar/99	Mai/99	Ago/99
	N:P	N:P	N:P	N:P
Média	4,48	3,35	3,65	6,05
Desvio padrão	1,44	1,91	1,68	2,61
Mínimo	2,09	0,74	1,04	0,64
Máximo	8,32	8,40	7,00	12,73
n	34	36	36	35
NORTE	N:P	N:P	N:P	N:P
Média	4,67	3,46	3,47	5,04
Desvio padrão	1,69	2,42	1,16	1,78
Mínimo	2,83	0,74	1,87	0,64
Máximo	8,32	8,40	5,25	7,00
n	12	12	12	12
CENTRO	N:P	N:P	N:P	N:P
Média	5,42	3,43	3,66	6,31
Desvio padrão	0,96	1,65	1,98	2,74
Mínimo	3,78	0,75	1,04	3,50
Máximo	7,00	6,46	7,00	12,73
n	10	12	12	11
SUL	N:P	N:P	N:P	N:P
Média	3,52	3,16	3,81	6,82
Desvio padrão	0,88	1,72	1,92	3,04
Mínimo	2,09	1,00	1,17	2,00
Máximo	4,90	7,64	7,00	11,67
n	12	12	12	12

Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Entretanto, os valores de clorofila encontrados não corresponderam às relações estabelecidas por Forsberg et al. (1978). Isto porque os resultados obtidos naquela pesquisa

incluiram experimentos ideais de cultivo (fatores ambientais controlados e adequados) ou procedentes de lagos eutrofizados, maximizando assim o conteúdo deste pigmento.

A relação entre nitrogênio inorgânico dissolvido e fósforo inorgânico dissolvido (N:P=16:1) proposta por Redfield (1934 *apud* Moreira, 1988) pode variar um pouco dependendo da composição das espécies presentes na população. Valores médios mais altos foram encontrados no inverno (20,5:1) e valores médios mais baixos no verão (4,2:1). De uma maneira geral, em águas costeiras o nitrogênio é sempre o nutriente limitador da produção primária. A provável fixação de nitrogênio gasoso pelas cianofíceas (Dufour e Lemasson, 1985 *apud* Moreira, 1988) explicaria a presença dessas em épocas de baixas concentrações de nitrito, nitrato e amônio, tal como ocorreu no verão na lagoa de Guarapina (Moreira, 1988).

Na Lagoa Itapeva também o nitrogênio foi encontrado a ser o nutriente limitador do fitoplâncton, segundo a escala proposta por Forsberg et al. (1978). Contudo, estas relações deveriam ser feitas somente em termos da fração dissolvida destes nutrientes, pois esta que é a disponível para a biota. Além disso, as elevadas quantidades de fósforo encontradas na lagoa estiveram diretamente relacionadas com as condições edáficas da região, ou seja, não disponível. Desta forma, a comunidade fitoplanctônica exibiu uma diversidade mais relacionada com a capacidade de adaptação à carência de nutrientes. Resultado disso foi a presença de cianofíceas de modo constante e predominante em todas as estações do ano, com exceção da primavera onde as diatomáceas exibiram uma maior densidade (*capítulo 7*). A floração de cianofíceas constatada no outono parece ter exibido uma reação de oportunismo mais em função da redução dos teores de fósforo no ambiente ao invés de nitrogênio (níveis de nitrato semelhantes ao observado no verão).

Os resultados disponíveis indicaram como principais fatores controladores da ciclagem de nutrientes a batimetria, regime de ventos e a salinidade das lagoas costeiras do RJ (Lacerda, 1986). Segundo modelo proposto por Esteves et al. (1983-84 *apud* Lacerda, 1986) para a ciclagem de nutrientes nestas lagoas, a pouca profundidade destas, as altas temperaturas e o regime de ventos resultariam na não estratificação da coluna d'água e na mineralização acelerada dos nutrientes incorporados biologicamente, diminuindo a acumulação de matéria orgânica nos sedimentos e aumentando a produtividade fitoplanctônica. Já Knoppers et al. (1984 *apud* Lacerda, 1986) encontraram que os resultados da distribuição da matéria orgânica em suspensão e nutrientes na Lagoa da Conceição mostraram grande variação espacial dos parâmetros medidos, indicando a forte influência da morfologia lagunar sobre a distribuição e possivelmente sobre a ciclagem de nutrientes nestes ecossistemas. Tais resultados reforçam a restrição à generalização quanto ao padrão de ciclagem de nutrientes em lagoas costeiras (Lacerda, 1986). De fato, nitrogênio e fósforo

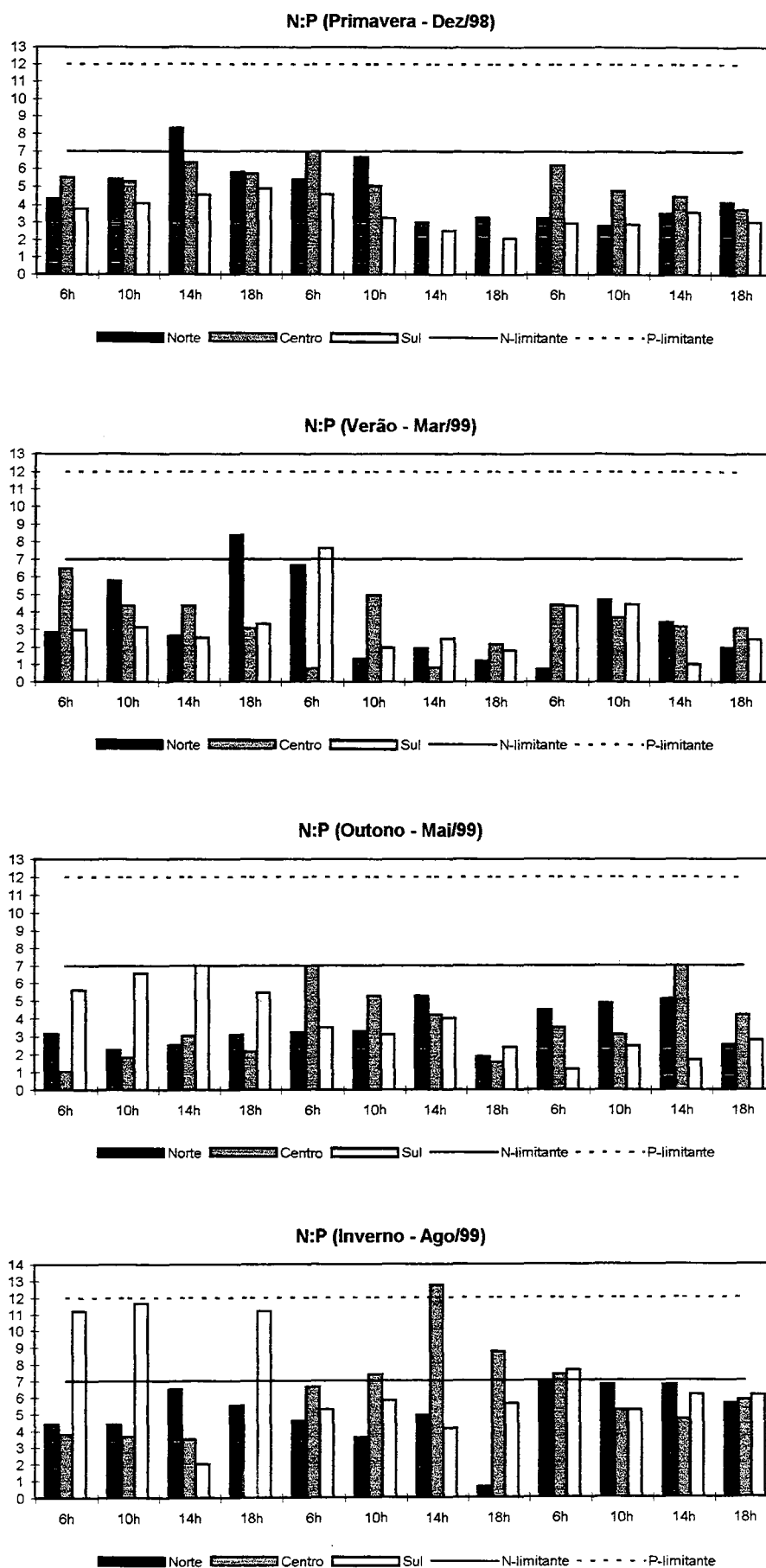


Figura 4.34 - Relações entre nutrientes (N:P) em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

tendem a estar presentes em águas não poluídas em baixas concentrações, concedendo interesse adicional à sua dinâmica.

Como a Lagoa Itapeva não possui canal de ligação com o mar para estabelecer relações de trocas, a morfometria (pouca profundidade e formato alongado com comprimento máximo efetivo grande) associada ao forte regime de ventos da região foram os principais gestores da hidrodinâmica e do modelo de distribuição de seus constituintes químicos e biológicos.

Silica

As membranas silicosas das diatomáceas constituem 30% ou mais, expressos em SiO_2 , do peso seco desses organismos. Esta sílica depositada em membranas e esqueletos de organismos aquáticos retorna geralmente à água após a decomposição dos mesmos; contudo, as membranas de diatomáceas são muito resistentes à decomposição, tornando-se inertes. O teor de SiO_2 das águas varia grandemente (Kleerekoper, 1990). Frequentemente, o conteúdo de sílica em água natural varia de 1 a 30 mg.L^{-1} , embora concentrações elevadas como 100 mg.L^{-1} não sejam raras e concentrações excedendo 1000 mg.L^{-1} são encontradas em algumas águas salobras (APHA, 1992).

Tabela 4.37 – Análise descritiva das concentrações de sílica (mg.L^{-1}) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

Silica (Si)	Dez/98	Mar/99	Mai/99	Ago/99
Média	6,68	7,12	7,57	7,45
Desvio padrão	0,29	0,51	0,38	0,67
Mínimo	5,80	5,80	7,00	6,50
Máximo	7,30	7,90	8,70	9,00
n	34	36	36	35
NORTE	Dez/98	Mar/99	Mai/99	Ago/99
Média	6,60	7,05	7,49	7,28
Desvio padrão	0,12	0,54	0,56	0,61
Mínimo	6,45	5,80	7,00	6,50
Máximo	6,90	7,50	8,70	8,80
n	12	12	12	12
CENTRO	Dez/98	Mar/99	Mai/99	Ago/99
Média	6,60	6,93	7,52	7,52
Desvio padrão	0,39	0,31	0,17	0,72
Mínimo	5,80	6,50	7,20	6,90
Máximo	7,00	7,40	7,80	8,90
n	10	12	12	11
SUL	Dez/98	Mar/99	Mai/99	Ago/99
Média	6,83	7,38	7,71	7,54
Desvio padrão	0,27	0,57	0,27	0,71
Mínimo	6,40	6,50	7,40	6,80
Máximo	7,30	7,90	8,40	9,00
n	12	12	12	12

Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Os valores de sílica (Si) não variaram muito nas campanhas sazonais da Lagoa Itapeva, contudo a média mais elevada foi observada no outono e a menor na primavera (Tabela 4.37). O ponto Sul sempre apresentou o maior valor médio, exibindo a tendência de um gradiente crescente de N→S. Este gradiente em termos de diatomáceas somente foi observado no verão (*capítulo 7*), estando relacionado com o *fetch* de NE nesta época do ano. Assim, o maior conteúdo observado no outono pode estar relacionado com a frente fria que gerou um efeito máximo em termos de dinâmica de fundo, ressuspensando grãos de quartzo do sedimento (*capítulo 3*). Esta deve ter sido a mesma razão para os valores obtidos durante o inverno.

Demanda química de oxigênio (DQO)

DQO é usada como uma medida do oxigênio equivalente ao conteúdo de matéria orgânica de uma amostra, que é suscetível à oxidação por um forte oxidante químico. Para amostras de uma fonte específica, DQO pode ser empiricamente relacionada à DBO, carbono orgânico ou matéria orgânica (APHA, 1992). Assim, é usada para medir o conteúdo de matéria orgânica da água (Tchobanoglous & Schroeder, 1987). Contudo, o princípio da utilização de um forte oxidante na análise de DQO é para indicar arbitrariamente a quantidade de substâncias oxidáveis na água, portanto não obrigatoriamente orgânicas. Os valores assim obtidos servem apenas para, dentro de um mesmo corpo de água, comparar oscilações durante as estações ou nas diversas profundidades e posições (Kleerekoper, 1990).

Comparando os valores de DQO no tempo e espaço verificou-se que intensas oscilações diárias ocorreram em todas as estações do ano, visualizadas pelos altos desvios (Tabela 4.38). Mesmo assim, os maiores valores médios foram observados no outono, enquanto que os menores, na primavera para todos os pontos de amostragem (Fig. 4.35). Excetuando a primavera, os maiores valores médios foram registrados para o Norte (Fig. 4.35). Este resultado era esperado, principalmente pelos valores negativos do potencial de óxido-redução no Norte durante todas as campanhas. Entretanto, na primavera o maior valor de DQO no Centro parece também estar relacionado com o transporte de substâncias orgânicas da foz do Rio Três Forquilhas causado pelo *fetch*.

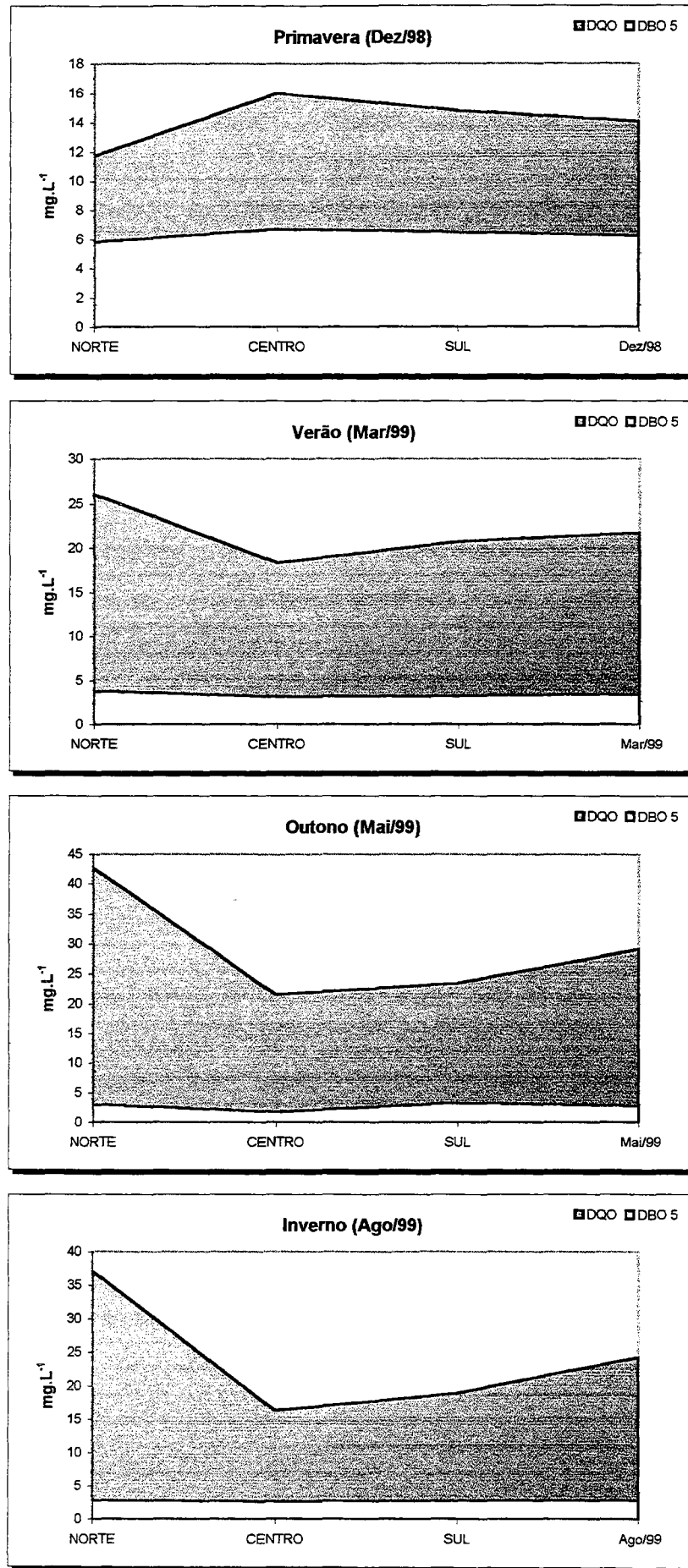


Figura 4.35 - Distribuição dos valores médios de DQO e DBO₅ nos pontos e campanhas de amostragem na Lagoa Itapeva. (DQO = demanda química de oxigênio, DBO₅ = demanda bioquímica de oxigênio)

Tabela 4.38 – Análise descritiva das demandas química e bioquímica de oxigênio (mg.L^{-1}) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

DQO e DBO ₅	Dez/98		Mar/99		Mai/99		Ago/99	
	DQO	DBO ₅	DQO	DBO ₅	DQO	DBO ₅	DQO	DBO ₅
Média	14,03	6,23	21,72	3,41	29,22	2,72	24,33	2,76
Desvio padrão	11,07	0,65	13,87	0,60	14,75	1,44	22,23	0,15
Mínimo	2,00	5,50	8,89	3,00	8,50	0,55	2,14	2,53
Máximo	36,00	7,20	69,63	4,58	61,40	4,76	118,10	2,96
n	30	7	36	6	36	6	35	6
NORTE	DQO	DBO ₅	DQO	DBO ₅	DQO	DBO ₅	DQO	DBO ₅
Média	11,73	5,80	26,09	3,83	42,69	3,06	37,11	2,84
Desvio padrão	10,12	0,30	16,49	1,06	16,21	0,64	30,82	0,18
Mínimo	2,00	5,50	13,76	3,08	16,74	2,61	7,12	2,71
Máximo	32,00	6,10	69,63	4,58	61,40	3,52	118,10	2,96
n	11	3	12	2	12	2	12	2
CENTRO	DQO	DBO ₅	DQO	DBO ₅	DQO	DBO ₅	DQO	DBO ₅
Média	16,00	6,70	18,31	3,15	21,51	1,77	16,30	2,65
Desvio padrão	12,03		7,53	0,21	6,94	1,74	15,37	0,17
Mínimo	3,00	6,70	8,89	3,00	11,16	0,55	2,14	2,53
Máximo	36,00	6,70	37,04	3,29	36,28	3,00	46,32	2,77
n	9	1	12	2	12	2	11	2
SUL	DQO	DBO ₅	DQO	DBO ₅	DQO	DBO ₅	DQO	DBO ₅
Média	14,80	6,50	20,75	3,24	23,45	3,32	18,91	2,81
Desvio padrão	11,90	0,82	15,77	0,27	9,05	2,05	9,41	0,13
Mínimo	3,00	5,60	8,89	3,05	8,50	1,87	5,75	2,71
Máximo	35,00	7,20	66,67	3,43	39,07	4,76	31,62	2,90
n	10	3	12	2	12	2	12	2

DQO = demanda química de oxigênio, DBO₅ = demanda bioquímica de oxigênio,
Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅)

É um teste empírico em que procedimentos laboratoriais padronizados são usados para determinar os requerimentos relativos de oxigênio de águas. O teste mede o oxigênio utilizado durante um período específico de incubação para a degradação bioquímica de material orgânico (demanda carbonácea) e aquele usado para oxidar material inorgânico, tal como sulfetos e ferro ferroso (APHA, 1992). Em síntese, é a quantidade de oxigênio usado no metabolismo de orgânicos biodegradáveis (Tchobanoglous & Schroeder, 1987).

Existem vários outros métodos para medida do carbono orgânico além do teste de DBO: (1) procedimento de oxidação química úmida onde a quantidade de oxigênio consumida durante a oxidação é calculada como demanda química de oxigênio (DQO); (2) a combustão da amostra, onde o conteúdo de carbono orgânico é medido como CO₂ ou carbono orgânico total (COT). A vantagem do método da DBO é que esta mede a fração de matéria orgânica que pode ser oxidada por bactéria e leva 5 dias para completar a análise. Isto é de extrema importância em sistemas naturais, pois é por este mecanismo que o carbono orgânico é normalmente degradado. Por outro lado, DQO e COT medem a quantidade de carbono

presente que pode ser oxidada por oxidantes fortes e podem ser analisadas rapidamente (Waite, 1984).

Os valores de DBO_5 foram maiores na primavera e menores no outono, exibindo um comportamento oposto ao registrado para DQO (Tabela 4.38, Fig. 4.35). Geralmente os valores médios entre os pontos foram bastante similares, sendo que a maior diferença ocorreu também no outono (Fig. 4.35). Este resultado mostrou que a quantidade da matéria orgânica (M.O.) lábil teve uma maior proporção em relação ao conteúdo total de matéria orgânica na primavera em relação ao outono. Este aumento na primavera poderia estar relacionado com a temperatura, pois a atividade biológica aumenta com o aumento da temperatura, ou ainda com a presença de M.O mais lábil nesta época. De acordo com a resolução nº20 do CONAMA (1992) a Lagoa Itapeva seria enquadrada na classe 3 durante a primavera, onde o do limite de $10,0 \text{ mg.L}^{-1}$ foi estabelecido para esta categoria. Contudo, no verão e outono a lagoa estaria na classe 2 (limite $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$), subindo para a classe 1 no inverno (limite $3,0 \text{ mg.L}^{-1}$).

Coliformes

Embora esta variável não seja química, mas sim biológica, foi aqui incluída por dizer respeito aos padrões de qualidade de água.

Um dos problemas mais difíceis no campo da gestão da qualidade de água é uma apropriada avaliação ou interpretação dos resultados dos testes de coliformes. Tem sido observado que quantidades de coliformes fecais e estreptococos fecais que são eliminados por humanos são significativamente diferentes das quantidades eliminadas por animais. Entretanto, isto tem sido sugerido que a proporção entre coliforme fecal (CF) e estreptococo fecal (SF) na amostra pode ser usada para mostrar se a suspeita contaminação deriva de resíduos humanos ou animais. A proporção CF/SF para humanos é maior que 4,0, enquanto que para animais domésticos é menor que 1,0. Se a proporção situar-se entre 1 e 2 a interpretação é incerta (Tchobanoglous & Schroeder, 1987).

Coliformes totais foram mais abundantes durante o verão e com menores densidades no inverno, estando esta distribuição também vinculada à temperatura sazonal (Tabela 4.39). Por outro lado, coliformes fecais estiveram freqüentemente ausentes, principalmente no verão e inverno. Na primavera foram registrados somente para o ponto Sul, enquanto que no inverno, para o Norte. De acordo com a resolução nº20 do CONAMA (1992) a Lagoa Itapeva seria enquadrada na classe 1 em termos de coliformes fecais, pois seus valores médios sempre foram inferiores à $200 \text{ NMP.100mL}^{-1}$. Entretanto, em termos de coliformes totais, classe 1

somente foi verificada durante o inverno (até 1000 NMP.100mL⁻¹), classe 2 na primavera (até 5000 NMP.100mL⁻¹) e classe 3 no verão e outono (até 20000 NMP.100mL⁻¹).

Tabela 4.39 – Análise descritiva das concentrações de coliformes (NMP.100mL⁻¹) obtidos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

Coliformes	Dez/98		Mar/99		Mai/99		Ago/99	
	CT	CF	CT	CF	CT	CF	CT	CF
Média	2318	61	14731	0	6206	87	937	0
Desvio padrão	4111	182	29298	0	4458	90	2187	0
Mínimo	410	0	1187	0	120	20	0	0
Máximo	15290	630	104620	0	17329	189	5400	0
n	12	12	12	12	12	12	6	6
<i>NORTE</i>	CT	CF	CT	CF	CT	CF	CT	CF
Média	713	0	38400	0	9203	87	2765	0
Desvio padrão	230	0	44968	0	7155	90	3726	0
Mínimo	410	0	4611	0	120	20	130	0
Máximo	970	0	104620	0	17329	189	5400	0
n	4	4	4	4	4	4	2	2
<i>CENTRO</i>	CT	CF	CT	CF	CT	CF	CT	CF
Média	1155	0	3261	0	4377	0	35	0
Desvio padrão	289	0	1573	0	1230	0	49	0
Mínimo	970	0	1956	0	2755	0	0	0
Máximo	1580	0	5475	0	5475	0	70	0
n	4	4	4	4	4	4	2	2
<i>SUL</i>	CT	CF	CT	CF	CT	CF	CT	CF
Média	5085	183	2532	0	5037	0	10	0
Desvio padrão	6810	302	1428	0	1376	0	14	0
Mínimo	1460	0	1187	0	3275	0	0	0
Máximo	15290	630	3873	0	6131	0	20	0
n	4	4	4	4	4	4	2	2

CT = coliformes totais, CF = coliformes fecais, Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Qualidade da água

Limnologistas usam os termos eutrófico, mesotrófico e oligotrófico para descrever o estado de produtividade de um corpo d'água, onde (Waite, 1984): a) Oligotrófico indica uma água não produtiva, associada com baixa atividade biológica, corpos de água geologicamente jovens. A qualidade de água, neste caso, é excelente; b) Mesotrófico indica uma água com produtividade média e está associada com alguma atividade biológica, mas é ainda um sistema em equilíbrio. Qualidade da água é boa neste caso; c) Eutrófico indica água altamente produtiva. Atividade biológica excessiva causa grandes flutuações nos parâmetros ambientais. Qualidade da água é significativamente degradada.

O Índice de Qualidade da Água (IQA) é uma tentativa de revelar a condição ambiental de um determinado recurso hídrico, no tempo e no espaço, utilizando uma formulação matemática. No estabelecimento dos IQAs, são escolhidos um grupo de parâmetros físicos, químicos e biológicos (variáveis), que representem, da melhor forma possível, a função que se

pretenda dar ao corpo d'água (suprimento de água, balneabilidade, manutenção das comunidades aquáticas, etc.). Dentre as diversas formulações propostas para os cálculos de IQA, o mais largamente utilizado é o desenvolvido pelo National Sanitation Foundation (NSF) que exprime a opinião de vários especialistas. Esse índice é baseado na construção de curvas de qualidade e agregação ponderada dos parâmetros críticos selecionados (Brown *et al.*, 1970).

Avaliação espacial e sazonal da qualidade das águas das lagoas do Sistema Tramandaí-RS, utilizando o IQA proposto pelo NSF (CETESB, 1994) foi efetuada, assim como o reflexo dessas condições ambientais sobre as comunidades zooplancônicas. De uma forma geral, a qualidade das águas no Sistema Tramandaí apresentou um gradiente decrescente de montante para jusante nas três estações do ano avaliadas (Lagoa Itapeva→Laguna Tramandaí), sendo que a Lagoa Itapeva foi a única que apresentou uma qualidade boa, tanto no outono quanto na primavera. Em termos do zooplâncton, o grupo dos rotíferos apresentou uma correlação positiva ($r = 0,70$) com o IQA durante o outono; ou seja, o aumento da densidade relativa de rotíferos (*Polyarthra* spp.) foi acompanhado pelo aumento do IQA. Entretanto, no inverno esta correlação foi negativa ($r = -0,75$), pois o aumento na densidade relativa de rotíferos (*Keratella* spp.) refletiu uma diminuição no IQA. Isto evidenciou que as espécies de rotíferos foram bons indicadores e que, principalmente, as espécies dominantes nestas estações do ano foram as que contribuíram para esta condição de espécies bioindicadoras de qualidade da água (Cardoso *et al.*, 1997).

De acordo com os resultados das características da água aqui apresentados, nota-se que a qualidade da água da Lagoa Itapeva foi geralmente boa para o consumo humano. Porém, uma maior atenção deve ser direcionada para os sólidos e turbidez na regionalização de um índice (IQA regional), conforme já haviam alertado Bruschi *et al.* (1998). O efeito do vento atuando na região é bastante intenso, portanto o *fetch* efetivo de cada uma destas lagoas costeiras do RS deve ser considerado como um fator físico determinante nos processos de ressuspensão de partículas. Além disso, um índice apropriado de trofia também deve ser proposto, em função das propriedades geomorfológicas da região ("background"). Uma maior atenção deve ser no sentido de investigar melhor os processos envolvidos na formação de florações de cianobactérias, especialmente devido à toxicidade inerente às mesmas (Cardoso *et al.*, em preparação). Especialmente por que, recentemente, uma portaria do Ministério da Saúde (nº 1469, de 29 de dezembro de 2000) prevê as análises de quali- quantitativas de cianobactérias, bem como de cianotoxinas em amostras de água para consumo humano.

Tabela 4.40 - Avaliação geral das variáveis físico-químicas nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva e em comparação com valores registrados para outras lagoas costeiras do RS

Lagoas campanhas	Secchi (m)			CO ₂ (mg.L ⁻¹)			alcalinidade (mg.L ⁻¹)			dureza (mg.L ⁻¹)			ST (mg.L ⁻¹)			SST (mg.L ⁻¹)			SDT (mg.L ⁻¹)		
	min.	max.	média	min.	max.	média	min.	max.	média	min.	max.	média	min.	max.	média	min.	max.	média	min.	max.	média
Dez/98	0,05	0,17	0,1	0,9	4,4	2,2	x	x	x	10,9	24,6	16,7	121,0	276,0	167,2	33,0	180,0	93,8	4,0	110,0	71,7
Mar/99	0,08	0,35	0,22	3,5	10,6	6,4	x	x	x	10,9	34,6	17,3	104,0	220,0	149,6	6,0	90,0	29,3	73,0	175,0	120,0
Mai/99	0,05	0,25	0,14	1,8	5,3	3,5	2,0	16,0	8,1	13,7	35,5	19,8	89,0	498,0	190,1	16,0	293,0	82,1	61,0	148,0	115,3
Ago/99	0,05	0,15	0,1	1,8	10,6	5,4	13,0	27,0	19,0	11,8	22,8	17,1	117,0	494,0	243,4	18,0	397,0	114,7	86,0	168,0	134,6
L. Itapeva	0,05	0,35	0,1-0,22	0,9	10,6	2,2-6,4	2	27	8,1-19,0	10,9	35,5	16,7-19,8	89	498	149,6-243,4	6	397	29,3-114,7	4	175	71,7-134,6
L. Caconde	0,28	0,93																			
L. Emboaba ¹	0,66	1,8																			
L. Emboaba ⁴	1,4	2,4		9,06	14,59		0,18*	0,2*													
L. de Tramandaí-Imbé	0,05	1,9	0,69																		
L. das Pombas	0,4	1,2		2	8		0,52	5,78								0,4	27,4				
L. Marcelino a Pinguela ¹	0,2	0,75					0,21**	1,72**													
L. Marcelino a Pinguela ⁴	0,35	0,85					0,25**	1,02**	0,32-0,8**	16,12	51,86	21,3-41,6									
L. Marcelino a L. Malvas	0,1	0,7	0,39				0,15**	1,05**	0,3-0,39**	13	47,6						16,8-93,3		9,4	206	14,4-101,3

*mmol.L⁻¹; **mEq.L⁻¹

Lagoas campanhas	nitrogênio (mg.L ⁻¹)			fósforo (mg.L ⁻¹)			Amônia (mg.L ⁻¹)			PO ₄ ⁻³ (d) (mg.L ⁻¹)			NO ₂ ⁻ (mg.L ⁻¹)			NO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹)			F (mg.L ⁻¹)		
	min.	max.	média	min.	max.	média	min.	max.	média	min.	max.	média	min.	max.	média	min.	max.	média	min.	max.	média
Dez/98	1,96	3,36	2,72	0,37	1,07	0,66	0,04	0,20	0,11	ND	0,29	0,29	ND	0,36	0,36	ND	0,39	0,42	0,21	0,21	0,21
Mar/99	0,28	2,52	1,59	0,20	1,17	0,57	0,01	0,16	0,08	ND	0,54	0,46	ND	1,26	0,71	ND	1,39	0,52	ND	1,84	0,46
Mai/99	0,28	1,68	0,88	0,09	0,75	0,28	0,09	0,69	0,21	ND	0,68	0,49	ND	0,36	0,36	0,46	0,99	0,54	0,09	0,42	0,16
Ago/99	0,28	2,80	1,60	0,10	0,52	0,30	0,04	0,39	0,21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,95	2,58	1,55	0,07	0,32	0,10
L. Itapeva	0,28	3,36	0,88-2,72	0,09	1,17	0,28-0,66	0,01	0,69	0,08-0,21	ND	0,68	ND-0,49	ND	1,26	ND-0,71	ND	1,39	0,42-1,55	ND	1,84	0,10-0,46
L. Caconde																					
L. Emboaba ¹																					
L. Emboaba ⁴										ND	0,018	0,006				0,01	0,09	0,042			
L. de Tramandaí-Imbé							ND	24*	6,67*	ND	3*	0,8*	ND	2*	0,32*	ND	10*	2*			
L. das Pombas										0,002	0,085					0	10,56				
L. Marcelino a Pinguela ¹	0,79	5,74		0,04	2,68		0,04	2,16		0,006	0,7		0,0007	0,13		ND	0,21				
L. Marcelino a Pinguela ⁴	0,95	6,32	1,26-4,26	0,03	1,43	0,10-0,67	0,0004	1,71	0,039-0,53	0,0003	0,85	0,006-0,2	0,002	0,08	0,003-0,06	0,01	0,13	0,03-0,09			
L. Marcelino a L. Malvas	0,15	5,33	1,21-2,06	0,01	0,66	0,12-0,27	0,034	0,84	0,24	ND	0,39	0,03-0,07	ND	0,062	0,005-0,008	ND	0,46	0,07-0,19			

*µmol.L⁻¹

Lagoas campanhas	Cl ⁻ (mg.L ⁻¹)			SO ₄ ⁻² (mg.L ⁻¹)			Sílica (mg.L ⁻¹)			DQO (mg.L ⁻¹)			DBO ₅ (mg.L ⁻¹)			CT (NMP.100mL ⁻¹)			CF (NMP.100mL ⁻¹)		
	min.	max.	média	min.	max.	média	min.	max.	média	min.	max.	média	min.	max.	média	min.	max.	média	min.	max.	média
Dez/98	4,79	7,14	6,35	ND	3,50	2,77	5,8	7,3	6,7	2,0	36,0	14,0	3,5	7,2	6,2	410,0	15290	2318	ND	630	61
Mar/99	0,46	14,55	8,51	ND	8,93	3,51	5,8	7,9	7,1	8,9	69,6	21,7	3,0	4,6	3,4	1187,0	104620	14731	ND	ND	ND
Mai/99	5,50	13,05	7,77	3,08	7,27	4,37	7,0	8,7	7,6	8,5	61,4	29,2	0,5	4,8	2,7	120,3	17329	6206	20	189	87
Ago/99	5,50	11,32	6,85	3,53	7,31	4,37	6,5	9,0	7,4	2,1	118,1	24,3	2,5	3,0	2,8	ND	5400	937	ND	ND	ND
L. Itapeva	0,46	14,55	6,35-8,51	ND	8,93	2,77-4,37	5,8	9	6,7-7,6	2	118,1	14,0-29,2	0,5	7,2	2,7-6,2	ND	104620	937-14731	ND	630	ND-87
L. Caconde																					
L. Emboaba ¹																					
L. Emboaba ⁴																					
L. de Tramandaí-Imbé	ND	18*	5,98*	3*	2100*	721*	23**	443**	127,3**	6	40	17,75									
L. das Pombas																					
L. Marcelino a Pinguela ¹				2,11	7,79								0,05	7,79		40	500000		15	8200	
L. Marcelino a Pinguela ⁴	12,81	40,4	18,1-29,5	2,47	8,56	3,95-7,2				6,19	66,6	20,9-44,3	0,4	9,48	1,19-6,6	11000	100000	3016-59500	16	8000	45,83-2600
L. Marcelino a L. Malvas	10,1	44,2	14,1-20,8	ND	11,8	2,3-4,3				8,5	47,1	18,7-28,8	0,23	11,55	1,8-2,17						

*g.L⁻¹; **µmol.L⁻¹

Fonte dos dados: L. Itapeva (presente trabalho), L. Caconde (Tedesco, 1995), L. Emboaba¹ (Bohrer, 1985), L. Emboaba⁴ (Vélez, 1990), L. de Tramandaí-Imbé (Medeiros, 1992), L. das Pombas (Kremer, 1985), L. Marcelino a Pinguela¹ (Fermino, 1997), L. Marcelino a Pinguela⁴ (Salomoni, 1997), L. Marcelino a Malvas (Pedrozo, 2000).

Comparação com outras lagoas costeiras do RS

Em primeiro lugar, o conhecimento sobre as lagoas costeiras do RS é bastante escasso sendo este praticamente concentrado em dissertações do Centro de Ecologia da UFRGS e sumarizado na Tabela 4.40. Além disso, existem muitas lacunas em termos de análises químicas, principalmente em termos de CO₂, dureza, sólidos (totais, suspensos e dissolvidos), fluoretos, sílica e coliformes. Grande parte do conhecimento em termos de química e qualidade da água foi desenvolvida no final do século passado, estando concentrado para as lagoas do litoral norte (Fermino, 1997; Salomoni, 1997; Cardoso et al., 1997; Bruschi, 1998 e Pedrozo, 2000).

Em termos de transparência Secchi, a Lagoa Itapeva apresentou valores inferiores ao registrado para outras lagoas. Provavelmente este fato esteja relacionado com as condições climáticas no momento da coleta, visto que em nenhum estudo anterior uma campanha de longa-duração tenha sido efetuada. Sendo assim, as campanhas de um dia normalmente são realizadas em condições de tempo mais estáveis e não em situações extremas.

A amplitude dos valores de CO₂ e alcalinidade foram maiores na Lagoa Itapeva, porém para a dureza foi observado o inverso. Em termos de nutrientes (nitrogênio e fósforo), os valores da Lagoa Itapeva aproximaram-se mais das outras lagoas costeiras pertencentes ao Sistema de Tramandaí, apenas os limites máximos de nitrito e nitrato foram superiores na Itapeva. Por outro lado, os valores de cloretos foram inferiores aos registrados para estas lagoas, mas os sulfatos estiveram dentro dos limites. DQO e DBO registraram valores similares, entretanto em termos de coliformes a Lagoa Itapeva está bem menos impactada que as demais.

Estes dados mostram que muito ainda há de ser feito para o conhecimento das lagoas costeiras do RS, visto que o potencial turístico na utilização destas está aumentando nos últimos anos. Assim, torna-se imprescindível o conhecimento destes ecossistemas com vistas à exploração ecoturística apropriada.

Análise dos dados das variáveis físico-químicas

Devido ao grande número de variáveis físico-químicas (35) e hidrometeorológicas (9) estudadas, a matriz de correlação foi separada em duas partes para cada campanha sazonal. Assim, no primeiro conjunto de dados foram incluídas as variáveis físicas associadas à transparência da água e as químicas que interferem nesta. Também foram incluídas todas as variáveis hidrológicas e somente a temperatura foi excluída das meteorológicas. Já no

segundo conjunto de dados, todas as variáveis hidrometeorológicas, as físico-químicas obtidas através do multiprobe e as químicas laboratoriais foram utilizadas.

Para todas as campanhas sazonais a turbidez esteve correlacionada com as variáveis físicas associadas à transparência d'água (Tabelas 4.41 a 4.44). Entende-se por variáveis associadas à transparência d'água aquelas que foram obtidas por cálculos a partir dos valores da leitura do disco de Secchi, com exceção do coeficiente de atenuação vertical (relação inversa com o valor Secchi). A relação entre turbidez e transparência Secchi sempre foi negativa, pois o aumento da turbidez interfere diretamente na penetração da luz na coluna d'água, sendo mais elevada durante o outono ($r = -0,70$) e primavera ($r = -0,65$). Como o coeficiente de atenuação vertical (k) apresenta relação inversa com a leitura do disco de Secchi, a relação entre este coeficiente e a turbidez foi positiva para todas as campanhas sazonais, sendo também mais elevada no outono ($r = 0,78$) e primavera ($r = 0,64$). Relação significativa e inversa entre turbidez e razões entre zona eufótica e zona afótica (Zeu:Zafo) somente ocorreram na primavera ($r = -0,45$) e outono ($r = -0,55$). Entretanto, correlações entre a turbidez e razões entre zona eufótica e zona de mistura (Zeu:Zmix) somente estiveram ausentes durante o inverno. Justamente nesta estação do ano as razões Zeu:Zmix obtiveram os menores valores (Tabela 4.27).

A condutividade também esteve correlacionada com as variáveis vinculadas à transparência d'água, sendo significativas para todas durante o verão (Tabela 4.42). Correlação positiva entre condutividade e transparência Secchi ocorreu mais forte no verão ($r = 0,51$) do que na primavera ($r = 0,36$); entretanto esta foi negativa durante o inverno ($r = -0,58$). Conforme havia sido mencionado sobre a relação inversa entre k com a leitura do disco de Secchi, a relação entre este coeficiente e a condutividade foi positiva somente no inverno ($r = 0,49$) e negativa na primavera ($r = -0,43$) e verão ($r = -0,46$). Correlação entre condutividade e as razões Zeu:Zafo ($r = 0,67$) e Zeu:Zmix ($r = 0,85$) foram positivas e mais elevadas no verão. Exatamente nesta campanha foram registrados os maiores valores destas razões, ou seja, melhores condições de penetração de luz na coluna d'água (Tabela 4.25).

Em termos das variáveis meteorológicas, nenhuma correlação significativa foi verificada entre estas e as variáveis vinculadas à transparência d'água nas campanhas do outono e inverno (Tabelas 4.43 e 4.44). Durante a primavera somente foram verificadas correlações fracas e inversas entre a direção do vento e as razões Zeu:Zafo ($r = -0,34$) e Zeu:Zmix ($r = -0,36$). Entretanto, para o verão correlações com as velocidades do vento foram constatadas apresentando o mesmo tipo de relação (direta ou inversa) que havia sido

Tabela 4.41 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) de algumas variáveis físico-químicas (vinculadas à transparência da água) e meteorológicas, durante a campanha de primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.

Dez/98	VMED	VMAX	DIR	P	COND	TURB	ZDS	Z	k	Zeuz:Zafo	Zeuz:Zmix
ZDS					0,36	-0,65	1				
Z						-0,55	0,35	1			
k					-0,43	0,64	-0,93	-0,45	1		
Zeuz:Zafo					-0,34	-0,45	0,72	-0,35	-0,61	1	
Zeuz:Zmix					-0,36	-0,46	0,74	-0,34	-0,64	0,99	1
ST							-0,37			-0,35	-0,35
SS							-0,68		0,62	-0,63	-0,66
SD							0,53		-0,52	0,45	0,49
NTK							-0,44	-0,81	0,55		
P							-0,48		0,42	-0,53	-0,58
N:P								-0,54		0,56	0,60
DQO											
ÍONS											

obs.: parte em cinza da matriz consta na Tabela 4.45

VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação, COND = condutividade, TURB = turbidez, ST = sólido total, SS = sólido suspenso, SD = sólido dissolvido, ÍONS = total dos ânions analisados, ZDS = profundidade do disco de Secchi (m), Z = profundidade da coluna d'água (m), Zmix = zona de mistura, k = coeficiente de atenuação vertical, Zeu = extensão da zona eufótica (m), Zafo = extensão da zona afótica (m)

Tabela 4.42 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) de algumas variáveis físico-químicas (vinculadas à transparência da água) e hidrometeorológicas, durante a campanha de verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.

Mar/99	VMED	VMAX	DIR	P	NIV	VEL	DH ₂ O	COND	TURB	ZDS	Z	k	Zeuz:Zafo
ZDS	-0,41	-0,40					-0,52	0,51	-0,55	1			
Z					0,81	-0,33	0,90	-0,93	0,49	-0,45	1		
k	0,39	0,37					0,51	-0,46	0,55	-0,92	0,46	1	
Zeuz:Zafo	-0,37						-0,52	0,67		0,57	-0,60	-0,44	1
Zeuz:Zmix					-0,63		-0,76	0,85	-0,55	0,82	-0,83	-0,73	0,81
ST										-0,33	0,48	0,33	
SS										-0,54	0,44	0,55	-0,43
SD													
NTK													
P													
N:P													
DQO										0,39			0,57
ÍONS													

obs.: parte em cinza da matriz consta na Tabela 4.46

VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação, NIV = nível d'água, VEL = velocidade d'água, DH₂O = direção do movimento d'água, COND = condutividade, TURB = turbidez, ST = sólido total, SS = sólido suspenso, SD = sólido dissolvido, ÍONS = total dos ânions analisados, ZDS = profundidade do disco de Secchi (m), Z = profundidade da coluna d'água (m), Zmix = zona de mistura, k = coeficiente de atenuação vertical, Zeu = extensão da zona eufótica (m), Zafo = extensão da zona afótica (m)

Tabela 4.43 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) de algumas variáveis físico-químicas (vinculadas à transparência da água) e hidrometeorológicas, durante a campanha de outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.

Mai/99	VMED	VMAX	DIR	P	NIV	VEL	DH ₂ O	COND	TURB	ZDS	Z	k	Ze:Zafo	Ze:Zmix
ZDS									-0,70	1				
Z								-0,80	-0,34		1			
k					0,47				0,78	-0,88		1		
Ze:Zafo								0,34	-0,55	0,93		-0,77	1	
Ze:Zmix								0,36	-0,58	0,95		-0,82	0,99	1
ST												0,80	-0,56	-0,59
SS												-0,59	-0,40	0,73
SD														
NTK												-0,45	0,59	-0,40
P												-0,68	0,74	-0,59
N:P												0,39		
DQO												-0,50	-0,40	0,49
ÍONS														-0,34

obs.: parte em cinza da matriz consta na Tabela 4.47

VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação, NIV = nível d'água, VEL = velocidade d'água, DH₂O = direção do movimento d'água, COND = condutividade, TURB = turbidez, ST = sólido total, SS = sólido suspenso, SD = sólido dissolvido, ÍONS = total dos ânions analisados, ZDS = profundidade do disco de Secchi (m), Z = profundidade da coluna d'água (m), Zmix = zona de mistura, k = coeficiente de atenuação vertical, Ze = extensão da zona eufótica (m), Zafo = extensão da zona afótica (m)

Tabela 4.44 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) de algumas variáveis físico-químicas (vinculadas à transparência da água) e hidrometeorológicas durante a campanha de inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.

Ago/99	VMED	VMAX	DIR	P	NIV	VEL	DH ₂ O	COND	TURB	ZDS	Z	k	Ze:Zafo	Ze:Zmix
ZDS					-0,38			-0,58	-0,47	1				
Z								-0,94		0,58	1			
k							-0,35	0,49	0,39	-0,95	-0,48	1		
Ze:Zafo					-0,64					0,69		-0,73	1	
Ze:Zmix					-0,62					0,72		-0,76	1,00	1
ST												0,38		
SS														
SD														
NTK														
P														
N:P														
DQO														0,38
ÍONS														

obs.: parte em cinza da matriz consta na Tabela 4.48

VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação, NIV = nível d'água, VEL = velocidade d'água, DH₂O = direção do movimento d'água, COND = condutividade, TURB = turbidez, ST = sólido total, SS = sólido suspenso, SD = sólido dissolvido, ÍONS = total dos ânions analisados, ZDS = profundidade do disco de Secchi (m), Z = profundidade da coluna d'água (m), Zmix = zona de mistura, k = coeficiente de atenuação vertical, Ze = extensão da zona eufótica (m), Zafo = extensão da zona afótica (m)

estabelecida com relação à turbidez (Tabela 4.42). Ou seja, à medida que aumenta a velocidade do vento diminui a transparência da água, pois o vento interfere diretamente na turbidez. Devido a este fato, era esperado encontrar este tipo de relação com o vento principalmente durante o outono e inverno, quando frentes frias chegaram na região. Contudo, os efeitos do fetch causado nestas estações do ano foram tão intensos que perturbou quase que constantemente a coluna d'água, especialmente no inverno. Assim, a transparência d'água quase não apresentou oscilação diária, como observada durante o verão (Fig. 4.22) estando esta condição aliada à inclinação solar sazonal.

Como as variáveis hidrológicas não foram amostradas para a campanha da primavera, as correlações foram feitas somente para as demais campanhas. No outono foi verificada apenas correlação entre o nível d'água e o coeficiente k ($r= 0,47$). O nível d'água também apresentou correlações isoladas durante o verão, estando estas associadas à profundidade ($r= 0,81$) e à razão Zeu:Zmix ($r= -0,63$); ou seja, a profundidade aumentou com a elevação do nível d'água, diminuindo a camada eufótica. Porém no inverno, o nível d'água esteve fraca e negativamente correlacionado com a transparência Secchi, e mais fortemente correlacionado com as razões Zeu:Zafo ($r= -0,64$) e Zeu:Zmix ($r= -0,62$); pois à medida que o nível d'água aumentava a transparência e todas as variáveis a esta associada diminuíram devido à perturbação no sistema. Já a direção do movimento d'água apresentou correlações com todas as variáveis vinculadas à transparência d'água somente durante o verão (Tabela 4.42). Durante o verão a direção do movimento foi praticamente constante dentro de cada ponto de amostragem (*capítulo 3*, Fig. 3.13), onde as oscilações de W-WNW aumentavam a profundidade no Sul ($r= 0,90$), diminuindo as propriedades de penetração da luz ($r= -0,52$ a $-0,76$). Durante o inverno, correlação fraca e inversa ocorreu entre a direção do movimento d'água e o coeficiente k ($r= -0,35$).

A transparência Secchi apresentou correlações negativas com sólidos totais e suspensos em todas as estações do ano (Tabelas 4.41 a 4.44) como era esperado, pois existe uma estreita relação entre turbidez e sólidos, a qual foi também aqui evidenciada (Tabelas 4.45 a 4.48). Contudo, somente na primavera foi verificada com relação aos sólidos dissolvidos ($r= 0,53$), exatamente quando foram registrados os menores valores destes (Tabela 4.31). As correlações observadas entre os sólidos dissolvidos e as variáveis vinculadas à transparência foram opostas às estabelecidas em termos de sólidos suspensos, pois à medida que aumentava a concentração de sólidos dissolvidos, decrescia os suspensos, permitindo assim uma maior transparência. Relações negativas e significativas entre sólidos (totais e suspensos) também ocorreram com as razões Zeu:Zafo e Zeu:Zmix nas campanhas

Tabela 4.45 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) das variáveis físico-químicas e meteorológicas, durante a campanha de primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.

Dez/98	CO ₂	DUR	ST	SS	SD	NTK	P	N:P	NH ₄ ⁺	CL ⁻	F	PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	NO ₃ ⁻	SIL	DQO	ÍONS
TMAX	0,46								-0,55								0,48
TMIN	0,43								-0,52								0,45
VMED	0,48	0,40	0,54				0,39	-0,35									
VMAX	0,62	0,39	0,54				0,37										0,43
DIR	0,41		0,51	-0,50			0,44										
P	0,35	0,40															0,41
TEMP				-0,39	0,46					0,48							
COND					0,37				-0,40	0,53							
OD%						-0,65	-0,37		-0,84			-0,52	0,72				
OD					-0,35	-0,64	-0,40		-0,86			-0,51	0,70	0,34			
pH						0,69								-0,55			
ORP					-0,46					-0,71			-0,53				-0,46
TURB			0,53	0,81	-0,70	0,51											-0,72
CO ₂	1			0,41	-0,48		0,42										
DUR		1															
ST			1	0,73													
SS				1	-0,68		0,58	-0,44									
SD					1		-0,53	0,38									
NTK						1		0,42	0,39					-0,67	-0,34		
P							1	-0,84									
N:P								1									
NH ₄ ⁺									1						0,38	-0,53	
CL ⁻										1			0,59	-0,45			0,72
F											1						
PO ₄ ⁻												1					
SO ₄ ⁻²													1				0,84
NO ₃ ⁻														1			
SIL															1	-0,43	
DQO																1	
ÍONS																	1

TMAX = temperatura máxima, TMIN = temperatura mínima, VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação, TEMP = temperatura, COND = condutividade, OD% = oxigênio dissolvido em percentual de saturação, OD = oxigênio dissolvido em mg.L⁻¹, ORP = potencial de óxido-redução, TURB = turbidez, DUR = dureza, ST = sólido total, SS = sólido suspenso, SD = sólido dissolvido, SIL = sílica, ÍONS = total dos ânions analisados

Tabela 4.46 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) das variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, durante a campanha do verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.

Mar/99	CO ₂	DUR	ST	SS	SD	NTK	P	N:P	NH ₄ ⁺	CL ⁻	F	PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	NO ₃ ⁻	SIL	DQO	ÍONS
TMAX	-0,49					0,35	0,39				0,60						
TMIN	-0,51					0,33	0,40				0,57						
VMED				0,54			0,38		0,40						0,40	-0,45	
VMAX				0,49			0,43		0,37						0,38	-0,38	
DIR	-0,48						0,36				0,61						
P							0,54										
NIV									0,54								
VEL						-0,43											-0,33
DH ₂ O			0,50	0,44					0,63	-0,46					0,37		-0,35
TEMP	-0,55						0,42										
COND			-0,59						-0,72	0,51							
OD%	-0,41								-0,39								
OD																-0,40	
pH											0,54						
ORP	0,35								0,43								
TURB			0,52	0,62					0,65						0,48		
CO ₂	1						-0,49										
DUR		1		-0,42				0,40									
ST			1	0,55					0,45								
SS				1			-0,46	-0,40	0,53						0,46	-0,37	
SD					1												
NTK						1		0,44									
P							1	-0,77									
N:P								1					0,40				
NH ₄ ⁺									1						0,68		
CL ⁻										1	0,54						0,95
F											1						0,56
PO ₄ ⁻												1					
SO ₄ ⁻²													1				0,56
NO ₃ ⁻														1			
SIL															1		
DQO																1	
ÍONS																	1

TMAX = temperatura máxima, TMIN = temperatura mínima, VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação, N = nível da água, VEL = velocidade da água, DH₂O = direção do movimento da água, TEMP = temperatura, COND = condutividade, OD% = oxigênio dissolvido em percentual de saturação, OD = oxigênio dissolvido em mg.L⁻¹, ORP = potencial de óxido-redução, TURB = turbidez, DUR = dureza, ST = sólido total, SS = sólido suspenso, SD = sólido dissolvido, SIL = sílica, ÍONS = total dos ânions analisados

Tabela 4.47 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) das variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, durante a campanha do outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.

Mai/99	CO ₂	ALC	DUR	ST	SS	SD	NTK	P	N:P	NH ₄ ⁺	CL ⁻	F	PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	NO ₃ ⁻	SIL	DQO	ÍONS
TMAX												0,37						
TMIN												0,38						
VMED				0,36	0,45	-0,44									-0,43			
VMAX		-0,36	0,39	0,40	0,50	-0,44		0,34		0,36					-0,44	0,37		
DIR			0,35		0,35					0,35							0,36	
P		-0,43						0,33										
NIV		-0,43	0,34	0,59	0,65		0,45	0,43		0,46								0,43
VEL										0,41					-0,40			
DH ₂ O				-0,34	-0,43			-0,33		-0,35								
TEMP		0,55		-0,53	-0,59		-0,47	-0,54		-0,53								-0,37
COND											0,57	0,61		0,53		-0,46	0,35	0,58
OD%				0,34	0,38		0,52	0,36		0,64	0,52	0,42		0,43			0,53	0,51
OD				0,41	0,46		0,59	0,43		0,71	0,48	0,38		0,41			0,54	0,48
pH				-0,38	-0,41		-0,53	-0,44		-0,64	-0,49	-0,35		-0,38			-0,56	-0,47
ORP				-0,43	-0,54		-0,54	-0,37		-0,59	-0,61	-0,60		-0,59			-0,64	-0,63
TURB				0,94	0,95		0,68	0,88	-0,39	0,82	0,40			0,39			0,65	0,40
CO ₂	1																	
ALC		1			-0,36		-0,34											
DUR			1															
ST				1	0,93		0,62	0,82	-0,38	0,75								0,56
SS					1		0,67	0,83	-0,37	0,80				0,36		0,34	0,57	0,33
SD						1												0,40
NTK							1	0,58		0,79				0,40		0,35	0,41	0,36
P								1	-0,57	0,70								0,58
N:P									1									-0,35
NH ₄ ⁺										1						0,39	0,52	
CL ⁻											1	0,68		0,86			0,46	0,98
F												1		0,79			0,39	0,75
PO ₄ ⁻													1					
SO ₄ ⁻²														1			0,42	0,94
NO ₃ ⁻															1			
SIL																1		
DQO																	1	0,46
ÍONS																		1

TMAX = temperatura máxima, TMIN = temperatura mínima, VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação, N = nível da água, VEL = velocidade da água, DH₂O = direção do movimento da água, TEMP = temperatura, COND = condutividade, OD% = oxigênio dissolvido em percentual de saturação, OD = oxigênio dissolvido em mg.L⁻¹, ORP = potencial de óxido-redução, TURB = turbidez, DUR = dureza, ST = sólido total, SS = sólido suspenso, SD = sólido dissolvido, SIL = sílica, ÍONS = total dos ânions analisados, ALC= alcalinidade

Tabela 4.48 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 36$) das variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, durante a campanha do inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.

Ago/99	CO ₂	ALC	DUR	ST	SS	SD	NTK	P	N:P	NH ₄ ⁺	CL ⁻	F	PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	NO ₃ ⁻	SIL	DQO	ÍONS
TMAX	0,54	-0,49								0,35						0,52		
TMIN	0,56	-0,51								0,36						0,53		
VMED				0,37	0,39													
VMAX	-0,47			0,41	0,44					-0,40						-0,35		
DIR	-0,89	0,51		0,34						-0,35						-0,76		
P																		
NIV			0,36	0,66	0,63		0,50	0,49										
VEL																		
DH ₂ O	0,80	-0,46		-0,40	-0,35			-0,38									0,75	
TEMP																		
COND				0,54	0,51			0,55							-0,83		0,42	
OD%																		
OD																-0,34		
pH		0,41																
ORP				-0,50	-0,45			-0,41								0,75		-0,49
TURB			0,50	0,98	0,97		0,73	0,86	-0,47							-0,47		
CO ₂	1	-0,56		-0,36						0,42								0,80
ALC		1								-0,39								-0,47
DUR			1	0,53	0,44		0,45	0,53						0,35				
ST				1	0,97		0,72	0,85	-0,43							-0,51		
SS					1		0,69	0,81	-0,42							-0,46		
SD						1												
NTK							1	0,56								-0,44		
P								1	-0,72							-0,45		
N:P									1									
NH ₄ ⁺										1							0,49	
CL ⁻											1	0,56		0,96	0,37			0,98
F												1		0,55	0,44			0,61
PO ₄ ⁻													1					
SO ₄ ⁻²														1	0,41			0,97
NO ₃ ⁻															1			0,54
SIL																		1
DQO																		1
ÍONS																		1

TMAX = temperatura máxima, TMIN = temperatura mínima, VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação, N = nível da água, VEL = velocidade da água, DH₂O = direção do movimento da água, TEMP = temperatura, COND = condutividade, OD% = oxigênio dissolvido em percentual de saturação, OD = oxigênio dissolvido em mg.L⁻¹, ORP = potencial de óxido-redução, TURB = turbidez, DUR = dureza, ST = sólido total, SS = sólido suspenso, SD = sólido dissolvido, SIL = sílica, ÍONS = total dos ânions analisados, ALC= alcalinidade

sazonais, com exceção do inverno (Tabelas 4.41 a 4.44). Entretanto, estas foram mais fortes com os sólidos suspensos durante a primavera ($r = -0,63$ e $-0,66$ respectivamente), pois nesta campanha estes foram a porção predominante em relação aos sólidos totais (Fig. 4.25). Com o coeficiente k as correlações com sólidos (totais e suspensos) sempre foram positivas, sendo mais elevadas durante o outono (Tabela 4.43).

Correlações negativas e significativas também foram encontradas entre transparência Secchi com nitrogênio e fósforo nas campanhas sazonais, com exceção do verão (Tabelas 4.41 a 4.44), pois o aumento da concentração destes nutrientes na água interfere na transparência da mesma. As razões entre estes nutrientes (N:P) exibiram correlações positivas no outono e inverno (Tabelas 4.43 e 4.44). Justamente nestas estações do ano esta razão foi mais elevada, pois a diminuição do fosfato aumentou a razão entre os nutrientes, aumentando assim a transparência da água.

Analisando as correlações entre as variáveis químicas com a hidrometeorológicas e do multiprobe pode-se constatar que poucas relações foram estabelecidas com a temperatura atmosférica (Tabelas 4.45 a 4.48). Entretanto, as correlações foram mais frequentes com relação ao vento, porém quase sempre fracas. Assim, sólidos totais e/ou suspensos estiveram positivamente correlacionados com o vento (velocidades e/ou direção) em todas as campanhas sazonais. Contudo, sólidos dissolvidos somente foram relacionados inversamente com o vento durante a primavera e outono (Tabelas 4.45 e 4.47), pois é fato que o aumento do vento perturba a coluna d'água aumentando a quantidade de partículas em suspensão em relação às dissolvidas. Fósforo foi o nutriente também correlacionado positivamente com este fator meteorológico (Tabelas 4.45 a 4.47). Porém com relação ao nitrogênio, correlações isoladas com o amônio ocorreram nas campanhas ora positivamente (verão e outono) ora negativamente (inverno). As correlações mais elevadas com o vento (direção) ocorreram durante o inverno com relação ao CO_2 ($r = -0,89$) e sílica ($r = -0,76$), onde a mudança de ventos de WSW para NE acompanhou um acréscimo das concentrações destes.

A precipitação apresentou correlação positiva com o fósforo mais forte durante o verão ($r = 0,54$) do que no outono ($r = 0,33$). Esta também esteve relacionada com sólidos totais e DQO durante a primavera (Tabela 4.45). Embora a precipitação média nas campanhas de primavera e verão tenha sido baixa (*capítulo 3*, Tabelas 3.1 e 3.2), quando as chuvas ocorreram foram intensas e breves, acompanhadas de um aumento destas variáveis químicas.

Quanto às variáveis hidrológicas, durante o verão o nível d'água apenas esteve correlacionado com o amônio ($r = 0,54$). Durante esta estação foram registrados os menores níveis d'água em todos os pontos, onde a pequena elevação destes foi acompanhada de uma

maior liberação de amônio do fundo. Entretanto, durante o outono e inverno correlações mais elevadas e positivas foram obtidas entre nível d'água com sólidos (totais e suspensos) e nutrientes (nitrogênio e fósforo) (Tabelas 4.47 e 4.48). Nestas estações ocorreram os maiores níveis d'água para a Lagoa Itapeva, onde a elevação foi novamente acompanhada por um aumento do material de fundo para a coluna d'água. A velocidade do movimento d'água pouco esteve correlacionada com as variáveis químicas, onde nestas raras situações as relações foram com substâncias nitrogenadas (Tabelas 4.46 e 4.47). A direção do movimento d'água exibiu comportamentos bastante semelhantes com as variáveis químicas durante o outono e inverno, especialmente porque a direção manteve-se a mesma nestas campanhas sazonais (Tabelas 4.47 e 4.48). Entretanto, correlações mais elevadas e positivas entre direção do fluxo d'água com sólidos ($r= 0,50$) e amônio ($r= 0,63$) ocorreram no verão. Como havia sido mencionado anteriormente, nesta estação a direção do movimento foi praticamente constante em cada ponto (SW no Norte e Centro e WNW-W no Sul) e foi constatado um gradiente crescente destas variáveis de N→S. Assim, direções do fluxo de WNW-W contribuíram para um maior acúmulo de sólidos e amônio no ponto Sul, provavelmente procedentes da foz do Rio Três Forquilhas.

A temperatura d'água não apresentou nenhuma correlação significativa durante o inverno (Tabela 4.48), sendo mais fortes e negativas durante o outono, especialmente com relação aos sólidos e nutrientes (Tabela 4.47).

A condutividade exibiu forte e positiva correlação com cloretos da primavera ao outono ($r= 0,51$ a $0,57$), sendo que nesta última estação correlações também foram verificadas com fluoretos, sulfatos e totalidade dos íons dissolvidos (Tabela 4.47). Entretanto com relação aos sólidos dissolvidos, apenas na primavera fraca correlação foi observada ($r= 0,37$). No inverno a correlação mais alta foi vinculada ao nitrato ($r= -0,83$). Era totalmente esperado encontrar relações entre condutividade e íons, pois a dependência é direta (APHA, 1992; Esteves, 1998). Talvez os problemas metodológicos envolvidos na análise de sólidos, discutidos anteriormente, tenham interferido na correlação entre estas variáveis.

O oxigênio esteve mais frequentemente correlacionado com as variáveis químicas durante o outono, porém de uma forma mais homogênea e positiva (Tabela 4.47). Somente no verão a relação entre este e o CO_2 foi significativa ($r= -0,41$), mostrando que foi a estação onde ocorreu uma maior produtividade fitoplanctônica (*capítulo 6*).

Relação pH e alcalinidade, embora bastante característica no metabolismo aquático, foi evidenciada somente no inverno ($r= 0,41$). Justamente nesta estação correlação entre CO_2 e alcalinidade ($r= -0,56$) foi encontrada. Como a alcalinidade não foi medida durante as

campanhas da primavera e verão ficou difícil tirar maiores conclusões. Novamente correlações mais frequentes com as demais variáveis ocorreram no outono (Tabela 4.47).

O potencial de óxido-redução apresentou correlação com sólidos dissolvidos ($r = -0,46$) apenas na primavera e com os íons na primavera e outono (Tabelas 4.45 e 4.47).

Turbidez foi a variável obtida pelo multiprobe mais fortemente relacionada com as variáveis químicas, especialmente durante o outono e inverno (Tabelas 4.47 e 4.48). Tendo sido destacada com relação aos sólidos (totais e suspensos) em todas as campanhas sazonais (Tabelas 4.45 a 4.48). Relação forte e inversa desta variável com sólidos dissolvidos ($r = -0,70$) e íons ($r = -0,72$) somente ocorreu na primavera. Fortes correlações positivas também foram estabelecidas entre turbidez e nutrientes durante o outono e inverno, pois os valores de turbidez foram mais elevados nestas estações do ano, sendo gerados pelo *fetch* que disponibilizou uma maior quantidade de nutrientes e material de fundo na coluna d'água.

As correlações entre sólidos totais e suspensos foram altíssimas no outono ($r = 0,93$) e inverno ($r = 0,97$). Tanto os sólidos totais (ST) quanto os suspensos (SS) estiveram mais fortemente relacionados ao fósforo nestas campanhas ($r = 0,82$ e $0,85$ para ST e $r = 0,83$ e $0,81$ para SS, respectivamente) do que ao nitrogênio ($r = 0,62$ e $0,72$ para ST e $r = 0,67$ e $0,69$ para SS, respectivamente). Este fato corrobora a hipótese de que o fósforo na Lagoa Itapeva deve ter origem geológica, portanto natural. Na primavera, sólidos totais somente estiveram correlacionados com os suspensos ($r = 0,73$) e estes somente com fósforo ($r = 0,58$), não mais com o nitrogênio. Esta estação do ano foi a única onde foi estabelecida uma correlação entre suspensos e dissolvidos ($r = -0,68$). Talvez a mistura provocada pela oscilação de direção do vento tenha contribuído de alguma forma para esta relação. No verão foi registrada a mais baixa correlação entre sólidos totais e suspensos ($r = 0,55$). O nutriente em que os suspensos estiveram aqui mais bem relacionados foi o amônio ($r = 0,53$), pois ambos tiveram os menores registros nesta estação do ano (Tabelas 4.31 e 4.33).

A fim de estabelecer relações entre as frações orgânicas e inorgânicas dos sólidos com nutrientes, uma nova matriz foi efetuada (Tabela 4.50). Novamente ficou nítido que uma maior relação entre sólidos suspensos e nutrientes ocorreu durante o outono e inverno. A correlação com fósforo foi mais forte, sendo que durante o outono este esteve mais correlacionado com a fração inorgânica, enquanto que no inverno, com a orgânica ($r = 0,83$ para ambas). Já com o nitrogênio comportamento inverso foi observado, ou seja, no inverno esteve mais correlacionado com a fração inorgânica ($r = 0,69$). Estas correlações contribuíram para o fato que, durante o inverno muitos organismos não resistiram à baixa temperatura da água, sedimentando e seus cadáveres sendo ressuspensos na coluna d'água por ação do vento.

Tabela 4.50 – Matriz de correlação (r -Pearson $p < 0,05$, $n=24$ para Mar/99 e $n=36$ para Mai/99 e Ago/99) entre nutrientes e sólidos nas frações orgânicas e inorgânicas.

Mar/99							Mai/99							Ago/99						
	NTK	PT	SSF	SSV	SDF	SDV		NTK	PT	SSF	SSV	SDF	SDV		NTK	PT	SSF	SSV	SDF	SDV
NTK	1						NTK	1						NTK	1					
PT		1					PT	0,58	1					PT	0,56	1				
SSF			1				SSF	0,66	0,83	1				SSF	0,69	0,79	1			
SSV			0,43	1			SSV	0,67	0,74	0,92	1			SSV	0,64	0,83	0,87	1		
SDF					1		SDF					1		SDF	-0,48	-0,43			1	
SDV						1	SDV					-0,76	1	SDV					-0,40	1
N:P	0,44	-0,77	-0,46				N:P	-0,6	-0,37	-0,33				N:P	-0,7	-0,40	-0,51			

NTK= nitrogênio total Kjeldahl, PT= fósforo total, SSF= sólidos suspensos fixos, SSV= sólidos suspensos voláteis, SDF= sólidos dissolvidos fixos, SDV= sólidos dissolvidos voláteis, N:P= relação entre NTK e PT, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Como os sólidos e nutrientes (nitrogênio e fósforo) foram os componentes químicos mais relacionados com os aspectos hidrodinâmicos e importantes para a comunidade planctônica, uma análise de variância (ANOVA) foi realizada. Assim, a ANOVA “three-way” evidenciou variâncias altamente significativas ($p < 0,01$) para sólidos totais e suspensos quando os fatores testados foram dia e ponto, isolados ou em interação (Tabela 4.51).

Sólidos dissolvidos foram altamente significativos ($p < 0,01$) individualmente e interagindo com o dia ou ponto. Quando o efeito testado foi hora, tanto combinado ao dia quanto ao ponto, nenhuma variação significativa foi evidenciada com este fator. Isto mostra que a variância nos turnos entre cada ponto e dias de amostragem não foi significativa para os sólidos, visto que a maior variação residiu entre ponto e dia dentro de cada estação do ano (Tabela 4.51).

Com relação aos nutrientes, o nitrogênio exibiu o mesmo modelo de variação apresentado pelos sólidos, ou seja, altamente significativa ($p < 0,01$) entre ponto e dia dentro de cada estação do ano (Tabela 4.52). Já com o fósforo, a variância foi significativa ($p < 0,05$) quando em interação com dia e com ponto e dia (Tabela 4.52). Uma variância significativa ($p < 0,05$) ocorreu entre dia e hora, mostrando que quando excluído o fator ponto os turnos de amostragem em cada dia exibiram uma variação dentro de cada estação do ano.

Analisando os sólidos em termos das frações orgânicas e inorgânicas maiores distinções ocorreram (Tabela 4.53). Sólidos suspensos fixos apresentaram variação altamente significativa ($p < 0,01$) para o ponto, dia e interagindo com o dia. Já a fração volátil destes foi significativa ($p < 0,05$) quando os efeitos testados foram dia e ponto, apenas não sendo significativa para a interação com o ponto. Os sólidos dissolvidos, tanto os fixos quanto os voláteis, foram significativos ($p < 0,05$) quando interagindo com o dia e com ponto e dia simultaneamente. A variância para esta fração dissolvida foi menos nítida que para a

Tabela 4.49- Análise descritiva das variáveis físico-químicas, obtidas automaticamente pela sonda YSI, no perfil da coluna d'água em cada campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

Primavera (Dez/98)	Temp			Cond			OD (%)			OD			pH			ORP			Turb		
	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	23,5	23,6	23,6	54,1	54,3	54,3	121,5	121,2	121,2	10,2	10,2	10,2	7,6	7,6	7,6	135,7	137,7	138,2	126,7	125,2	125,2
Desvio padrão	1,3	1,3	1,3	2,5	2,5	2,3	27,4	28,2	28,0	2,4	2,5	2,5	0,2	0,2	0,2	134,2	134,4	134,4	66,8	67,8	66,9
Mínimo	20,5	20,5	20,5	49,0	49,0	49,0	81,9	81,8	81,5	6,9	6,9	6,9	7,0	7,0	7,0	-60,8	-60,9	-59,7	54,5	56,4	54,9
Máximo	25,4	25,3	25,3	59,0	59,0	59,0	161,5	162,3	162,0	13,9	13,9	13,9	8,0	8,0	8,0	299,6	302,6	303,0	296,2	296,2	296,2
n	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	24	24	24
Verão (Mar/99)	Temp			Cond			OD (%)			OD			pH			ORP			Turb		
	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	28,8	28,7	28,8	46,2	46,2	46,0	104,8	104,1	104,1	7,3	7,3	7,2	7,9	7,9	7,9	142,1	140,3	140,5	78,1	82,7	83,4
Desvio padrão	1,4	1,4	1,4	4,4	4,3	4,6	5,8	6,0	5,6	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	207,0	207,1	207,0	30,2	31,4	33,5
Mínimo	26,2	26,0	25,9	40,7	40,6	38,1	94,8	90,9	94,6	6,8	6,8	6,8	7,6	7,6	7,6	-141,4	-144,8	-143,3	42,2	41,4	40,8
Máximo	31,1	31,2	31,3	53,5	52,5	52,6	118,8	118,8	118,3	8,1	8,1	8,1	8,2	8,3	8,3	393,6	391,1	388,9	146,6	147,5	149,8
n	36	36	36	24	24	24	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Outono (Mai/99)	Temp			Cond			OD (%)			OD			pH			ORP			Turb		
	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	15,4	15,4	15,4	114,8	114,9	115,4	95,6	95,3	95,1	9,6	9,5	9,5	7,7	7,8	7,7	154,8	149,5	152,4	162,7	167,4	186,0
Desvio padrão	0,9	0,9	0,9	6,9	6,9	7,6	14,4	14,2	14,0	1,5	1,4	1,4	0,3	0,3	0,3	213,2	213,5	214,7	88,1	94,9	163,3
Mínimo	13,5	13,3	13,5	105,0	105,0	105,0	74,4	74,0	74,1	7,5	7,4	7,4	7,4	7,3	7,3	-163,3	-165,0	-164,1	63,2	62,3	61,4
Máximo	16,9	16,9	17,0	126,0	127,0	136,5	113,5	113,2	112,7	11,8	11,4	11,4	8,3	8,3	8,3	367,3	366,1	366,2	476,4	483,4	981,9
n	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Inverno (Ago/99)	Temp			Cond			OD (%)			OD			pH			ORP			Turb		
	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	13,3	13,3	13,3	124,7	125,2	125,5	111,3	110,2	107,8	11,2	11,1	10,9	7,7	7,7	7,7	170,7	169,3	169,5	226,9	232,4	227,1
Desvio padrão	1,1	1,1	1,1	15,8	16,2	16,4	10,1	9,2	8,3	1,1	1,0	0,9	0,3	0,3	0,3	236,1	236,8	237,3	90,1	102,4	92,2
Mínimo	10,9	10,9	10,8	104,2	104,3	103,8	89,8	95,8	86,4	9,2	9,8	8,8	7,3	7,4	7,4	-216,5	-216,7	-218,4	106,2	103,2	105,9
Máximo	15,7	15,6	15,6	149,9	150,3	153,8	134,0	132,2	122,5	13,3	13,5	12,5	8,2	8,2	8,2	402,0	398,8	403,1	475,8	527,7	486,0
n	36	36	36	24	24	24	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36

Temp= temperatura, Cond = condutividade, OD =oxigênio dissolvido, ORP = potencial de óxido-redução, Turb = turbidez, S = superfície, M = meio e F = fundo

Tabela 4.51 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para sólidos (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

SÓLIDOS TOTAIS														
A	dfE	dfe	F	p-level	B	dfE	dfe	F	p-level	C	dfE	dfe	F	p-level
1	2	24	19,43	9,6E-06	1	2	21	1,78	0,19	1	2	21	4,30	0,027
2	2	24	34,90	7,9E-08	2	3	21	0,22	0,88	2	3	21	0,19	0,90
3	3	72	54,05	2,1E-18	3	3	63	14,23	3,5E-07	3	3	63	13,18	8,8E-07
12	4	24	27,12	1,4E-08	12	6	21	0,21	0,97	12	6	21	0,15	0,99
13	6	72	11,42	6,2E-09	13	6	63	2,63	0,024	13	6	63	3,55	0,004
23	6	72	13,11	5,7E-10	23	9	63	0,13	1,00	23	9	63	0,28	0,98
123	12	72	11,09	4,0E-12	123	18	63	0,35	0,99	123	18	63	0,36	0,99
SÓLIDOS SUSPENSOS														
A	dfE	dfe	F	p-level	B	dfE	dfe	F	p-level	C	dfE	dfe	F	p-level
1	2	24	6,97	0,004	1	2	21	0,86	0,44	1	2	21	5,91	0,009
2	2	24	29,86	3,1E-07	2	3	21	0,60	0,62	2	3	21	0,69	0,57
3	3	72	40,11	2,4E-15	3	3	63	15,32	1,4E-07	3	3	63	11,59	3,8E-06
12	4	24	19,25	3,3E-07	12	6	21	0,17	0,98	12	6	21	0,09	1,00
13	6	72	16,87	4,7E-12	13	6	63	5,61	0,0001	13	6	63	3,30	0,007
23	6	72	11,54	5,2E-09	23	9	63	0,38	0,94	23	9	63	0,31	0,97
123	12	72	6,75	5,8E-08	123	18	63	0,54	0,93	123	18	63	0,22	1,00
SÓLIDOS DISSOLVIDOS														
A	dfE	dfe	F	p-level	B	dfE	dfe	F	p-level	C	dfE	dfe	F	p-level
1	2	24	0,83	0,45	1	2	21	3,05	0,07	1	2	21	0,46	0,64
2	2	24	0,64	0,54	2	3	21	0,50	0,69	2	3	21	0,18	0,91
3	3	72	74,66	4,7E-22	3	3	63	51,18	7,0E-17	3	3	63	46,74	5,1E-16
12	4	24	2,99	0,039	12	6	21	2,20	0,08	12	6	21	0,29	0,93
13	6	72	6,17	2,9E-05	13	6	63	4,80	0,0004	13	6	63	2,77	0,019
23	6	72	4,06	0,001	23	9	63	0,73	0,68	23	9	63	0,63	0,77
123	12	72	1,54	0,13	123	18	63	0,79	0,70	123	18	63	1,03	0,44

A- efeitos: dia (1), ponto (2), sólidos (3); B- efeitos : dia (1), hora (2), sólidos (3); C- efeitos: ponto (1), hora (2), sólidos (3);
dfE = graus de liberdade do efeito, dfe = graus de liberdade do erro.

Tabela 4.52 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para nutrientes (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

NTK - NITROGÊNIO TOTAL KJEDAHN														
A	dfE	dfe	F	p-level	B	dfE	dfe	F	p-level	C	dfE	dfe	F	p-level
1	2	24	8,16	0,002	1	2	21	2,53	0,10	1	2	21	5,07	0,016
2	2	24	12,57	0,0002	2	3	21	0,29	0,83	2	3	21	0,36	0,78
3	3	72	254,24	0	3	3	63	97,11	1,4E-23	3	3	63	125,01	1,8E-26
12	4	24	7,75	0,0004	12	6	21	0,23	0,96	12	6	21	0,75	0,61
13	6	72	5,99	4,0E-05	13	6	63	2,20	0,05	13	6	63	5,35	0,0002
23	6	72	10,33	3,1E-08	23	9	63	0,40	0,93	23	9	63	0,51	0,86
123	12	72	3,80	0,0002	123	18	63	0,35	0,99	123	18	63	0,47	0,96
PT - FÓSFORO TOTAL														
A	dfE	dfe	F	p-level	B	dfE	dfe	F	p-level	C	dfE	dfe	F	p-level
1	2	24	0,24	0,79	1	2	21	2,63	0,10	1	2	21	1,83	0,19
2	2	24	3,94	0,03	2	3	21	2,90	0,06	2	3	21	1,37	0,28
3	3	72	51,60	6,5E-18	3	3	63	50,67	8,7E-17	3	3	63	28,10	1,2E-11
12	4	24	2,62	0,06	12	6	21	2,92	0,031	12	6	21	0,07	1,00
13	6	72	6,60	1,4E-05	13	6	63	6,40	2,7E-05	13	6	63	0,77	0,59
23	6	72	1,48	0,20	23	9	63	1,35	0,23	23	9	63	0,73	0,68
123	12	72	2,28	0,016	123	18	63	1,10	0,38	123	18	63	0,23	1,00

A- efeitos: dia (1), ponto (2), NTK ou PT (3); B- efeitos : dia (1), hora (2), NTK ou PT (3); C- efeitos: ponto (1), hora (2), NTK ou PT (3);
dfE = graus de liberdade do efeito, dfe = graus de liberdade do erro.

Tabela 4.53 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para sólidos (n=36), testando ponto, dia e hora, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS														
A	dfE	dfe	F	p-level	B	dfE	dfe	F	p-level	C	dfE	dfe	F	p-level
1	2	26	87,17	3,0E-12	1	2	23	5,22	0,013	1	2	23	5,45	0,012
2	2	26	84,03	4,5E-12	2	3	23	0,11	0,95	2	3	23	0,05	0,99
3	1	26	8,97	0,006	3	1	23	9,42	0,005	3	1	23	6,98	0,015
12	4	26	50,22	7,4E-12	12	6	23	0,08	1,00	12	6	23	0,09	1,00
13	2	26	0,13	0,88	13	2	23	0,18	0,84	13	2	23	0,41	0,67
23	2	26	0,54	0,59	23	3	23	1,34	0,29	23	3	23	0,96	0,43
123	4	26	2,50	0,07	123	6	23	1,62	0,19	123	6	23	0,56	0,75
SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS														
A	dfE	dfe	F	p-level	B	dfE	dfe	F	p-level	C	dfE	dfe	F	p-level
1	2	26	15,75	3,3E-05	1	2	23	0,96	0,40	1	2	23	15,83	4,7E-05
2	2	26	130,65	2,7E-14	2	3	23	0,15	0,93	2	3	23	0,16	0,92
3	1	26	74,15	4,3E-09	3	1	23	34,92	5,0E-06	3	1	23	28,67	1,9E-05
12	4	26	36,60	2,5E-10	12	6	23	0,06	1,00	12	6	23	0,06	1,00
13	2	26	4,82	0,017	13	2	23	2,44	0,11	13	2	23	0,36	0,70
23	2	26	0,90	0,42	23	3	23	0,87	0,47	23	3	23	0,72	0,55
123	4	26	7,86	0,0003	123	6	23	0,47	0,83	123	6	23	0,22	0,97
SÓLIDOS DISSOLVIDOS FIXOS														
A	dfE	dfe	F	p-level	B	dfE	dfe	F	p-level	C	dfE	dfe	F	p-level
1	2	26	2,13	0,14	1	2	23	1,91	0,17	1	2	23	0,11	0,90
2	2	26	0,15	0,86	2	3	23	0,47	0,71	2	3	23	0,39	0,76
3	1	26	7,56	0,011	3	1	23	5,71	0,025	3	1	23	4,58	0,043
12	4	26	1,48	0,24	12	6	23	0,94	0,49	12	6	23	0,83	0,56
13	2	26	7,75	0,002	13	2	23	4,66	0,020	13	2	23	0,25	0,78
23	2	26	0,30	0,74	23	3	23	0,63	0,60	23	3	23	0,49	0,69
123	4	26	3,12	0,032	123	6	23	0,28	0,94	123	6	23	0,57	0,75
SÓLIDOS DISSOLVIDOS VOLÁTEIS														
A	dfE	dfe	F	p-level	B	dfE	dfe	F	p-level	C	dfE	dfe	F	p-level
1	2	26	0,42	0,66	1	2	23	0,44	0,65	1	2	23	0,43	0,65
2	2	26	0,44	0,65	2	3	23	1,14	0,36	2	3	23	1,09	0,37
3	1	26	2,98	0,10	3	1	23	1,41	0,25	3	1	23	0,36	0,56
12	4	26	2,39	0,08	12	6	23	1,55	0,21	12	6	23	1,39	0,26
13	2	26	25,92	6,4E-07	13	2	23	15,57	5,3E-05	13	2	23	0,52	0,60
23	2	26	2,17	0,13	23	3	23	0,70	0,56	23	3	23	0,46	0,72
123	4	26	3,96	0,012	123	6	23	0,98	0,46	123	6	23	0,19	0,98

A- efeitos: dia (1), ponto (2), sólidos (3); B- efeitos : dia (1), hora (2), sólidos (3); C- efeitos: ponto (1), hora (2), sólidos (3);
dfE = graus de liberdade do efeito, dfe = graus de liberdade do erro.

suspensa, podendo também este fato estar ligado às questões metodológicas. Novamente o efeito da hora não foi significativo.

A análise de agrupamento utilizando o conjunto total de variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, novamente separou o ponto Norte dos outros pontos em todas as estações do ano (Figs. 4.36 a 4.39) conforme havia ocorrido somente com os dados do multiprobe (Figs. 4.18 a 4.21). No segundo *cluster* de cada campanha o mesmo comportamento foi repetido com pequenas alterações na seqüência destes. Assim, durante a primavera o 1º e 2º dia do Sul afastaram-se dos demais turnos do 3º dia no Sul e toda a campanha do Centro (Fig. 4.36). No verão os pontos estiveram agrupados entre si, apresentando nitidamente 3 *clusters* (Fig. 4.37). Durante o outono a forte chegada da frente fria no 1º dia atingiu bastante o ponto Centro separando este dos demais (Fig. 4.38). No inverno foi repetido este comportamento observado no outono, porém nos demais subagrupamentos os turnos de cada ponto e dia de amostragem estiveram mais próximos, indicando uma situação mais homogênea nos pontos (Fig. 4.39).

CONCLUSÕES

Turbidez, transparência Secchi, sólidos e nutrientes (nitrogênio e fósforo) foram as variáveis mais correlacionadas com a hidrodinâmica da lagoa exibindo um comportamento de efeito-resposta praticamente imediato. Nestas condições um gradiente N→S pôde ser verificado, ora crescente e ora decrescente dependendo da direção do *fetch*.

A análise espacial indicou o Norte como o ponto mais distante dos demais, exibindo características inerentes ao mesmo. Já a análise temporal, apontou para o verão como a estação do ano que teve um comportamento sazonal bastante definido e estável, possibilitando que características inerentes a cada um dos pontos se manifestassem. Este fato esteve associado com características hidrodinâmicas constantes, sem grandes oscilações que perturbassem o sistema. Assim, a Lagoa Itapeva pôde ser separada em três grandes células. A análise de variância, efetuada em espaço curto de tempo, evidenciou a variabilidade existente nos dias em cada campanha sazonal. Isto demonstra que, para a compreensão do funcionamento das lagoas costeiras do RS, torna-se necessário um monitoramento intensivo e contínuo.

O sistema lagunar costeiro do RS necessita urgentemente de uma regionalização para índices de trofia e de qualidade da água, associado à hidrodinâmica local gerada pelo vento. Com isso, este trabalho promoveu bases iniciais para uma maior compreensão destes fenômenos de ressuspensão provocados pela hidrodinâmica local.

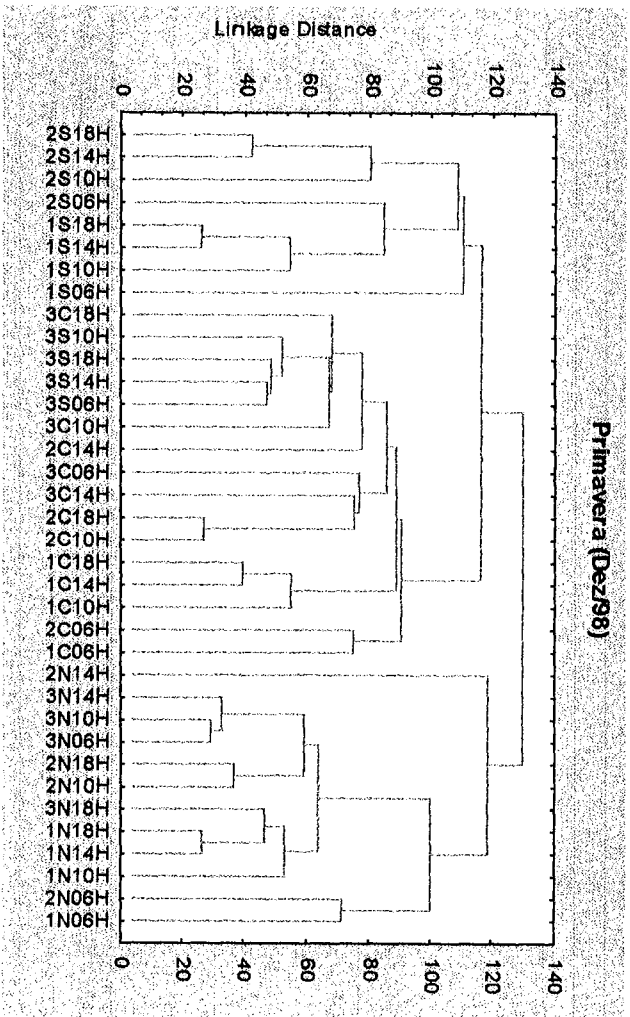


Figura 4.36 - Agrupamento do conjunto de variáveis físico-químicas e meteorológicas, nos turnos de amostragem, durante a primavera na Lagoa Itapeva. (N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia)

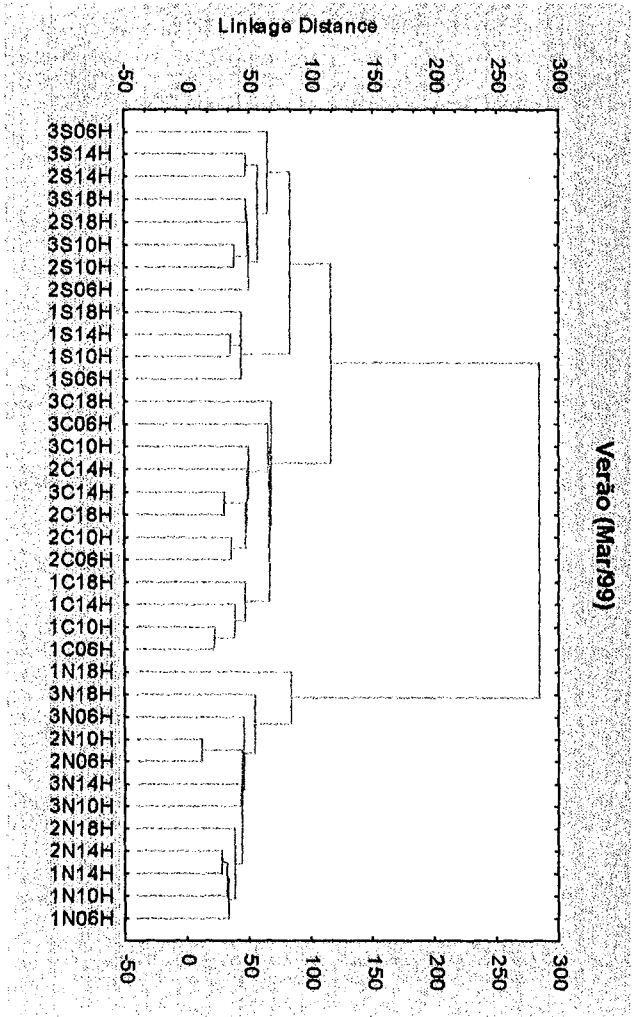


Figura 4.37 - Agrupamento do conjunto de variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, nos turnos de amostragem, durante o verão na Lagoa Itapeva. (N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia)

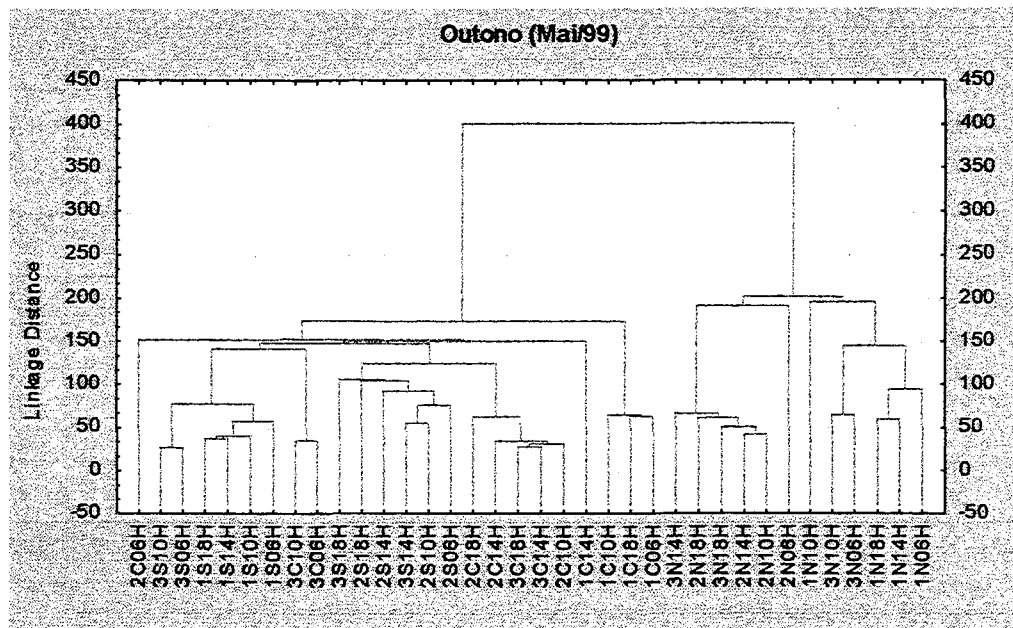


Figura 4.38 - Agrupamento do conjunto de variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, nos turnos de amostragem, durante o outono na Lagoa Itapeva.

(N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia)

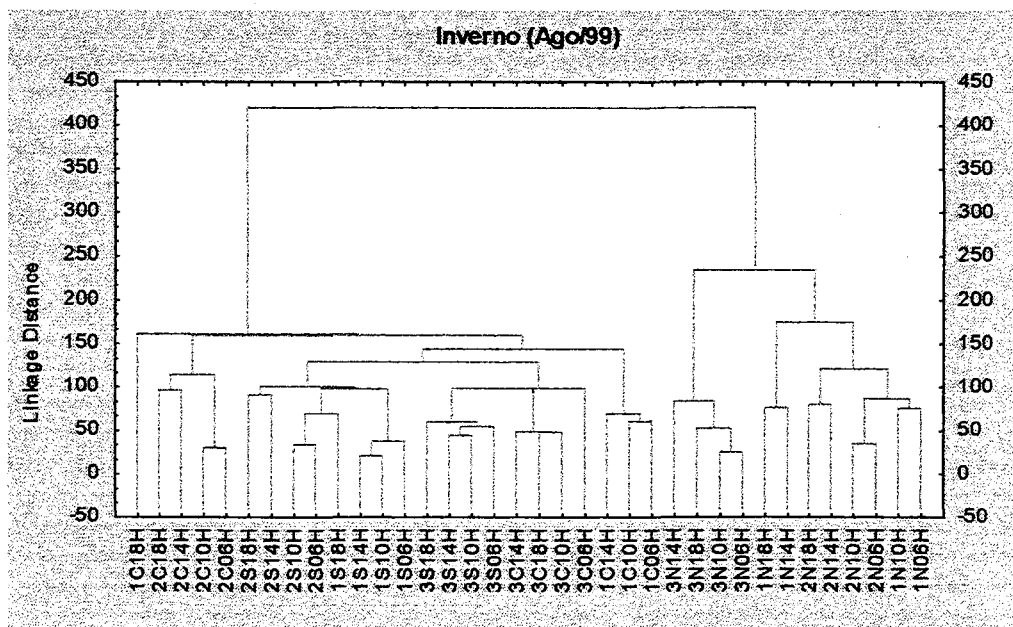


Figura 4.39 - Agrupamento do conjunto de variáveis físico-químicas e hidrometeorológicas, nos turnos de amostragem, durante o inverno na Lagoa Itapeva.

(N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1992. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 18. ed. Washington. 1268 p.
- BARBOSA, F.A.R. 1981. **Variações diurnas (24 horas) de parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária do fitoplâncton na Lagoa Carioca-Parque Florestal do Rio Doce-MG-Brasil**. São Carlos, PPG Ecologia e Recursos Naturais / UFSCar. 225 p. (tese).
- BIDONE, E.D.; SILVA FILHO, E.V.; GUERRA, T.; BARROSO, L.V. & OVALLE, A.R.C. 1991. Natural and cultural nutrient levels in rivers of small coastal watersheds, S-SE, Brazil. In: **Environmental geochemistry of coastal lagoon systems of Rio de Janeiro, Brazil**. KNOPPERS B.A.; BIDONE, E.D. & ABRÃO, J.J. (eds.). Niterói, UFF/Programa de Geoquímica Ambiental; Rio de Janeiro, FINEP (série geoquímica ambiental, n.6). p. 89-103.
- BOHRER, M.B.C. 1985. **Estudo das populações de Cladocera na Lagoa Emboaba, Tramandaí, RS (Crustacea, Branchiopoda)**. Porto Alegre, CPG Ecologia/UFRGS. p. (dissertação).
- BROWN, R.M.; Mc CLEALLAND, N.; DEININGER, R.A.; TOZER, R.G. 1970. A water quality index do we dare? **Water & Sewage Works**, 117: 339-343.
- BRUSCHI, W., Jr.; SALOMONI, S.E.; FERMINO, F.S.; PEDROZO, C. da S.; SCHWARZBOLD, A. & PERET, A.C. 1998. Aplicação de um índice de qualidade de águas para lagoas costeiras, RS, afetadas por despejos urbanos. **Biociências**, 6 (1): 55-66.
- CARDOSO, L. de S.; BECKER, V. & MOTTA MARQUES, D.M.L. da. (em preparação). Desenvolvimento de florações de *Anabaena* Bory (Cyanobacteria) na Lagoa Itapeva (Rio Grande do Sul) e suas relações com variáveis ambientais.
- CARDOSO, L. de S.; LAYBAUER, L. & MOTTA MARQUES, D.M.L. da. 1997 Gradientes espaciais e sazonais de IQA e suas relações com o zooplâncton em sistema lagunar costeiro (Tramandaí-RS). In: **XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Vitória-ES, v. 3, p. 37-44.
- CETESB-Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 1994. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 1993**. São Paulo, 150 p.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. 1992. Resolução/CONAMA/n.20, de 18/06/86. In: **Resoluções do CONAMA**; 1984/91. 4. ed. Brasília, IBAMA, p. 78-95.
- DOMINGOS, P. 1991. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica e produção primária na Lagoa de Saquarema, RJ**. Niterói, CPG Geociências / UFF. 154 p. (dissertação).
- ESTEVES, F. de A. 1998. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro, Interciência. xviii+602 p.
- ESTEVES, F. de A.; BOZELLI, R.L.; CAMARGO, A.F.M.; ROLAND, F. & THOMAZ, S.M. 1988. Variação diária (24 horas) de temperatura, O₂ dissolvido, pH e alcalinidade em duas lagoas costeiras do Estado do Rio de Janeiro e suas implicações no metabolismo destes ecossistemas. **Acta Limnol. Brasil.**, 2: 99-127.
- ESTEVES, F. de A.; ISHII, I.H. & CAMARGO, A.F.M. 1984. Pesquisas limnológicas em 14 lagoas do estado do Rio de Janeiro. In: **Restingas: origem, estrutura, processos**. L.D. de Lacerda (org.). Niterói, CEUFF. p. 443-454.
- FERMINO, F.S. 1997. **Estrutura e dinâmica de algas do perifiton de *Eichhornia azurea* (Sw.) Künth em lagoas costeiras eutrofizadas do litoral do Rio Grande do Sul (Osório, RS)**. Porto Alegre, CPG Ecologia /UFRGS. 127 p. (dissertação).
- FORSBERG, C.; RYDING, S.; CLAESSION, A. & FORSBERG, Å. 1978. Water chemical analyses and/or algal assay? Sewage effluent and polluted lake water studies. **Mitt. Internat. Verein. Limnol.**, 21: 352-363.
- GÜNTZEL, A.M. 1995. **Estrutura e variação espaço-temporais da comunidade zooplancônica na Lagoa Caconde, Osório, RS**. Porto Alegre, CPG Ecologia/UFRGS. 128p. (dissertação)
- INLAND WATER DIRECTORATE. 1979. **Analytical Methods Manual**. Canada.
- KLEEREKOPER, H. 1990. **Introdução ao estudo da limnologia**. 2.ed. Porto Alegre, Ed. da Universidade/UFRGS. 329p.
- KNOPPERS B.A. 1994. Aquatic primary production in coastal lagoons. In: **Costal lagoon processes**. B. Kjerfve (ed.). Amsterdam, Elsevier. p. 243-286. (Elsevier Oceanography series, 60).

- KNOPPERS B.A & MOREIRA, P.F. 1988. The short term effect of physical processes upon nutrients, primary production and sedimentation in Guarapina lagoon (RJ), Brazil. *Acta Limnol. Brasil.*, 2: 405-430.
- KNOPPERS B.A & MOREIRA, P.F. 1990. Material em suspensão e sucessão fitoplânctônica na Lagoa de Guarapina-RJ. *Acta Limnol. Brasil.*, 3: 291-317.
- KONRATH, J. 1995. **Flutuação temporal da taxa de fixação de carbono particulado, estrutura do fitoplâncton e fatores ambientais em uma lagoa costeira eutrófica (Lagoa Caconde, Osório, RS)**. Porto Alegre, CPG Ecologia / UFRGS. 146 p. (dissertação)
- KREMER, L.M. 1985. **Produção primária do fitoplâncton na Lagoa das Pombas, Tramandaí, Rio Grande do Sul, Brasil**. Porto Alegre, CPG Ecologia / UFRGS. 149p. (dissertação)
- JØRGENSEN, S.E. & VOLLENWEIDER, R.A. 1989. **Guidelines of lake management. Principles of lake management**. ILEC (International Lake Environment Committee), UNEP (United Nations Environment Programme). v. 1. 199 p.
- LACERDA, L.D. de. 1986. Pesquisas brasileiras sobre ciclagem de nutrientes em ecossistemas costeiros: identificação de prioridades. *Acta Limnol. Brasil.*, 1: 3-27.
- LACERDA, L.D.; ABRÃO, J.J.; BERNAT, M. & FERNEX, F. 1999. Biogeodynamics of heavy metals in the lagoons of Eastern Rio de Janeiro State, Brazil. In: **Environmental geochemistry of coastal lagoon systems of Rio de Janeiro, Brazil**. KNOPPERS B.A.; BIDONE, E.D. & ABRÃO, J.J. (eds.). Niterói, UFF/Programa de Geoquímica Ambiental; Rio de Janeiro, FINEP. p. 179-195 (série geoquímica ambiental, n.6).
- LANGMUIR, D. 1971. Eh-pH determination. In: **Procedures in Sedimentary Petrology**. R.E. Carver (ed.). New York, John Wiley & Sons. Chapter 26, p. 597-634.
- LAYBAUER, L. & BIDONE, E.D. 1998. Partição de metais pesados em águas superficiais impactadas por mineração – Minas do Camaquã, RS. *Geochim. Brasil.*, 12 (1/2): 55-62.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnologia*. Barcelona, Omega. 1010p.
- MEDEIROS, P.R.P. 1992. **Estudo do Sistema Lagunar-Estuarino de Tramandaí-Imbé: Física e Química da Água**. Porto Alegre, CPG Ecologia / UFRGS. xii+112p. (dissertação)
- MELACK, J.M. & FISHER, T.R. 1983. Diel oxygen variation and their ecological implications in Amazon flood-plain lakes. *Arch. Hydrobiol.*, 98 (4): 422-442.
- MOREIRA, P.F. 1988. **Ciclo anual de nutrientes e produção primária na Lagoa de Guarapina, RJ**. Niterói, CPG Geociências / UFF. 103 p. (dissertação)
- PADISÁK, J. & DOKULIL, M. 1994. Meroplankton dynamics in a saline, turbulent, turbid shallow lake (Neusiedlersee, Austria and Hungary). *Hydrobiologia*, 289 (1-3): 23-42.
- PEDROZO, C. da S. 2000. **Avaliação da qualidade ambiental das lagoas da planície costeira do Rio Grande do Sul com ênfase na comunidade zooplânctônica**. São Carlos, PPG Ecologia e Recursos Naturais/UFSCar. 241 p. (tese).
- PETRUCIO, M.M. 1998. Caracterização das lagoas Imboassica, Cabiúnas, Comprida e carapebus a partir da temperatura, salinidade, condutividade, alcalinidade, O₂ dissolvido, pH, transparência e material em suspensão. In: **Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. F. de A. Esteves (ed.), NUPEM, UFRJ. p. 109-122.
- SALOMONI, E.S. 1997. **Aspectos da limnologia e poluição das Lagoas costeiras Marcelino, Peixoto e pinguela (Osório, RS): uma abordagem baseada no fitoplâncton**. Porto Alegre, CPG Ecologia /UFRGS. 141 p. (dissertação).
- SCHWARZBOLD, A. & SCHÄFER, A. 1984. Gênese e morfologia das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul - Brasil. *Amazoniana*, 9 (1): 87-104.
- STEMBERGER, R.S. & MILLER, E.K. 1998. A zooplankton N:P ratio indicator for lakes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 51: 29-51.
- TCHOBANOGLIOUS, G. & SCHROEDER, E.D. 1987. **Water quality**. California, Addison-Wesley Publishing Company. 768 p.
- TEDESCO, C.D. 1995. **Variação espacial e sazonal de microalgas perifíticas em substrato artificial na margem nordeste da lagoa Caconde-Osório, Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Inst. de Biociências / UFRGS. 88 p. (dissertação).
- TUNDISI, J.G. 1990. Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Rev. Brasil. Biol.*, 50 (4): 937-955.

- VÉLEZ, E.. 1990. **Variação sazonal da produção primária, biomassa e composição do fitoplâncton da Lagoa Emboaba, Osório, RS.** Porto Alegre, Inst. de Biociências / UFRGS. 153 p. (monografia).
- WAITE, T.D. 1984. **Principles of water quality.** Orlando, Academic Press, Inc. 289 p. (Water Resources and Water Quality Management)
- WÜRDIG, N.L. 1987. Alguns dados físicos e químicos do sistema lagunar de Tramandaí, RGS. **Pesquisas**, 20: 49-74.
- WÜRDIG, N.L. 1988. Distribuição espacial e temporal da comunidade de ostracodes nas lagoas Tramandaí e Armazém, Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Limnol. Brasil.**, 2, 701-721.

5. ANÁLISE BIOLÓGICA: PIGMENTOS

RESUMO

A comparação entre metodologias envolvidas na análise de clorofila *a* demonstrou que os métodos tricromáticos (DO 664 nm e 663 nm) e o método do pigmento total estiveram significativamente correlacionados entre si. Além disso, estes métodos obtiveram melhores resultados em detrimento dos métodos monocromáticos testados, devido ao baixo número de amostras com valor negativo. Os resultados de ambos métodos na análise de feopigmentos geralmente exibiram o mesmo comportamento nas campanhas, apresentando falhas (valores negativos e extremamente elevados). O resultado da relação entre densidades ópticas, antes e após a acidificação, foi de extrema valia para a interpretação do estado fisiológico das amostras, servindo como um bom indicador da adequação dos métodos empregados na análise de pigmentos. A densidade dos grupos fitoplanctônicos corroborou a interpretação deste estado funcional. Assim como as relações entre os pigmentos (feopigmentos e clorofila *a*, clorofilas *c* e *a*, clorofila *b* e *a*) auxiliaram na verificação de superestimação destes em cada amostra. Quanto à variação sazonal dos pigmentos, a primavera foi a estação que apresentou os maiores teores, enquanto que no verão o oposto foi registrado. Com relação à distribuição espacial, um gradiente decrescente no sentido N→S foi observado para clorofila *a*, na maioria das estações do ano (com exceção do verão). Já para os feopigmentos, o mesmo padrão de distribuição foi observado, porém na primavera nenhum gradiente foi registrado estando, provavelmente, relacionado com um grande número de falhas nos resultados obtidos. Esta inversão observada no gradiente dos pigmentos durante o verão certamente foi influenciada pelo regime predominante de ventos dos quadrantes N-E. Com relação aos pontos de amostragem ficou comprovada, através de análise de variância, a existência de heterogeneidade na maioria das estações do ano, com exceção para a primavera. Justamente esta foi a única estação onde a variância no perfil da coluna d'água foi muito mais significativa entre os dias de amostragem. De fato, a primavera na região litorânea no RS foi caracterizada por uma oscilação intermitente de velocidade e, principalmente, direção do vento, perturbando a coluna d'água de tal forma a não permitir uma homogeneidade nesta. Os turnos de amostragem sempre exibiram um grau de variabilidade em todas as estações do ano, mostrando a existência de um ciclo diurno com relação à concentração de clorofila *a*. Certamente o forte efeito do turno observado durante o verão esteve intimamente relacionado com as variações diurnas e diárias nas variáveis físico-químicas da água. Ficou constatada a influência do regime hidrodinâmico da Lagoa Itapeva na distribuição espaço-temporal dos pigmentos fitoplanctônicos.

ABSTRACT

The comparison among methodologies involved in chlorophyll analysis demonstrated that tricromatic methods (OD 664 nm and 663 nm) and total pigment method were significantly correlated amongst themselves. Besides, these methods obtained better results in detriment to monochromatic methods tested here, due to the low number of samples with negative value. The results of both methods in the feopigments analysis usually exhibited the same behavior in the campaigns, and, as it was probable to waiting, they presented faults (negative and extremely high values). The relationship resulted among optical densities, before and after acidification, it went of extreme value to interpretation of physiologic state from the samples, serving as a good indicator of adaptation to employed methods in the pigments analysis. The density of the phytoplankton groups corroborated for the interpretation of this functional state. As well as the relationships among the pigments (feopigments and chlorophyll *a*, chlorophylls *c* and *a*, chlorophyll *b* and *a*) they aided superestimation of ones these in each sample. As for seasonal variation of the pigments, spring was the station that presented the largest tenors, while in the summer the opposite effect was registered. Regarding the space distribution, a decreasing gradient in the sense N→S was observed for chlorophyll *a*, in most of seasons (except for summer). Already for feopigments, the same distribution pattern was observed, however in the spring no gradient was registered, probably, it was related with a great number of faults in obtained results. This inversion observed in pigments gradient during summer was influenced by predominant regime of winds from quadrants N-E. Regarding the sampling points it was proven, through variance analysis, the heterogeneity existence in most of the seasons, with exception for spring. Exactly this was the only station where variance in water column profile of was much more significant among sampling days. In fact, spring in the RS'coastal area in was characterized by an intermittent oscillation of wind speed and direction, disturbing water column in such way not to allow a homogeneity in this. The sampling shifts always exhibited a variability degree in all of seasons, showing existence of a day cycle regarding chlorophyll *a* concentration. Certainly the fort shift effect observed during the summer was intimately related with variations of the day and daily in water physiochemical variables. The influence of Itapeva's hydrodynamic regime was verified in the space-temporary distribution of phytoplankton pigments.

INTRODUÇÃO

A aplicabilidade das medidas de pigmentos em ecossistemas aquática já foi extensivamente referenciada (Vollenweider, 1974; CETESB, 1990; APHA, 1992). Clorofila *a* é o pigmento mais abundante e importante em material vivo, assim, existe mais informação sobre este pigmento (Vollenweider, 1974). Relações que são bem estabelecidas em lagos profundos frequentemente não tem valor em lagos rasos. Embora a concentração de clorofila *a* de lagos rasos seja amplamente usada como um estimador da biomassa fitoplanctônica sua validade geral não tem sido submetida a estudos detalhados (Vörös & Padišák, 1991).

As moléculas de clorofila não são estáveis, podendo originar feopigmentos, estando na dependência das condições do meio tais como: mudanças de pH, temperatura ou luminosidade excessiva. A feofitina é um produto da degradação da clorofila *a*, que pode interferir grandemente nas medidas deste pigmento, por absorver luz na mesma região do espectro que a clorofila *a*. A relação entre clorofila *a* e feofitina *a* serve também como um bom indicador do estado fisiológico do fitoplâncton (CETESB, 1990). É, portanto essencial a correção para feopigmentos quando medidas de clorofila *a* são usadas como uma estimativa da biomassa ativa de organismos autotróficos (Riemann, 1978).

Os produtos importantes da degradação da clorofila encontrados em ambientes aquáticos são as clorofilidas, feoforbidas e feofitinas. A presença ou ausência de vários pigmentos fotossintéticos é usada, entre outras características, para separar grupos de algas (Holm-Hansen & Riemann, 1978; APHA, 1992). Feoforbida *a* e feofitina *a*, dois produtos comuns da degradação da clorofila *a*, podem interferir com a determinação da clorofila *a* porque eles absorvem luz e fluorescem na mesma região do espectro da clorofila *a*. Se estes feopigmentos estão presentes, resultarão em erros significantes nos valores de clorofila *a* (Moed & Hallegraeff, 1978; APHA, 1992). Muitas vezes não é possível determinar qual o tipo principal de feopigmento que é medido, visto que a clorofila *a* pode ser degradada em dois caminhos: clorofila *a* → feofitina *a* → feoforbida *a* ou clorofila *a* → clorofilida *a* → feoforbida *a* (Glooschenko et al., 1972). Pelotas fecais produzem feoforbida antes que feofitina (Lorenzen, 1967).

Em águas rasas com considerável ressuspensão de sedimentos do fundo, quando zooplâncton herbívoro é abundante, ou em amostras da zona afótica, derivados de clorofila *a* podem predominantemente consistir de feofitina *a* e/ou feoforbida *a* (feopigmentos) (Moed & Hallegraeff, 1978). Assim, sob tais condições existe a necessidade de corrigir valores de clorofila *a* para feopigmentos. Possibilidade também existe que a alta correlação entre feopigmento e zooplâncton seja devido ao ato de alimentação por parte do zooplâncton em

detritos de células fitoplanctônicas ricas em tais pigmentos (Glooschenko et al., 1972). Lorenzen (1967) também alerta para um aumento na concentração de feopigmentos em áreas costeiras onde a ação da onda pode ressuspender partículas do fundo ou manter estas em suspensão.

A extração e medida de clorofila são procedimentos com vários passos, onde cada um destes pode ser realizado de várias formas diferentes (Edler, 1979). A padronização dos métodos de análise de clorofila já foi realizada por APHA (1992) e CETESB (1990) entre outros. As variantes envolvidas nas diversas metodologias incluem o tipo de solvente empregado na extração (acetona ou metanol), a porosidade da membrana de filtração (filtros de acetato de celulose ou fibra de vidro), o volume de amostra a ser filtrado, o equipamento de leitura (espectrofotômetro, fluorômetro ou HPLC¹) e o tipo de equações (mono ou tricromáticas) entre outros detalhes do procedimento na determinação da concentração de pigmentos. Contudo, a escolha do método dependerá das condições do ambiente em questão, do objetivo da pesquisa e, especialmente, das condições laboratoriais existentes. Deve-se sempre levar em consideração que medidas precisas da concentração de clorofilas são extremamente difíceis (Golterman et al., 1978).

Questionamentos sobre as diversas metodologias envolvidas na análise de pigmentos vêm sendo discutidos por alguns autores. Por exemplo, o método descrito por Lorenzen (1967), onde a clorofila *a* é determinada junto com o feopigmento *a*, é conhecido a produzir valores de mais baixa precisão para a clorofila *a* do que o método tricromático. Contudo, em amostras com alto conteúdo de feopigmentos (sedimentos e água de fundo) o método tricromático superestima o conteúdo de clorofila *a*. Assim, são sugeridas que as amostras também sejam medidas de acordo com a equação monocromática, quando este procedimento envolver pouco esforço extra (Edler, 1979). Rai (1980) também afirma que a clorofila *a* é superestimada pelas equações espectrofotométricas tricromáticas quando a proporção feofitina/clorofila aumenta. Por esta razão, este mesmo autor sugere que seria mais proveitoso usar equações monocromáticas no futuro, limitar e corrigir dados antigos para os valores de clorofila *a*. Barbosa (1981) conseguiu fazer uma boa síntese sobre os principais problemas envolvidos na avaliação de pigmentos. Em face de todas as questões levantadas sobre o uso de diferentes métodos na análise de pigmentos, gostaríamos de saber até que ponto isto também é válido para a Lagoa Itapeva.

Assim, os valores obtidos com relação aos pigmentos serviram para atender a dois amplos objetivos: (1) comparar diversos métodos (tricromáticos e monocromáticos, leituras

¹ High-Performance Liquid Chromatographic, método proposto pelo APHA (1992)

em comprimentos de ondas distintos) existentes na análise de pigmentos, em cada ponto e estação de amostragem na lagoa; (2) utilizar os valores obtidos através de método tricromático padrão (CETESB, 1990; APHA, 1992), bem como as razões entre densidades ópticas envolvidas e respectivo cálculo de feopigmento, a fim de caracterizar o comportamento diário e sazonal destes.

MATERIAL E MÉTODOS

Estratégia para amostragem de lagos rasos tipicamente assume homogeneidade na coluna d'água, sendo restrito a uma ou a poucas profundidades da porção isotérmica da coluna d'água e excluindo o fundo ou águas próximas a este. Esta exclusão pode contribuir para a perda de informação sobre a ocorrência de um máximo algal meroplânctônico (MAM), em outros sistemas com zonas eufóticas rasas ou colunas d'água fracamente estratificadas. Assim, a ocorrência de um MAM pode ser um componente comum e importante da biomassa em lagos rasos e produtivos (Carrick et al., 1993). Baseado neste relato, e com o intuito de poder comparar os parâmetros de biomassa fitoplânctônica com dados de produtividade (taxa de assimilação), optamos por analisar amostras independentes na coluna d'água (superfície, meio e fundo) a fim de verificar este comportamento ao longo do dia sazonalmente.

Assim, a análise de pigmentos (clorofila *a* e feopigmentos) foi feita para os 3 pontos de amostragem na lagoa, em 4 turnos diurnos (6h, 10h, 14h e 18h) e 3 profundidades (S, M, F), sazonalmente durante 3 dias com intervalo de 24h.

A coleta de água em cada profundidade foi feita com garrafa horizontal tipo Van Dorn. Para cada amostra foi filtrado a vácuo um volume de 250 mL de água em filtro de fibra de vidro (Ahlstrom de 47 mm de diâmetro e 0,7 μ m de porosidade), sendo imediatamente congelados e mantidos secos e no escuro até o momento das extrações para as determinações espectrofotométricas (espectrofotômetro Bausch & Lomb Spectronic 1001). Geralmente, estas extrações iniciavam imediatamente ao término de cada campanha, ou seja, as amostras permaneciam congeladas por no máximo uma semana. Foi utilizada acetona 90% como solvente na extração. Para a leitura de feopigmentos foi adicionado 0,1 mL de HCl 0,1 N na própria amostra da cubeta (caminho óptico de 1 cm).

Para atender o objetivo de comparação de metodologias, para a clorofila *a* utilizamos os seguintes tipos de equações (Cardoso & Motta Marques, em preparação): 2 tricromáticas (APHA, 1992 e Edler, 1979*) e 3 monocromáticas (APHA, 1992; Golterman et al., 1978 e Edler, 1979). Para feopigmentos, duas equações semelhantes onde apenas o comprimento de

* utilizando o comprimento de onda 663nm

onda lido diferiram (APHA, 1992 e Golterman et al., 1978). Também foram feitas comparações entre as razões das densidades ópticas envolvidas (DO664/DO665 e DO663/DO663), antes e após acidificação, as quais são indicadores do estado fisiológico da amostra. E, finalmente, uma equação que mede a quantidade de pigmento total na amostra (clorofila *a*+feofitina) para servir como base comparativa dos resultados dos demais métodos (Golterman et al., 1978). Cabe ressaltar que as equações descritas por Golterman et al. (*op. cit.*) quando aplicada aos dados, fornece um erro de 10^3 , além da unidade também apresentar um erro de igual proporção. Embora Aleixo (1981) não tenha discutido este fato em seu trabalho, quando mencionou que seus cálculos seguiram de acordo com as *fórmulas de Golterman (1969)*, ele mesmo se encarregou de fazer as devidas correções. Ou seja, ao invés de usar 10^6 no numerador ele usou 10^3 , a unidade do volume filtrado (no divisor) foi corrigida para litro (e não mL) e a unidade do resultado expressa em $\mu\text{g.L}^{-1}$ ou mg.m^{-3} (e não mg.L^{-1}). Desta forma o resultado obtido no cálculo se tornou mais coerente, e seguimos as mesmas correções.

Utilizamos o termo feopigmento em detrimento a feofitina *a* em face às questões levantadas na introdução deste capítulo.

A análise de regressão linear simples obedeceu às seguintes combinações para cada campanha (obs. ver abreviaturas dos métodos na lista mais abaixo):

- ✓ Tri664 *versus* Tri663, PigT MonoA, MonoG e Mono663
- ✓ MonoA *versus* MonoG e Mono663
- ✓ MonoG *versus* Mono663
- ✓ DO664 *versus* DO663
- ✓ FeoA *versus* FeoG

A partir dos valores obtidos da concentração de pigmentos (método padrão) em cada amostra foi estabelecida uma razão entre fundo/superfície dos valores brutos, para identificar se ou quando ocorreu um MAM.

Foi calculada a clorofila *b* e *c* segundo método tricromático (APHA, 1992) a fim de verificar a ocorrência de superestimação nos valores de feopigmentos e clorofila *a* respectivamente. Holm-Hansen & Riemann (1978) afirmaram que a quantidade de feopigmentos pode ser superestimada quando a proporção entre clorofila *b/a* excede aproximadamente 0,4, assim, a densidade óptica da solução acidificada será alta devido a absorção de feofitina *b*. Enquanto que, superestimação em torno de 10% de clorofila *a* ocorreu quando a razão clorofila *c/a* foi de 1,0 (Loftus & Carpenter, 1971 *apud* Holm-Hansen & Riemann, 1978).

Os dados de concentração de clorofila *a* e feopigmentos (APHA, 1992) foram usados para análise de variação espacial e sazonal, numa série de medidas repetidas “three-way” ANOVA realizada para testar efeitos entre os pontos, dias e turnos de amostragem em cada campanha sazonal e dentro do perfil da coluna d’água. Assim como, uma outra série de medidas repetidas “three-way” ANOVA foi usada para testar efeitos entre os pontos, perfil e dias de amostragem em cada campanha sazonal e dentro dos turnos de coleta. Com isso, poderíamos determinar não somente a ocorrência de heterogeneidade espacial e/ou temporal na distribuição dos pigmentos, mas também qual o fator ou fatores responsáveis por tal efeito e, principalmente, em que época do ano.

Análise descritiva, de correlação, de regressão e de variância (ANOVA/MANOVA) foram efetuadas como recursos estatísticos, através do programa STATISTICA® versão 4.0.

Para não se tornar repetitivo a terminologia empregada, quanto aos métodos neste capítulo, resolveu-se adotar uma simbologia simples e direta para referenciá-las, tanto no texto quanto nas tabelas e figuras.

Simbologia utilizada com relação aos métodos empregados:

Tri664 = método tricromático padrão do APHA

Tri663 = método tricromático proposto por Edler

Mono A = método monocromático padrão do APHA

Mono G = método monocromático de Golterman

Mono 663 = método monocromático proposto por Edler

DO664665 = razão entre densidades ópticas de 664 e 665 padrão do APHA

DO663663 = razão entre densidades ópticas de 663 de Golterman

Feo A = método monocromático padrão do APHA para feopigmento

Feo G = método monocromático de Golterman para feopigmento

PigT = método para cálculo do pigmento total de Golterman

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparação de metodologias

Métodos para análise de clorofila *a*

Ao comparar os métodos aplicados (Tabela 5.1), constatamos que os métodos Tri664, Tri663 e PigT foram os que obtiveram a menor fonte de erro, devido ao baixo número de amostras com valor negativo. Por outro lado, em todos os métodos monocromáticos utilizados sempre foram verificados valores negativos em todas as campanhas. A maior incidência de valores negativos foi registrada no inverno. Estes valores negativos talvez estejam relacionados ao comprimento de onda de 750nm não eliminar toda a interferência provocada pela matéria inorgânica. Valores extremamente elevados (muito maior que $100\mu\text{g.L}^{-1}$) foram registrados principalmente para a campanha da primavera, exceção para os valores obtidos pelos métodos Tri663 e PigT (sem superestimação em todas as campanhas). A maior

amplitude de variação dos dados foi registrada na primavera, e a menor, no verão (Tabelas 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5). Já o comportamento no outono e inverno foi bastante semelhante.

Tabela 5.1 – Percentual da qualidade dos valores obtidos para cada método testado nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

Dez/98	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	DO664/665	DO663/663	FeoA	FeoG	PigT
negativo	0	0	24	24	24	13	14	52	53	0
elevado	0	0	15	15	15	12	11	8	8	0
s/coleta	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Subtotal	6	6	44	44	44	31	31	66	67	6
n	94	94	56	56	56	69	69	34	33	94

Mar/99	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	DO664/665	DO663/663	FeoA	FeoG	PigT
negativo	5	1	15	14	16	4	7	31	32	1
elevado	1	0	1	1	0	3	0	3	2	0
s/coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal	6	1	16	15	16	7	7	34	34	1
n	94	99	84	85	84	94	93	67	66	99

Mai/99	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	DO664/665	DO663/663	FeoA	FeoG	PigT
negativo	1	4	18	15	15	1	4	13	19	4
elevado	1	0	1	0	0	1	0	5	1	0
s/coleta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Subtotal	3	5	19	16	16	3	5	19	21	5
n	97	95	81	84	84	97	95	81	80	95

Ago/99	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	DO664/665	DO663/663	FeoA	FeoG	PigT
negativo	7	0	42	36	36	4	0	0	0	0
elevado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
s/coleta	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Subtotal	14	7	49	43	43	11	7	7	7	7
n	85	93	51	56	56	89	93	93	93	93

(subtotal= dados eliminados da análise devido a apresentar valores negativos, extremamente elevados ou por não ter ocorrido coleta em algum turno/ponto; n= valores utilizados nas análises); Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

TRI664= tricromático 664nm; TRI663= tricromático 663nm; MONOA= monocromático do APHA (1992); MONOG= monocromático de Golterman et al. (1978); MONO663= monocromático 663nm; DO664665= razão entre densidades ópticas 664 e 665 nm; DO663663= razão entre densidades ópticas 663nm; FEOA= feopigmentos de APHA (1992), FEOG= feopigmentos de Golterman et al. (1978); PIGT= pigmento total de Golterman et al. (1978)

Na campanha de dez/98 (Fig. 5.1) os resultados obtidos com a aplicação dos métodos Tri664, Tri663 e PigT foram bastante similares, ocorrendo o mesmo entre os métodos monocromáticos. Valores geralmente mais elevados foram obtidos com os métodos monocromáticos, sendo o oposto verificado nos métodos Tri664, Tri663 e PigT. A análise de regressão (Fig. 5.2) evidenciou uma relação linear bastante forte entre os métodos Tri664 e Tri663 ($r=0,999$; $p<0,001$), Tri664 e PigT ($r=0,998$; $p<0,001$) e entre os métodos monocromáticos ($r=0,999$ e 1 ; $p<0,001$). Relações significativas também foram encontradas entre os métodos Tri664 e os monocromáticos ($p<0,001$), porém com menor correlação entre estes (Tabela 5.6). Os valores médios mais elevados e máximos obtidos nos métodos monocromáticos foram registrados para o Centro, enquanto que em Tri664, Tri663 e PigT foram ao Norte (Tabela 5.2). Maiores assimetrias e menores variâncias ficaram por conta dos

métodos Tri664, Tri663 e PigT, podendo estas ser verificadas também no histograma (Fig. 5.2).

Tabela 5.2 - Análise descritiva dos valores de pigmentos em relação aos métodos testados, durante a campanha da primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.

Dez/98	Clorofila a					razão DO		feofitina		
	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	34,65	34,74	52,12	52,54	52,59	2,22	2,24	43,03	43,45	35,62
Desvio padrão	20,29	20,37	33,74	34,08	34,12	2,13	2,16	31,72	30,39	21,63
Mínimo	5,15	4,81	3,42	2,99	2,99	0,09	0,09	0,02	0,95	5,23
Máximo	102,49	102,06	119,64	120,16	120,29	10,32	10,32	98,59	98,10	106,81
n	102	102	60	60	60	75	75	37	36	102
NORTE	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	39,10	39,15	49,91	50,11	50,16	2,25	2,27	41,46	40,95	39,80
Desvio padrão	24,06	24,08	36,88	37,44	37,47	1,95	1,99	23,26	21,82	25,32
Mínimo	10,29	10,15	3,42	2,99	2,99	0,43	0,42	0,53	3,42	8,26
Máximo	102,49	102,06	117,93	118,35	118,47	8,51	8,75	82,77	81,69	106,81
n	36	36	22	22	22	29	29	15	15	36
CENTRO	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	34,43	34,57	62,45	63,08	63,14	2,19	2,19	60,09	59,13	35,60
Desvio padrão	20,64	20,77	33,85	34,14	34,17	2,66	2,64	31,59	31,11	22,44
Mínimo	10,25	10,11	7,59	6,94	6,95	0,18	0,18	0,02	0,95	7,52
Máximo	97,84	98,32	119,64	120,16	120,29	10,32	10,32	98,59	98,10	104,31
n	30	30	15	15	15	21	21	8	8	30
SUL	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	30,38	30,47	47,49	47,98	48,03	2,21	2,25	34,97	36,68	31,45
Desvio padrão	14,72	14,89	30,42	30,54	30,57	1,92	1,98	37,60	36,78	15,97
Mínimo	5,15	4,81	5,77	6,52	6,52	0,09	0,09	0,63	1,72	5,23
Máximo	58,11	58,44	107,56	108,31	108,42	6,97	7,49	98,38	96,77	60,92
n	36	36	23	23	23	25	25	14	13	36

TRI664= tricromático 664nm; TRI663= tricromático 663nm; MONOA= monocromático do APHA (1992); MONOG= monocromático de Golterman et al. (1978); MONO663= monocromático 663nm; DO664665= razão entre densidades ópticas 664 e 665 nm; DO663663= razão entre densidades ópticas 663nm, FEOA= feopigmentos de APHA (1992), FEOG= feopigmentos de Golterman et al. (1978); PIGT= pigmento total de Golterman et al. (1978)

Na campanha de mar/99 (Fig. 5.3) os valores obtidos entre os métodos Tri664, Tri663 e PigT repetiram o mesmo comportamento da campanha anterior. Grande parte dos valores obtidos pelo método Tri663 aproximou-se mais do PigT. Os registros máximos e médios mais elevados geralmente foram observados no Sul para os métodos avaliados, sendo que os valores obtidos pelos métodos MonoG e Mono663 sobressaíram-se aos demais (Tabela 5.3). Maiores assimetrias e variâncias ficaram por conta dos métodos MonoG e Mono663, podendo estas ser verificadas também nas distribuições log-normal nos histogramas (Fig. 5.4). A análise de regressão linear evidenciou uma maior correlação entre os métodos Tri664 e Tri663 ($r=0,984$; $p<0,001$) e entre MonoG e Mono663 ($r=0,958$; $p<0,001$), embora relações significativas entre os demais métodos também tenham sido registradas (Tabela 5.6).

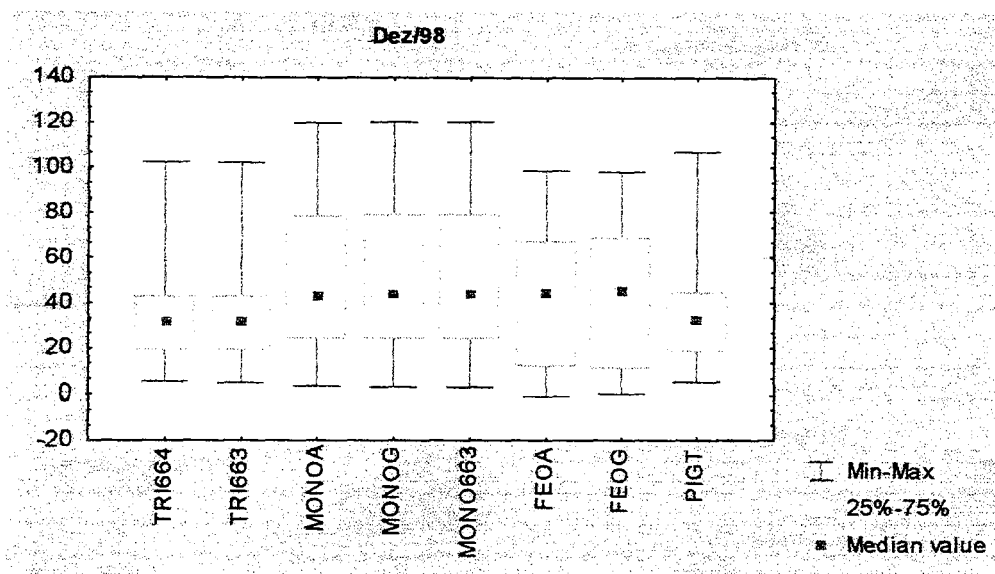


Figura 5.1 - Distribuição dos valores de pigmentos ($\mu\text{g.L}^{-1}$) em cada método na campanha da primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.

TRI664= tricromático 664nm; TRI663= tricromático 663nm; MONOA= monocromático do APHA (1992); MONOG= monocromático de Golterman et al. (1978); MONO663= monocromático 663nm; FEOA= feopigmentos de APHA (1992), FEOG= feopigmentos de Golterman et al. (1978); PIGT= pigmento total de Golterman et al. (1978)

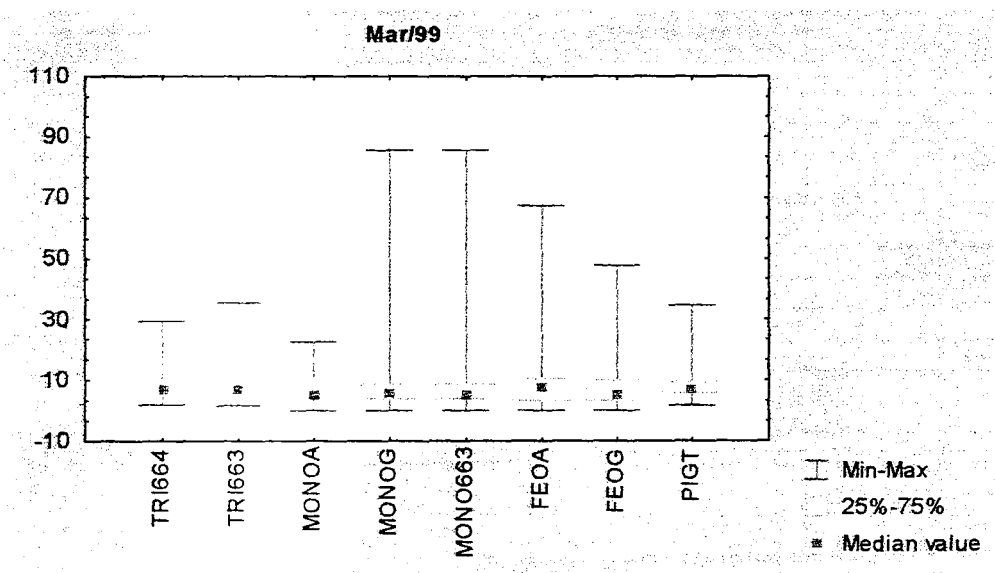


Figura 5.3 - Distribuição dos valores de pigmentos ($\mu\text{g.L}^{-1}$) em cada método na campanha de verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.

TRI664= tricromático 664nm; TRI663= tricromático 663nm; MONOA= monocromático do APHA (1992); MONOG= monocromático de Golterman et al. (1978); MONO663= monocromático 663nm; FEOA= feopigmentos de APHA (1992), FEOG= feopigmentos de Golterman et al. (1978); PIGT= pigmento total de Golterman et al. (1978)

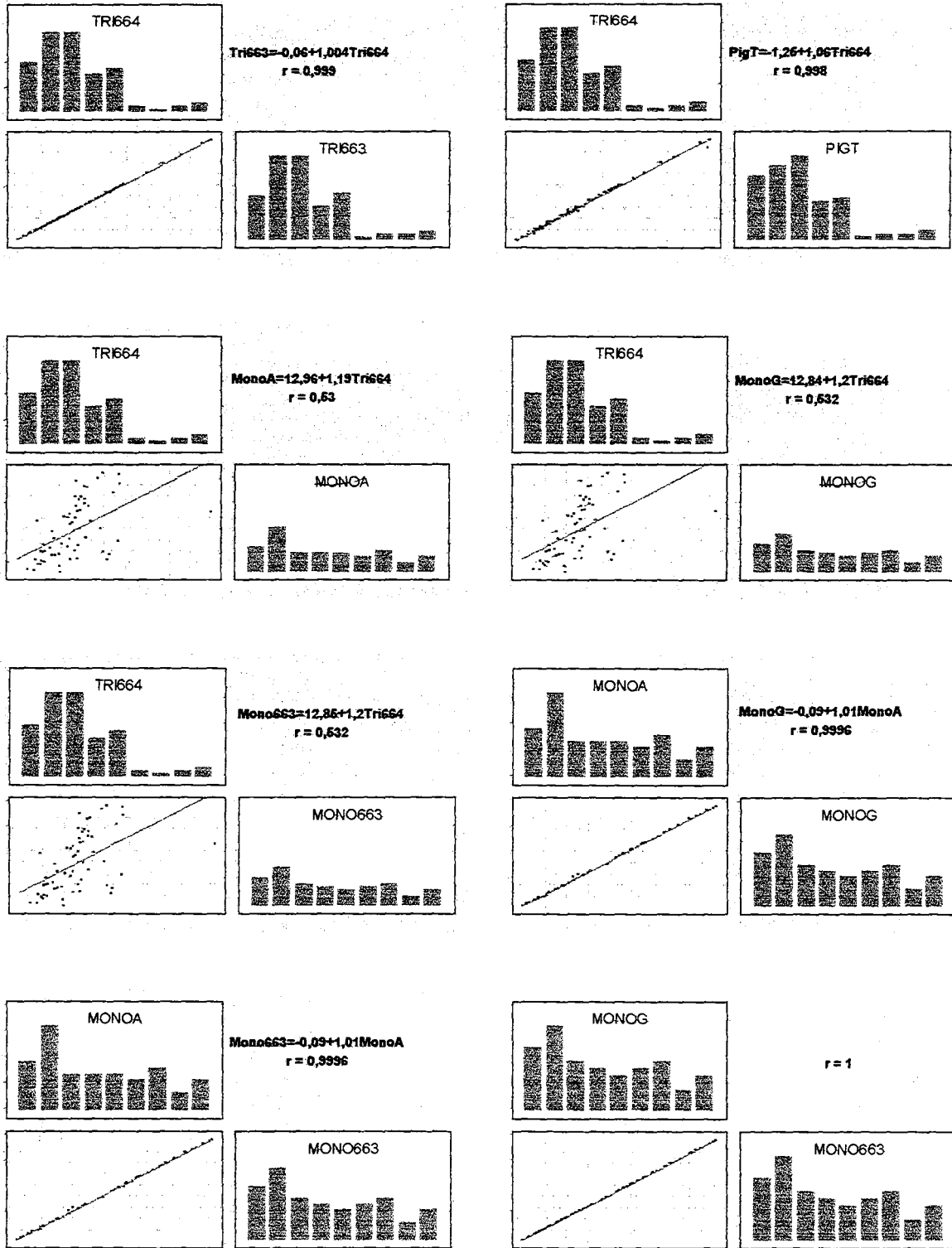


Figura 5.2 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$), durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.

TR1664= tricromático 664nm; TR1663= tricromático 663nm; MONOA= monocromático do APHA (1992); MONOG= monocromático de Golterman et al. (1978); MONO663= monocromático 663nm; FEOA= feopigmentos de APHA (1992), FEOG= feopigmentos de Golterman et al. (1978); PIGT= pigmento total de Golterman et al. (1978)

Tabela 5.3 - Análise descritiva dos valores de pigmentos em relação aos métodos testados, durante a campanha do verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.

Mar/99	Clorofila <i>a</i>					razão DO		feofitina		
	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	7,65	8,07	6,13	7,77	7,31	1,51	1,57	8,67	7,79	7,95
Desvio padrão	3,65	4,30	4,48	9,83	9,76	0,95	1,16	9,54	7,69	4,39
Mínimo	1,94	1,77	0,00	0,00	0,00	0,08	0,07	0,00	0,09	1,76
Máximo	29,32	35,48	22,45	85,45	85,54	8,00	9,50	67,36	47,82	34,73
n	102	107	90	88	86	96	98	68	67	102
NORTE	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	7,48	7,50	8,03	8,39	8,40	1,89	2,14	4,96	5,86	7,37
Desvio padrão	3,13	3,14	4,96	5,19	5,19	1,38	1,75	3,92	4,54	3,29
Mínimo	3,66	3,54	0,00	1,07	1,07	0,80	0,91	0,21	0,41	3,52
Máximo	17,08	17,56	22,45	21,36	21,38	8,00	9,50	14,22	18,39	18,46
n	36	36	35	34	34	31	33	19	16	36
CENTRO	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	6,65	6,72	3,74	3,70	3,71	1,31	1,24	8,73	8,39	6,54
Desvio padrão	2,19	2,16	2,62	2,57	2,57	0,49	0,44	11,96	8,46	2,15
Mínimo	2,24	2,24	0,00	0,00	0,00	0,10	0,12	0,00	0,31	2,20
Máximo	10,89	10,89	9,62	8,55	8,55	2,67	2,25	67,36	47,82	11,43
n	36	36	32	30	30	36	36	29	30	36
SUL	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	9,05	10,03	6,55	11,97	10,55	1,35	1,32	12,09	8,40	10,33
Desvio padrão	5,05	6,05	4,39	16,67	17,40	0,71	0,59	8,35	8,50	6,31
Mínimo	1,94	1,77	0,00	1,07	1,07	0,08	0,07	1,39	0,09	1,76
Máximo	29,32	35,48	18,18	85,45	85,54	3,50	2,67	34,86	25,25	34,73
n	30	35	23	24	22	29	29	20	21	30

TRI664= tricromático 664nm; TRI663= tricromático 663nm; MONOA= monocromático do APHA (1992); MONOG= monocromático de Golterman et al. (1978); MONO663= monocromático 663nm; DO664665= razão entre densidades ópticas 664 e 665 nm; DO663663= razão entre densidades ópticas 663nm; FEOA= feopigmentos de APHA (1992), FEOG= feopigmentos de Golterman et al. (1978); PIGT= pigmento total de Golterman et al. (1978)

As campanhas de mai/99 (Fig. 5.5) e de ago/99 (Fig. 5.7) apresentaram não somente uma distribuição dos valores entre os métodos bastante similares, mas também um comportamento linear com as mesmas proporções e mais homogêneo (Figs. 5.6 e 5.8). No outono, os valores máximos e médios mais elevados obtidos entre os métodos monocromáticos ocorreram no Sul, já para os métodos Tri664 e PigT foram ao Norte e Tri663 no Centro (Tabela 5.4). Entretanto, no inverno, os valores máximos e médios mais elevados ocorreram no Norte para todos os métodos (Tabela 5.5). Geralmente, os resultados obtidos com os métodos Tri664, Tri663 e PigT foram superiores aos demais, tanto no outono quanto no inverno.

A estreita relação entre os métodos Tri664xTri663 em todas as campanhas de amostragem, evidenciada pela análise de regressão (correlação forte e altamente significativa) sugere que ambos métodos tricromáticos reproduziram os mesmos valores, assim como em relação ao método do PigT. Entretanto, o método do PigT demonstrou ser mais vantajoso

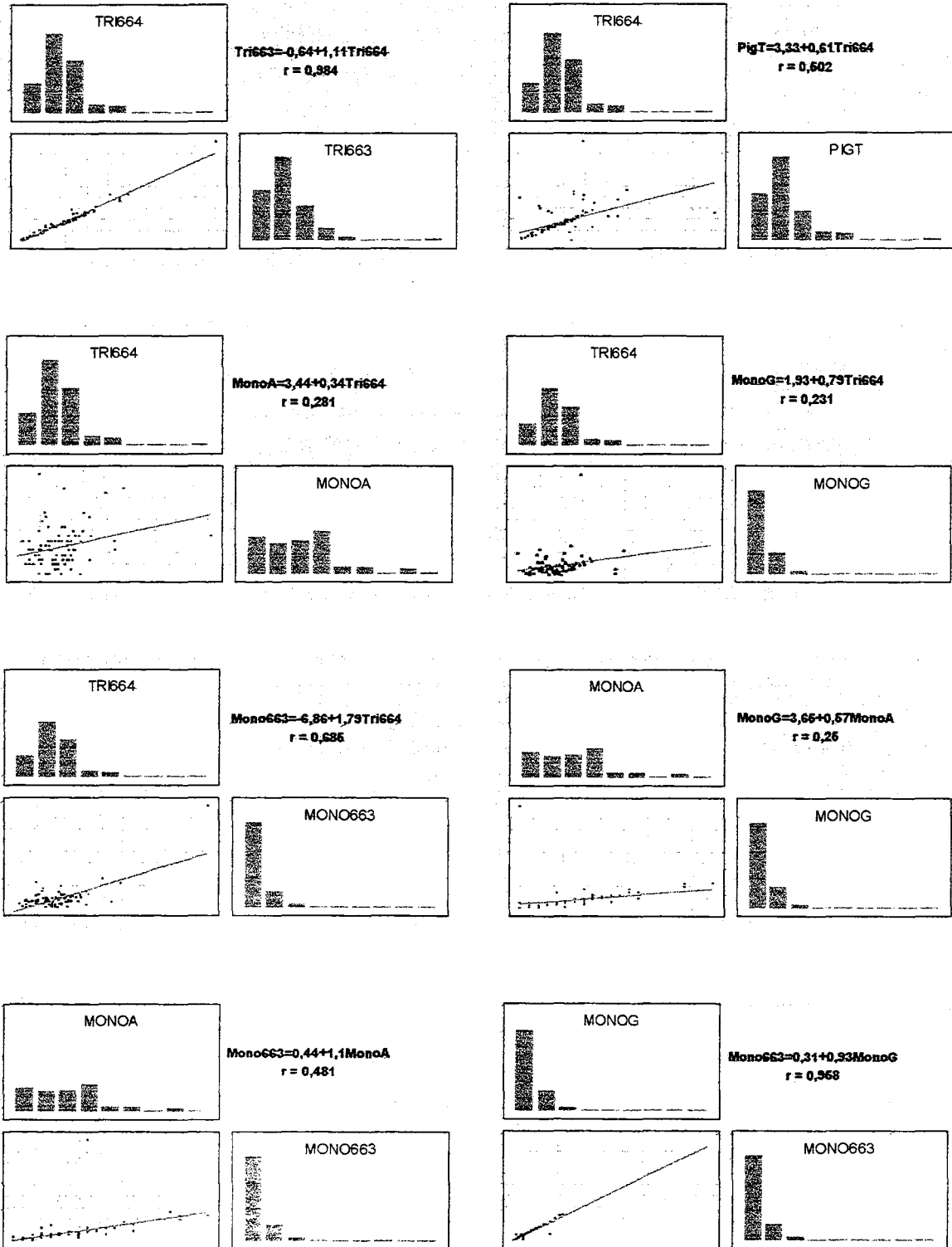


Figura 5.4 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$), durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.

TR1664= tricromático 664nm; TR1663= tricromático 663nm; MONOA= monocromático do APHA (1992); MONOG= monocromático de Golterman et al. (1978); MONO663= monocromático 663nm; FEOA= feopigmentos de APHA (1992), FEOG= feopigmentos de Golterman et al. (1978); PIGT= pigmento total de Golterman et al. (1978)

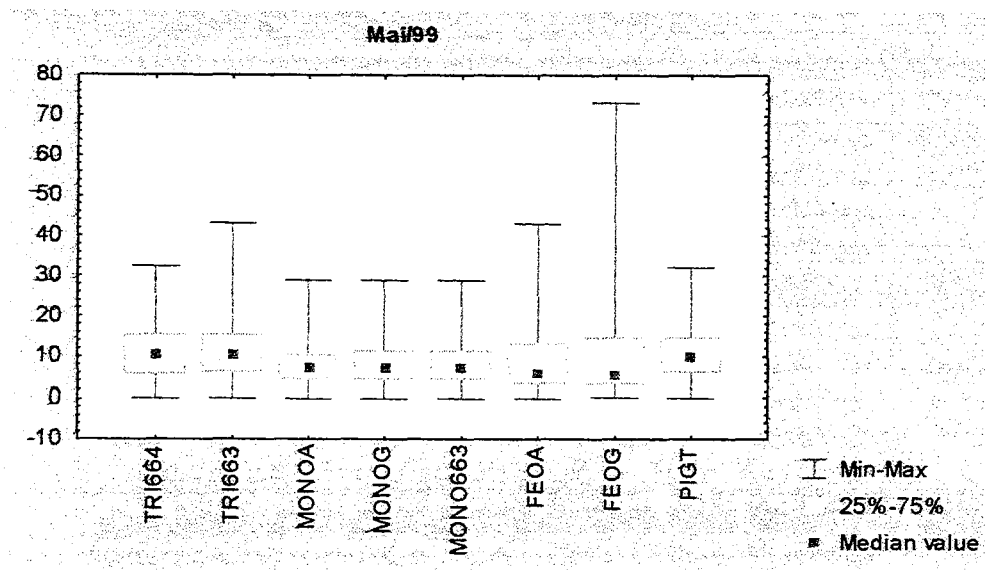


Figura 5.5 - Distribuição dos valores de pigmentos ($\mu\text{g.L}^{-1}$) em cada método na campanha do outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.

TRI664= tricromático 664nm; TRI663= tricromático 663nm; MONOA= monocromático do APHA (1992); MONOG= monocromático de Golterman et al. (1978); MONO663= monocromático 663nm; FEOA= feopigmentos de APHA (1992); FEOG= feopigmentos de Golterman et al. (1978); PIGT= pigmento total de Golterman et al. (1978)

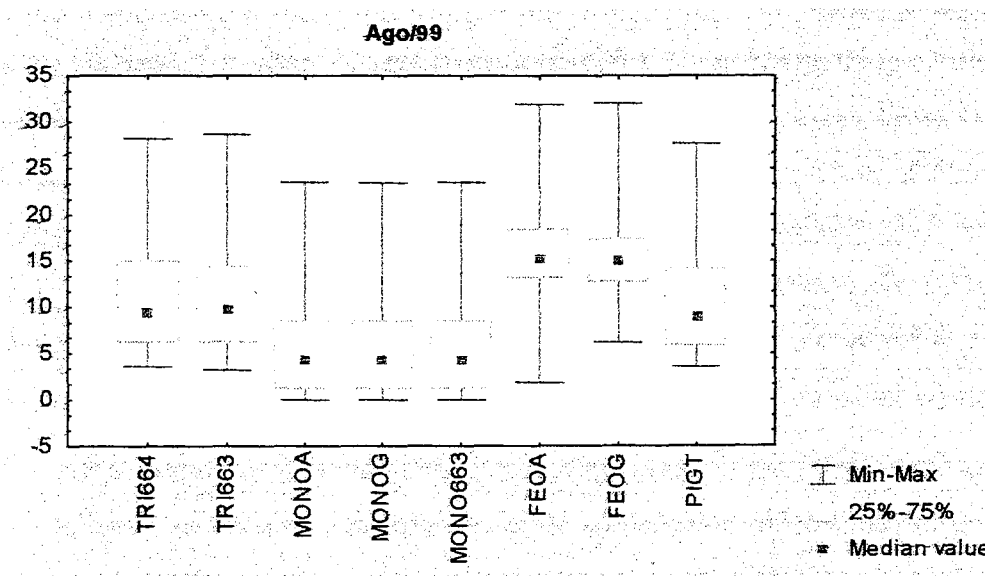


Figura 5.7 - Distribuição dos valores de pigmentos ($\mu\text{g.L}^{-1}$) em cada método na campanha do inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.

TRI664= tricromático 664nm; TRI663= tricromático 663nm; MONOA= monocromático do APHA (1992); MONOG= monocromático de Golterman et al. (1978); MONO663= monocromático 663nm; FEOA= feopigmentos de APHA (1992); FEOG= feopigmentos de Golterman et al. (1978); PIGT= pigmento total de Golterman et al. (1978)

Tabela 5.4 - Análise descritiva dos valores de pigmentos em relação aos métodos testados, durante a campanha do outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.

Mai/99	Clorofila <i>a</i>					razão DO		feofitina		
	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	11,53	11,72	8,26	8,35	8,36	1,32	1,40	9,39	10,62	10,84
Desvio padrão	6,71	7,16	6,37	5,93	5,93	0,47	0,42	8,29	12,86	6,25
Mínimo	0,26	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
Máximo	32,45	43,13	28,87	28,84	28,87	3,00	2,60	43,09	73,19	32,09
n	105	103	87	89	89	105	101	88	85	101
NORTE	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	15,44	14,82	8,93	8,69	8,70	1,27	1,29	12,75	16,04	14,19
Desvio padrão	5,75	5,88	5,58	5,81	5,82	0,23	0,24	7,45	16,99	5,70
Mínimo	3,04	3,52	0,00	0,00	0,00	0,86	0,67	1,71	1,85	3,08
Máximo	32,45	33,40	21,38	22,43	22,45	1,88	1,87	28,55	73,19	32,09
n	35	31	31	29	29	35	31	34	33	31
CENTRO	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	6,54	8,47	5,54	6,52	6,53	1,32	1,49	7,59	5,12	7,06
Desvio padrão	3,61	7,15	4,81	4,48	4,49	0,47	0,46	9,49	5,26	3,85
Mínimo	0,95	0,95	0,00	0,00	0,00	0,31	0,67	0,21	0,20	0,88
Máximo	15,26	43,13	22,45	17,09	17,11	2,40	2,50	43,09	22,55	16,70
n	34	36	27	29	29	34	34	29	25	34
SUL	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	12,45	12,31	10,07	9,75	9,76	1,36	1,42	6,92	9,07	11,53
Desvio padrão	7,01	6,98	7,67	6,88	6,89	0,63	0,50	6,43	9,20	6,73
Mínimo	0,26	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	0,00
Máximo	30,89	30,89	28,87	28,84	28,87	3,00	2,60	22,77	34,29	29,89
n	36	36	29	31	31	36	36	25	27	36

TRI664= tricromático 664nm; TRI663= tricromático 663nm; MONOA= monocromático do APHA (1992); MONOG= monocromático de Golterman et al. (1978); MONO663= monocromático 663nm; DO664665= razão entre densidades ópticas 664 e 665 nm; DO663663= razão entre densidades ópticas 663nm, FEOA= feopigmentos de APHA (1992), FEOG= feopigmentos de Golterman et al. (1978); PIGT= pigmento total de Golterman et al. (1978)

neste caso, pelas seguintes razões: 1º) leitura mais rápida, apenas 2 densidades ópticas envolvidas na equação em detrimento à 4 densidades ópticas do método tricromático; 2º) menor erro envolvido nos resultados (percentual extremamente baixo de valores negativos e nulo para valores elevados). Cabe salientar que esta segunda razão somente foi verdadeira em comparação ao Tri664, pois o Tri663 reproduziu os mesmos percentuais exibidos pelo PigT ao longo das campanhas. Assim, certamente o comprimento de onda 663 nm foi o fator determinante que contribuiu para esta melhor performance de resultados nestes métodos.

O método tricromático proposto por Jeffrey & Humphrey (1975 *apud* Edler, 1979) baseia-se no fato de que pequena alteração na fórmula tricromática padrão da clorofila *a* pode ocorrer com relação ao comprimento de onda 664nm. Sendo assim, sugeriram que a leitura possa ocorrer entre os comprimentos 663 e 665 nm, usando o valor de leitura no pico de um destes 3 comprimentos, dependendo da amostra. Como no caso não se tinha o valor da leitura no comprimento de onda de 665nm para verificar onde se encontrava o pico, aplicou-se

Tabela 5.5 - Análise descritiva dos valores de pigmentos em relação aos métodos testados, durante a campanha do inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.

Ago/99	Clorofila a					razão DO		feofitina		
	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	11,42	11,28	5,66	5,38	5,38	1,04	1,02	15,36	15,11	11,02
Desvio padrão	6,40	6,25	5,15	5,25	5,25	0,19	0,21	4,63	4,35	6,17
Mínimo	3,53	3,21	0,00	0,00	0,00	0,64	0,40	1,82	6,21	3,52
Máximo	28,18	28,66	23,52	23,50	23,52	1,62	1,55	31,86	32,01	27,69
n	96	100	55	57	57	96	96	96	96	96
NORTE	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	18,04	17,85	8,12	8,41	8,42	1,20	1,21	16,78	15,48	17,38
Desvio padrão	5,75	5,65	5,01	5,10	5,11	0,13	0,14	3,41	3,56	5,49
Mínimo	6,04	6,04	0,00	0,00	0,00	0,72	0,76	7,16	6,21	5,71
Máximo	28,18	28,66	23,52	23,50	23,52	1,54	1,55	22,99	22,64	27,69
n	33	33	32	32	32	33	33	33	33	33
CENTRO	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	8,50	8,74	3,53	2,05	2,05	0,96	0,95	14,75	14,44	8,12
Desvio padrão	3,82	3,68	3,97	2,11	2,11	0,19	0,15	5,04	4,13	3,51
Mínimo	3,53	3,53	0,00	0,00	0,00	0,64	0,64	1,82	6,55	3,52
Máximo	16,74	16,74	13,90	6,41	6,42	1,62	1,33	23,09	21,29	17,14
n	28	32	10	12	12	28	28	28	28	28
SUL	Tri664	Tri663	MonoA	MonoG	Mono663	664/665	663/663	FeoA	FeoG	PigT
Média	7,53	7,41	1,23	0,99	0,99	0,94	0,90	14,52	15,29	7,35
Desvio padrão	2,57	2,80	1,22	0,81	0,81	0,14	0,16	5,07	5,18	2,82
Mínimo	3,60	3,21	0,00	0,00	0,00	0,71	0,40	3,96	7,27	3,52
Máximo	12,38	13,33	4,28	2,14	2,14	1,36	1,10	31,86	32,01	14,07
n	35	35	13	13	13	35	35	35	35	35

TRI664= tricromático 664nm; TRI663= tricromático 663nm; MONOA= monocromático do APHA (1992); MONOG= monocromático de Golterman et al. (1978); MONO663= monocromático 663nm; DO664665= razão entre densidades ópticas 664 e 665 nm; DO663663= razão entre densidades ópticas 663nm, FEOA= feopigmentos de APHA (1992), FEOG= feopigmentos de Golterman et al. (1978); PIGT= pigmento total de Golterman et al. (1978)

os resultados da DO 663 nm na fórmula proposta. Comparando os resultados de leituras entre as DO 664 e 663 nm constatou-se que, na primavera e no verão, os valores obtidos pela DO663 foram geralmente superiores aos da DO664 (Fig 5.9), ocorrendo o inverso no outono-inverno. Certamente as estreitas relações verificadas entre os métodos tricromáticos devem-se ao elevado percentual de valores iguais obtidos entre estas densidades ópticas, especialmente no verão e inverno. Embora na primavera os valores obtidos com a DO663 foram com maior frequência superiores, esta diferença não foi visivelmente registrada (Tabela 5.7). Já no outono, quando os resultados entre os métodos tricromáticos estiveram mais distanciados entre si, isto foi também evidenciado pelos resultados descritivos entre as DO e percentual de valores negativos registrados à DO663. E esta leve divergência em mai/99 entre as análises descritivas das DO664 e DO663 foi o que aproximou mais os resultados de Tri663 com PigT (obviamente por se tratarem do mesmo comprimento de onda usado nas equações) verificado pela alta correlação. Desta forma, para a Lagoa Itapeva não foi evidenciada diferença significativa entre os dois métodos tricromáticos, independente de qual das DO envolvidas

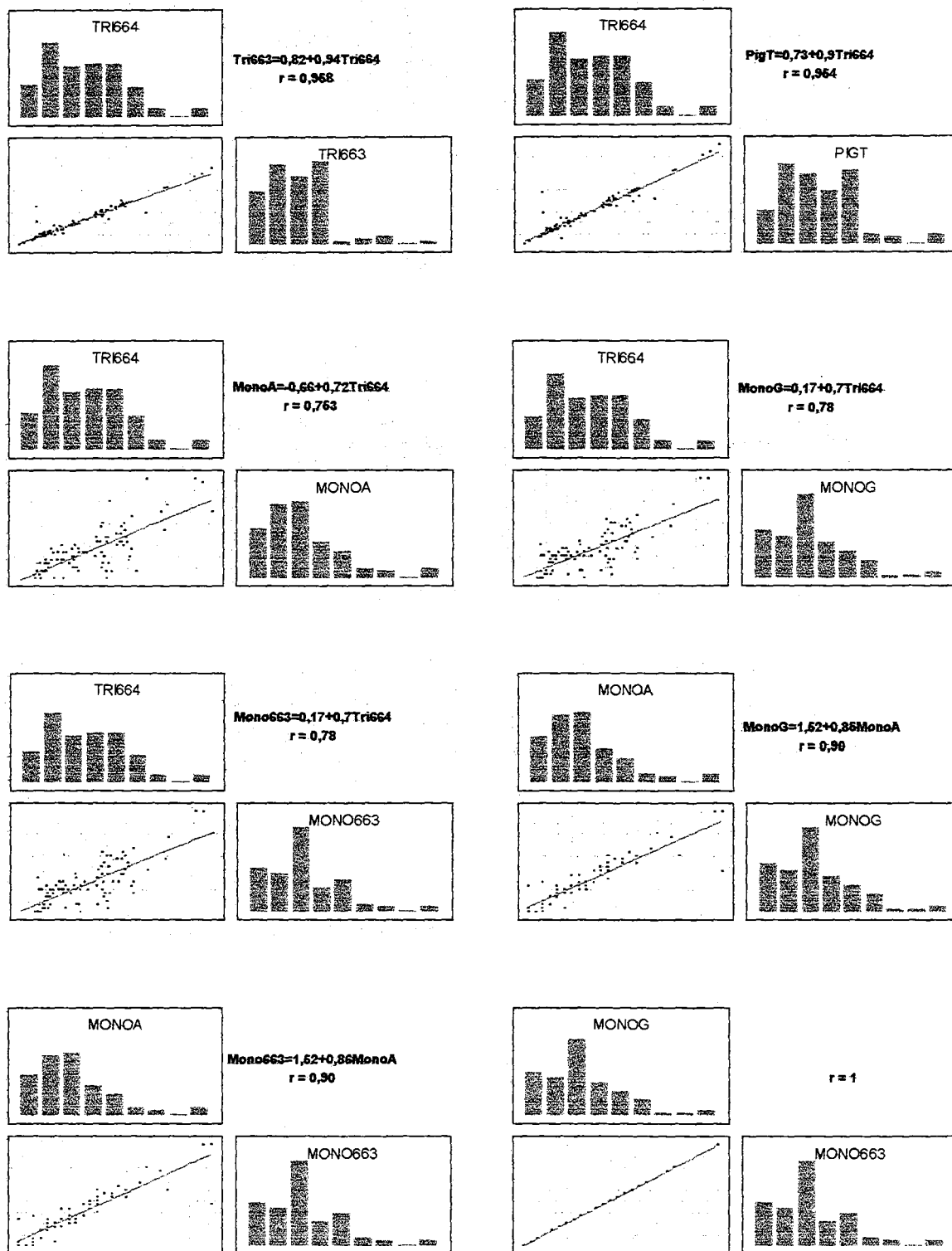


Figura 5.6 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$), durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.

TR1664= tricromático 664nm; TR1663= tricromático 663nm; MONOA= monocromático do APHA (1992); MONOG= monocromático de Golterman et al. (1978); MONO663= monocromático 663nm; FEOA= feopigmentos de APHA (1992); FEOG= feopigmentos de Golterman et al. (1978); PIGT= pigmento total de Golterman et al. (1978)

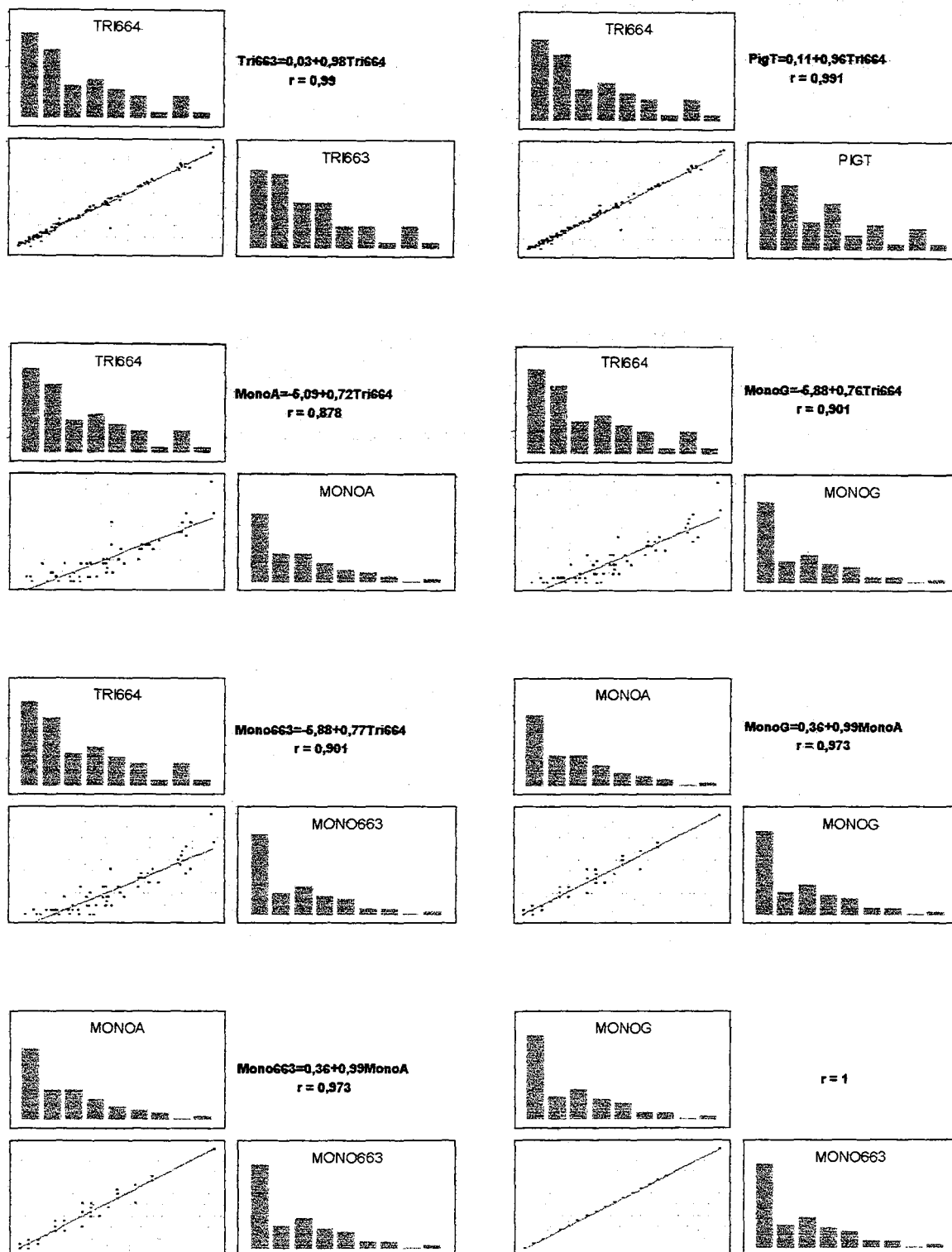


Figura 5.8 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de clorofila *a* ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.

TR1664= tricromático 664nm; TR1663= tricromático 663nm; MONOA= monocromático do APHA (1992); MONOG= monocromático de Golterman et al. (1978); MONO663= monocromático 663nm; FEOA= feopigmentos de APHA (1992); FEOG= feopigmentos de Golterman et al. (1978); PIGT= pigmento total de Golterman et al. (1978)

estivesse no pico de leitura. Embora o Tri663 tenha tido uma vantagem sobre o Tri664, por não reproduzir valores extremamente elevados.

Esta mesma interpretação das densidades ópticas com relação aos métodos tricromáticos torna-se válida para os monocromáticos. A relação linear perfeita entre os métodos MonoG e Mono663 também foi decorrente do fato de ambas equações utilizarem o mesmo comprimento de onda e com uma diferença na equação quase irrisória (fator de 0,03). Devido ao erro imputado em todos os métodos monocromáticos testados, tal como grande porcentagem de valores negativos em todas as campanhas, não se aconselha a utilização dos mesmos, pelo menos quando se tratar de um ambiente aquático semelhante à Lagoa Itapeva (lagoa costeira rasa e polimítica). Sugere-se, então, o método do pigmento total (PigT) de Golterman et al. (1978) como o mais eficaz para este tipo de ambiente sob forte influência de hidrodinâmica regida pelo vento.

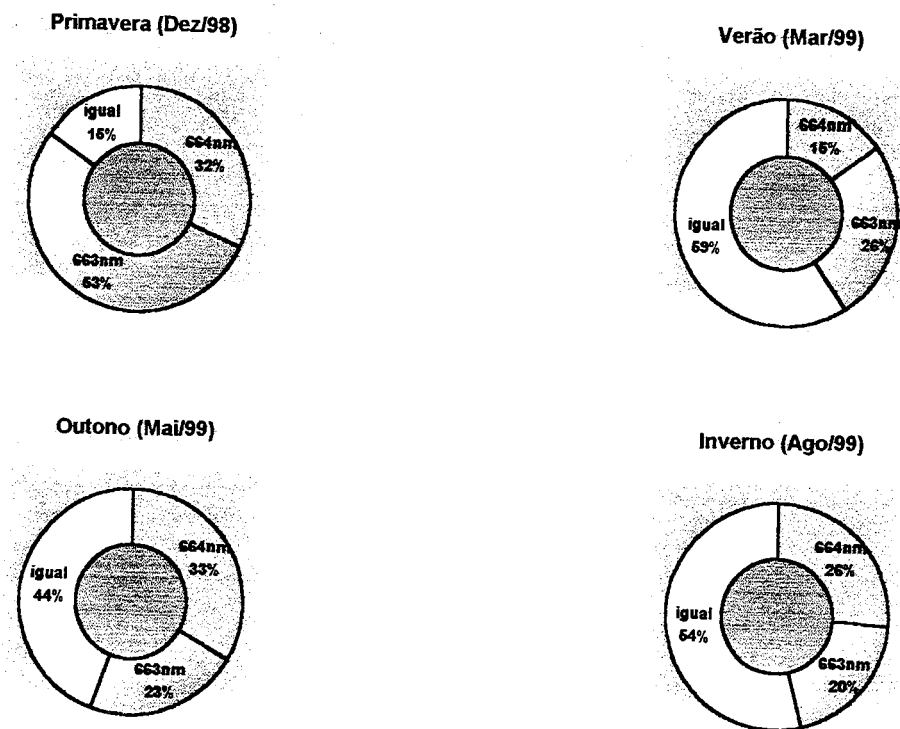


Figura 5.9 - Freqüência de ocorrência do pico máximo entre as densidades ópticas 663 e 664 nm, em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

Tabela 5.6 - Matrizes de correlações (r - de Pearson $p < 0,05$, $n = 108$) entre os métodos de pigmentos durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

Primavera	Dez/98	TRI664	TRI663	MONOA	MONOG	MONO663	DO664665	DO663663	FEOA	FEOG	PIGT
	TRI664	1									
	TRI663	1,000	1								
	MONOA	0,530	0,534	1							
	MONOG	0,532	0,536	1,000	1						
	MONO663	0,532	0,536	1,000	1,000	1					
	DO664665	0,486	0,487	0,708	0,704	0,704	1				
	DO663663	0,483	0,484	0,709	0,706	0,706	0,998	1			
	FEOA						-0,894	-0,891	1		
	FEOG						-0,888	-0,887	0,999	1	
PIGT	0,998	0,998	0,536	0,538	0,538	0,483	0,480			1	

Verão	Mar/99	TRI664	TRI663	MONOA	MONOG	MONO663	DO664665	DO663663	FEOA	FEOG	PIGT
	TRI664	1									
	TRI663	0,984	1								
	MONOA	0,281	0,254	1							
	MONOG	0,231	0,245	0,250	1						
	MONO663	0,685	0,753	0,481	0,958	1					
	DO664665			0,382			1				
	DO663663			0,569		0,519	0,858	1			
	FEOA		0,261		0,287	0,564	-0,786	-0,628	1		
	FEOG		0,253		-0,529	0,381	-0,427	-0,412	0,927	1	
PIGT	0,502	0,454		0,752	0,243	-0,239				1	

Outono	Mai/99	TRI664	TRI663	MONOA	MONOG	MONO663	DO664665	DO663663	FEOA	FEOG	PIGT
	TRI664	1									
	TRI663	0,958	1								
	MONOA	0,753	0,710	1							
	MONOG	0,780	0,792	0,900	1						
	MONO663	0,780	0,792	0,900	1,000	1					
	DO664665			0,488	0,332	0,332	1				
	DO663663			0,344	0,409	0,409	0,835	1			
	FEOA	0,215	0,343				-0,635	-0,408	1		
	FEOG	0,320	0,299				-0,319	-0,582	0,549	1	
PIGT	0,954	0,995	0,723	0,805	0,805			0,345	0,250	1	

Inverno	Ago/99	TRI664	TRI663	MONOA	MONOG	MONO663	DO664665	DO663663	FEOA	FEOG	PIGT
	TRI664	1									
	TRI663	0,990	1								
	MONOA	0,878	0,818	1							
	MONOG	0,901	0,900	0,973	1						
	MONO663	0,901	0,900	0,973	1,000	1					
	DO664665	0,780	0,724	0,888	0,909	0,909	1				
	DO663663	0,811	0,830	0,670	0,946	0,946	0,806	1			
	FEOA	0,399	0,458						1		
	FEOG	0,273	0,255						-0,225	0,734	1
PIGT	0,991	0,999	0,827	0,908	0,908	0,735	0,829	0,450	0,261	1	

TRI664= tricromático 664nm; TRI663= tricromático 663nm; MONOA= monocromático do APHA (1992); MONOG= monocromático de Golterman et al. (1978); MONO663= monocromático 663nm; DO664665= razão entre densidades ópticas 664 e 665 nm; DO663663= razão entre densidades ópticas 663nm, FEOA= feopigmentos de APHA (1992), FEOG= feopigmentos de Golterman et al. (1978); PIGT= pigmento total de Golterman et al. (1978)

Tabela 5.7 - Análise descritiva das leituras nas densidades ópticas utilizadas nos métodos de pigmentos, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

<i>sem acidificação</i>	Dez/98		Mar/99		Mai/99		Ago/99	
	664nm	663nm	664nm	663nm	664nm	663nm	664nm	663nm
Média	0,322	0,323	0,021	0,021	-0,002	-0,004	0,030	0,031
Desvio padrão	0,710	0,710	0,062	0,060	0,056	0,049	0,021	0,019
Mínimo	-1,073	-1,073	-0,032	-0,011	-0,062	-0,062	-0,022	-0,002
Máximo	2,212	2,213	0,599	0,612	0,493	0,416	0,098	0,097
n	102	102	108	108	107	107	100	100

<i>com acidificação</i>	Dez/98		Mar/99		Mai/99		Ago/99	
	665nm	663nm	665nm	663nm	665nm	663nm	665nm	663nm
Média	0,036	0,036	0,018	0,017	0,023	0,019	0,021	0,021
Desvio padrão	0,048	0,048	0,033	0,033	0,022	0,012	0,011	0,011
Mínimo	-0,181	-0,181	-0,010	-0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
Máximo	0,174	0,172	0,250	0,240	0,138	0,070	0,047	0,047
n	102	102	108	108	108	108	108	108

Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Tabela 5.8 - Análise descritiva das relações entre as concentrações de clorofila *a* do fundo para a superfície (F/S), em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva.

F/S geral	Dez/98	Mar/99	Mai/99	Ago/99
Média	1,09	0,95	1,16	1,04
Desvio padrão	0,78	0,56	0,80	0,45
Mínimo	0,14	0,00	0,00	0,00
Máximo	3,96	2,47	3,87	2,27
n	34	35	36	31

F/S Norte	Dez/98	Mar/99	Mai/99	Ago/99
Média	1,26	1,06	1,06	0,95
Desvio padrão	0,70	0,58	0,46	0,43
Mínimo	0,20	0,43	0,40	0,00
Máximo	2,70	2,47	2,04	1,57
n	12	12	12	11

F/S Centro	Dez/98	Mar/99	Mai/99	Ago/99
Média	1,13	1,15	1,23	1,16
Desvio padrão	1,07	0,42	1,11	0,58
Mínimo	0,32	0,42	0,00	0,55
Máximo	3,96	1,92	3,87	2,27
n	10	12	12	9

F/S Sul	Dez/98	Mar/99	Mai/99	Ago/99
Média	0,89	0,61	1,19	1,03
Desvio padrão	0,58	0,55	0,76	0,37
Mínimo	0,14	0,00	0,09	0,44
Máximo	2,06	1,57	2,93	1,51
n	12	11	12	11

Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Métodos para análise de feopigmentos

Os métodos utilizados (Tabela 5.1) apresentaram as falhas citadas por Moed & Hallegraeff (1978), entretanto, somente no inverno estes exibiram melhores resultados. O maior número de observações destas falhas (valores negativos e extremamente elevados) ocorreram na primavera, estando provavelmente relacionadas com as razões exibidas pelas leituras nas densidades ópticas. Os resultados de ambos métodos geralmente exibiram o mesmo comportamento nas campanhas (Figs. 5.1, 5.3, 5.5 e 5.7), sendo que, curiosamente no inverno (Fig. 5.7) grande parte dos valores situaram-se entre os limites de distribuição, enquanto que, comumente os mesmos se aproximavam mais do limite inferior nas demais campanhas (Figs. 5.1, 5.3 e 5.5). A análise de regressão (Figs. 5.10-5.13) evidenciou uma relação linear altamente significativa ($p < 0,001$), sendo que as maiores correlações ocorreram na primavera e no verão, onde os valores máximos e médios mais elevados foram registrados no ponto Centro (Tabelas 5.2-5.5). Já os valores médios mais elevados no outono e inverno ocorreram no ponto Norte. As menores assimetrias foram constatadas na primavera e no inverno, sendo que nesta última estação a curva dos dados aproximou-se mais de uma distribuição normal (Fig. 5.13).

Esta relação encontrada entre ambos métodos está vinculada à mesma discussão feita anteriormente com respeito ao comportamento das densidades ópticas envolvidas nas equações (663 e 664 nm) ao longo das campanhas, pois foram exibidas as mesmas proporções após a acidificação. Ficando novamente nítida uma menor correlação entre os resultados no outono, exatamente quando foram encontradas as maiores diferenças entre as leituras ópticas. Somente não foi repetida a mesma correlação evidenciada entre os métodos Tri664 e Tri663 devido ao fato que, as diferenças entre as equações de feofitina aplicadas foram maiores (fator de 1,73).

A partir dos resultados obtidos (Tabela 5.1) compreendeu-se melhor o que Moed & Hallegraeff (1978) comentaram sobre a hesitação que muitos pesquisadores possuem ao adotar procedimentos de acidificação em suas análises rotineiras de pigmentos. Certamente devido a um número de incertezas e complicações ocasionalmente encontradas, como: computação de percentagens negativas ou valores muito elevados de feopigmentos e a determinação de taxas ácidas excedendo o valor de 1,7 (o qual foi proposto por Lorenzen, 1967) como limite superior.

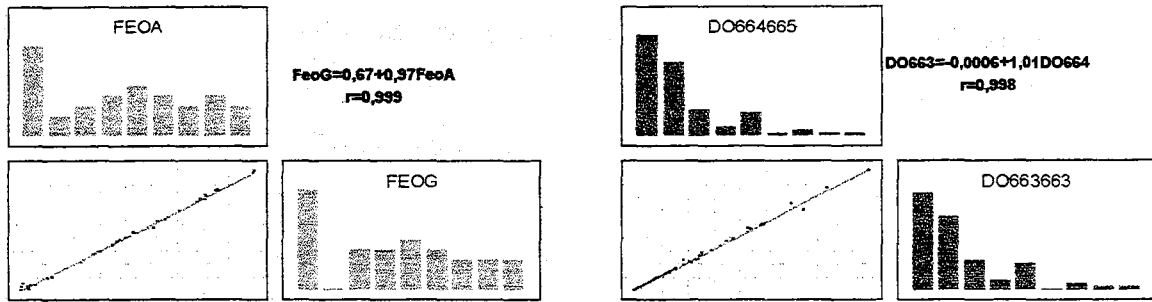


Figura 5.10 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de feopigmentos e razões entre densidades ópticas (DO em nm), durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva. FEOA= feopigmento APHA, FEOG= feopigmento Golterman

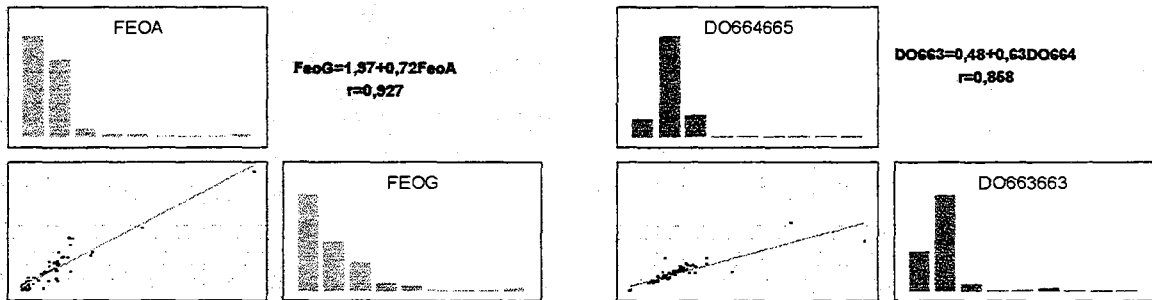


Figura 5.11 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de feopigmentos e razões entre densidades ópticas (DO em nm), durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva. FEOA= feopigmento APHA, FEOG= feopigmento Golterman

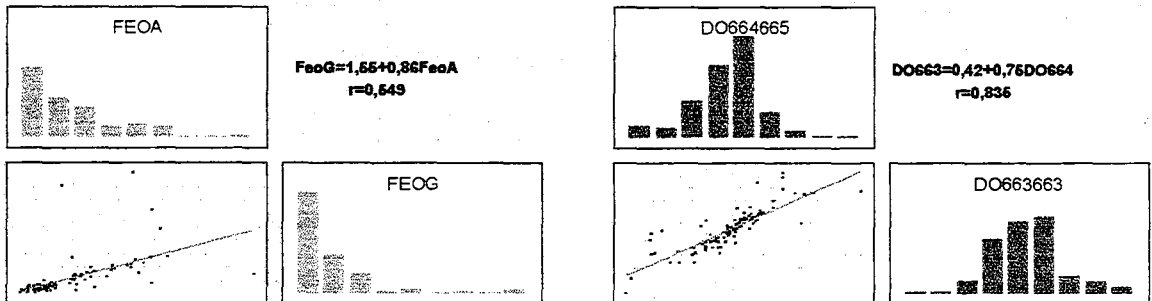


Figura 5.12 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de feopigmentos e razões entre densidades ópticas (DO em nm), durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva. FEOA= feopigmento APHA, FEOG= feopigmento Golterman

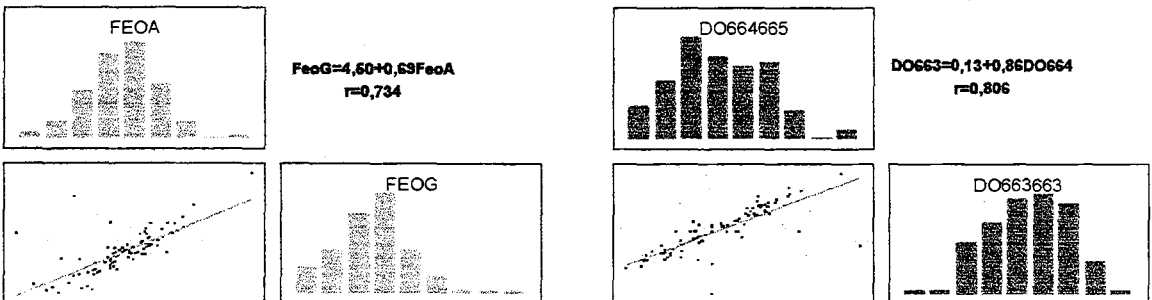


Figura 5.13 - Análises de distribuição e regressão entre métodos de feopigmentos e razões entre densidades ópticas (DO em nm), durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva. FEOA= feopigmento APHA, FEOG= feopigmento Golterman

Razão DO664/665 x DO663663

Valores negativos e extremamente elevados destas razões também foram verificados na primavera com maior evidência, e de forma menos freqüente no outono e inverno (Tabela 5.1). O resultado desta relação foi de extrema valia para a interpretação do estado fisiológico das amostras, servindo como um bom indicador da adequação dos métodos empregados na análise de pigmentos.

Ao longo de todas as campanhas (Fig. 5.14) os resultados entre as razões DO664/665 e DO663/663 foram bastante semelhantes entre si, sendo os valores mínimos sempre registrados para o Sul (Tabelas 5.2-5.5). Nota-se que o limite superior destas razões foi mais elevado na primavera e verão, e que a maioria dos dados situou-se próximo ao limite inferior. No histograma de distribuição (Figs. 5.10-5.13) ficou bastante claro a maior semelhança de comportamento entre as razões nestas duas campanhas, por isso uma maior correlação entre as mesmas. Já no outono e inverno a amplitude de variação dos dados foi menor e menor assimetria, mas a distribuição destes apresentou mais diferenças entre as razões.

Ficou evidente a estreita relação entre feopigmentos e as razões nas densidades ópticas de duas formas: a) os histogramas de distribuição dos dados entre os métodos (Figs. 5.10-5.13) mostraram o mesmo comportamento em cada campanha de amostragem; b) as correlações entre FeoA x DO664665 e FeoG x DO663663 sempre foram negativas, significativas e decrescentes da primavera para o inverno (Tabela 5.6). Isto comprovou a dependência do estado fisiológico da amostra com as razões exibidas entre as densidades ópticas (Golterman et al., 1978; APHA, 1992), onde uma diminuição destas razões implica numa maior concentração de feopigmentos do que clorofila na amostra. Do mesmo modo que, correlações positivas e quase sempre significativas foram verificadas entre os métodos de clorofila e as razões entre as densidades ópticas (Tabela 5.6). Assim, esta razão torna-se um ótimo indicador fisiológico de senescência algal.

Variação sazonal e espacial dos pigmentos

A primavera foi a estação que apresentou os maiores teores de clorofila α , enquanto que no verão foi registrado a menor média e o menor desvio padrão (Tabelas 5.2-5.5). Quanto aos pontos de amostragem, no Norte foram constatadas as maiores concentrações de clorofila α , enquanto que, geralmente, no Sul ocorreu o oposto (exceção foi registrada no verão). Este resultado sugeriu a existência de um gradiente decrescente no sentido N→S. Este comportamento atípico de gradiente durante o verão pode estar relacionado com a direção do vento, predominantemente entre os quadrantes N-E, em dois sentidos: (1) o fitoplâncton,

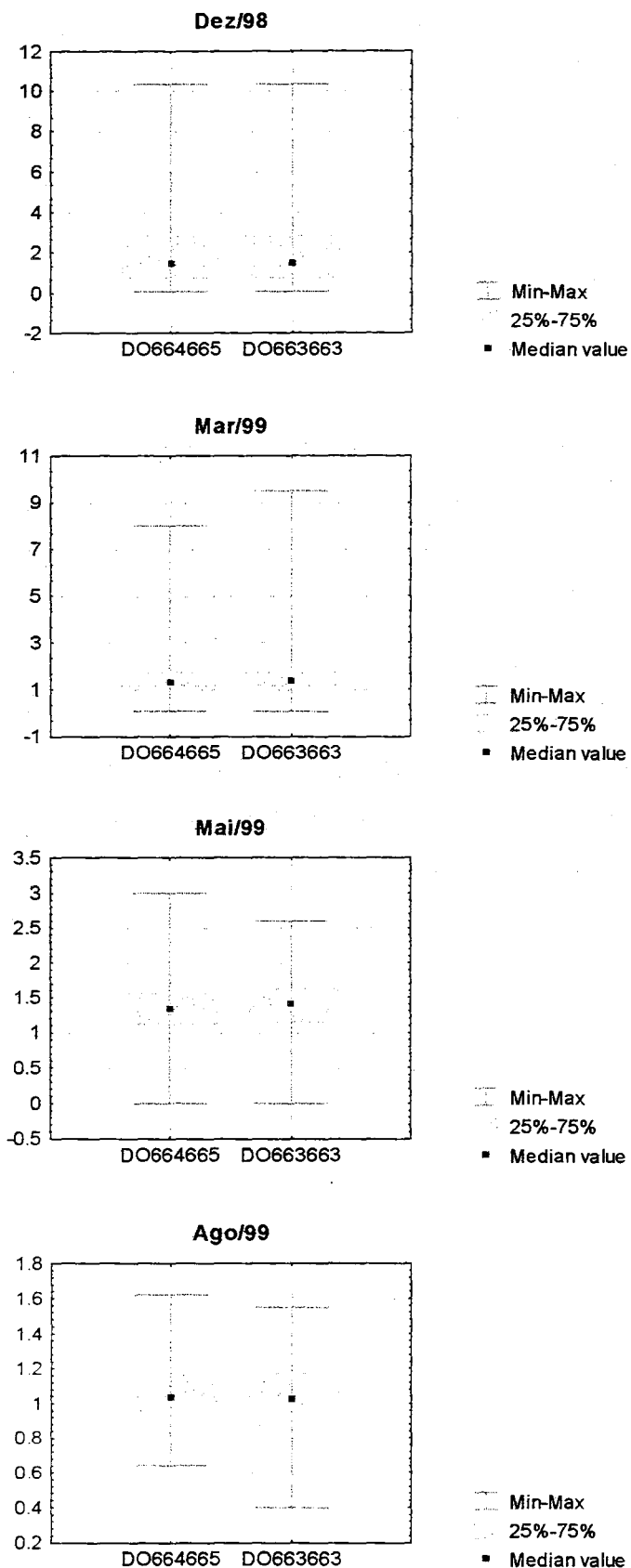


Figura 5.14 - Distribuição dos valores das razões entre densidades ópticas (DO) diferentes em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

DO664665= razão entre densidades ópticas 664 e 665 nm; DO663663= razão entre densidades ópticas 663nm.

Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

juntamente com seus pigmentos, estaria sendo transportado a favor do vento e acumulando-se no sul, e/ou (2) os nutrientes e sólidos é que estariam sendo transportados e favorecendo um melhor estado fisiológico da comunidade fitoplanctônica no lado sul da lagoa, através de um suprimento maior de alimento e/ou de sombreamento (evitando a foto-oxidação destrutiva da clorofila). De fato, nutrientes e sólidos também exibiram um gradiente crescente no sentido N→S durante o verão. Contudo, o gradiente de densidade da comunidade fitoplanctônica (*ver capítulo 7*) foi o oposto (decrecente de N→S). Porém, no Norte ocorreu um predomínio de cianofitas (>50%), enquanto que no Sul, de bacilariofitas (>50%). Sabemos que as diatomáceas apresentam um envoltório de sílica e que sua taxa de sedimentação é mais rápida que cianofitas (pois estas apresentam bainha gelatinosa e/ou aerótopos para manterem-se flutuando), sendo, geralmente, mais abundante no fundo. Assim, ventos de direção NE provocaram um efeito de ressuspensão das partículas depositadas no fundo da lagoa (diatomáceas e nutrientes), tendo seu efeito mais evidente de N→S. Realmente, neste sentido o efeito do vento foi decisório tanto na distribuição espacial da comunidade fitoplanctônica na Lagoa Itapeva quanto no seu estado fisiológico/nutricional.

O estado trófico de lagos pode ser avaliado não somente em termos de nutrientes, mas também em função das concentrações de clorofila *a* (Di Bernardo, 1995). Assim, na primavera (Tabela 5.2) houve um predomínio do estado eutrófico ($Cl\ a > 10\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), enquanto que no verão (Tabela 5.3), oscilou entre oligotrófico ($Cl\ a$ entre 0 e $4\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) e mesotrófico em média ($Cl\ a$ entre 4 e $10\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). No outono (Tabela 5.4) a amplitude de variação foi maior, desde oligotrófico para os valores mínimos até mesotrófico (Centro) e levemente eutrófico (Norte e Sul) para os valores médios. O inverno (Tabela 5.5) apresentou pequena diferença em relação ao outono, ocorrendo um domínio de condições mesotróficas nos pontos Centro e Sul.

Normalmente, as maiores concentrações de clorofila *a* (valores médios e máximos) ocorreram na superfície nos 3 pontos de amostragem (valores médios para o Norte de $21,6\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, Centro de $14,6\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, e Sul de $16,7\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). Entretanto, ao analisar as campanhas separadamente por cada ponto de amostragem constatamos que este fato ocorreu na primavera e no verão (Figuras 5.15 e 5.16). No outono, os maiores valores estiveram concentrados no meio (Norte e Centro) e no fundo (Sul); já no inverno, o padrão de ocorrer um máximo voltou a ser na superfície para o Centro e Sul, permanecendo no meio para o Norte. Quanto aos turnos de amostragem (Figura 5.16) os máximos na superfície durante a primavera ocorreram às 10h e 18h, enquanto que, no verão foi no turno da manhã (6h e 10h). Já no outono foi mais homogêneo o comportamento entre os turnos, pois o máximo ocorreu no meio

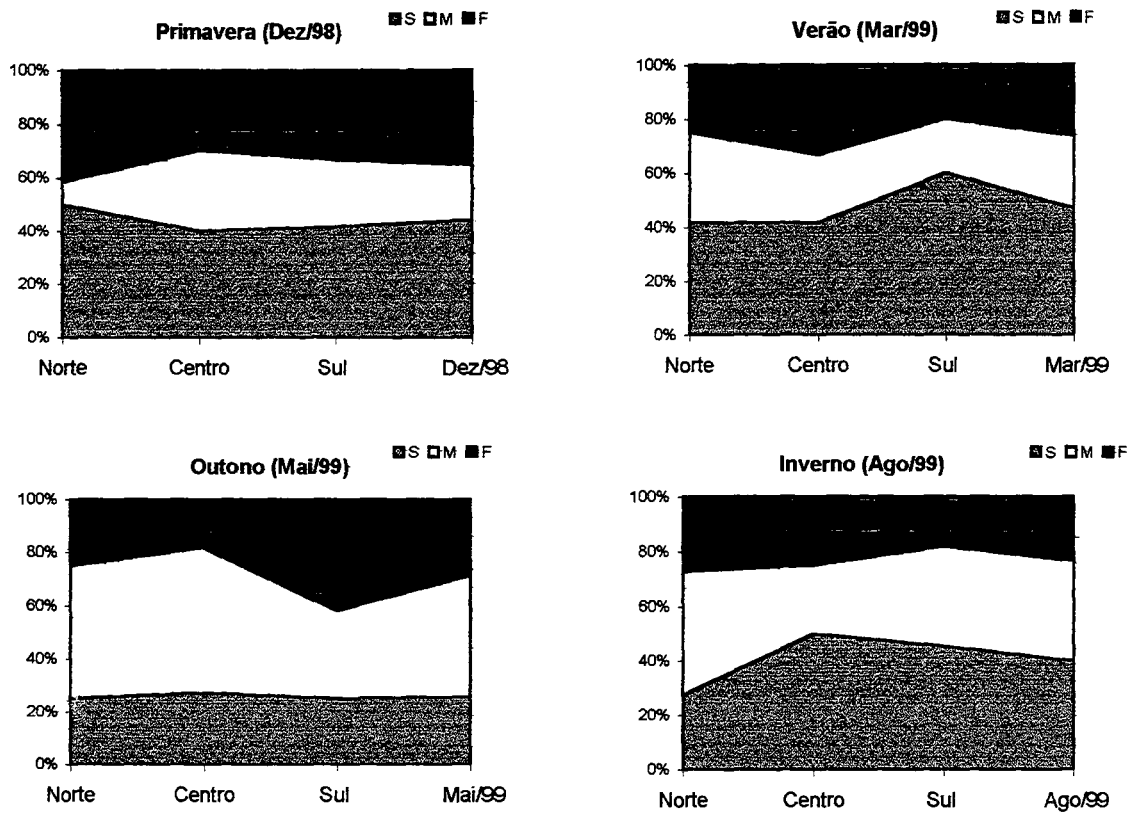


Figura 5.15 - Frequência de distribuição das maiores concentrações de clorofila *a* no perfil da coluna d'água, em cada ponto durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva. S= superfície, M= meio, F= fundo

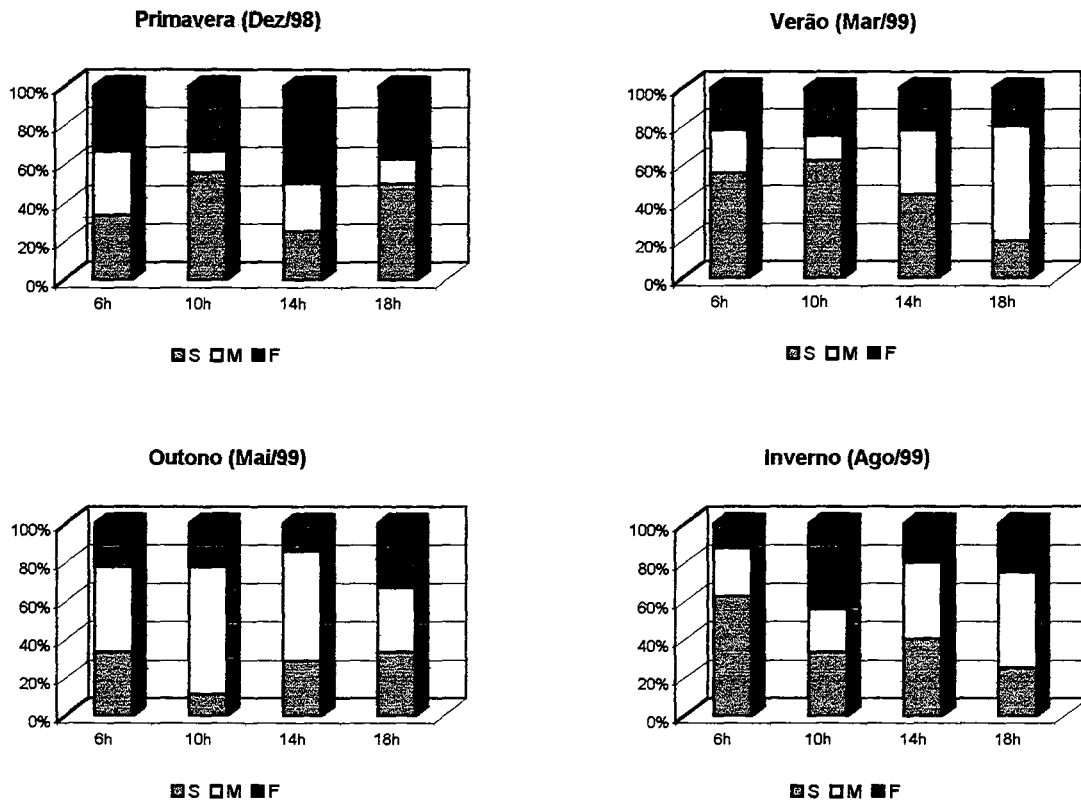


Figura 5.16 - Frequência de distribuição das maiores concentrações de clorofila *a* no perfil da coluna d'água, em cada turno durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva. S= superfície, M= meio, F= fundo

independentemente do turno de amostragem. No inverno, o máximo na superfície ocorreu no início da manhã (6h), e no turno da tarde ficou mais concentrado no meio da coluna d'água. Embora a Lagoa Itapeva seja caracterizada como um ambiente raso e polimítico, a estratégia adotada neste trabalho em não assumir a homogeneidade na coluna d'água serviu para mostrar que os pigmentos não se encontram uniformemente distribuídos no perfil. Mesmo quando a frequência máxima de concentração de clorofila α foi registrada para a superfície, esta esteve imediatamente acompanhada de uma segunda maior concentração no meio ou fundo (Figuras 5.15 e 5.16). Uma relação como a descrita por Carrick et al. (1993) com proporções de clorofila do MAM para a superficial (Tabela 5.8) variando de 10 a 24 não foi obtida neste trabalho (máximo em torno de 4 para a campanha de dez/98), devido aos máximos normalmente concentrarem-se na superfície ou meio. Mesmo durante o outono, no Sul, quando a concentração máxima foi geralmente registrada no fundo, o MAM foi inferior ao registrado no Centro. Novamente a característica em se tratar de um ambiente raso e fortemente influenciado pela ação do vento explicou a não concentração de material no fundo, mas sim movendo-se vertical e horizontalmente de acordo com a hidrodinâmica. Certamente esta maior permanência do fitoplâncton ativo nas camadas superficiais também esteja relacionada com a baixa transparência da coluna d'água, que não permite que uma comunidade fotossinteticamente ativa permaneça no fundo por muito tempo.

Analisando as curvas de distribuição da clorofila α no perfil em cada campanha verificamos que:

a) primavera (dez/98) (Fig. 5.17) - no Norte às 10h o máximo ocorreu na superfície. No Centro nenhum padrão comportamental foi identificado, e no Sul às 10h e 18h, geralmente, ocorreu um gradiente decrescente da superfície para o fundo.

b) verão (mar/99) (Fig. 5.18) - no Norte os máximos ocorreram às 10h ou 14h em todo o perfil. No Centro quase não ocorreu variação na coluna entre os turnos, mas o máximo na superfície e no fundo sempre ocorreram às 10h. No Sul, o máximo na superfície também foi registrado para o período da manhã (6h e 10h).

c) outono (mai/99) (Fig. 5.19) - no Norte o máximo na superfície ocorreu durante a manhã. No Centro, novamente nenhum padrão foi evidenciado. No Sul, geralmente os maiores valores ocorreram às 14h (na superfície ou no fundo) e curiosamente no 3º dia quase não ocorreram oscilações no perfil em todos os turnos.

d) inverno (ago/99) (Fig. 5.20) - no Norte curvas com o máximo no meio da coluna d'água foram verificadas ora durante a manhã ou a tarde. No Centro o mesmo padrão de curva

(máximo no meio) ocorreu às 14h, sendo o máximo na superfície registrado para o fim do dia (18h). E no Sul os máximos na superfície foram registrados às 10h e 14h.

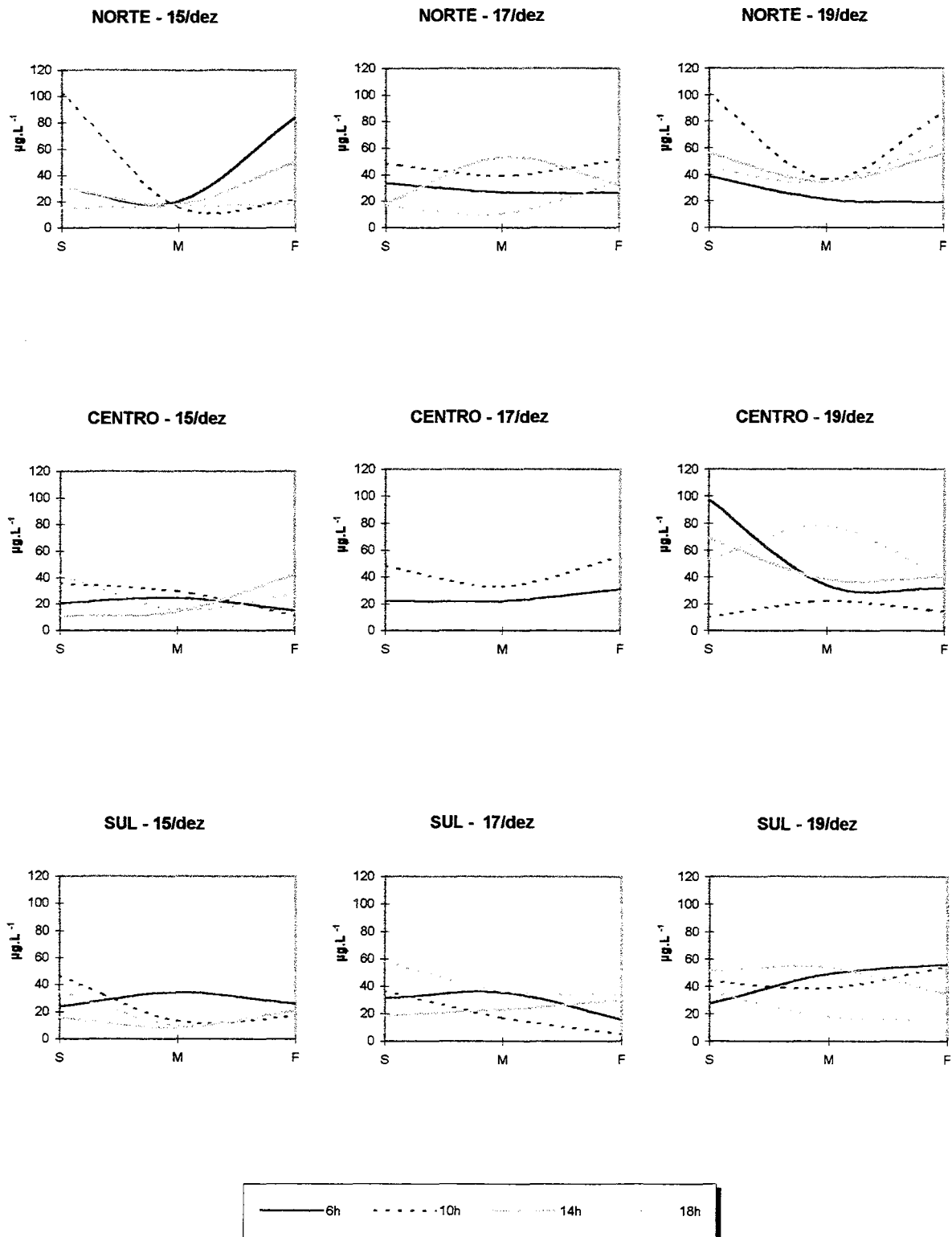


Figura 5.17 - Perfil de clorofila *a* durante a primavera (Dez/98), em cada ponto e dia de amostragem na Lagoa Itapeva. S= superfície, M= meio, F= fundo

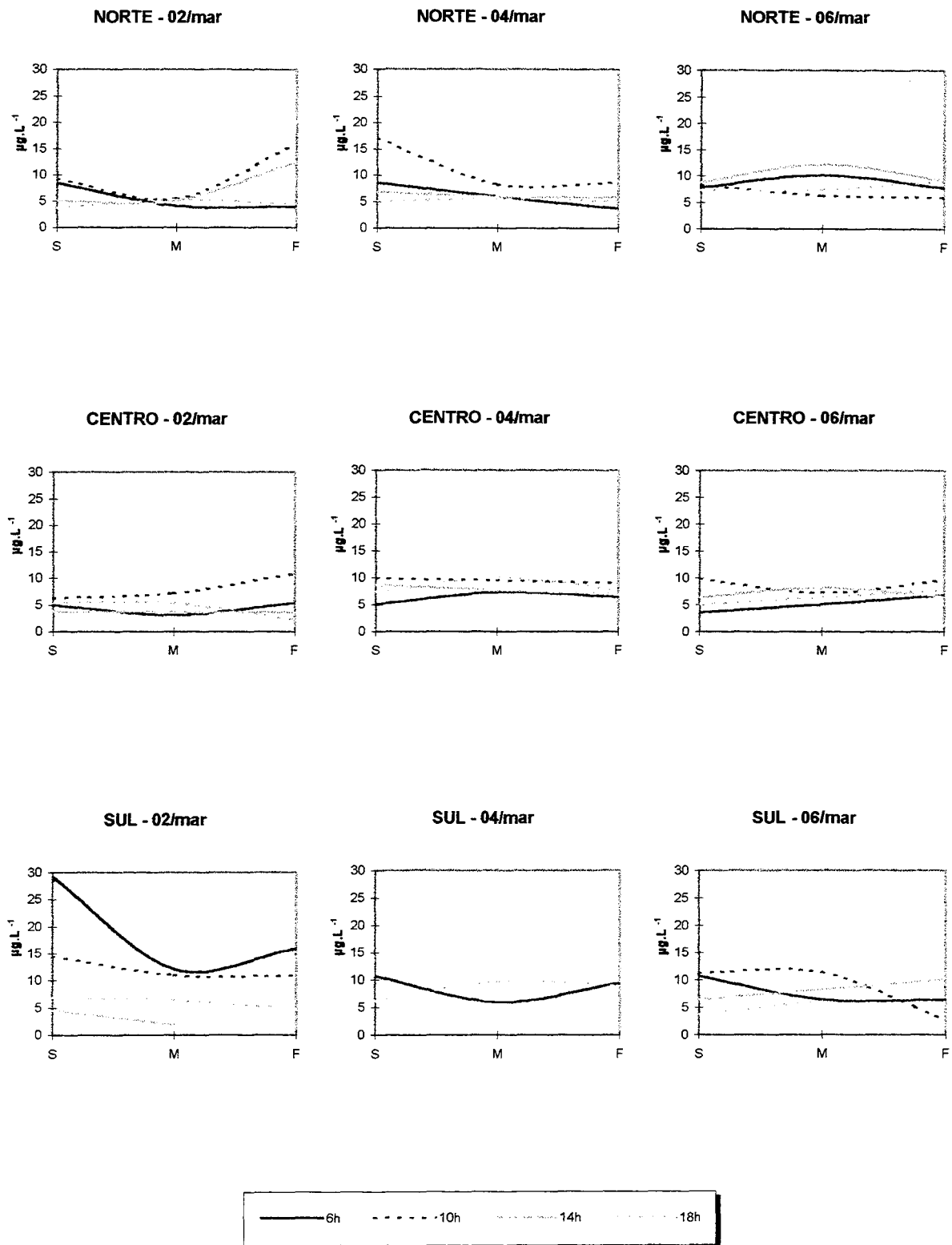


Figura 5.18 - Perfil de clorofila *a* durante o verão (Mar/99), em cada ponto e dia de amostragem na Lagoa Itapeva. S= superfície, M= meio, F= fundo

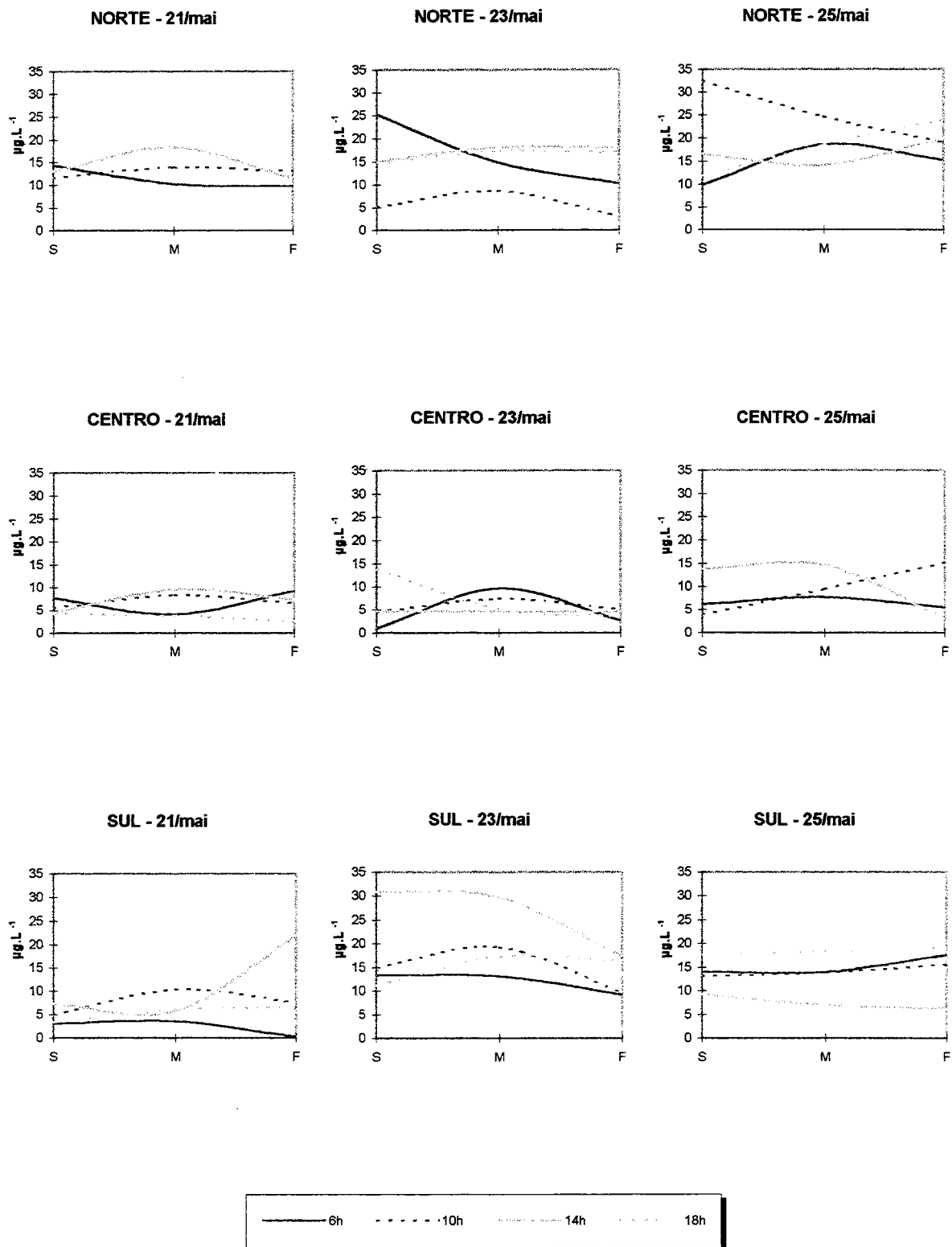


Figura 5.19 - Perfil de clorofila *a* durante o outono (Mai/99), em cada ponto e dia de amostragem na Lagoa Itapeva. S= superfície, M= meio, F= fundo

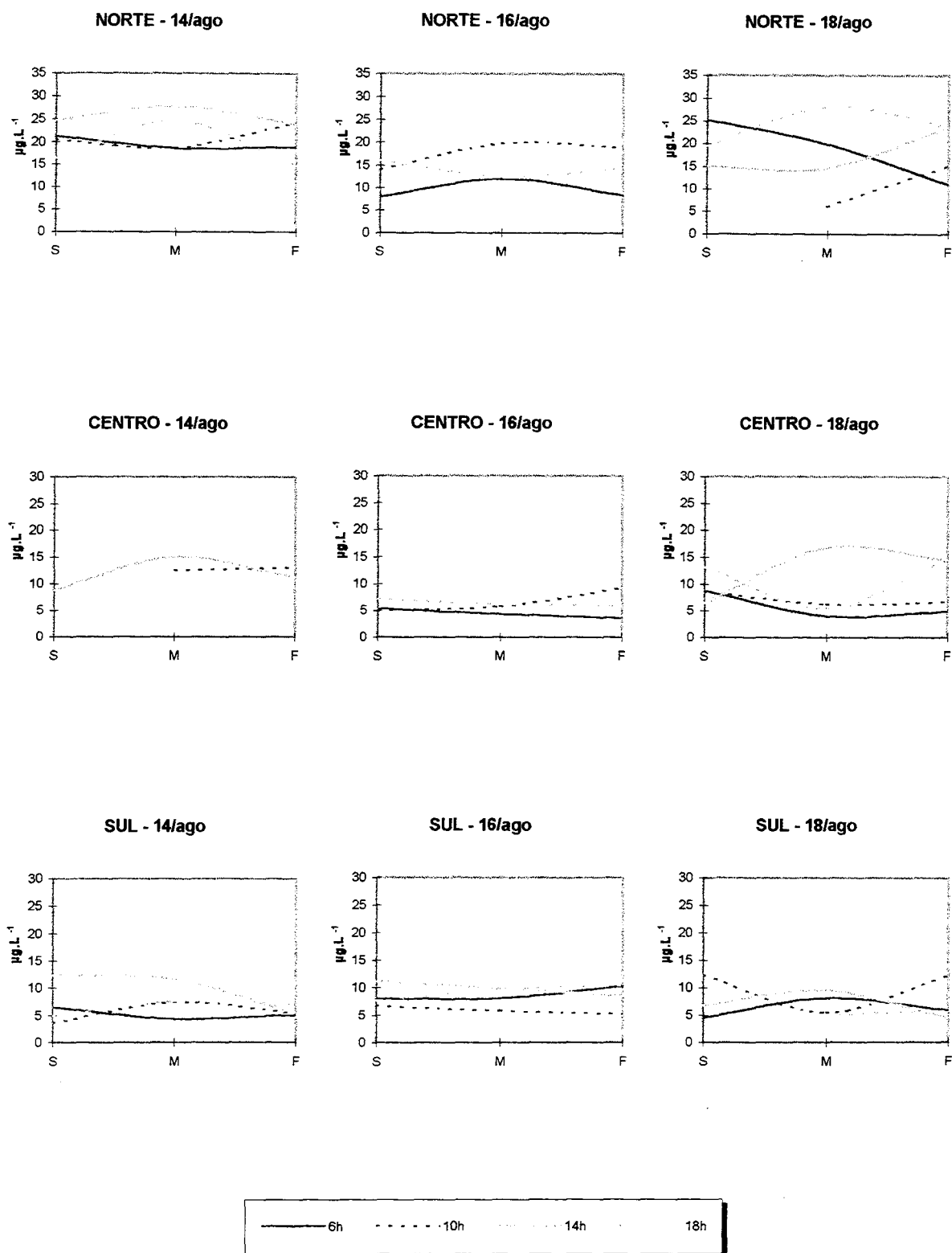


Figura 5.20 - Perfil de clorofila *a* durante o outono (Mai/99), em cada ponto e dia de amostragem na Lagoa Itapeva. S= superfície, M= meio, F= fundo

Na análise de variância (ANOVA) realizada para verificar a existência ou não de homogeneidade na coluna d'água (Tabela 5.9) ficou constatada a primavera como a única estação onde a variância no perfil foi significativa, sendo que nesta estação ocorreu um forte efeito do dia de amostragem, tanto associado com a hora quanto com o ponto como fatores. No verão nenhuma das combinações dos fatores testados apresentou uma variância significativa. No outono, o dia e o ponto foram os fatores que apresentaram variâncias significativas, quando analisados juntos ou associados com a hora como fator. No inverno, também o ponto e o dia foram os fatores que apresentaram variâncias significativas, porém o dia só foi significativo quando associado ao ponto.

Tabela 5.9 – Medidas repetidas (ANOVA “three-way”) para a concentração de clorofila *a* (n=36) com relação ao perfil da coluna d'água, testando dia, hora e ponto como fatores, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

A	Dez/98				Mar/99				Mai/99				Ago/99			
	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1	2	22	4,75	0,019	2	20	0,03	0,973	2	22	3,74	0,040	2	17	0,75	0,487
2	3	22	0,32	0,810	3	20	1,56	0,229	3	22	0,38	0,769	3	17	0,35	0,793
3	2	44	3,49	0,039	2	40	1,42	0,255	2	44	0,87	0,425	2	34	0,18	0,838
12	6	22	0,23	0,961	6	20	0,78	0,595	6	22	0,94	0,487	6	17	0,25	0,953
13	4	44	0,61	0,656	4	40	1,30	0,286	4	44	1,42	0,243	4	34	0,47	0,759
23	6	44	1,02	0,425	6	40	1,79	0,126	6	44	0,38	0,889	6	34	0,91	0,500
123	12	44	1,23	0,297	12	40	1,41	0,201	12	44	0,60	0,833	12	34	1,05	0,430

B	Dez/98				Mar/99				Mai/99				Ago/99			
	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1	2	25	1,34	0,279	2	23	3,23	0,058	2	25	11,95	0,0002	2	20	44,74	4,14E-08
2	2	25	5,44	0,011	2	23	0,06	0,946	2	25	4,68	0,019	2	20	4,72	0,021
3	2	50	3,66	0,033	2	46	1,76	0,184	2	50	1,08	0,347	2	40	0,66	0,524
12	4	25	0,25	0,907	4	23	1,88	0,148	4	25	2,23	0,094	4	20	3,02	0,042
13	4	50	1,02	0,407	4	46	1,42	0,244	4	50	0,08	0,988	4	40	0,17	0,951
23	4	50	0,46	0,762	4	46	1,26	0,299	4	50	1,23	0,312	4	40	0,46	0,763
123	8	50	0,91	0,519	8	46	1,55	0,166	8	50	0,52	0,832	8	40	0,18	0,993

C	Dez/98				Mar/99				Mai/99				Ago/99			
	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1	2	22	1,06	0,364	2	20	2,39	0,118	2	22	7,48	0,003	2	17	35,43	8,63E-07
2	3	22	0,23	0,876	3	20	1,83	0,174	3	22	0,42	0,741	3	17	2,72	0,077
3	2	44	3,90	0,027	2	40	0,91	0,412	2	44	0,82	0,446	2	34	0,45	0,644
12	6	22	1,06	0,417	6	20	0,83	0,562	6	22	0,14	0,989	6	17	0,32	0,919
13	4	44	1,20	0,324	4	40	0,87	0,492	4	44	0,06	0,992	4	34	0,30	0,873
23	6	44	0,93	0,482	6	40	2,00	0,088	6	44	0,29	0,939	6	34	1,39	0,246
123	12	44	1,10	0,387	12	40	1,65	0,117	12	44	1,04	0,429	12	34	1,75	0,100

A 1= dia, 2= hora, 3= perfil; B 1= ponto, 2= dia, 3= perfil; C 1= ponto, 2= hora, 3= perfil, dfE= graus de liberdade do efeito principal, dfe= graus de liberdade do erro, Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= Inverno

Assim, com relação aos pontos de amostragem ficou comprovada a existência de heterogeneidade nas estações frias do ano (outono e inverno). No verão, o sistema comportou-se de forma homogênea, enquanto que na primavera, uma estratificação entre os dias de

amostragem evidenciou uma heterogeneidade. De fato, a primavera na região litorânea no RS foi caracterizada por uma oscilação constante de velocidade e direção do vento, perturbando a coluna d'água de tal forma a não permitir uma homogeneidade nesta.

Tabela 5.10– Medidas repetidas (ANOVA “three-way”) para a concentração de clorofila a ($n= 27$) com relação ao turno de amostragem, testando dia, perfil e ponto como fatores, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

A	Dez/98				Mar/99				Mai/99				Ago/99			
	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1	2	15	8,55	0,003	2	13	0,09	0,915	2	15	4,07	0,039	2	10	0,92	0,428
2	2	15	2,73	0,097	2	13	0,45	0,648	2	15	0,12	0,890	2	10	0,01	0,986
3	3	45	0,21	0,887	3	39	5,36	0,003	3	45	0,70	0,557	3	30	2,52	0,077
12	4	15	0,49	0,746	4	13	0,47	0,757	4	15	0,62	0,653	4	10	0,06	0,991
13	6	45	0,27	0,946	6	39	1,33	0,266	6	45	1,95	0,093	6	30	0,86	0,535
23	6	45	0,65	0,694	6	39	1,19	0,333	6	45	0,46	0,834	6	30	0,49	0,809
123	12	45	0,79	0,660	12	39	1,11	0,381	12	45	0,40	0,957	12	30	0,52	0,887

B	Dez/98				Mar/99				Mai/99				Ago/99			
	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1	design incompleto				2	17	7,72	0,004	2	15	44,23	5,12E-07	design incompleto			
2					2	17	1,61	0,230	2	15	12,51	0,001				
3					3	51	11,95	4,9E-06	3	45	2,07	0,117				
12					4	17	1,71	0,195	4	15	9,49	0,000				
13					6	51	3,53	0,005	6	45	0,83	0,553				
23					6	51	3,90	0,003	6	45	1,71	0,140				
123					12	51	3,69	0,001	12	45	4,00	0,000				

C	Dez/98				Mar/99				Mai/99				Ago/99			
	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1	2	15	1,21	0,325	2	17	5,94	0,011	2	15	10,59	0,001	2	10	39,16	1,86E-05
2	2	15	1,92	0,181	2	17	0,28	0,759	2	15	0,23	0,795	2	10	0,36	0,707
3	3	45	0,05	0,983	3	51	7,05	0,0005	3	45	0,62	0,609	3	30	6,04	0,002
12	4	15	0,73	0,588	4	17	0,22	0,925	4	15	0,03	0,998	4	10	0,28	0,886
13	6	45	2,56	0,032	6	51	2,32	0,047	6	45	0,37	0,897	6	30	0,66	0,680
23	6	45	0,63	0,707	6	51	1,00	0,434	6	45	0,24	0,962	6	30	0,88	0,524
123	12	45	0,99	0,474	12	51	0,96	0,498	12	45	0,31	0,985	12	30	1,54	0,163

A 1= dia, 2= perfil, 3= hora; B 1= ponto, 2= dia, 3= hora; C 1= ponto, 2= perfil, 3= hora. dfE= graus de liberdade do efeito principal, dfe= graus de liberdade do erro, Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= Inverno

Para verificar a existência de um ciclo diurno na concentração dos pigmentos foi testada a variância entre os turnos de amostragem (hora) nas campanhas (Tabela 5.10). Na primavera variâncias significativas ocorreram entre os dias de amostragem e na interação entre ponto e hora, ambos quando associado ao perfil da coluna d'água como fator. No verão a única variância significativa observada foi entre os turnos de amostragem, mostrando que nesta estação do ano o efeito da variabilidade diurna foi muito mais importante que os outros fatores testados. No outono o dia e o ponto de amostragem foram os fatores que apresentaram uma maior variância nos valores de clorofila a , sendo que os mesmos interagiram com o turno

de amostragem. No inverno o ponto e o turno de amostragem voltaram a apresentar variabilidade significativa quando associados ao perfil como fator. Assim, os turnos de amostragem sempre exibiram um grau de variabilidade em todas as estações do ano, mostrando a existência de um ciclo diurno com relação à concentração de clorofila a . Certamente o forte efeito observado durante o verão esteve intimamente relacionado com as variações diurnas e diárias nas variáveis físico-químicas da água.

Segundo Aleixo (1981) a distribuição homogênea ou não de clorofila a deve estar relacionada aos ciclos diurnos ou sazonais de temperatura; descontinuidades térmicas tendem a delimitar camadas diferencialmente povoadas. Com a ausência da estratificação térmica os nutrientes cativos no hipolimnio são liberados para o epilimnio, possibilitando um maior desenvolvimento do fitoplâncton. Como a Lagoa Itapeva é um ambiente raso e polimítico períodos de estratificação são bastante raros e efêmeros. Contudo, a heterogeneidade seja longitudinal ou vertical correu em função do regime dos ventos.

Para os valores de feopigmentos (Tabelas 5.2-5.5), a primavera também foi a estação que apresentou os maiores valores e o verão a menor média. Por outro lado, o menor desvio ocorreu no inverno. O gradiente decrescente no sentido N→S foi observado somente no outono-inverno e o inverso ocorreu no verão, provavelmente devido aos mesmos fatores mencionados anteriormente com relação à clorofila. Contudo, durante a primavera a maior concentração ficou no ponto Centro. Certamente este maior acúmulo de feopigmentos esteve relacionado com a direção dos ventos, que apresentou uma grande amplitude de oscilação durante esta estação do ano, fazendo com que a região central da lagoa sentisse seu efeito mais intensamente.

A análise de variância (ANOVA) realizada para verificar a existência ou não de homogeneidade na coluna d'água (Tabela 5.11) apontou somente o outono como a estação do ano onde o efeito do perfil na concentração de feopigmentos foi significativo. Entretanto, este efeito somente foi constatado quando interagindo com o dia e o turno de amostragem simultaneamente, ou com o ponto e dia de amostragem separadamente. Infelizmente durante a primavera e o verão os efeitos na coluna d'água não puderam ser testados com a combinação entre fatores (*design incompleto*), devido às lacunas deixadas pelos valores negativos e/ou extremamente elevados. Porém, quando o fator foi testado individualmente, novamente no verão o ponto de amostragem apresentou variância significativa. Assim, a existência de variância significativa na concentração dos pigmentos (clorofila a e feopigmentos) ficou comprovada entre os pontos de amostragem demonstrando a forte influência do regime predominante de ventos durante o verão.

Tabela 5.11 – Medidas repetidas (ANOVA “three-way”) da concentração de feopigmentos (n= 36) com relação ao perfil da coluna d’água, testando dia, hora e ponto como fatores, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

	Dez/98				Mar/99			
	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1= ponto	2	3	0,32	0,75	2	10	9,48	0,005
2= perfil	2	6	0,86	0,47	2	20	0,46	0,64
12	4	6	1,82	0,24	4	20	2,40	0,08
	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1= dia	design incompleto				2	10	0,30	0,74
2= perfil	design incompleto				2	20	1,02	0,38
12	design incompleto				4	20	2,78	0,05
	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1= hora	3	2	0,60	0,67	3	10	1,88	0,20
2= perfil	2	4	2,37	0,21	2	20	0,15	0,86
12	6	4	0,62	0,72	6	20	1,01	0,45

A	Mai/99				Ago/99			
	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1	2	12	18,49	0,0002	2	17	1,17	0,33
2	3	12	1,07	0,40	3	17	0,64	0,60
3	2	24	1,53	0,24	2	34	0,31	0,74
12	6	12	0,75	0,62	6	17	0,17	0,98
13	4	24	2,06	0,12	4	34	0,13	0,97
23	6	24	1,67	0,17	6	34	0,23	0,97
123	12	24	3,51	0,004	12	34	0,75	0,69

B	Mai/99				Ago/99			
	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1	2	15	9,63	0,002	2	20	2,42	0,11
2	2	15	45,05	4,6E-07	2	20	2,65	0,10
3	2	30	0,47	0,63	2	40	1,70	0,20
12	4	15	1,14	0,38	4	20	1,54	0,23
13	4	30	3,97	0,011	4	40	1,88	0,13
23	4	30	3,61	0,016	4	40	0,41	0,80
123	8	30	1,61	0,16	8	40	1,15	0,35

C	Mai/99				Ago/99			
	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1	design incompleto				2	17	1,33	0,290
2	design incompleto				3	17	0,59	0,628
3	design incompleto				2	34	0,73	0,489
12	design incompleto				6	17	1,13	0,388
13	design incompleto				4	34	0,94	0,454
23	design incompleto				6	34	0,18	0,982
123	design incompleto				12	34	1,43	0,199

A 1= dia, 2= hora, 3= perfil; B 1= ponto, 2= dia, 3= perfil; C 1= ponto, 2= hora, 3= perfil, dfE= graus de liberdade do efeito principal, dfe= graus de liberdade do erro, Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= Inverno

A existência de um ciclo diurno na concentração dos feopigmentos (Tabela 5.12) somente ficou evidenciada no inverno, individualmente ou o turno de amostragem interagindo

com o ponto. Nas demais estações do ano a combinação entre fatores não pode ser testada (*design incompleto*), devido aos mesmos problemas levantados anteriormente. Contudo, testando os fatores individualmente constatamos variâncias significativas para o ponto de amostragem novamente no verão e para os dias de amostragem no outono. Esta variância na concentração de feopigmentos entre os dias durante o outono provavelmente esteja relacionada com o ciclo de floração de *Anabaena circinalis* registrado neste período (*ver capítulo 7*).

Tabela 5.12 – Medidas repetidas (ANOVA “three-way”) para a concentração de feopigmentos (n= 27) com relação ao turno de amostragem, testando dia, perfil e ponto como fatores, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

	Dez/98				Mar/99				Mai/99			
	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1= ponto	design incompleto				2	3	22,74	0,015	2	9	1,91	0,204
2= hora					3	9	3,20	0,077	3	27	0,24	0,864
12					6	9	1,13	0,419	6	27	0,32	0,922
	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1= dia	design incompleto				design incompleto				2	9	22,35	0,0003
2= hora									3	27	0,65	0,593
12									6	27	0,35	0,903
	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level
1= perfil	design incompleto				2	3	2,60	0,222	2	9	0,57	0,585
2= hora					3	9	1,11	0,395	3	27	0,84	0,485
12					6	9	0,36	0,887	6	27	1,18	0,348

A	Ago/99				B	Ago/99				C	Ago/99			
	dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level
1	2	10	2,40	0,141	1	design incompleto				1	2	10	2,54	0,128
2	2	10	0,03	0,968	2					2	10	0,38	0,696	
3	3	30	0,66	0,585	3					3	30	1,69	0,189	
12	4	10	0,38	0,820	12					4	10	0,31	0,866	
13	6	30	0,32	0,919	13					6	30	3,04	0,019	
23	6	30	0,24	0,960	23					6	30	0,33	0,913	
123	12	30	0,22	0,996	123					12	30	1,59	0,148	

A 1= dia, 2= perfil, 3= hora; B 1= ponto, 2= dia, 3= hora; C 1= ponto, 2= perfil, 3= hora. dfE= graus de liberdade do efeito principal, dfe= graus de liberdade do erro, Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= Inverno

Para Aleixo (1981) a maior concentração de feofitina nas lagoas do Vale do Rio Doce/MG, durante a primavera, pode ter sido o reflexo de uma maior decomposição da matéria orgânica contida no lago devido ao aumento da temperatura. A degradação das partes clorofiladas das macrófitas poderia influir no equilíbrio da clorofila *a*/feofitina, favorecendo um aumento deste último pigmento no lago. Em lagos rasos as massas de água são influenciadas por uma maior radiação solar, favorecendo os processos de decomposição da matéria orgânica, com reflexos nas concentrações de feofitina. A Lagoa Itapeva apresenta uma estreita faixa de *Cyrpus californicus* apenas nas suas margens. Porém, uma maior contribuição pode ter ocorrido em função da bacia de drenagem, onde o escoamento da água

da serra também trouxe uma maior quantidade de detritos vegetais (restos de tecidos e grãos de pólen observados nas amostras quantitativas de plâncton). Provavelmente esta também tenha sido uma das razões para os altos valores de feopigmentos durante a primavera na Lagoa Itapeva. Uma outra razão deve estar associada com distúrbios mecânicos ocorridos nas células fitoplanctônicas devido à ação dos ventos de diversas direções em intervalos curtos de tempo. Além disso, carotenóides encontrados em populações naturais de diatomáceas interferem no método espectrofotométrico para clorofila *a* e feopigmento, principalmente por mudanças espectrais na fucoxantina em acidificação (Riemann, 1978). Justamente durante a primavera as bacilariofitas foram o grupo dominante na Lagoa Itapeva (*ver capítulo 7*).

Tabela 5.13 - Análise descritiva das razões entre feopigmentos e clorofila *a* (Feo/Cl *a*) e entre tipos de clorofilas (*c/a* e *b/a*) em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

	Primavera Dez/98			Verão Mar/99			Outono Mai/99			Inverno Ago/99		
<i>geral</i>	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>
Média	0,81	0,03	0,68	0,97	0,09	0,30	1,07	0,02	0,36	1,67	0,01	0,25
Desvio padrão	1,74	0,01	0,38	3,01	0,40	0,42	2,09	0,05	0,62	0,78	0,01	0,23
Mínimo	0,00	0,0038	-0,02	0,00	0,0002	0,00	0,00	0,0003	0,00	0,12	0,0001	0,00
Máximo	9,90	0,06	1,62	30,02	3,09	2,11	13,94	0,30	3,54	3,95	0,06	1,08
n	102	90	92	102	72	68	105	36	36	96	81	86
NORTE	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>
Média	0,70	0,02	0,57	0,36	0,01	0,30	0,88	0,01	0,21	1,04	0,005	0,15
Desvio padrão	1,20	0,01	0,31	0,56	0,01	0,32	0,60	0,005	0,11	0,47	0,01	0,12
Mínimo	0,00	0,0038	0,13	0,00	0,0002	0,04	0,00	0,0004	0,02	0,26	0,0001	0,00
Máximo	3,94	0,04	1,09	2,63	0,04	1,09	2,24	0,01	0,33	3,12	0,03	0,48
n	36	31	31	36	27	21	35	7	7	33	27	28
CENTRO	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>
Média	0,88	0,03	0,77	1,60	0,01	0,19	1,52	0,02	0,58	1,97	0,01	0,30
Desvio padrão	1,83	0,02	0,42	4,92	0,01	0,19	2,74	0,03	0,83	0,78	0,01	0,20
Mínimo	0,00	0,0041	0,00	0,00	0,0004	0,01	0,00	0,0021	0,01	0,12	0,0010	0,00
Máximo	5,85	0,06	1,62	30,02	0,03	0,95	13,94	0,12	3,54	3,95	0,02	0,86
n	30	26	27	36	23	26	34	16	18	28	21	24
SUL	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>	Feo/Cl <i>a</i>	Cl <i>c/a</i>	Cl <i>b/a</i>
Média	0,85	0,03	0,74	0,95	0,26	0,45	0,82	0,03	0,10	2,02	0,01	0,29
Desvio padrão	2,13	0,01	0,36	1,05	0,70	0,63	2,30	0,08	0,11	0,65	0,01	0,30
Mínimo	0,00	0,0076	0,21	0,00	0,0003	0,00	0,00	0,0003	0,00	0,61	0,0011	0,02
Máximo	9,90	0,06	1,50	3,50	3,09	2,11	13,85	0,30	0,34	3,32	0,06	1,08
n	36	33	33	30	22	21	36	13	11	35	33	34

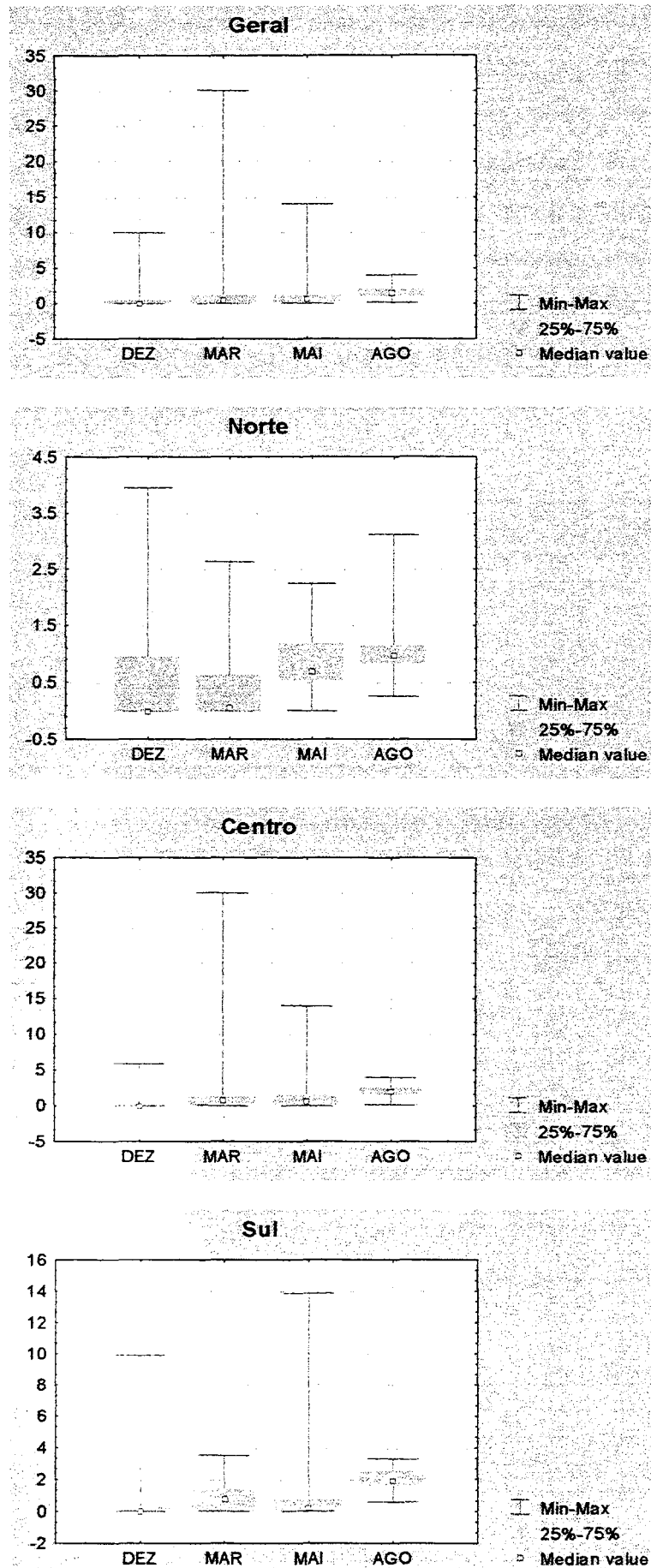


Figura 5.21 - Distribuição dos valores das razões entre Feopigmentos e Clorofila a (Feo/Cl a) em cada campanha sazonal e ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Quanto às relações existentes entre estes pigmentos (Feo/Cl *a*) os menores valores em média foram encontrados na primavera, crescendo sazonalmente em direção ao inverno (Tabela 5.13, Fig. 5.21). Entretanto, não foi observado gradiente entre os pontos como visto para a clorofila *a* e feopigmentos em separado. O cálculo desta razão entre os pigmentos foi feito com base em que a clorofila *a* é superestimada pelas equações espectrofotométricas tricromáticas quando a proporção feofitina/clorofila aumenta (Raí, 1980). Assim sendo, como no Norte (Fig. 5.21) não foram verificados grandes aumentos, pois o intervalo de distribuição dos dados foi pequeno em todas as campanhas, certamente não ocorreu superestimação nas concentrações de clorofila *a*. Já no Centro (Fig. 5.21), no verão e no outono deve ter ocorrido superestimação, pois os intervalos e desvios padrão foram maiores. No Sul (Fig. 5.21) esta maior amplitude de distribuição dos dados ocorreu na primavera e no outono.

Entretanto, a partir dos resultados da razão entre clorofila *c/a* superestimação na concentração de clorofila *a* somente teria ocorrido em duas ocasiões: no Sul, em 02 de março às 14h na superfície (Cl *c/a* =1,3) e no meio (Cl *c/a* =3,1). Estes foram os únicos momentos onde esta razão foi superior a 1,0 (Lóftus & Carpenter, 1971 *apud* Holm-Hansen & Riemann, 1978). De fato, estas razões médias sempre foram baixas em todas as campanhas, visto que o valor de clorofila *c* também foi muito baixo em média (Tabela 5.13).

Por outro lado, superestimação de feopigmentos foi especialmente registrada na primavera (Tabela 5.13), devido a proporção entre clorofila *b* e clorofila *a* (Cl *b/a*) ter sido superior a 0,4, conforme padrão estabelecido por Holm-Hansen & Riemann (1978). De fato, em mais de 50% das amostras na primavera ocorreu superestimação em todos os pontos de amostragem (Figs. 5.22 e 5.23). Os únicos registros onde não foram verificados nenhuma superestimação de feopigmentos foram durante o outono nos pontos Norte e Sul. Em todas as demais situações foram verificadas relações entre Cl *b/a* superiores a 0,4, especialmente no Centro durante o outono, onde os percentuais entre ambas foram praticamente o mesmo.

Quando uma solução de clorofila *a* pura é convertida para feofitina *a* por acidificação, a proporção do pico de absorção (DO_{664}/DO_{665}) de 1,70 é usada na correção da aparente concentração de clorofila *a* para feofitina *a*. Amostras com a proporção de 1,70 para DO_{664} antes/ DO_{665} depois são consideradas a não conter feofitina *a* e estar em excelente condição fisiológica. Soluções de feofitina pura não mostram redução em DO_{665} sobre acidificação e tem a proporção DO_{664} antes/ DO_{665} de 1,0. Estas mesmas relações também são válidas para as razões de DO_{663} antes/ DO_{663} depois (Golterman et al., 1978; APHA, 1992). Assim, misturas de clorofila *a* e feofitina *a* têm proporções de pico de absorção entre 1,0 e 1,7. Estas proporções são baseadas no uso de acetona 90% como solvente (APHA, 1992). Desta forma,

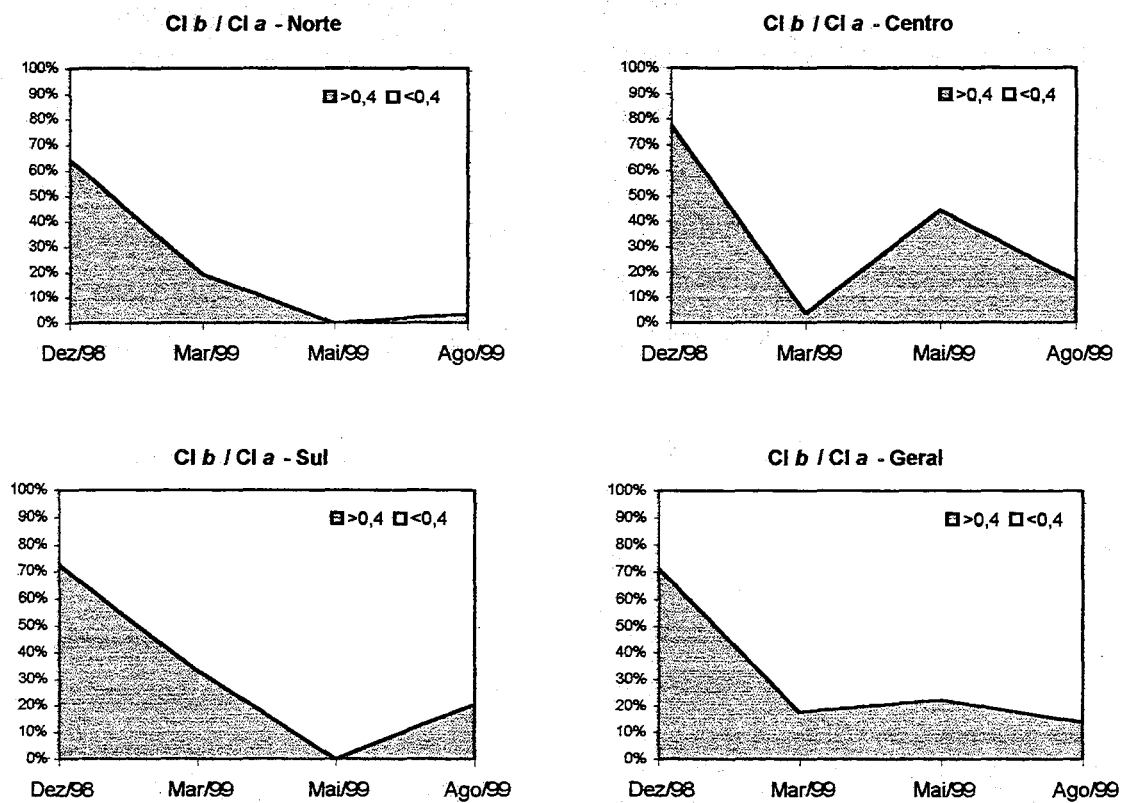


Figura 5.22 - Relações entre clorofilas *b* e *a* ($Cl\ b / Cl\ a$) em cada ponto de amostragem, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva. Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno.

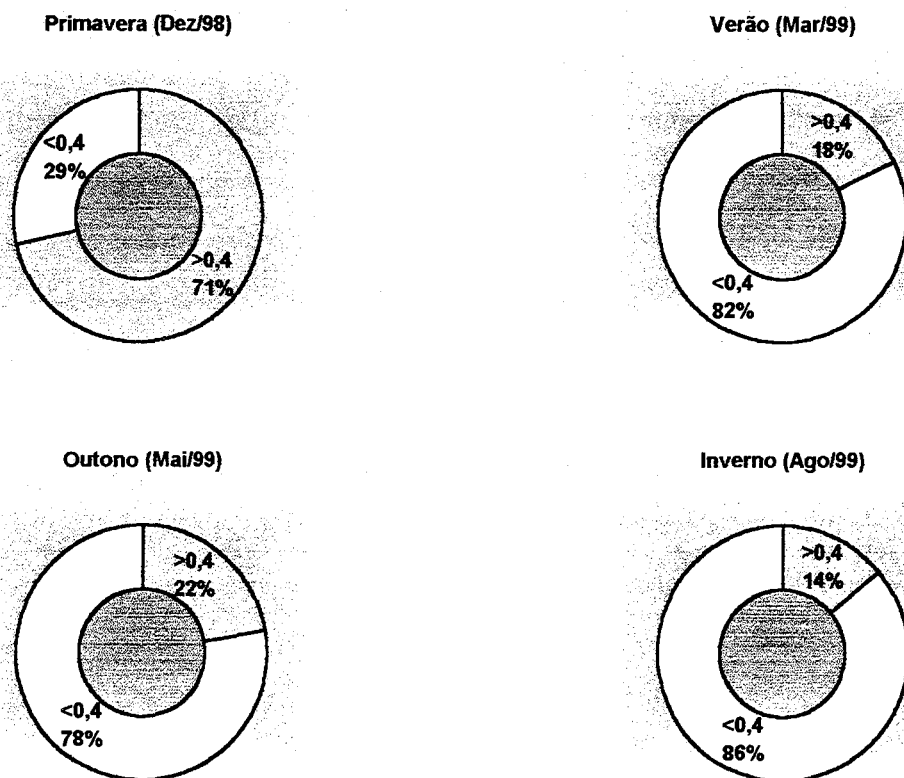


Figura 5.23 - Relações entre clorofilas *b* e *a* ($Cl\ b / Cl\ a$) durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

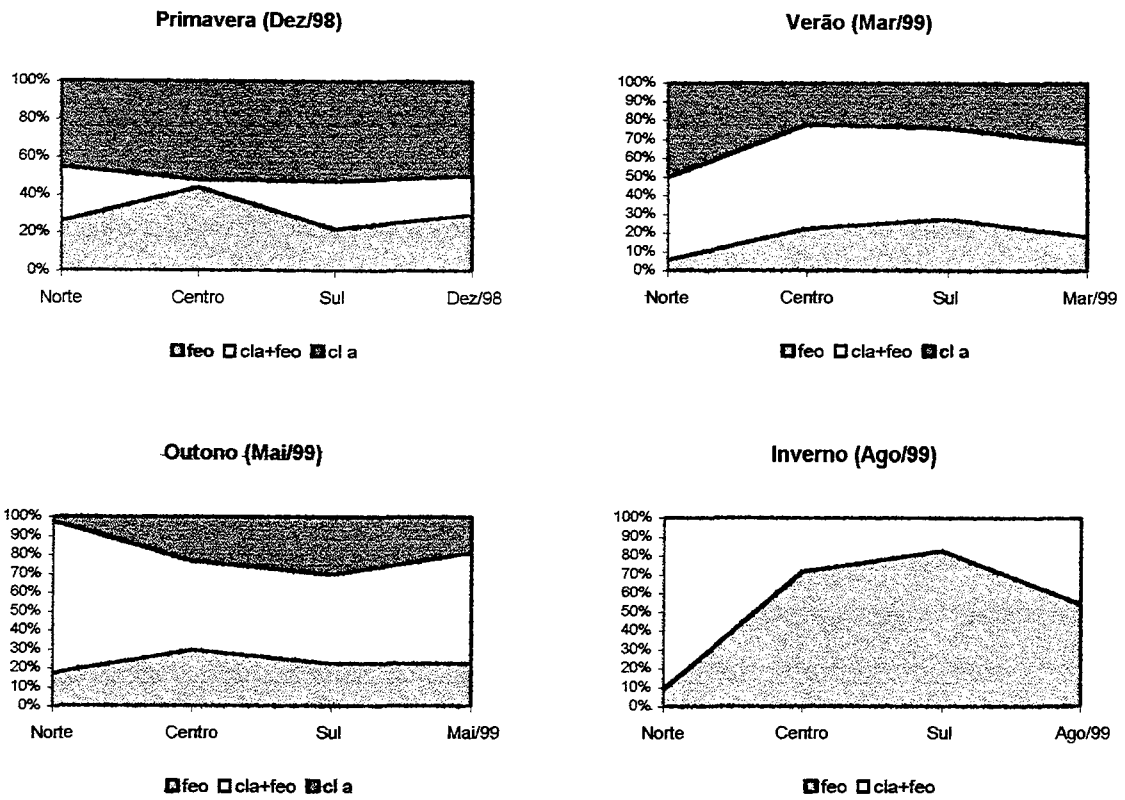


Figura 5.24 - Relações entre densidades ópticas (DO664/665), em cada ponto de amostragem e durante as campanhas sazonais, na Lagoa Itapeva.

feo= predomínio de feopigmentos, cla= predomínio de clorofila a , cla+feo= mistura de ambos pigmentos

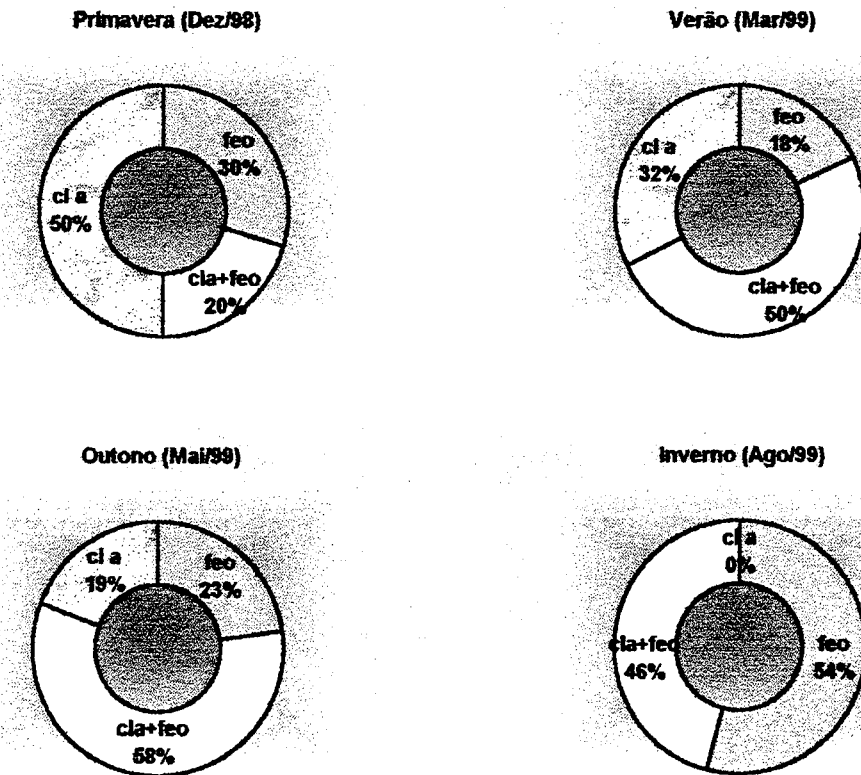


Figura 5.25 - Relações entre densidades ópticas (DO664/665) na interpretação fisiológica das amostras, durante as campanhas sazonais, na Lagoa Itapeva.

feo= predomínio de feopigmentos, cla= predomínio de clorofila a , cla+feo= mistura de ambos pigmentos

com base nos valores médios da razão DO_{664}/DO_{665} (Tabelas 5.2-5.5) e na frequência destas (Fig. 5.24-5.25), a primavera e o verão apresentaram uma melhor condição fisiológica nas suas amostras. Contudo, nestas estações também foram registrados valores máximos muito superiores à razão de 1,7 (Fig. 5.14). Por outro lado, o outono e inverno foram caracterizados por uma maior mistura destes pigmentos em suas amostras e os resultados foram muito mais coerentes por não se afastarem demasiadamente desta razão proposta e devido aos baixos desvios observados. Ao analisar mais detalhadamente estas amostras em que ocorreram uma mistura de pigmentos (razões entre 1,0 e 1,7, exclusive estes, através de relações estabelecidas por Golterman et al., 1978) constatamos que na primavera e no outono o percentual de clorofila *a* nestas foram superiores à 60% em média, ficando para o inverno um pior estado fisiológico (Fig. 5.26). Quanto aos pontos de amostragem, o Norte teve um comportamento bastante similar ao longo das estações (menor desvio padrão) evidenciando que o clima não interferiu no estado fisiológico do fitoplâncton. O mesmo não pode ser dito com relação ao Centro e, principalmente, o Sul (maior desvio padrão). Contudo, estes é que foram responsáveis pela melhoria na condição fisiológica do fitoplâncton na primavera e outono.

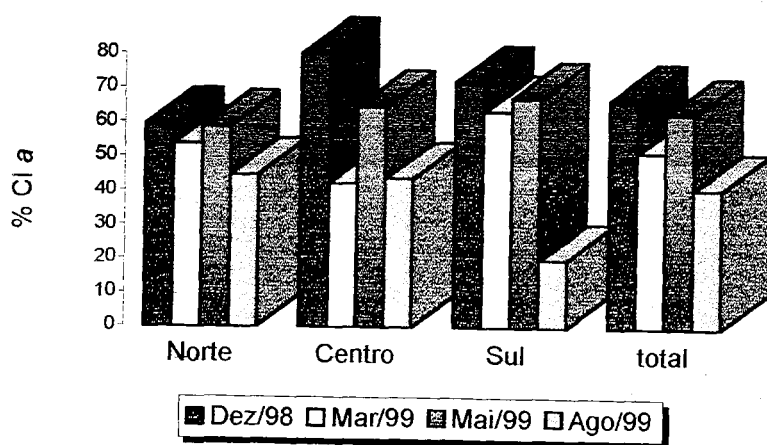


Figura 5.26 - Interpretação do percentual de clorofila *a* (% Cl *a*) com relação aos valores obtidos da densidade óptica 663nm (entre 1,0 e 1,7), em cada ponto durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva. Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno.

Durante a primavera, a frequência de amostras consideradas a não conter feofitina (pela relação $DO_{664/665}$) foi alta e praticamente a mesma em todos os pontos de amostragem (Fig. 5.24). De fato, os resultados obtidos pela proporção $Cl\ b/a$ demonstraram principalmente uma superestimação de feopigmentos na primavera (em todos os pontos), estando esta relacionada com os valores máximos de distribuição muito elevado (Tabela 5.13). Outra superestimação de feopigmentos (Fig. 5.22) ocorreu no outono (somente para o Centro), estando também relacionada com os valores máximos muito elevados deste pigmento (Tabela 5.13).

De acordo com os resultados $Feo/Cl\ a$, superestimação na concentração de clorofila a foi registrada nos pontos Centro (verão e outono) e Sul (primavera e outono). Na realidade, isto ocorreu de uma forma pontual* (Figs. 5.17-5.19) sendo estes pontos caracterizados por apresentar concentrações mais baixas de clorofila a nos dias em questão e razões $DO_{664/665} < 1,0$. Portanto, nestas amostras ocorreu uma prevalência de feopigmentos sobre clorofila a .

Na primavera, geralmente ocorreu um predomínio de diatomáceas sobre cianofíceas, bem como, na primavera-verão os demais grupos fitoplanctônicos (como as clorofíceas, dinofíceas, criptofíceas, euglenofíceas e crisofíceas) apresentaram maior densidade que durante o outono-inverno. Toda esta riqueza e biodiversidade primaveril contribuíram para uma melhor condição fisiológica fitoplanctônica evidenciada pela maior concentração de clorofila a nas amostras (Fig. 5.25).

No outono, foi registrada floração de cianobactérias em todos os pontos durante a campanha. Embora seja amplamente conhecido que a clorofila a ocorra em todos os grupos de algas atuando como o principal pigmento fotossintético, as ficobilinas são os pigmentos principais na absorção de luz pelas cianobactérias (Wetzel, 1993). Assim, era de se esperar que nesta estação do ano tenha ocorrido um predomínio na mistura de pigmentos ($Cl\ a + Feo$), sendo praticamente a mesma em todos os pontos de amostragem (Fig. 5.24).

Já no inverno, o processo de senescência das algas parece ter ocorrido de forma mais intensa, evidenciado pelo estado fisiológico das amostras (Fig. 5.25). Realmente, fatores como baixa temperatura (em torno de $3^{\circ}C$ mais baixo que o outono), menor intensidade luminosa, aumento na quantidade de sólidos (totais e suspensos), aliados a ventos fortes tornaram o ambiente bastante inóspito até mesmo para a comunidade planctônica residente.

Barbosa et al. (1988) ressaltaram como um aspecto importante relacionado à variação anual da clorofila a o fato de existirem concentrações significativamente mais elevadas de

* Centro: 18h F em 02/mar; 14h F e 18h S em 25/mar. Sul: 14h M e 18h M em 15/dez; 6h F em 21/mar.

feofitina α durante todo o ano, o que refletiu uma certa deficiência nas condições nutricionais afetando o estado fisiológico das populações fitoplanctônicas e ocasionando uma predominância de células “velhas” e, portanto menos ativas no trabalho fotossintético. De fato, isto também foi observado para a Lagoa Itapeva (Tabelas 5.2-5.5), com exceção no outono, onde o aumento na concentração de clorofila α sobre feopigmentos esteve diretamente relacionado com a floração de cianofíceas.

A riqueza de clorofila α fitoplanctônica está mais proximamente correlacionada com tamanho celular. Tipo de limitação, por luz ou nutrientes, e estado trófico pode afetar sua relação, mas outro fator, como composição taxonômica, parece ser de menor importância (Vörös & Padisák, 1991). Contudo, George & Edwards (1976) encontraram que quando diatomáceas e clorofitas foram dominantes, clorofila α distribuiu-se homoganeamente na coluna d'água. Durante florações de cianofíceas, densas acumulações de algas na superfície freqüentemente apareceram sob condições calmas. Em altas velocidades do vento ($>6 \text{ m.s}^{-1}$), cianofíceas tornaram-se mais homoganeamente distribuídas na coluna d'água, pois a mistura turbulenta superou a tendência de células altamente flutuantes a manterem-se na superfície. Em geral, existe uma relação próxima entre turbulência induzida pelo vento e o desenvolvimento de aglomerados verticais de cianofíceas. Entretanto, para a Lagoa Itapeva o domínio de diatomáceas e a maior concentração de clorofitas durante a primavera ocorreram justamente quando a coluna d'água foi heterogênea para a clorofila α . Durante a floração de cianofíceas no outono não foi verificada uma distribuição significativamente diferente de clorofila α na coluna d'água, provavelmente pela variância existente entre os pontos e dias de amostragem terem sido mais representativas. Além disso, a maior concentração deste pigmento ocorreu no meio da coluna d'água e não na superfície. Contudo, para feopigmentos somente no outono é que o sistema foi heterogêneo. Assim, não foi possível generalizar o efeito da composição taxonômica sobre a distribuição dos pigmentos, conforme já havia sido levantado por Vörös & Padisák (1991), mas sim compreender melhor a fisiologia do fitoplâncton diante dos distúrbios ambientais.

CONCLUSÕES

Tanto métodos tricromáticos (DO 664 nm e 663 nm) quanto o método do pigmento total apresentaram resultados significativamente correlacionados entre si. Assim, qualquer um destes métodos deve ser preferível aos métodos monocromáticos, devido ao baixo número de amostras com valores negativos.

A análise de feopigmentos requer maior atenção na interpretação dos resultados, pois os métodos existentes apresentam muitas falhas. Sugere-se, então, que a interpretação seja feita em conjunto com os resultados da relação entre densidades ópticas (antes e após a acidificação). Isto devido à extrema valia desta relação para a interpretação do estado fisiológico das amostras, servindo como um bom indicador da adequação dos métodos empregados na análise de pigmentos.

Com relação à distribuição temporal, os turnos de amostragem sempre exibiram um grau de variabilidade em todas as estações do ano, mostrando a existência de um ciclo diurno com relação à concentração de clorofila *a*.

Com relação à distribuição espacial, um gradiente decrescente no sentido N→S foi observado para clorofila *a*, na maioria das estações do ano (com exceção do verão, gradiente inverso). Isto é um indicativo que, condições mais propícias para o desenvolvimento do fitoplâncton, conseqüentemente dos seus pigmentos, são existentes no Norte. Sugerindo que este local possa ser mais propenso à eutrofização. Além disso, a distribuição horizontal e vertical dos pigmentos na lagoa esteve diretamente vinculada à ação dos ventos. A existência do gradiente confirmou a importância da ação do vento na distribuição horizontal. Como também, a maior heterogeneidade no perfil da coluna d'água foi verificada quando mudanças freqüentes na direção do vento propiciaram esta distribuição vertical.

Com isso, ficou constatada a influência do regime hidrodinâmico da Lagoa Itapeva na distribuição espaço-temporal dos pigmentos fitoplanctônicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEIXO, R. de C. 1981. **Fatores ecológicos, concentração de clorofila a e feofitina em cinco lagos do Vale do Rio Doce, MG: um estudo comparativo.** São Carlos, PPG Ecologia e Recursos Naturais / UFSCar. 220 p. (dissertação)
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1992. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater.** 18. ed. Washington. 1268 p.
- BARBOSA, F.A.R. 1981. **Variações diurnas (24 horas) de parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária do fitoplâncton na Lagoa Carioca-Parque Florestal do Rio Doce-MG-Brasil.** São Carlos, PPG Ecologia e Recursos Naturais / UFSCar. 225 p. (tese).
- BARBOSA, F.A.R.; TÔRRES, G.E. & COUTINHO, M.E. 1988. Ciclo anual de temperatura e sua influência nas variações sazonais de alguns parâmetros físico-químicos e da clorofila e feofitina *a* na Lagoa Carioca – Parque Florestal do Rio Doce, MG. *Acta Limnol. Brasil.*, 2: 129-151.
- CARDOSO, L. de S. & MOTTA MARQUES, D.M.L. da. (em preparação). Estudo comparativo entre metodologias para análise e avaliação de pigmentos fitoplanctônicos em lagoa costeira submetida à forte hidrodinâmica.
- CARRICK, H.J.; ALDRIDGE, F.J. & SCHELSKE, C.L. 1993. Wind influences phytoplankton biomass and composition in a shallow, productive lake. *Limnol. Oceanogr.*, 38 (6): 1179-1192.

- COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Determinação de pigmentos fotossintetizantes clorofila a, b e c e feofitina**. Método de Ensaio L5.306. São Paulo, 1990. 22 p.
- DI BERNARDO, L. 1995. **Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento**. Rio de Janeiro, ABES. 140 p.
- EDLER, L. 1979. **Recommendations for marine biological studies in the Baltic sea. Phytoplankton and Chlorophyll**. Paris, UNESCO, Baltic Marine Biologists. 38 p.
- GEORGE, D.G. & EDWARDS, R.W. 1976. The effect of wind on the distribution of chlorophyll *a* and crustacean plankton in a shallow eutrophic reservoir. **J. appl. Ecol.**, **13**: 667-690.
- GLOOSCHENKO, W.A.; MOORE, J.E. & VOLLENWEIDER, R.A. 1972. The seasonal cycle of pheopigments in lake Ontario with particular emphasis on the role of zooplankton grazing. **Limnol. Oceanogr.**, **17** (4): 597-605.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S. & OHNSTAD, M.A.M. 1978. **Methods for physical and chemical analysis of freshwater**. 2.ed. Oxford, Blackwell Sci. Publ. IBP, Handbook n. 8. 213p.
- HOLM-HANSEN, O. & RIEMANN, B. 1978. Chlorophyll *a* determination: improvements in methodology. **Oikos**, **30** (3): 438-447.
- LORENZEN, C.J. 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. **Limnol. Oceanogr.**, **12**: 343-346.
- MOED, J.R. & HALLEGRAEFF, G.M. 1978. Some problems in the estimation of chlorophyll-*a* and phaeopigments from pre- and post-acidification spectrophotometric measurements. **Int. Revue ges. Hydrobiol.**, **63** (6): 787-800.
- RAI, H. 1980. Comparasion between thichromatic spectrophotometric equations: sources of error. **Archiv. Hydrobiol.**, **88** (4): 514-517.
- RIEMANN, B. 1978. Carotenoid interference in the spectrophotometric determination of chlorophyll degradation products from natural populations of phytoplankton. **Limnol. Oceanogr.**, **23** (5): 1059-1066.
- VOLLENWEIDER, R.A. (ed.). 1974. **A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments**. 2. ed. Oxford, Blackwell scientific publications (IBP Handbook n. 12). 196 p.
- VÖRÖS, L. & PADISÁK, J. 1991. Phytoplankton biomass and chlorophyll-*a* in some shallow lakes in central Europe. **Hydrobiologia**, **215**: 111-119.

6. ANÁLISE BIOLÓGICA: PRODUÇÃO PRIMÁRIA

RESUMO

A análise sazonal apontou o verão e o inverno (11,9 e 5,0 mgC.m⁻².h⁻¹, respectivamente) como as estações do ano com as maiores médias de produção primária líquida (PPL) na coluna d'água para cada turno de amostragem. Por outro lado, em termos de respiração, o outono e a primavera (112,0 e 92,0 mgC.m⁻².h⁻¹, respectivamente) foram as estações de maior consumo por parte da comunidade planctônica. A análise espacial evidenciou que o ponto Sul foi a região com maiores taxas de PPL para a Lagoa Itapeva, enquanto que as maiores taxas de consumo oscilaram entre os três pontos sazonalmente. Como a turbidez na Lagoa Itapeva foi geralmente elevada, a quantidade de luz incidente na coluna d'água foi afetada fazendo com que grande parte da produção primária ficasse restringida às camadas superiores, não sendo este fato repetido para a respiração. Este fato propiciou um maior consumo que a própria produção em muitas ocasiões, sendo assim esta lagoa classificada como heterotrófica, pois a taxa de produção primária esteve geralmente entre os limites de <50 a 500 mgC.m⁻².d⁻¹ salvo raras exceções. As curvas de variação diária da PPL e respiração exibiram alguns comportamentos peculiares, mostrando uma variação nas horas do dia em função do regime de luz natural influenciado pela hidrodinâmica. As taxas de PPL diárias (24h) comparadas com as diurnas (12h) exibiram comportamentos bastante semelhantes dentro de cada ponto, com maiores divergências durante o inverno. Porém, em termos de respiração esta variação foi maior em todas as estações do ano, pois a respiração é comum a todos os organismos planctônicos, ocorrendo independentemente da luz, mas com dependência direta da densidade e estado fisiológico desta comunidade planctônica. Comparando as taxas de PPL e respiração diurnas com as noturnas, ficou constatado a existência de uma redução em toda a atividade metabólica durante o período noturno por parte da comunidade planctônica. Para a Lagoa Itapeva as taxas de respiração foram freqüentemente maiores que as de PPL, salvo raríssimas exceções. Nem sempre as maiores taxas respiratórias foram registradas no final do dia, mostrando que distúrbios nos turnos diurnos também ocorreram como respostas a fatores externos, principalmente o vento. Estes períodos entre autotrofias e heterotrofias foram mais esporádicos e breves para a maioria das estações nos pontos de amostragem. Assim, com exceção do ponto Sul ficou bastante difícil visualizar um padrão fisiológico em termos de produção e consumo diários. Neste ponto, oscilação entre autotrofia e heterotrofia ocorreu a cada 48h durante o verão, e durante o inverno, esta oscilação ocorreu diariamente entre os turnos da manhã e tarde. O valor médio mais elevado da taxa de assimilação integrada para a coluna d'água foi registrado no inverno (2,6 mgC.mgCl⁻¹.h⁻¹), sendo que geralmente as maiores taxas foram registradas para a

superfície, seguindo o padrão estabelecido pela PPL. O fato de o inverno ter sido a estação com maior taxa de assimilação em detrimento do verão não esteve relacionado com a concentração de clorofila a , mas sim com os valores negativos de PPL no ponto Centro durante o verão. O que realmente pesou foi a elevada produção negativa registrada no Centro durante o verão, que fez com que o valor médio da taxa de assimilação baixasse. A análise ANOVA de medidas repetidas (“three-way”) quando aplicada aos dados de produção primária nos turnos de amostragem evidenciou variâncias distintas entre estes. Para a PPL e respiração os fatores ponto, dia e hora de amostragem apresentaram variâncias significativas, em distintas combinações. Contudo, para a taxa de assimilação somente ocorreu variância significativa quando esta interagindo com o ponto ou com ponto e hora. A análise de agrupamento com os dados de produção primária tanto em taxas diárias quanto diurnas evidenciou que a respiração foi a taxa que mais contribuiu para o distanciamento maior evidenciado nos agrupamentos. O agrupamento formado a partir dos turnos de amostragem em cada campanha sazonal permitiu melhor visualizar em qual momento do dia e ponto maiores distinções ocorreram em função das variáveis de produção primária associadas as hidrometeorológicas e fisico-químicas. Embora a análise de correlação não tivesse assinalado tão intensamente estas relações entre produção primária com variáveis ambientais, a análise de agrupamento permitiu enfatizar o quanto estes aspectos foram decisivos para a resposta fisiológica momentânea da comunidade planctônica.

ABSTRACT

The seasonal analysis appeared summer and winter (11,9 and 5,0 mgC.m⁻².h⁻¹, respectively) as the most productive seasons, because they presented the largest averages of net primary production in water column for each sampling shift. On the other hand, in respiration terms, autumn and spring (112,0 and 92,0 mgC.m⁻².h⁻¹, respectively) were stations of larger consumption for plankton community. The space analysis evidenced that South point was an area with larger taxes of net primary production to the Itapeva lake, while the largest consumption taxes oscillated seasonally among three points. As turbidity in the Itapeva lake was usually high, the amount of incident light in water column was affected doing with that great part of primary production was restricted to superior layers, not being this repeated fact for respiration. This fact propitiated a larger consumption more than the own production in a lot of occasions, being like this lake classified as heterotrophic, because primary production was usually among the limits of < 50 to 500 mgC.m⁻².d⁻¹ rare safe exceptions. The daily variation curves of net primary production and respiration exhibited some peculiar behaviors, showing a variation in the hours of the day in function of natural light regime

influenced by hydrodynamic. The net primary production in daily taxes (24h), compared with the day ones (12h), exhibited similar plenty behaviors inside of each point, with larger divergences during winter. However, in respiration terms this variation was larger in all of the seasons, because respiration is common to all of plankton organisms, happening independently of the light, but with direct dependence on density and physiologic state of this community. Comparing net primary production taxes and respiration of the day with the night ones, a reduction was verified in all metabolic activity during the night period on part of plankton community. To the Itapeva lake high respiration taxes were frequently larger than net primary production, except for rare occasions. Not always the largest respiration taxes were registered in the end of the day, showing that disturbances in the shifts of the day also happened as answers to external factor, mainly the wind. These periods between autotrophic and heterotrophic behaviours were more sporadic and brief for most of the stations in sampling points. Like this, except for the South point it was quite difficult to visualize a physiologic pattern in production terms and consumption diaries. In this point, oscillation between autotrophic and heterotrophic happened to each 48h during summer. During winter, this oscillation happened daily between shifts of the morning and afternoon. The higher medium value of the assimilation tax integrated for water column was registered for winter ($2,6 \text{ mgC.mgCl}^{-1}.\text{h}^{-1}$), and usually the largest taxes were registered for surface, following established pattern for net primary production. The fact of winter was the station with larger assimilation tax in detriment to summer, it was not related with the chlorophyll *a* concentration, but with negative values in PPL' Center during summer. What really weighed was high negative production registered in the Center during summer, that it did medium value of assimilation tax lowered. Repeated measures in analysis ANOVA ("three-way"), when applied to primary production data on sampling shifts, it evidenced different variances among these. For net primary production and respiration, the factors (point, day and hour of sampling) presented significant variances, in different combinations. However, for assimilation tax it only happened significant variance when interacting with point or with point and hour. The cluster analysis with primary production data, so much in taxes daily as of the day, it evidenced that respiration was the tax that more contributed to larger estrangement evidenced in the groupings. The cluster formed starting from sampling shifts in each seasonal campaign allowed better to visualize in which moment of the day and point larger distinctions happened in function of primary production variables associated to the hydrometeorologics and physiochemical. Although the correlation analysis had not marked these relationships so intensely among primary production with environmental variables,

cluster analysis allowed to emphasize as these aspects were decisive for the momentary physiologic answer of the plankton community.

INTRODUÇÃO

Um conhecimento preciso da produção primária em um corpo d'água natural é o tema central da limnologia, pois a produção pode ser utilizada como uma medida do nível trófico deste ecossistema aquático (Schwoerbel, 1987). A evolução dos processos de produção (fotossíntese e biossíntese) e mineralização (respiração e fermentação) da matéria orgânica definem o metabolismo do ecossistema, que pode ser considerado como o metabolismo emergente da soma dos diversos metabolismos das comunidades que constituem a biota. Em uma escala diária definem-se taxas de produção líquida de dia e de mineralização líquida de noite. Esta última taxa é impropriamente chamada de respiração noturna, pois representa o balanço não só das taxas de respiração e de fermentação, como também das biossínteses na fase escura. Portanto, aconselha-se o uso do termo mineralização associado ao de produção (Carmouze, 1994). Além disso, o conhecimento sobre a variação da taxa de respiração no escuro pode fornecer informação sobre a fisiologia dos organismos responsáveis pela maior parte desta na comunidade, especialmente em ecossistemas aquáticos onde a produção primária é dominada por fitoplâncton (Markager et al., 1992).

A contribuição da produção primária de lagoas costeiras à produção primária global é desconhecida e pode, atualmente, ser estimada indiretamente. A área total de lagoas costeiras no mundo seria assim quantificada em aproximadamente 320.000 km². Considerando a média anual de produção primária das lagoas costeiras de 300 gC.m⁻², como sendo uma estimativa plausível, a produção total atingiria 10¹¹ kgC.ano⁻¹. Por outro lado, produção total em lagoas costeiras não parece expressiva, mas sua cobertura mundial, potencial de reciclagem e acumulação de matéria, indicam que elas atuam como eficientes filtros e ambientes modificadores na transferência de matéria entre a terra e o mar, atuando como um elo de ligação entre os ambientes terrestre e marinho no ciclo do carbono (Knoppers, 1994).

Em lagoas com alta diversidade em produtores primários a mais apropriada alternativa para medida na produção total é o método da curva diária que simultaneamente monitora a evolução do oxigênio dissolvido e dióxido de carbono *in situ* durante ciclos de 24 horas. Em lagoas mesotróficas ou eutróficas dominadas por fitoplâncton, técnica de incubação padrão com frascos claros e escuros com medições da evolução do oxigênio dissolvido ou a incorporação do isótopo de carbono (¹⁴C) tem sido mais comum, e medidas adicionais da evolução do dióxido de carbono tem sido restritas a algumas lagoas costeiras e atol calcáreo (Knoppers, 1994). Moreira (1988) comparou as técnicas de oxigênio, de Gaarder & Gran, e

do ^{14}C , de Steemann-Nielsen, apresentando vantagens e desvantagens de ambas metodologias. Sugerindo que a escolha, porém, deve ser efetuada de acordo com o tipo de ambiente em estudo. As incubações *in situ* de frascos claros e escuros fornecem dados para avaliar, durante o fotoperíodo, as taxas de fotossíntese e respiração. Quando o objetivo do estudo é mais relacionado à caracterização do ciclo do carbono, evidentemente o método do CO_2 é o mais aconselhável. No entanto, em meios de alta mineralização líquida, caracterizados por forte consumo de O_2 , o uso do método do O_2 é indispensável para definir os fluxos que controlam a oxigenação do meio, e daí avaliar os riscos de anoxia. O uso simultâneo dos dois métodos fornece dados complementares sobre o funcionamento do ecossistema (Carmouze, 1994). Contudo, uma análise comparativa entre estes dois métodos resultou que existe uma correlação estreita ($r=0,96$) entre as velocidades de fotossíntese planctônica medidas pelo método do ^{14}C e aqueles obtidos pelo oxigênio (Williams et al., 1979 *apud* Moreira, 1988). Esteves (1998) ressaltou que o método do oxigênio dissolvido deveria ser o preferido dos limnólogos brasileiros pelas seguintes razões: facilidades de manipulação, acessibilidade dos reagentes químicos envolvidos, e o grande número de informações que podem ser obtidas. Além disso, respiração é mais difícil de medir do que a fotossíntese por que as taxas são muito mais baixas e a sensibilidade da técnica do ^{14}C para medida de fotossíntese não é útil para medições de respiração. As técnicas mais comumente utilizadas para medir respiração restringem-se a mudanças nas concentrações de oxigênio ou carbono inorgânico dissolvido, usualmente em frascos incubados. A sensibilidade destes métodos é baixa e períodos bastante longos de incubação (várias horas para um dia todo) são normalmente necessários para obter resultados confiáveis (Markager et al., 1992).

Comparações entre lagoas costeiras por índices ecofisiológicos baseado na biomassa pelo índice da clorofila *a*, como pela taxa de assimilação (Produção/Biomassa) e a eficiência fotossintética, trariam algumas elucidaciones (Knoppers, 1994). De fato, já havia sido mencionado que taxa de assimilação e eficiência fotossintética servem como ferramentas auxiliares na compreensão dos resultados de produção primária (Barbosa, 1981). Porém, muito pouco conhecimento sobre estes índices para lagoas costeiras brasileiras foi gerado até o momento (Moreira, 1988; Domingos, 1991), principalmente para o Rio Grande do Sul (RS) onde os trabalhos sobre produção primária são ainda bastante escassos (Kremer, 1985; Vélez, 1990 e Konrath, 1995).

Além disso, pouca atenção tem sido empregada à avaliação das resultantes diárias das atividades de produção e respiração na coluna d'água. Na maioria das vezes estas atividades biológicas são avaliadas separadamente para então se intentar um balanço entre autotrofia e

heterotrofia. Balanços anuais fiáveis são de difícil obtenção e de interpretação bastante duvidosa. Um aspecto de suma importância refere-se às variações extremas que os parâmetros selecionados podem atingir, não estando exclusivamente relacionados a uma ampla escala de tempo. Este fato é de maior interesse para o monitoramento ambiental, pois descreve as condições de funcionamento, os processos e os riscos ecológicos envolvidos (Moreira, 1989).

Com isso, este trabalho buscou ampliar os conhecimentos sobre produção primária em lagoas costeiras do RS, baseado em uma maior definição dos metabolismos diários, diurnos e noturnos. Isto pôde ser atingido através de uma maior frequência temporal de amostragem em cada estação do ano. Além disso, as incubações *in situ* foram realizadas em três pontos de amostragem a fim de verificar a existência de variação espacial, bem como a interferência da hidrodinâmica nestas taxas planctônicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para as medidas de produção primária (PP) foi adotado o método do oxigênio (OD). Tal metodologia, desenvolvida por Gaarder & Gran (1927, *apud* Esteves, 1998), baseia-se no fato de que o oxigênio é um produto direto da fotossíntese e também é consumido durante a respiração. Esse método apresenta várias limitações e fontes de erros, os quais foram discutidos por Vollenweider (1974). Nas medições utilizamos 2 frascos para os valores do oxigênio inicial e 5 frascos incubados (3 claros e 2 escuros). A partir destes resultados foi possível calcular as taxas de produção primária líquida da comunidade planctônica (PPL= OD frasco claro – OD inicial) e respiração/mineralização (RESP= OD inicial – OD frasco escuro). Embora saiba-se que a fotossíntese algal ocorra simultaneamente com a respiração planctônica, o termo PPL foi aqui adotado por assim ser amplamente utilizado (Vollenweider, 1974; Esteves, 1998; APHA, 1992). Os valores obtidos em termos de oxigênio ($\text{mgO}_2 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$) foram convertidos para carbono ($\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$) (APHA, 1992).

As incubações foram efetuadas em 3 profundidades para cada um dos 3 pontos de amostragem: superfície, meio e fundo (aproximadamente a 10 cm deste). Esta escolha baseou-se em dois motivos: (1) a pequena profundidade da lagoa, e (2) no fato de não dispormos de um radiômetro para medir a intensidade luminosa (superficial e subaquática). Este critério das 3 profundidades parece ser bastante usual em lagoas costeiras do Rio de Janeiro (Moreira, 1989; Domingos, 1991; Carmouze et al., 1991; Vasconcelos, 1991). O período do experimento foi de 3 dias alternados (intervalo de 24h) em cada estação do ano. Os turnos de incubação ao longo do dia foram às 6h, 10h, 14h e 18h, com intervalos de 3 horas para as incubações no período iluminado (6h, 10h e 14h) e 12 horas para o noturno (18h).

A escolha de medições da PP ao longo do dia com períodos de incubação de 3 horas serviu para termos uma real condição das taxas diárias em cada ponto de amostragem (Vollenweider, 1974). Alguns autores variam o período de incubação ao longo do dia (4 a 6 incubações de 2 às 4h cada) e sazonalmente (Moreira, 1989; Domingos, 1991; Carmouze et al., 1991; Vasconcelos, 1991). Entretanto, a incubação no período noturno (18h-6h) serviu para termos uma análise mais crítica das taxas de respiração/mineralização, bem como para fecharmos um ciclo de 24h de medições. Este critério da incubação no período noturno também foi adotado por Carmouze et al. (1991) e Vasconcelos (1991). Assim, tornou-se possível comparar as taxas de PP diurnas (incubações das 6 às 14h) com as de respiração/mineralização noturnas.

Freqüentemente observa-se uma subestimação das taxas quando se aumenta o tempo de incubação (é preferível usar 4 incubações de 2 horas do que 2 de 4 horas). O intervalo de tempo escolhido para medir atividade biológica depende do objetivo do estudo. A avaliação do metabolismo de 24 horas pode ser feita, de maneira satisfatória, a partir de medições ao amanhecer e ao pôr-do-sol. Para realizar um estudo detalhado da atividade biológica, ao longo do dia, é conveniente realizar medições cada 2-3 horas. Por outro lado, variações sazonais do metabolismo do ecossistema podem ser satisfatoriamente avaliadas, a partir da determinação do metabolismo de 24 horas realizado um dia por semana. As medições do início do dia e da noite são imprescindíveis para determinar as taxas de produção líquida de dia e de mineralização de noite. Mas medições complementares, com uma freqüência de duas a três horas, são necessárias para acompanhar a evolução da atividade biológica ao longo de 24 horas (Carmouze, 1994).

Como o experimento da produção primária foi montado no perfil da coluna d'água e sendo a luminosidade (radiação) o principal fator limitante da produção, cálculos desta foram utilizados baseado nas leituras do disco de Secchi (Esteves, 1998). Assim, obteve-se dados do coeficiente de atenuação vertical da radiação (k), profundidade da zona eufótica e da zona afótica, bem como a relação entre ambas para cada turno e ponto de amostragem nas campanhas (Esteves, 1998). Estimativa da profundidade de 10% da radiação superficial, bem como a razão entre esta e a profundidade de aproximadamente 1% da radiação superficial, também foram efetuadas (Margalef, 1983).

Determinou-se a produtividade da coluna vertical de água através da plotagem do valor correspondente a cada profundidade de exposição e, graficamente, integrou-se a área sobre a curva (APHA, 1992). Assim, esta área correspondeu à produção, por unidade de área ($\text{mgC.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$) da superfície da lagoa. Posteriormente, uma segunda integração foi feita entre

os turnos do dia (incubações dos turnos das 6-14h) e do dia inteiro (incubações dos turnos das 6-18h) para compararmos as taxas diurnas (12h) e diárias (24h) em cada ponto e estação do ano. Os cálculos foram efetuados em planilha *Excel* seguindo integração usando a fórmula de Simpson, como proposto por Vollenweider (1974). Para a avaliação da produção anual, a produção diária média para toda a lagoa foi calculada para cada campanha conforme técnica descrita por Vollenweider (1974). Para cada ponto de amostragem foi utilizado o valor da área abrangente respectiva, conforme resultados obtidos pela modelagem hidrodinâmica (Lopardo, em preparação), onde: ponto Norte = 30,45 km², ponto Centro = 44,25 km², e ponto Sul = 49,75 km².

Taxa de assimilação foi calculada através da razão entre os valores de PPL e concentração de clorofila *a* (método tricromático APHA, 1992) em cada profundidade dos turnos de amostragem, com posterior integração dos valores no perfil e dia (6-14h e 6-18h). Esta taxa serviu como um indicativo da condição fisiológica fitoplanctônica mais acurada do que somente os dados de biomassa, além de possibilitar relações com os aspectos hidrodinâmicos da lagoa.

Análise de consistência dos dados evidenciou que durante alguns turnos valores muito elevados de oxigênio dissolvido, ou o oposto (muito baixo), tiveram que ser eliminados. O preenchimento destas falhas foi efetuado da seguinte forma: utilizou-se o valor obtido pela integração da taxa diária (incubações por 24h) e dividiu-se o mesmo por 24h para obter o valor médio a cada hora num dado dia, substituindo a lacuna por este valor no turno. Para as situações onde não foram coletados dados, as falhas foram preenchidas da mesma forma acima descrita. As mesmas lacunas existentes para PPL ocorreram para a taxa de assimilação, já que o cálculo desta taxa exige o valor de PPL, sendo as falhas preenchidas da mesma forma.

Em termos de respiração, durante quatro situações os valores de oxigênio dissolvido dos frascos escuros foram maiores que o inicial, evidenciando uma falha humana (erro no momento da incubação ou durante a titulação). Nestes casos o critério adotado foi o mesmo utilizado para os dados de PPL.

Uma análise descritiva foi efetuada, por ponto e campanha de amostragem, para determinar a amplitude de resposta da produção primária.

Uma série de medidas repetidas ANOVA (“two-way” e “three-way”) foi utilizada para testar efeitos do mês, dia, hora e/ou ponto de amostragem na produção primária (PPL, respiração e taxa de assimilação), a fim de verificar a variância destes dados em escala espaço-temporal.

Quadro 6.1 – Falhas existentes nos dados de produção primária líquida (PPL), respiração (RESP) e taxa de assimilação (TAXA) em cada ponto de amostragem durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

		Primavera			Verão			Outono			Inverno		
		PPL	RESP	TAXA	PPL	RESP	TAXA	PPL	RESP	TAXA	PPL	RESP	TAXA
NORTE	6h				OD+								
	10h	OD+											
	14h												
	18h												
	6h	s/dados						OD-					
	10h	s/dados											
	14h												
	18h												
	6h												
	10h												
	14h												
	18h												
CENTRO	6h												
	10h	OD+											
	14h												
	18h												
	6h												
	10h												
	14h	s/dados											
	18h	s/dados											
	6h							OD-					
	10h												
	14h							E>I					
	18h							E>I					
Sul	6h	s/dados					E>I						
	10h												
	14h												
	18h						E>I						
	6h												
	10h												
	14h												
	18h												
	6h												
	10h												
	14h												
	18h												

onde: s/dados= sem coleta; OD+= valor de oxigênio dissolvido muito elevado; OD-= valor de oxigênio dissolvido muito baixo; E>I= valor de oxigênio dissolvido do frasco escuro maior que o valor do frasco inicial.

Análise de correlação (r - Pearson) dos dados de produção primária integrados em 24h (diário) versus 12h (diurno), bem como o diurno versus noturno (18h) foi realizada entre os pontos de amostragem. Uma segunda matriz de correlação foi montada entre os dados de produção primária em cada campanha sazonal (geral), a partir dos resultados diários e diurnos. Para cada estação ano (campanha sazonal) foi montada uma matriz com os dados de produção primária obtidos em cada ponto, turno (6h, 10h, 14h e 18h) e dia de amostragem

para estabelecer relações com variáveis hidrometeorológicas (vento, precipitação, nível, velocidade e direção da água) e físico-químicas (transparência Secchi, coeficiente de atenuação vertical, relação entre zona eufótica e afótica, relação entre zona de mistura e eufótica, turbidez, pH, temperatura, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, nitrogênio total Kjeldahl, fósforo total, relação nitrogênio e fósforo, NO_3^- , CO_2). Ainda foram incorporados os valores de clorofila *a* e feopigmentos nesta matriz, pois estas variáveis são indicativas de biomassa e estado fisiológico fitoplanctônico. Somente para a campanha da primavera (Dez/98) não foram obtidos dados hidrológicos (nível, velocidade e direção d'água).

Uma análise de agrupamento, utilizando a técnica de ligação simples e distância euclidiana, foi realizada com esta matriz acima descrita. O objetivo desta análise de agrupamento foi verificar o comportamento dos dados de produção primária sazonalmente, a fim de constatar a existência de similaridade entre os turnos, dias ou pontos de amostragem na lagoa, bem como verificar a interferência das demais variáveis nos agrupamentos destas amostras. Análise de agrupamento também foi realizada somente com os dados integrados (24h e 12h) de produção primária com o intuito de comparar os agrupamentos entre os pontos sazonalmente ou diariamente.

O programa estatístico utilizado para estas análises foi o STATISTICA[®] versão 4.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção Primária Líquida (PPL)

A análise no perfil da coluna d'água evidenciou que as taxas médias de PPL ($\text{mgC.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$) foram maiores na superfície em todos os pontos e campanhas sazonais (Tabela 6.1). Embora os registros máximos também tenham sido mais frequentes na superfície, em algumas situações estes foram obtidos em outras profundidades. Como a turbidez na Lagoa Itapeva foi geralmente elevada (média de 55,4 a 276,6 NTU), a quantidade de luz incidente na coluna d'água foi afetada (*capítulo 4*, Fig. 4.23 I10%I1%) fazendo com que grande parte da produção primária ficasse restrita às camadas superiores. Estas raras situações onde a PPL máxima foi registrada no meio ou até mesmo no fundo da coluna d'água coincidiram com a maior concentração de fitoplâncton nesta profundidade, em relação aos outros turnos de amostragem para o mesmo dia. Além deste fato, geralmente ocorreu um predomínio de cianofíceas na Lagoa Itapeva (*ver capítulo 7*), sendo que Reynolds et al. (1983 apud Esteves, 1998) registraram que populações de *Lyngbya* (alga cianofícea) foram aptas a apresentar taxas de produção significativas, mesmo em profundidades muito abaixo de 1% da radiação incidente

(aproximadamente 2m), podendo este fato ter se repetido aqui. Por outro lado, as taxas mínimas, sem exceção, sempre foram negativas para todos os pontos, profundidades e estações do ano. Isto mostra o quanto o stress causado pelo vento perturbou a atividade fisiológica destes organismos aquáticos. Realmente, valores negativos sempre ocorreram em todas as campanhas sazonais aumentando sua frequência em direção ao fundo (Fig. 6.1).

Tabela 6.1 – Análise descritiva das taxas de produção primária líquida (PPL) em $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água, em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

PPL									
PRIMAVERA	NORTE			CENTRO			SUL		
Dez/98	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	36,6	-35,9	-19,9	-27,5	-23,7	-30,8	51,5	34,4	-22,2
Desvio padrão	44,3	77,6	61,8	56,7	55,2	20,2	66,1	69,2	58,0
Mínimo	-10,3	-187,6	-149,7	-88,5	-116,9	-55,8	-48,4	-74,0	-145,1
Máximo	126,8	68,9	72,8	75,9	63,6	-3,9	143,4	177,6	60,5
n	9	9	9	9	9	9	11	11	10
VERÃO	NORTE			CENTRO			SUL		
Mar/99	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	67,7	25,0	-31,4	3,4	-28,4	-41,8	55,6	25,7	-51,0
Desvio padrão	78,5	49,0	41,5	95,5	98,3	90,0	60,1	40,6	56,3
Mínimo	-34,4	-28,3	-127,6	-183,4	-210,3	-223,3	-10,9	-22,8	-165,0
Máximo	172,2	150,7	2,9	137,0	128,2	92,9	178,6	110,0	12,1
n	11	11	10	10	10	8	11	12	10
OUTONO	NORTE			CENTRO			SUL		
Mai/99	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	-13,4	-68,5	-43,7	29,4	5,6	-3,2	28,6	-9,8	-34,0
Desvio padrão	45,5	85,8	62,2	62,5	35,2	33,8	50,1	73,2	32,5
Mínimo	-106,1	-222,8	-164,7	-64,6	-56,4	-35,3	-41,7	-153,1	-96,3
Máximo	50,8	24,5	28,1	135,8	67,0	89,1	112,7	145,1	23,9
n	10	10	10	11	11	11	11	11	11
INVERNO	NORTE			CENTRO			SUL		
Ago/99	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	15,7	-13,4	-2,0	29,9	1,0	7,5	36,5	11,2	-15,6
Desvio padrão	57,4	76,7	21,0	47,5	58,2	60,2	55,0	48,5	33,4
Mínimo	-58,9	-148,4	-35,2	-47,3	-101,8	-90,6	-54,7	-92,9	-89,7
Máximo	103,6	139,0	36,2	99,2	88,2	139,6	111,7	73,9	36,7
n	11	11	11	9	9	9	11	11	11

S= superfície, M= meio e F= fundo

A interferência do vento nos processos hidrodinâmicos em lagoas costeiras brasileiras ganhou maior importância com o avanço no conhecimento deste ambiente aquático. O vento exerce forte influência sobre a hidrodinâmica interna das lagoas podendo ser constatada visivelmente em Araruama-RJ pela formação de flechas litorais internas sob o efeito das ondas e da deriva litoral. Em Guarapina e Maricá estes efeitos estão em escala bem menor. Este tipo de hidrodinâmica devido ao vento é certamente capaz de remeter em suspensão o material de fundo que pode ser tão mais relevante quanto menor for a profundidade. O vento age decisivamente, em lagoas pouco profundas, do ponto de vista hidrodinâmico tanto na

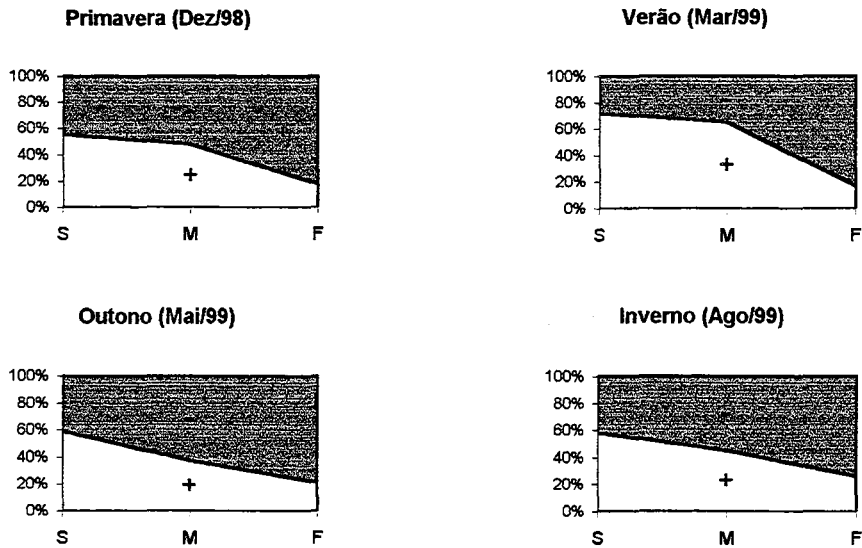


Figura 6.1 - Distribuição dos valores positivos e negativos de produção primária líquida (PPL) no perfil da coluna d'água, em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva. S= superfície, M= meio, F= fundo

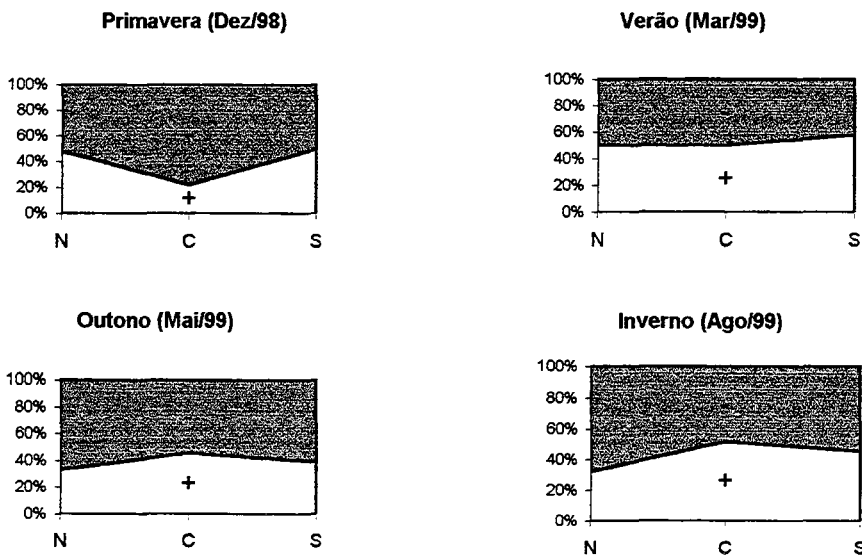


Figura 6.2 - Distribuição dos valores positivos e negativos de produção primária líquida (PPL) em cada ponto de amostragem sazonalmente na Lagoa Itapeva. N= Norte, C= Centro, S= Sul

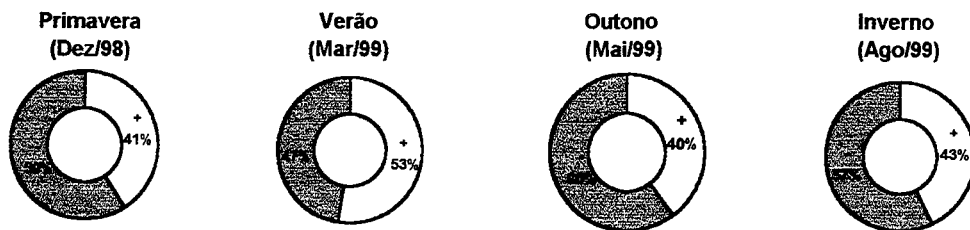


Figura 6.3 - Distribuição dos valores positivos e negativos de produção primária líquida (PPL) em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

ressuspensão do material sedimentado quanto na distribuição do oxigênio dissolvido perturbando nos dois casos os fenômenos fotossintéticos (Azevedo, 1984).

As médias mais altas para os pontos Norte e Sul foram registradas no verão e primavera, enquanto que no ponto Centro, estas foram obtidas durante o inverno e outono (Tabela 6.1). De fato, valores de PPL positivos foram mais freqüentes nos pontos Norte e Sul durante a primavera, ocorrendo o inverso no outono e inverno (Fig. 6.2). Estes resultados encontrados para os pontos Norte e Sul na primavera foram os esperados, pois as horas de iluminação do dia e temperatura da água são maiores nesta época do ano, favorecendo a atividade fotossintética. Durante o verão os valores positivos para o Sul foram levemente superiores aos outros pontos, onde nestes as taxas positivas igualaram-se às negativas em ocorrência. Este fator foi mais um indício da estabilidade ocorrida nesta estação do ano, como já havia sido constatada para outras variáveis físico-químicas. Por outro lado, o ponto Centro sempre foi mais perturbado hidrodinamicamente de uma forma constante, refletindo no comportamento da comunidade planctônica. De fato, no Centro ocorreram as maiores concentrações de feopigmentos durante a primavera (*ver capítulo 5*). Provavelmente, o pastejamento exercido pelo zooplâncton nesta estação do ano tenha sido mais intenso no Centro, contribuindo para esta depreciação da atividade fotossintética. Além disso, durante a primavera a maior freqüência de ventos foi do quadrante W o que indicou um forte efeito do *fetch* no ponto Centro, perturbando assim o estado fisiológico fitoplanctônico (senescência evidenciada pelos altos valores de feopigmentos). A maior quantidade de taxas negativas ocorridas no Norte durante o outono e inverno também estiveram relacionadas com o forte efeito do *fetch*.

Uma análise geral mostrou que o verão foi a única estação do ano onde os valores positivos de PPL obtiveram uma freqüência superior a 50%. As maiores taxas de PPL foram registradas para o ponto Sul durante a primavera e verão (valores positivos $\geq 50\%$) e para o ponto Centro durante o outono e inverno (Figs. 6.2 e 6.3).

Analisando os dados de PPL integrados na coluna d'água para cada turno de amostragem ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$), novamente o verão apresentou a maior média, seguido pelo inverno (Tabela 6.2). Para as outras estações do ano os valores médios foram negativos, com médias positivas nestas somente para o Sul (na primavera) e Centro (no outono). De fato, os valores positivos foram mais freqüentes no verão seguido do inverno, sendo que na primavera e outono as melhores taxas já haviam sido mencionadas acima para estes pontos (Fig. 6.2). Khan & Zutshi (1980 apud Kremer, 1985) encontraram altas taxas de produção primária no

inverno e no verão no Lago Kashmir Himalayan (Índia), onde estes dois picos sazonais foram influenciados pela interação da luz, temperatura e população fitoplanctônica.

Tabela 6.2 – Análise descritiva das taxas de produção primária, integradas na coluna d'água, em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

GERAL	PRIMAVERA			VERÃO			OUTONO			INVERNO		
	PPL	RESP	TAXA	PPL	RESP	TAXA	PPL	RESP	TAXA	PPL	RESP	TAXA
Média	-2,6	92,0	0,4	11,9	67,8	0,7	-14,0	112,0	-1,5	5,0	46,1	2,6
Desvio padrão	50,8	83,6	4,1	61,9	69,6	12,0	48,2	122,6	12,4	59,5	49,0	6,4
Mínimo	-120,0	16,3	-4,8	-146,5	0,5	-42,7	-143,2	5,7	-27,0	-123,2	6,1	-10,3
Máximo	101,6	294,9	12,7	137,1	249,2	21,1	71,8	454,9	45,4	126,6	185,4	14,0
n	29	29	29	33	29	33	32	32	32	31	31	31
NORTE	PPL	RESP	TAXA	PPL	RESP	TAXA	PPL	RESP	TAXA	PPL	RESP	TAXA
Média	-17,5	98,4	-1,0	25,6	51,9	3,9	-48,9	138,5	-7,0	-6,9	53,6	-0,1
Desvio padrão	51,1	107,9	2,2	42,2	54,8	6,9	58,5	146,4	9,9	63,9	64,4	3,0
Mínimo	-120,0	17,9	-4,8	-9,1	0,5	-1,9	-143,2	11,2	-27,0	-123,2	6,1	-4,2
Máximo	50,5	294,9	1,5	137,1	180,1	21,1	15,7	454,9	1,6	126,6	185,4	6,8
n	9	9	9	11	10	11	10	10	10	11	11	11
CENTRO	PPL	RESP	TAXA	PPL	RESP	TAXA	PPL	RESP	TAXA	PPL	RESP	TAXA
Média	-22,8	76,8	-0,7	-32,8	91,0	-7,2	8,3	74,7	5,2	6,3	42,4	4,2
Desvio padrão	38,8	47,1	2,0	59,3	85,9	16,8	30,3	71,2	15,2	49,0	40,3	4,6
Mínimo	-85,5	16,3	-3,8	-146,5	16,9	-42,7	-23,2	15,7	-5,8	-77,8	8,3	-1,6
Máximo	46,5	167,6	3,5	27,0	249,2	17,4	64,6	242,8	45,4	75,2	134,8	11,2
n	9	8	9	10	9	10	11	11	11	9	9	9
SUL	PPL	RESP	TAXA	PPL	RESP	TAXA	PPL	RESP	TAXA	PPL	RESP	TAXA
Média	26,2	106,2	2,5	36,7	62,9	4,2	-4,6	125,3	-3,1	15,9	41,7	3,9
Desvio padrão	49,4	85,9	5,6	63,1	68,3	8,0	36,9	140,7	8,7	65,7	40,7	9,2
Mínimo	-56,4	25,4	-3,9	-59,0	7,7	-5,5	-77,6	5,7	-17,3	-97,0	8,1	-10,3
Máximo	101,6	282,9	12,7	137,0	228,1	19,9	71,8	384,7	11,3	113,1	114,4	14,0
n	11	11	11	12	10	12	11	11	11	11	11	11

PPL= produção primária líquida ($\text{mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$), RESP= respiração ($\text{mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$), TAXA= taxa de assimilação ($\text{mgC} \cdot \text{mgCl} \text{ } \alpha^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

Excetuando o outono, as maiores médias foram registradas para o ponto Sul e com exceção do inverno, os registros máximos de PPL também ocorreram no Sul. As concentrações médias de clorofila α somente foram maiores no Sul durante o verão, porém as concentrações de feopigmentos foram menores neste ponto nas outras estações do ano (*ver capítulo 5*). Este fato foi um indício de que melhores condições fisiológicas do fitoplâncton tivessem sido registradas no Sul, favorecendo positivamente a produção primária em relação aos outros pontos de amostragem. Por outro lado, excetuando o verão, os valores mínimos foram registrados para o ponto Norte. De fato, a taxa média no Norte foi positiva somente no verão, quando a frequência positiva desta taxa foi mais elevada (50%), sendo que nas demais estações do ano foram mais frequentes taxas negativas (Fig. 6.2). Durante o outono e inverno o efeito do *fetch* foi mais intenso no ponto Norte, perturbando hidrodinamicamente este local (*ver capítulo 3*). Porém na primavera, uma situação bastante próxima da obtida durante o

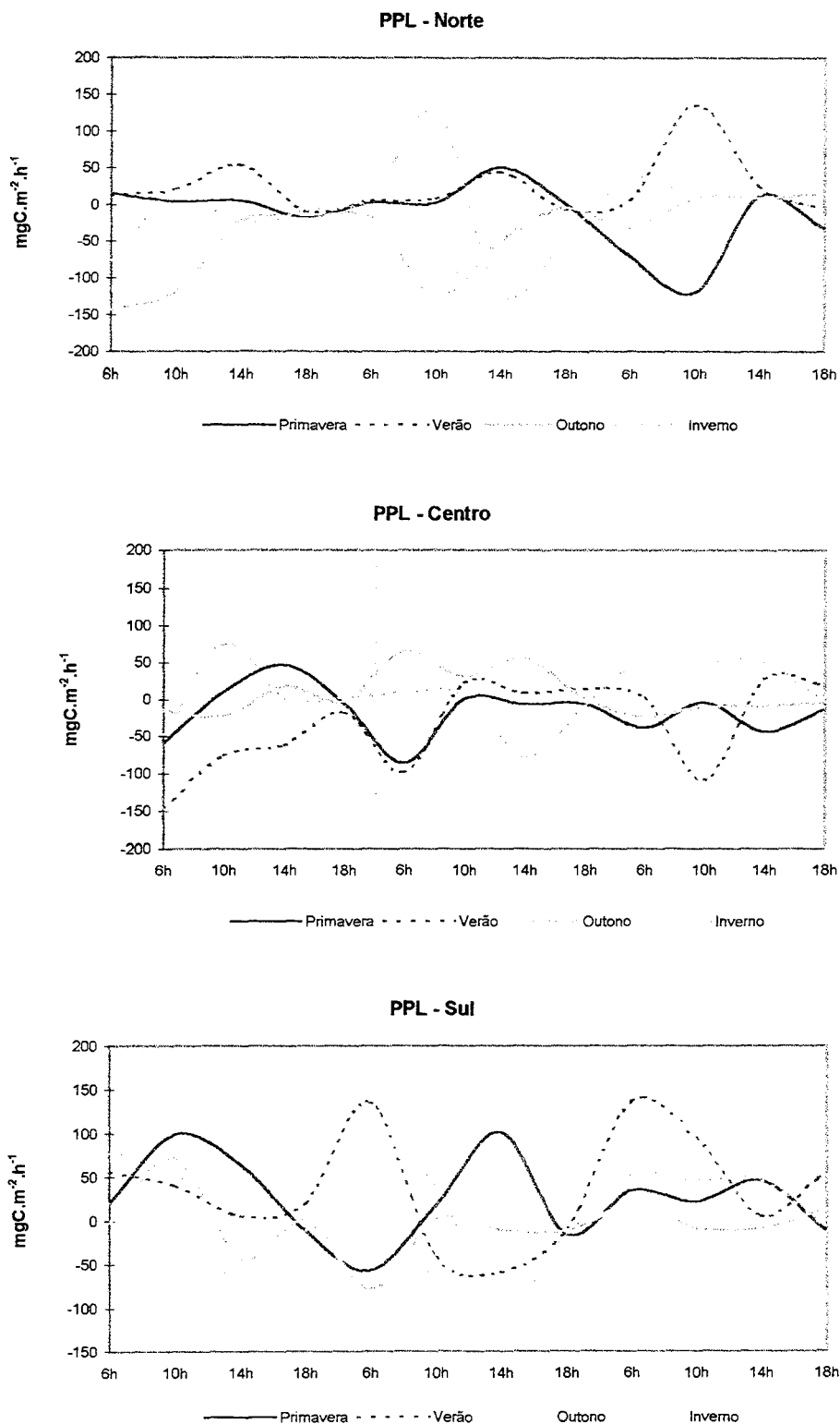


Figura 6.4 - Variação diária da produção primária líquida (PPL) em cada ponto de amostragem, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno= Ago/99

verão foi verificada. Parece que a ampla oscilação da direção do vento pouco efeito perturbatório tenha causado nos pontos extremos da lagoa.

As curvas de variação diária da PPL ilustraram esta melhor performance do ponto Sul nas campanhas sazonais (excetuando o outono), sendo que as maiores taxas foram obtidas no turno da manhã durante o verão e inverno, e no turno da tarde, na primavera (Fig. 6.4). As taxas positivas obtidas no Centro durante o outono e inverno ficaram também melhor evidenciadas pelas curvas diárias. Realmente no Norte somente no verão ficou evidente taxa de PPL positiva, pois o forte pico positivo verificado no inverno (10h 2ºd) foi imediatamente seguido por uma alta taxa negativa (14h 2ºd), depreciando a atividade fotossintética (Fig. 6.4).

As taxas de produção no decorrer do dia, frequentemente não apresentaram simetria em torno dos horários de máxima irradiância teórica, demonstrando diferentes respostas adaptativas do fitoplâncton na lagoa de Saquarema/RJ (Moreira, 1989). O mesmo comportamento foi observado na Lagoa Itapeva, assim, a estratégia de amostragem ao longo do dia possibilitou uma maior compreensão do metabolismo fotossintético. Desta forma, ficou nítido que o estudo de produção primária em lagoas costeiras não podem ser feitos com base em “produção ótima” fundamentada no período de maior incidência dos raios. Cabe lembrar que a cobertura de nuvens também interfere na intensidade luminosa que penetra no corpo d’água.

Estas freqüentes taxas de PPL negativas para a Lagoa Itapeva foram uma resposta direta à perturbação da coluna d’água causada pelo vento, onde elevada turbidez e diminuição da camada eufótica foram constantes. Esta lagoa seria classificada incorretamente como distrófica, em função dos limites de PPL <50 a $500 \text{ mgC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ (Likens, 1975 apud Schwoerbel, 1987), salvo raras exceções (Fig. 6.6), quando na realidade é heterotrófica.

Por outro lado, estudo comparativo de medidas *in situ* de produção primária, estática e dinâmica, revelou um distinto aumento da produção pela mistura (Gervais et al., 1997). Onde, a perda de turbulência resultou na acumulação de produtos residuais e na exaustão de nutrientes e dióxido de carbono no meio ao redor de células algais, principalmente para o decréscimo da taxa fotossintética. Este efeito foi dependente da composição de espécies onde o desenvolvimento de microambientes extracelulares variou com o tamanho celular e espécies diferindo na eficiência da tomada do carbono, por exemplo. Em baixos níveis de luz, rotação dos frascos aumentou a produtividade como um resultado de um aumento na irradiação média; porém, a altos níveis de luz, rotação reduziu a produtividade porque tornou as algas fotoinibidas quando estavam mais próximas da fonte luminosa do que as algas nos frascos de incubação no fundo. Em incubação dinâmica, fotoinibição da fotossíntese algal raramente

ocorrerá por que algas ficam próximas da superfície da água somente por curtos períodos (Harris, 1980 *apud* Gervais et al., 1997). A incubação dinâmica *in situ* pode resultar em medidas de produção primária mais elevadas comparadas ao método clássico de incubação estática. Mistura vertical não pode ser esquecida quando estiver fazendo medições de produção primária em lagos rasos. A forma do movimento no curso da mistura vertical influencia a fotossíntese algal especialmente em sistemas mais turvos. Portanto, é importante aprender mais sobre a real condição de mistura em lagos e oceanos (Gervais et al., 1997).

Em velocidades de vento que excedem 4 m.s^{-1} (aproximadamente) todo o corpo d'água (ou a camada superficial de mistura na presença de termoclina) está verticalmente misturado. Esta mistura não somente manterá populações de fitoplâncton na camada superficial de mistura, mas também terá um efeito profundo nas taxas de fotossíntese de populações fitoplanctônicas na zona fótica. O problema para interpretação de produção primária em ambientes que sofrem este tipo de ação é que o fitoplâncton desta coluna de água em mistura está sofrendo flutuações periódicas no regime luminoso, pois os frascos do experimento *in situ* estão em profundidades definidas com radiação luminosa quase constante. Durante a mistura, o tempo de residência do fitoplâncton em águas superficiais, onde a fotoinibição ocorreria, é da mesma ordem de magnitude que o tempo em que o fitoplâncton pode manter altas taxas de fotossíntese antes da fotoinibição e fotorespiração tornarem-se predominantes. Assim, ao invés de ser afetado adversamente pela turbulência, parece que o fitoplâncton é ativamente explorador do espectro de movimentos, normalmente encontrado na camada superficial, a fim de manter altas taxas fotossintéticas. Isto é talvez surpreendente do que se conhece a respeito de evolução. Técnicas padrão, *in situ*, não apresentam a resolução temporal necessária para analisar tal fenômeno transitório (Harris, 1980). Marra (1978 *apud* Harris, 1980) tem comparado incubações estáticas *in situ* com frascos rotatórios, simulando a ação das circulações de Langmuir, e tem atingido de 20-50% de aumento na fotossíntese total integral. O aumento significativo da produtividade tem sido atingido somente quando a radiação na superfície foi suficiente para causar fotoinibição. Em situações de baixa radiação superficial quando a taxa máxima de fotossíntese ocorreu na superfície, estimativas de fotossíntese integral em frascos estático e rotatório foram as mesmas. Jewson & Wood (1975 *apud* Harris, 1980) levantaram um ponto importante “se a mistura estendia-se abaixo da profundidade fótica, então a produtividade total na coluna era mais reduzida do que fosse obtida pela redução (ou eliminação) da fotoinibição na superfície”. Assim, o conceito de compensação na coluna é importante para uma população em mistura vertical e não pode ser ignorado. No entanto, populações de fitoplâncton que não possuem flagelos ou vacúolos gasosos, para manterem-se flutuando, não são somente dependentes da turbulência induzida

pelo vento para crescerem na camada de mistura superficial, mas também são exploradoras do rápido movimento tri-dimensional produzido. Ação do vento e mistura vertical ignora qualquer tentativa de estratificação por uma população exercendo controle de flutuação ou exibindo migração vertical.

É claro que a simulação do movimento nestes casos de incubação rotatória foi constante, não reproduzindo fielmente os pulsos da velocidade e nível d'água como os registrados neste caso para a Lagoa Itapeva. O movimento d'água pode então favorecer na maior exposição das células à intensidade luminosa, que conforme o período do dia pode favorecer ou fotoinibir a produção. Mas também gera um maior atrito entre os organismos, podendo causar a degradação da clorofila e aumentar as taxas respiratórias muito além do que foi realmente produzido, como foi constatado para a Lagoa Itapeva, caracterizada como um sistema heterotrófico.

Certos fatores que influenciam a produtividade do fitoplâncton são acentuados em águas turvas. Embora exista turbidez, sistemas de água doce bem misturados podem ter um potencial para alta produção, porém, quando ressuspensão do sedimento ou carga drenada pela bacia aumenta significativamente a turbidez inorgânica (não-algal), potenciais de atenuação luminosa para aumento na produção não são atingidos. Energia disponível para o crescimento fitoplanctônico é fortemente regulada pela disponibilidade de luz subaquática, a qual depende da profundidade de mistura crítica, intensidade de flutuação luminosa e padrões de circulação algal. Assim, altas concentrações de turbidez abiogênica podem limitar a luminosidade para a fotossíntese fitoplanctônica e, portanto, restringir o desenvolvimento da biomassa. Conseqüentemente, mistura vertical e/ou sólidos suspensos afetam significativamente a fotossíntese fitoplanctônica e produtividade em ambientes aquáticos. Esta turbidez aumenta a proporção da zona de mistura em relação à profundidade eufótica. Em sistemas turbulentos, energia disponível para crescimento do fitoplâncton é fortemente regulada pela profundidade da zona eufótica em relação à totalidade da profundidade de mistura ($Z_{mix}:Z_{eu}$) da coluna d'água. Devido à profundidade de mistura quase sempre exceder a profundidade fótica em águas turbulentas, a profundidade de mistura crítica é um dos fatores mais importantes na regulação da produção em sistemas aquáticos. Muitas populações naturais de fitoplâncton não serão capazes de fotossíntese líquida quando a proporção $Z_{mix}:Z_{eu}$ exceder 5. Contudo, certos ambientes rasos, turvos, tem proporção menor que 5, que favoreceria produção mais alta, porém esta será compensada por uma respiração algal maior devido à temperatura da água mais elevada em águas rasas. Contudo, produção total integral diária de ambientes turbulentos, pode ser prognosticada a partir de uma combinação de

variáveis facilmente medidas, tais como taxas fotossintéticas máximas, biomassa algal, irradiação superficial e alguma medida de atenuação luminosa subaquática (Dokulil, 1994).

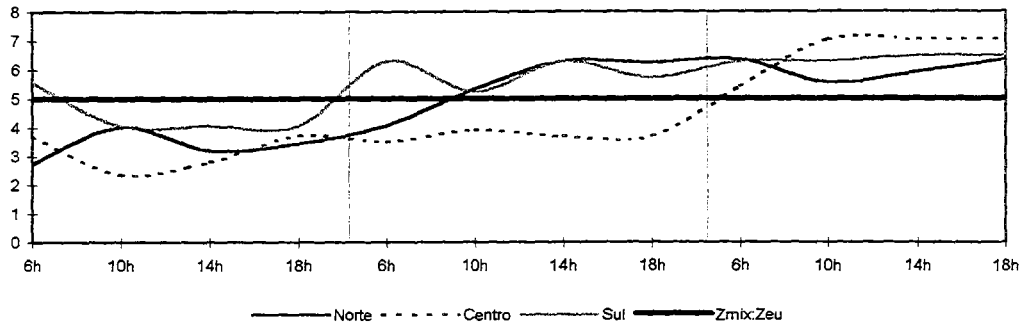
Se esta relação entre $Z_{mix}:Z_{eu}$ for considerada como um fator limitante da PPL para a Lagoa Itapeva, este fator não teve maiores implicações para os pontos e estações do ano (Fig. 6.5). Pois durante a primavera todos os pontos apresentariam limitação para a PPL a partir do 2º dia de campanha. No verão somente o ponto Sul estaria limitado, justamente o que apresentou taxas médias mais elevadas. Durante o outono parece que esta relação teve maiores implicações nas taxas de PPL, principalmente para os pontos Centro e Sul, bastando confrontar os padrões das curvas diárias das razões $Z_{mix}:Z_{eu}$ (Fig. 6.5) e PPL (Fig. 6.4). Para o inverno nenhuma relação foi estabelecida, pois o Centro e Sul estariam limitados na maior parte do tempo, justamente estes pontos apresentaram taxas médias positivas. Desta forma, parece que outros fatores são mais importantes na determinação da produtividade da Lagoa Itapeva do que esta razão $Z_{mix}:Z_{eu}$, tais como nutrientes (nitrogênio e fósforo), composição planctônica e concentração de pigmentos (clorofila a e feopigmentos), os quais são afetados diretamente pelo *fetch*.

Grobbelaar (1989, 1992) ressaltou que a proporção da profundidade de mistura para a eufótica é um dos fatores mais importantes que influenciam a produtividade total em ambientes túrbidos. Nestes corpos d'água a porção afótica é grande quando comparada à zona eufótica e determina o tempo de permanência da alga no escuro. Isto significa dizer que a intensidade luminosa média é bastante reduzida e, como as células permanecem por longos períodos no escuro, as perdas devido à respiração tornam-se mais pronunciadas.

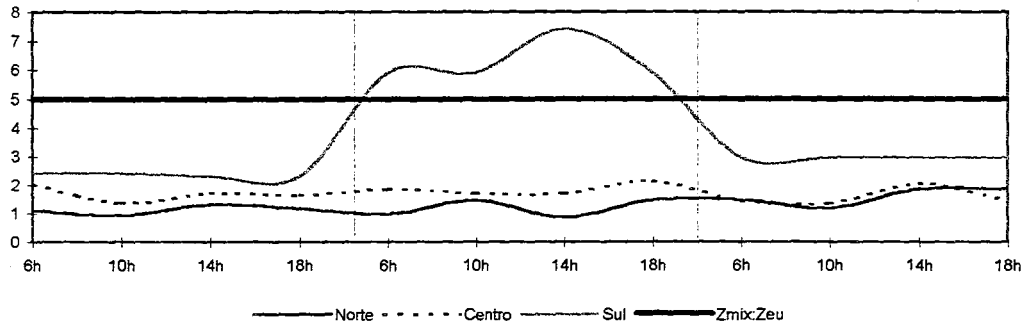
As taxas diárias (24h) comparadas com as diurnas (12h) exibiram comportamentos bastante semelhantes dentro de cada ponto, com maiores divergências durante o inverno (Fig. 6.6). Este comportamento mostra o quanto o turno noturno interferiu na taxa de PPL em relação ao turno diurno sazonalmente.

No ponto Norte, durante a primavera o 1º e 2º dias foram de produção líquida, porém um forte consumo ocorreu no 3º dia, com taxas diárias levemente superiores às diurnas. Durante o verão, todo o período foi de produção líquida, obtendo a maior taxa no 3º dia. Nesta época as taxas diárias foram maiores que as diurnas no 1º e 2º dias, sobrepondo-se no 3º dia. Estas taxas diárias maiores que as diurnas talvez sejam explicadas pelo maior número de horas de iluminação nestas épocas do ano. De acordo com o livro das efemérides brasileiras (1996), para a latitude de Porto Alegre, o número de horas entre o nascer e o pôr-do-sol teve uma média de 13:07 para dezembro (primavera), 12:35 para março (verão), 10:47 para o outono (maio) e 11:53 para o inverno (agosto). Assim, talvez este tempo maior de exposição

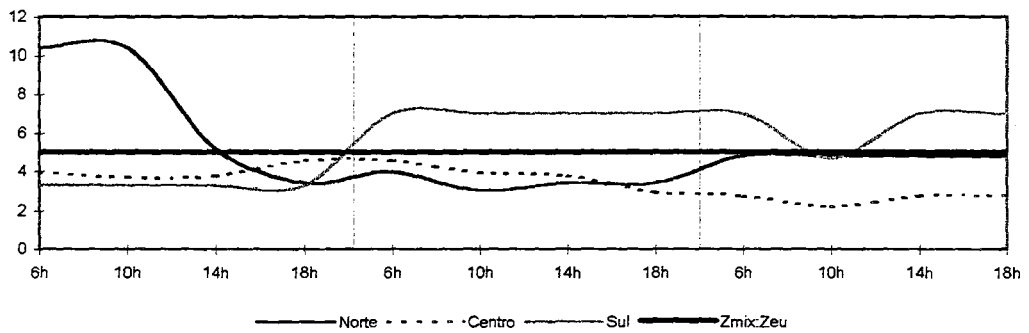
Zmix:Zeu - Primavera (Dez/98)



Zmix:Zeu - Verão (Mar/99)



Zmix:Zeu - Outono (Mai/99)



Zmix:Zeu - Inverno (Ago/99)

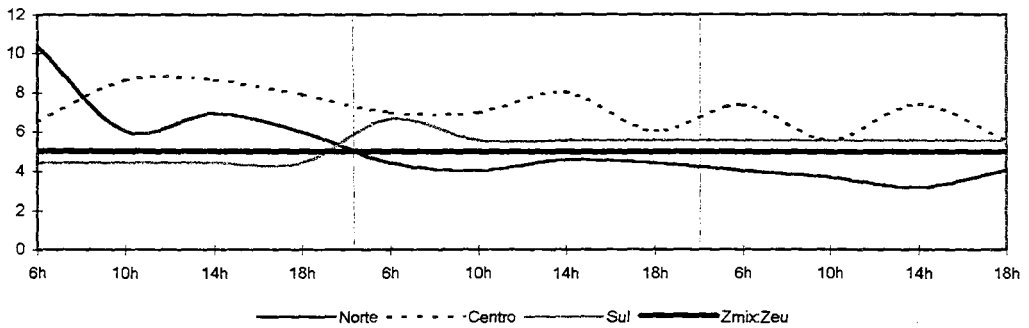


Figura 6.5 - Variação diária da razão entre zona de mistura (Zmix) e zona eufótica (Zeu) sazonalmente, em cada ponto e turno de amostragem, na Lagoa Itapeva.

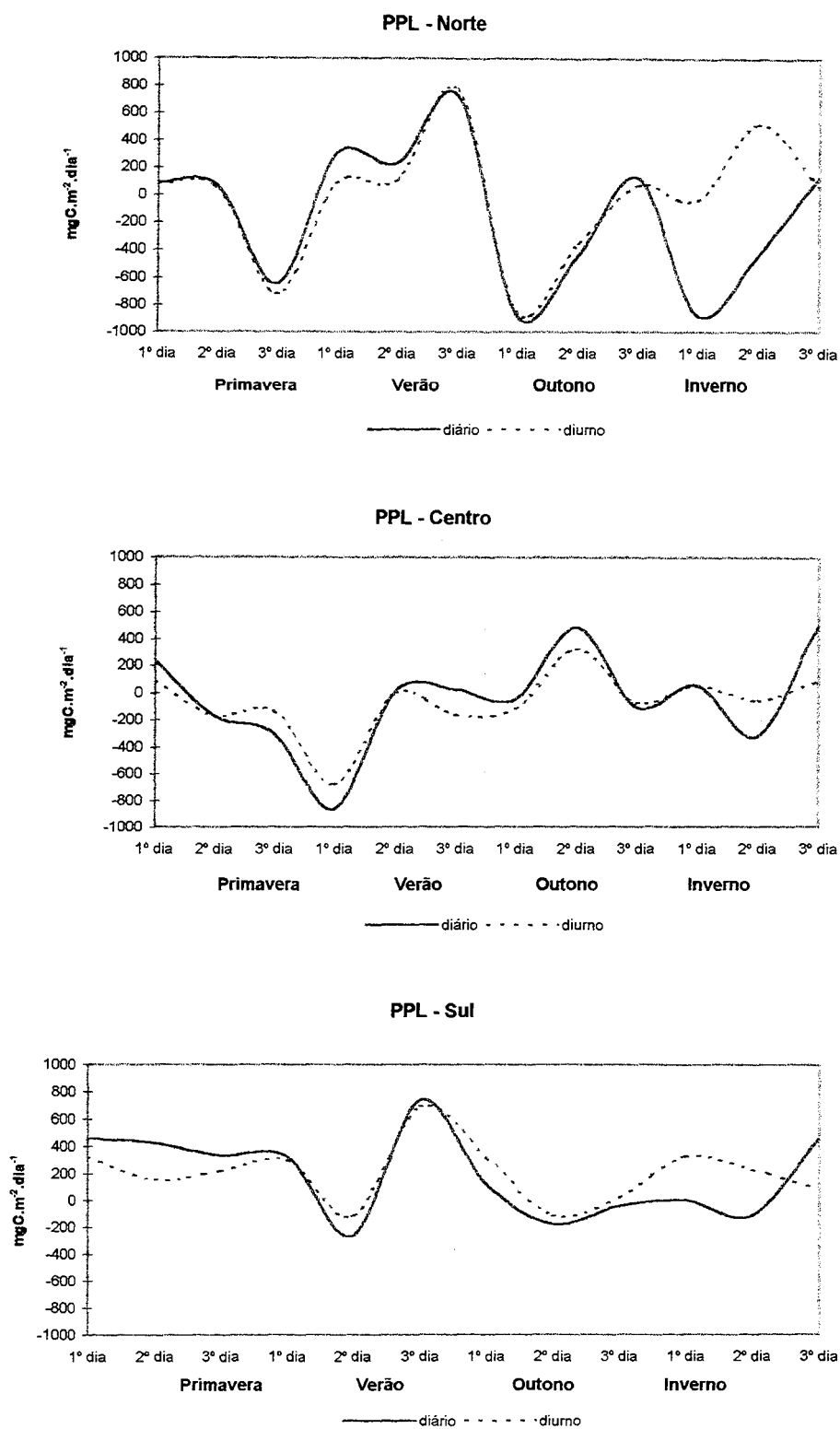


Figura 6.6 - Relação da produção primária líquida (PPL), em taxas diárias (24h) e diurnas (12h), nos pontos de amostragem em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno= Ago/99

possa ter contribuído para este ganho em produção. Já durante o outono e, especialmente, no inverno as taxas diurnas foram superiores às diárias. No outono, a característica neste ponto foi de praticamente consumista durante toda a campanha, com discreta produção líquida no 3º dia. O comportamento do inverno foi bastante característico, ou seja, produção diurna e consumo noturno, sendo que no 3º dia estas taxas praticamente se igualaram (Fig. 6.6). Estas taxas diárias e diurnas retrataram melhor o comportamento de produção e consumo em cada dia de campanha sazonal do que a variação em cada turno de amostragem (Fig. 6.4). Isto porque o máximo de PPL em cada dia de campanha apresentou uma variação nos turnos dentro da mesma estação, e a integração das taxas ao longo do dia minimizou o efeito das taxas negativas ocorridas em um dado turno dentro do dia. Este forte comportamento heterotrófico evidenciado no outono e durante o primeiro dia do inverno estiveram relacionados com os efeitos provocados pelo *fetch* gerado, que perturbaram hidrodinamicamente este local com conseqüências diretas na comunidade planctônica.

Para o ponto Centro, o 1º dia da primavera apresentou um comportamento produtivo, porém nos dias seguintes um comportamento heterotrófico prevaleceu. Esta perturbação ocorrida durante a primavera certamente também esteve relacionada ao efeito do *fetch* na hidrodinâmica, com reflexos nos organismos aquáticos. Já no verão, as taxas diurnas foram de consumo para quase toda a campanha (exceção no 2º dia), enquanto que as taxas diárias exibiram um comportamento levemente produtivo nos 2º e 3º dias. Para o outono um forte período de produção ocorreu no 2º dia, sendo o 1º e 3º dias caracterizados por um comportamento levemente heterotrófico. Este momento no outono foi o período produtivo mais expressivo para o Centro entre todas as estações do ano. Já no inverno um comportamento oposto ao observado no outono foi evidenciado, ou seja, produção líquida no 1º e 3º dias e consumo no 2º dia. As taxas diurnas no inverno foram maiores no 2º dia e menores no 3º dia, confirmando as maiores diferenças para esta estação do ano (Fig. 6.6).

O ponto Sul foi o que apresentou uma maior constância de produção sazonalmente. Na primavera os 3 dias de amostragem apresentaram produção líquida, com as taxas diárias superiores às diurnas, especialmente no 2º dia. No verão foi evidenciado um comportamento alternado entre produção e consumo, sendo a maior taxa observada no 3º dia. Durante os dias de autotrofia as taxas diárias foram levemente superiores às diurnas. Este fato também pode ter estado relacionado ao maior tempo de exposição luminosa, conforme discutido anteriormente para o ponto Norte. Já no outono as taxas diurnas foram superiores às diárias, apresentando um comportamento semelhante ao exibido no verão, porém de uma forma mais suave. No inverno, as maiores divergências entre as taxas diárias e diurnas também ocorreram

como nos outros pontos. Para o 1º dia ambas taxas exibiram produção líquida, sendo a diurna muito superior à diária. No segundo dia, a taxa diurna foi autotrófica, enquanto que a diária, fortemente heterotrófica (maior registro para este ponto). No 3º dia ambas taxas foram autotróficas, porém a diária foi bastante superior, sendo este comportamento também evidenciado no Centro e de forma menos intensa no Norte.

Realmente, alternância sazonal entre metabolismo autotrófico e heterotrófico é que caracteriza muitas lagoas costeiras. Altos picos de respiração têm sido registrados durante estações secas e atribuídos à acumulação de material orgânico durante a estação úmida (Knoppers, 1994).

Comparando as taxas de PPL diurnas com as de respiração noturnas (Fig. 6.7), ficou constatado que as noturnas exibiram um comportamento bastante próximo da neutralidade em todos os pontos ao longo das campanhas sazonais, com leves traços de autotrofia e heterotrofia conforme observados nas taxas diárias em relação às diurnas (Fig. 6.6).

O processo de produção primária envolve processos metabólicos vinculados a dois gases: O_2 e CO_2 . No início da manhã os valores de CO_2 podem estar abaixo do valor de saturação, apesar da produção de CO_2 durante a noite; assim, a taxa de produção líquida de dia é superior a mineralização noturna, pois as trocas gasosas só têm o efeito de forçar as águas a voltarem ao estado de saturação. Portanto, a simples medição do grau de saturação das águas em CO_2 e/ou em O_2 , no início da manhã e/ou no final da tarde, permite caracterizar o traço autotrófico (subsaturação de CO_2 , normalmente no verão) ou heterotrófico (supersaturação de CO_2 , normalmente no inverno) do sistema. Para este tipo de caracterização, o CO_2 é mais conveniente do que o O_2 , pois as trocas gasosas são 4 vezes menos elevadas para o CO_2 do que para o O_2 (Carmouze, 1994). Em termos de % saturação de O_2 (*capítulo 4*, Fig. 4.9), os valores obtidos no verão foram superiores ao inverno, sendo que em ambos as taxas foram mais baixas no início da manhã aumentando em direção ao final do turno da tarde. Este aumento na taxa de oxigênio ao longo do dia, tanto no verão quanto no inverno, certamente foi um reflexo dos valores médios positivos de PPL obtidos justamente nestas duas estações do ano. Assim, para a Lagoa Itapeva os traços de autotrofia e heterotrofia variaram bastante entre os pontos e campanhas sazonais, porém foi possível deduzir que no verão e no inverno o sistema exibiu um traço autotrófico, enquanto que nas estações intermediárias do ano, um traço heterotrófico. Provavelmente este fato esteja associado a mudanças na estrutura da comunidade planctônica.

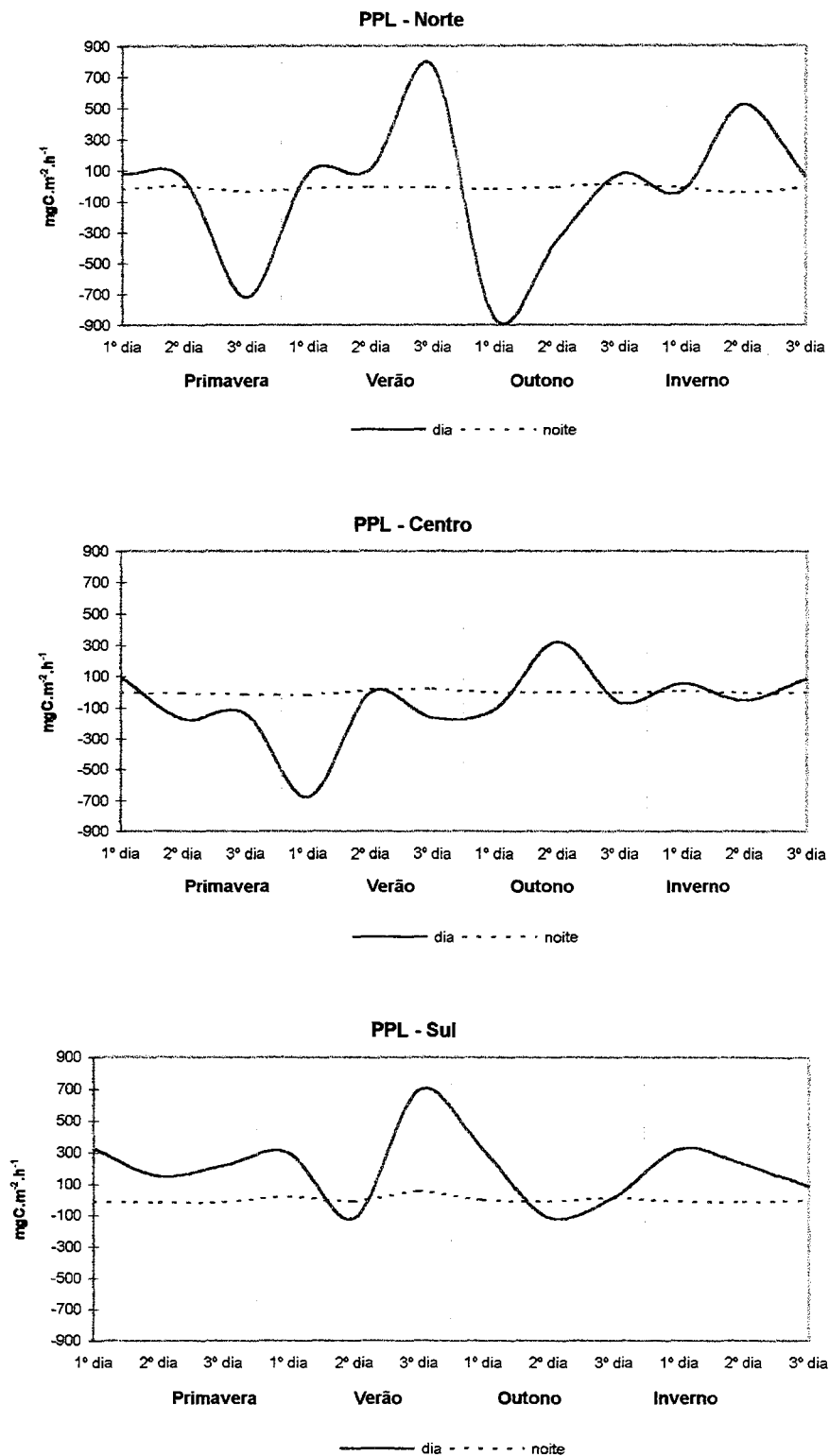


Figura 6.7 - Relação da produção primária líquida (PPL), durante o turno diurno (12h), e respiração noturna nos pontos de amostragem em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva. Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno= Ago/99

Respiração/Mineralização (RESP)

A análise no perfil da coluna d'água evidenciou comportamento distinto entre os pontos com relação às taxas médias de respiração ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$) durante as campanhas sazonais. Estas taxas foram geralmente maiores no meio da coluna d'água no ponto Norte, na superfície para o Centro e no fundo para o Sul (Tabela 6.3). Os valores médios mais elevados, durante a primavera e verão, foram verificados para o Centro, enquanto que durante o outono e inverno, para o Norte. Os registros máximos geralmente ocorreram no Norte, com exceção do verão, onde foi no Sul. As maiores taxas média e máxima ocorreram no ponto Norte durante o outono. A distribuição dos valores no perfil e pontos durante as estações do ano concordou com o comportamento de autotrofia e heterotrofia verificado em termos de PPL.

Tabela 6.3 – Análise descritiva das taxas de respiração (RESP) em $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água, em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

RESPIRAÇÃO									
PRIMAVERA	NORTE			CENTRO			SUL		
Dez/98	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	57,9	89,3	82,6	90,9	84,4	70,9	41,5	43,8	82,0
Desvio padrão	43,9	99,4	100,4	48,8	73,1	22,1	34,1	52,4	62,2
Mínimo	0,8	15,0	32,6	34,7	8,6	42,5	2,2	2,5	30,3
Máximo	157,7	263,7	261,8	163,6	233,1	109,8	102,9	162,7	215,7
n	9	8	5	8	8	8	8	8	9
VERÃO	NORTE			CENTRO			SUL		
Mar/99	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	59,8	60,8	64,7	104,5	88,3	79,9	23,3	23,1	94,4
Desvio padrão	50,9	62,9	61,9	64,0	77,8	74,7	15,5	27,2	90,1
Mínimo	0,3	7,7	0,5	25,8	19,8	0,5	8,2	1,3	14,0
Máximo	129,4	188,9	212,3	198,3	215,9	224,4	54,7	85,7	279,1
n	6	8	10	5	8	8	7	8	8
OUTONO	NORTE			CENTRO			SUL		
Mai/99	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	62,7	117,5	91,9	76,2	42,0	38,2	51,6	76,0	94,3
Desvio padrão	47,7	157,4	74,2	92,6	45,3	38,8	53,9	90,2	59,6
Mínimo	8,7	4,5	17,0	11,3	7,7	2,4	9,0	3,2	30,6
Máximo	121,8	462,9	217,9	284,7	151,3	138,8	160,3	244,0	226,8
n	9	8	8	8	9	10	7	10	9
INVERNO	NORTE			CENTRO			SUL		
Ago/99	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	38,0	53,1	25,3	44,3	34,8	49,1	12,3	23,9	34,9
Desvio padrão	32,6	77,2	31,7	18,3	44,8	50,9	8,8	34,1	31,8
Mínimo	1,0	5,6	1,1	18,6	2,5	3,6	0,2	1,1	0,7
Máximo	95,5	193,5	93,1	59,2	132,8	140,9	21,2	96,6	109,6
n	10	9	7	6	7	7	7	9	10

S= superfície, M= meio e F= fundo

Analisando os dados de respiração integrados na coluna d'água para cada turno de amostragem ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$), novamente o outono apresentou a maior média, seguido pela primavera (Tabela 6.2). Os maiores valores médios mantiveram-se no Norte durante o outono

e inverno, porém no Centro ocorreu somente no verão. O ponto Sul apresentou a maior média durante a primavera. Os registros máximos novamente ocorreram para o Norte, com exceção do verão que agora foi exibido pelo Centro.

As curvas de variação diária da respiração exibiram alguns comportamentos peculiares (Fig. 6.8), mostrando uma variação nas horas do dia em função do regime de luz natural influenciado pela hidrodinâmica.

No Norte, o outono e inverno exibiram comportamentos bastante similares, com taxas máximas no início das campanhas seguidas por um segundo aumento no 2º dia. Este aumento na taxa provavelmente esteve relacionado com o stress provocado pelo vento (maior efeito do *fetch* neste ponto para estas estações do ano). A elevada taxa de respiração às 10h no 3º dia durante a primavera conferiu para este ponto o registro máximo para esta estação do ano. Durante o verão a maior taxa ocorreu às 6h no 2º dia (Fig. 6.8). Estas maiores taxas de respiração coincidiram com as menores taxas de PPL sazonalmente, sugerindo que o mesmo fator foi desencadeante de ambos processos, ou seja, uma direta ação hidrodinâmica no comportamento planctônico.

Para o Centro, durante o verão os turnos ao longo do dia oscilaram de forma sinuóide durante o 1º e início do 2º dias. No outono as taxas máximas foram registradas no início do período do dia em toda a campanha. No inverno um comportamento semelhante ao observado no Norte ocorreu no 2º e 3º dias (Fig. 6.8). Com exceção do outono, o aumento da respiração foi acompanhado por uma queda de PPL nos turnos das demais estações do ano, conforme havia sido observado também no ponto Norte.

No Sul, as curvas exibidas durante a primavera e o outono foram bastante similares até o turno da manhã do 2º dia, porém na primavera manteve-se a oscilação alternada entre os turnos sucessivos. No outono as fortes taxas nos 3 dias conferiram a este ponto o segundo valor médio mais elevado. No inverno este comportamento alternado entre os turnos também foi verificado, assim como para o verão (Fig. 6.8). Parece que existe um ritmo endógeno na respiração ocorrida no ponto Sul, devido a uma maior regularidade na oscilação ao longo dos turnos sazonalmente.

A relação entre as taxas diurnas e diárias da respiração (Fig. 6.9) apresentaram maior variação em todas as campanhas, e não somente no inverno como havia sido evidenciado com relação a PPL. De fato, a respiração é comum a todos os organismos planctônicos (fito e zoo), ocorrendo independentemente da luz (tanto na presença quanto na ausência desta), mas com dependência direta da densidade e estado fisiológico desta comunidade planctônica.

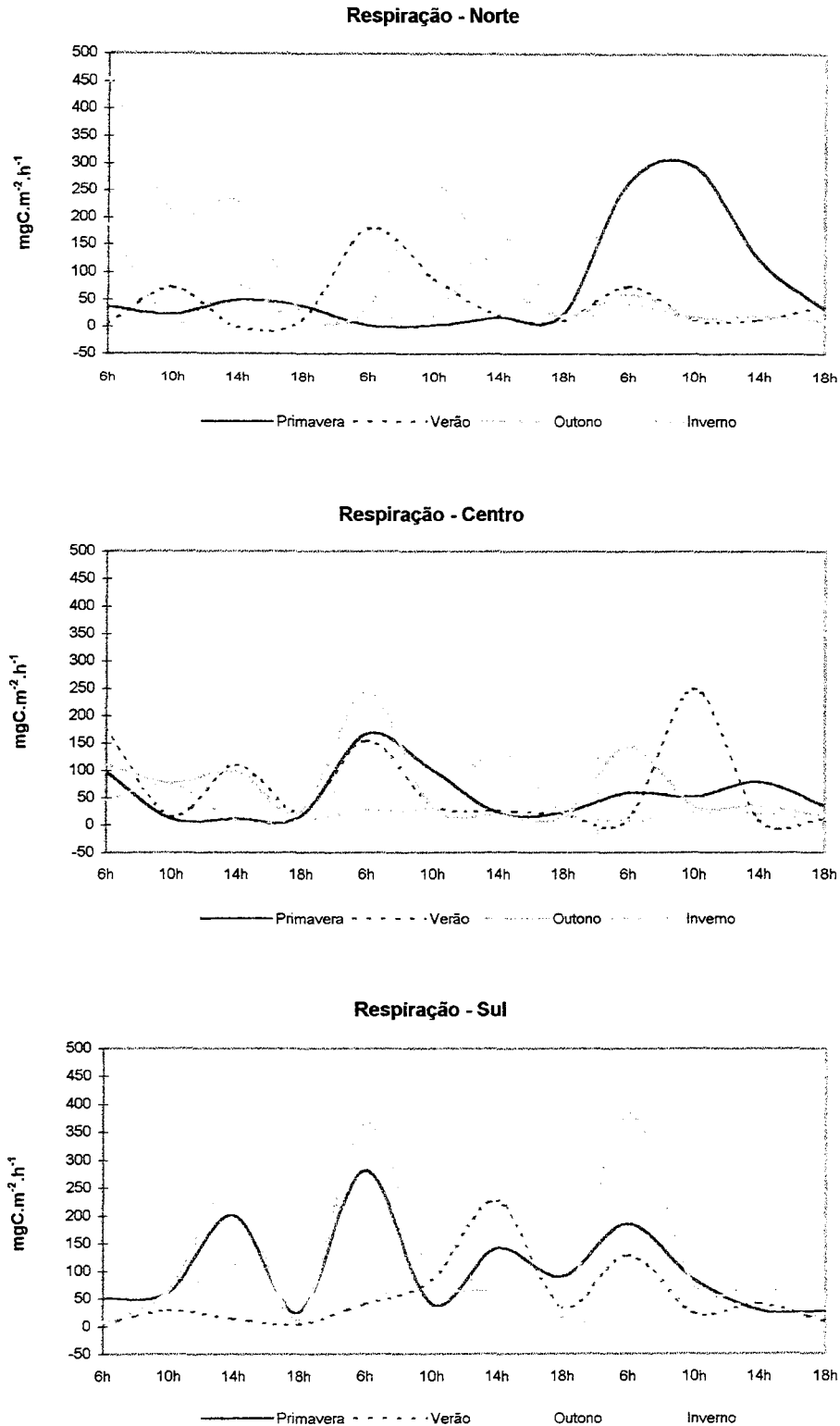


Figura 6.8 - Variação diária da respiração, em cada ponto de amostragem, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno= Ago/99

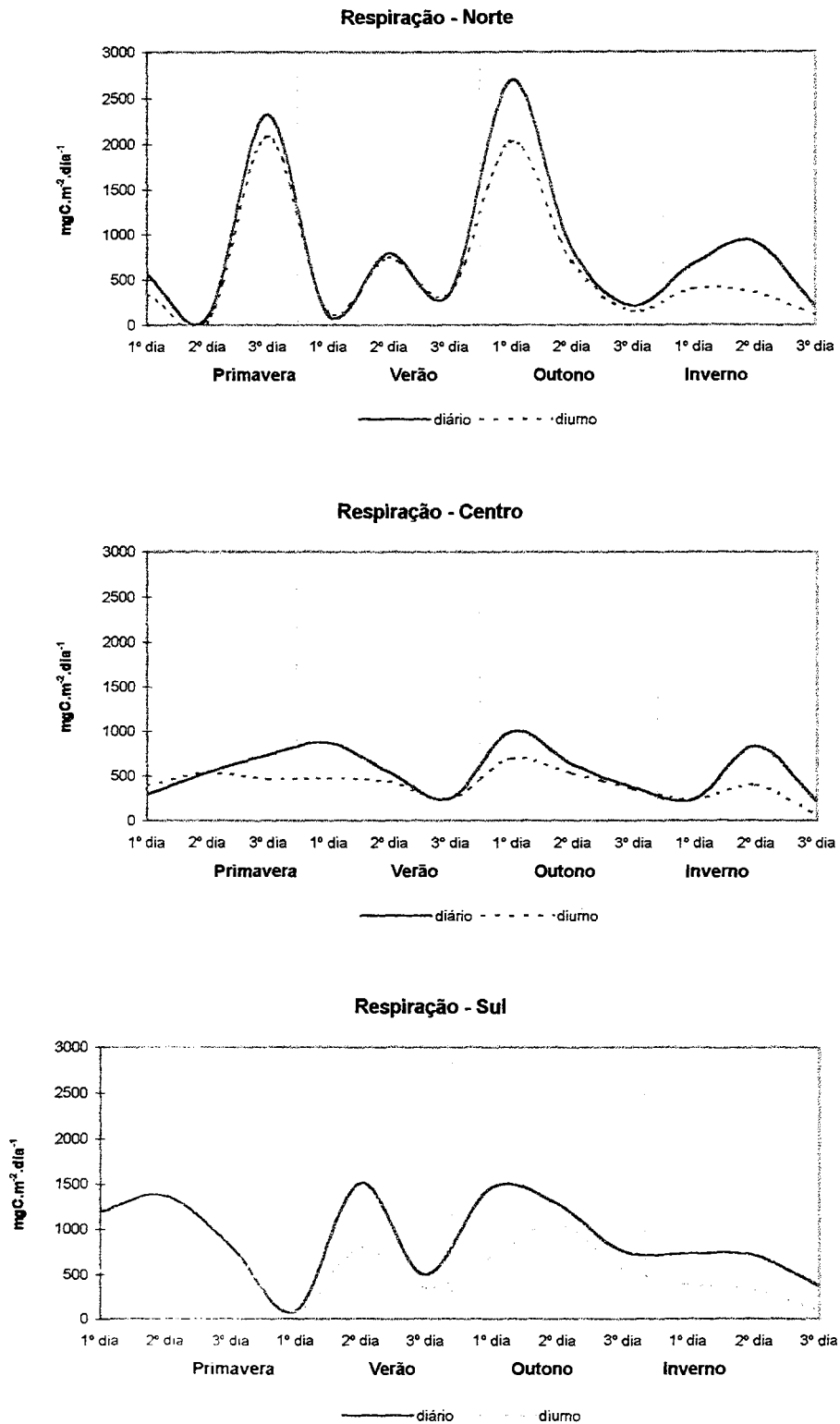


Figura 6.9 - Relação da respiração em taxas diárias (24h) e diurnas (12h), nos pontos de amostragem em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno= Ago/99

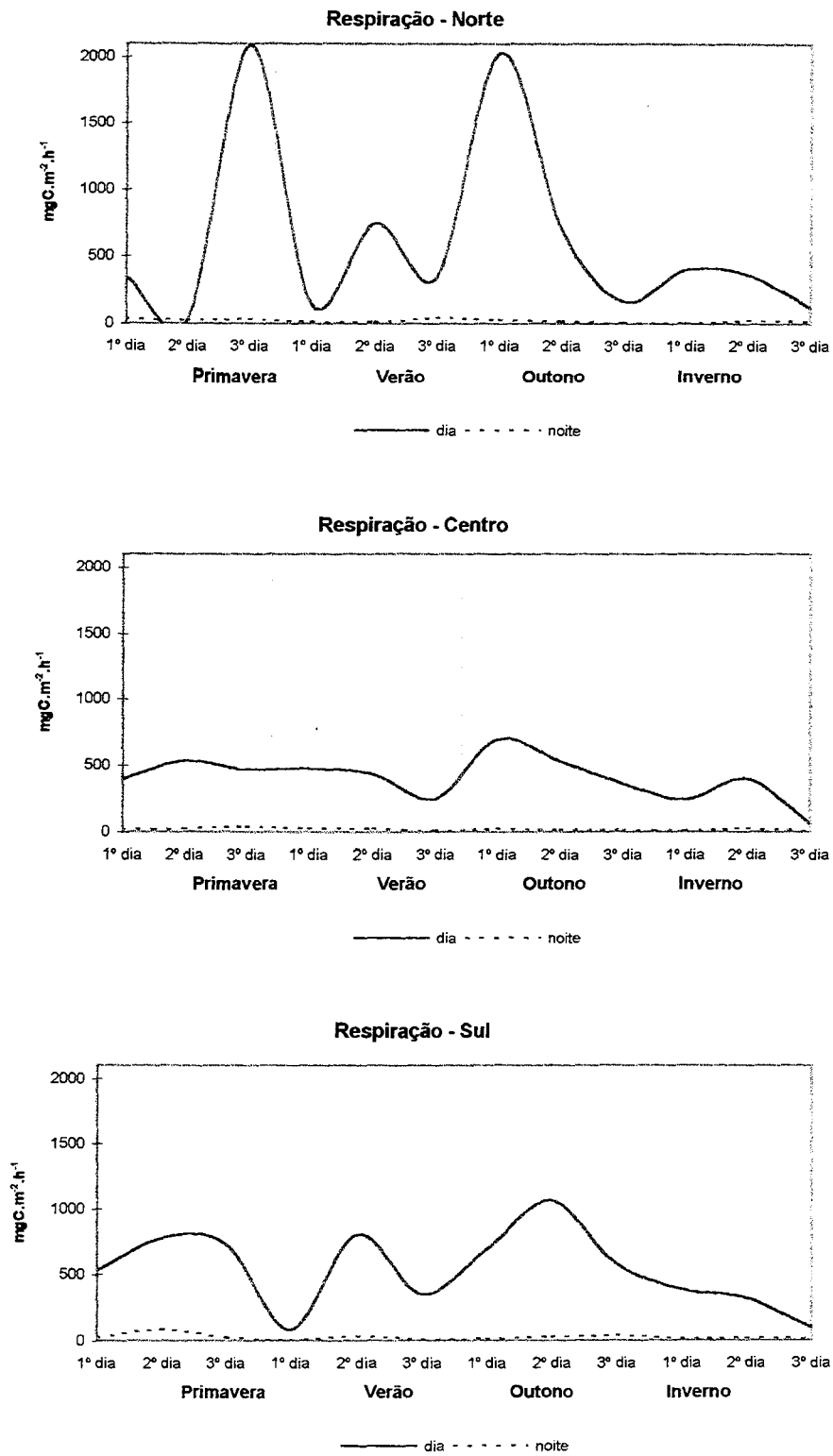


Figura 6.10 - Relação da respiração durante os turnos diurno (6-14h) e noturno (18h), nos pontos de amostragem em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno= Ago/99

Assim, o ponto Norte apresentou dois grandes picos de atividade heterotrófica: um no 3º dia da primavera e o outro no 1º dia do outono (Fig. 6.9). Estes aumentos nas taxas respiratórias já haviam sido evidenciados através do decréscimo da PPL (Fig. 6.6). Maiores diferenças entre as taxas diárias e diurnas ocorreram no outono e inverno, por outro lado, no verão, estas taxas foram bastante próximas. As taxas diárias foram geralmente superiores às diurnas (Fig. 6.9).

Para o ponto Centro as oscilações foram mais suaves, especialmente com relação às taxas diurnas. As taxas diárias apresentaram um acréscimo em relação às diurnas somente durante um dia em cada estação do ano (Fig. 6.9). Também o acréscimo na respiração foi coincidente com o decréscimo na PPL (Fig. 6.6).

No ponto Sul as taxas diárias foram quase sempre bem superiores às diurnas, indicando uma forte contribuição na atividade noturna de respiração. Estes maiores aumentos foram geralmente registrados para o 2º dia de cada campanha sazonal, com exceção do outono (1º dia foi superior). Taxas decrescentes foram observadas durante o inverno (Fig. 6.9). Somente para o verão o pico de respiração foi acompanhado por uma queda na PPL, fortalecendo a hipótese da existência de um ritmo endógeno controlador da atividade respiratória, levantada anteriormente.

As taxas de respiração diurnas (fotorrespiração) foram muito superiores às noturnas para todos os pontos e estações do ano (Fig. 6.10). Isto mostra a existência de uma redução em toda a atividade metabólica durante o período noturno por parte da comunidade planctônica. Como era de se esperar, pois o metabolismo apresenta uma relação direta com a temperatura. De fato, Markager et al. (1992) mostraram que a taxa média de respiração para um curto período de escuridão (p.ex. menor que 2h) pode ser 50-100% mais alta do que a medida durante 12h de incubação no escuro.

A produção líquida de matéria orgânica em uma comunidade planctônica sob um ciclo de 24 horas é determinada pela diferença entre fotossíntese líquida na luz e respiração no escuro. A respiração no escuro e fotossíntese podem ser de importância similares em 24h, especialmente em sistemas túrbidos, onde uma grande parte da coluna d'água encontra-se sobre fraca luminosidade ou escuridão durante o dia (Markager et al., 1992).

Confrontando os dados de PPL e respiração em cada ponto e campanha sazonal pôde-se melhor visualizar o comportamento autotrófico e heterotrófico em cada situação (Fig. 6.11). No ponto Norte, os picos de respiração coincidiram com bruscas quedas na PPL na grande maioria dos turnos sazonalmente. Para o ponto Centro este mesmo modelo foi repetido, com algumas divergências entre as taxas durante o outono, devido à alta PPL para

este ponto nesta campanha. Já para o Sul, este comportamento oposto entre respiração e PPL foi observado em todas as campanhas, porém de uma forma menos constante que a verificada para os outros pontos de amostragem na lagoa. Assim, este ponto se distinguiu dos demais, onde o metabolismo nem sempre obedeceu a um comportamento de causa-efeito entre as taxas de PPL e respiração.

Taxas de produção mais elevadas em águas rasas são freqüentemente compensadas por uma grande respiração algal devido a temperaturas da água mais altas quando comparada a lagos mais profundos. Altas concentrações de turbidez abiogênica podem limitar a luminosidade para a fotossíntese fitoplanctônica e, portanto, restringir o desenvolvimento da biomassa. Além disso, a taxa de circulação fitoplanctônica através do gradiente luminoso e intensidades luminosas flutuantes podem aumentar a eficiência fotossintética. Tais sistemas turvos freqüentemente têm um alto potencial de status trófico devido à alta disponibilidade de nutrientes, mas sua capacidade de carrear não é atingida por causa da forte limitação luminosa (Dokulil, 1994). Para a Lagoa Itapeva altas taxas de respiração foram freqüentemente maiores que as de PPL, salvo raríssimas exceções (Fig. 6.12). Nem sempre as maiores taxas respiratórias foram registradas no final do dia, mostrando que distúrbios nos turnos diurnos também ocorreram como respostas a fatores externos (Fig. 6.12). Realmente, a elevada turbidez foi um fator determinante para limitação luminosa da fotossíntese algal, sendo que a ação do vento, embora perturbasse a coluna d'água através da ressuspensão de partículas, foi responsável pelo *input* de oxigênio para o sistema mantendo o ambiente com elevado percentual de saturação.

Carmouze et al. (1991 apud Domingos, 1991) constatou no estudo de ciclo anual na Lagoa de Saquarema/RJ que freqüentemente num período de 48h a taxa de respiração pode dobrar enquanto a produção líquida não muda, ou vice-versa, caracterizando um dia por atividade autotrófica líquida e o dia seguinte por atividade heterotrófica líquida; assim, a principal característica da lagoa é a alta variabilidade em curto período de tempo.

Para a Lagoa Itapeva estes períodos entre autotrofias e heterotrofias foram mais esporádicos e breves para a maioria das estações nos pontos de amostragem (Fig. 6.12). Assim, com exceção do ponto Sul ficou bastante difícil visualizar um padrão fisiológico em termos de produção e consumo diários. Neste ponto, oscilação entre autotrofia e heterotrofia ocorreu a cada 48h durante o verão, e durante o inverno, esta oscilação ocorreu diariamente entre os turnos da manhã e tarde (Fig. 6.12). Vollenweider (1974) já havia alertado para este fato que mudanças nas taxas de produção primária, em grandes lagos e reservatórios, normalmente ocorrem em diferentes partes da bacia e em estações do ano distintas.

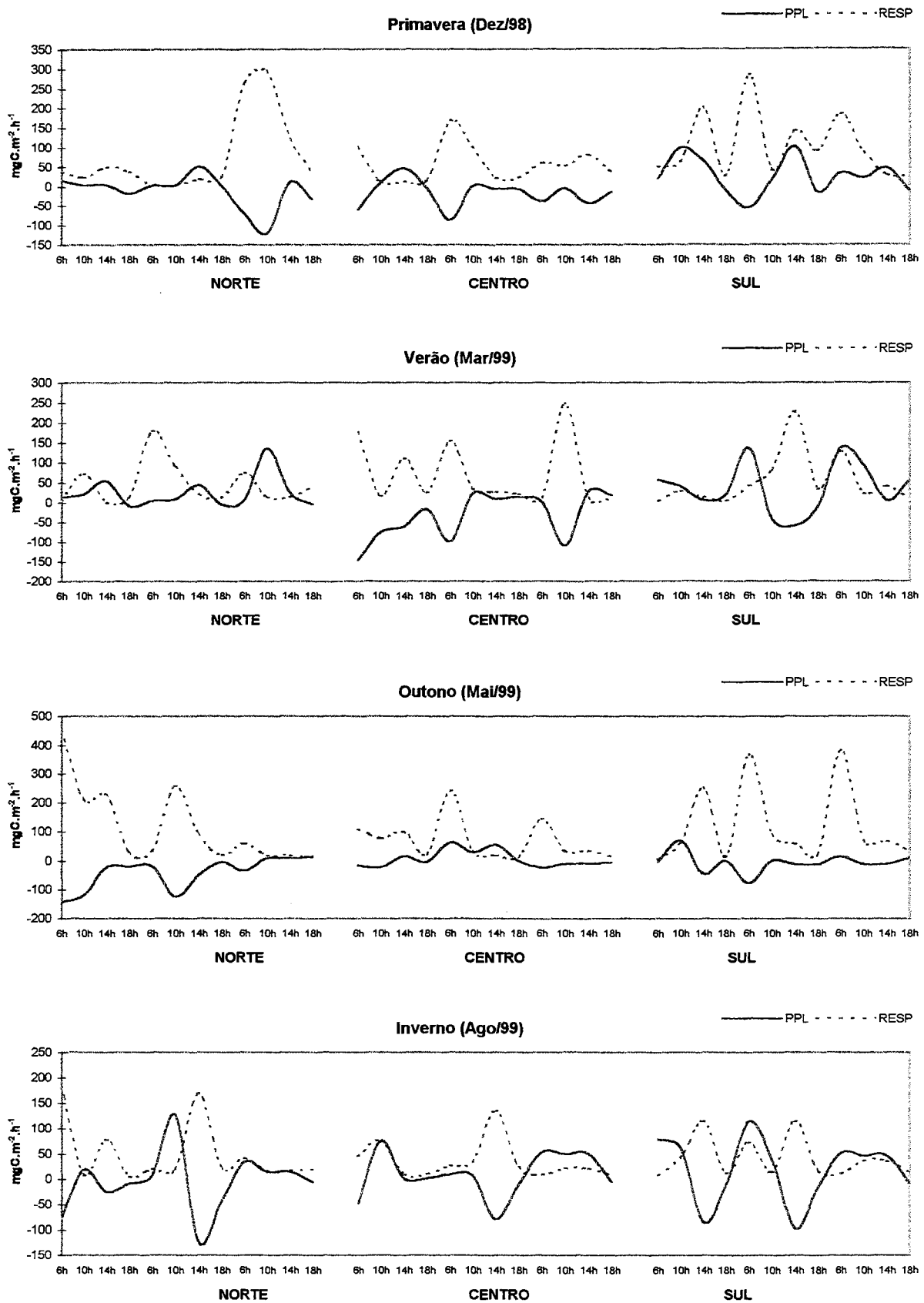


Figura 6.11 - Variação das taxas de produção primária líquida (PPL) e respiração (RESP), nos turnos e pontos de amostragem, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

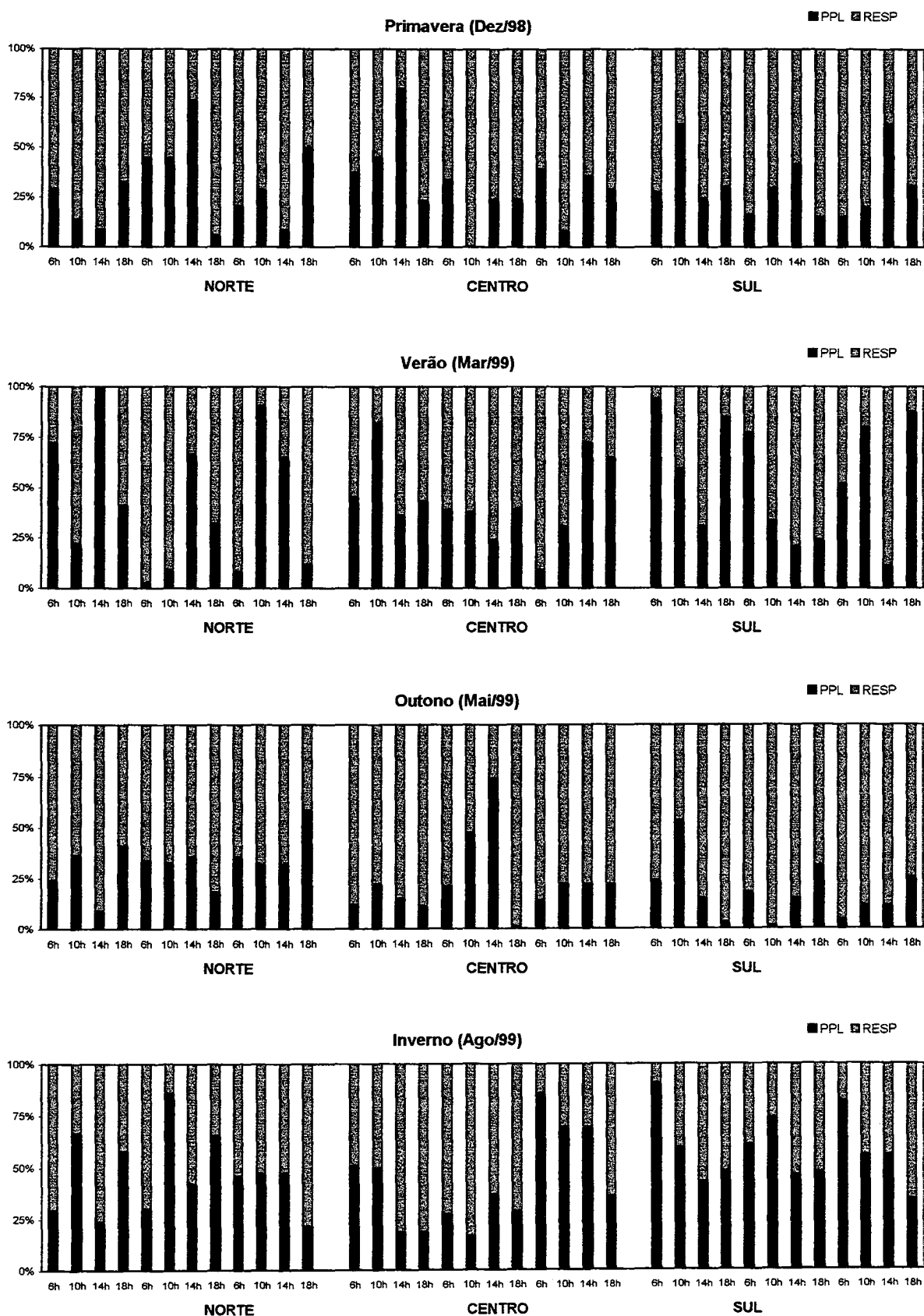


Figura 6.12 - Percentual de variação das taxas de produção primária líquida (PPL) e respiração (RESP), nos turnos e pontos de amostragem, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

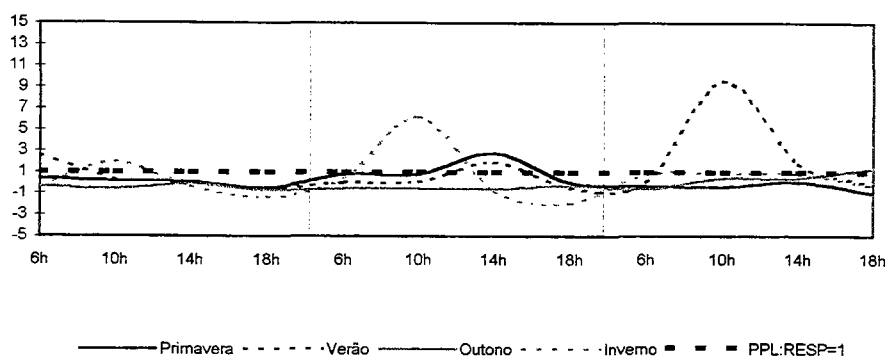
A proporção entre fotossíntese e respiração pode ser também usada como indicadora de quanto um sistema tende a tornar-se eutrófico. Um sistema balanceado, como deveria ser o sistema natural, a quantidade de oxigênio produzido por fotossíntese é bastante próxima da quantidade consumida por respiração. Alguns sistemas naturais exibem altas taxas de produtividade e ainda assim apresentam a proporção entre fotossíntese e respiração próxima a um. A proporção entre fotossíntese e respiração (PPL:RESP) de um indica que o sistema não está perturbado. A produtividade de um sistema é dependente da entrada de nutrientes inorgânicos, e os macronutrientes são os que mais influenciam. Carbono, nitrogênio e fósforo são tomados em proporções de aproximadamente 106:16:1 respectivamente; assim, um sistema aquático poderia ser analisado determinando a proporção de nutrientes presentes como uma primeira proposição em verificar qual nutriente é o limitador da produção algal (Waite, 1984).

Tomando como base a relação PPL:RESP ficou evidente os momentos onde o a Lagoa Itapeva esteve mais perturbada (Fig. 6.13). No Norte, o inverno foi a estação onde esta perturbação foi mais evidente, embora na grande maioria do tempo esta relação tenha sido praticamente nula, evidenciando uma maior tendência ao consumo do que foi realmente produzido pelo sistema. Para o Centro, o verão (1º dia – 10h) figurou como a estação onde foi registrada a maior perturbação momentânea para o sistema. Para este ponto de amostragem ocorreu uma maior frequência de relações nulas entre as taxas. Por outro lado, as menores perturbações ocorreram no Sul, especialmente durante o verão e o inverno, onde as maiores taxas de PPL foram atingidas (Fig. 6.12) e as razões foram frequentemente maiores que 1 (Fig. 6.13).

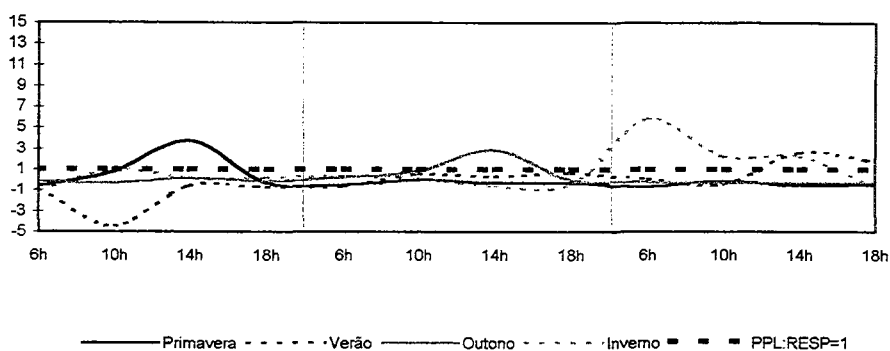
Os quatro fatores governantes de perdas são: respiração, sedimentação, predação e mortalidade. Perdas devido à respiração podem ser superiores à produção bruta quando condições ambientais são desfavoráveis, particularmente quando o lago é bem misturado, quando a iluminação é baixa e as algas encontram-se distribuídas igualmente através da coluna de água. Cálculos em produção primária de *Pareloup* mostraram que 60% da biomassa produzida a cada ano são perdidas devido à respiração (Thébault & Salençon, 1993). Diatomáceas estão melhores adaptadas a crescerem sobre tais condições desfavoráveis e que, no entanto, têm uma taxa mais baixa de respiração que outras algas (Harris, 1973 *apud* Thébault & Salençon, 1993).

Como qualquer outro processo químico, a fotossíntese pode ser modelada por simples relação estequiométrica entre compostos. Assim, segundo a proposição de Odum (1971 *apud* Waite, 1984) a proporção de oxigênio para fósforo é de aproximadamente 138, e a de

PPL : RESP - Norte



PPL : RESP - Centro



PPL : RESP - Sul

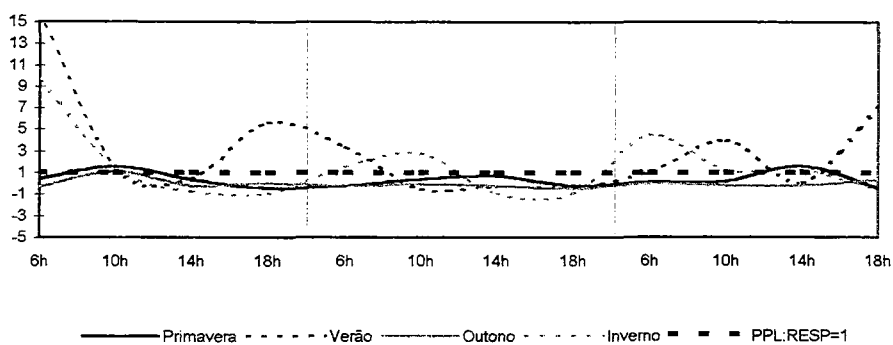


Figura 6.13 - Relação entre as taxas de produção primária líquida (PPL) e respiração (RESP), em cada ponto de amostragem durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno= Ago/99

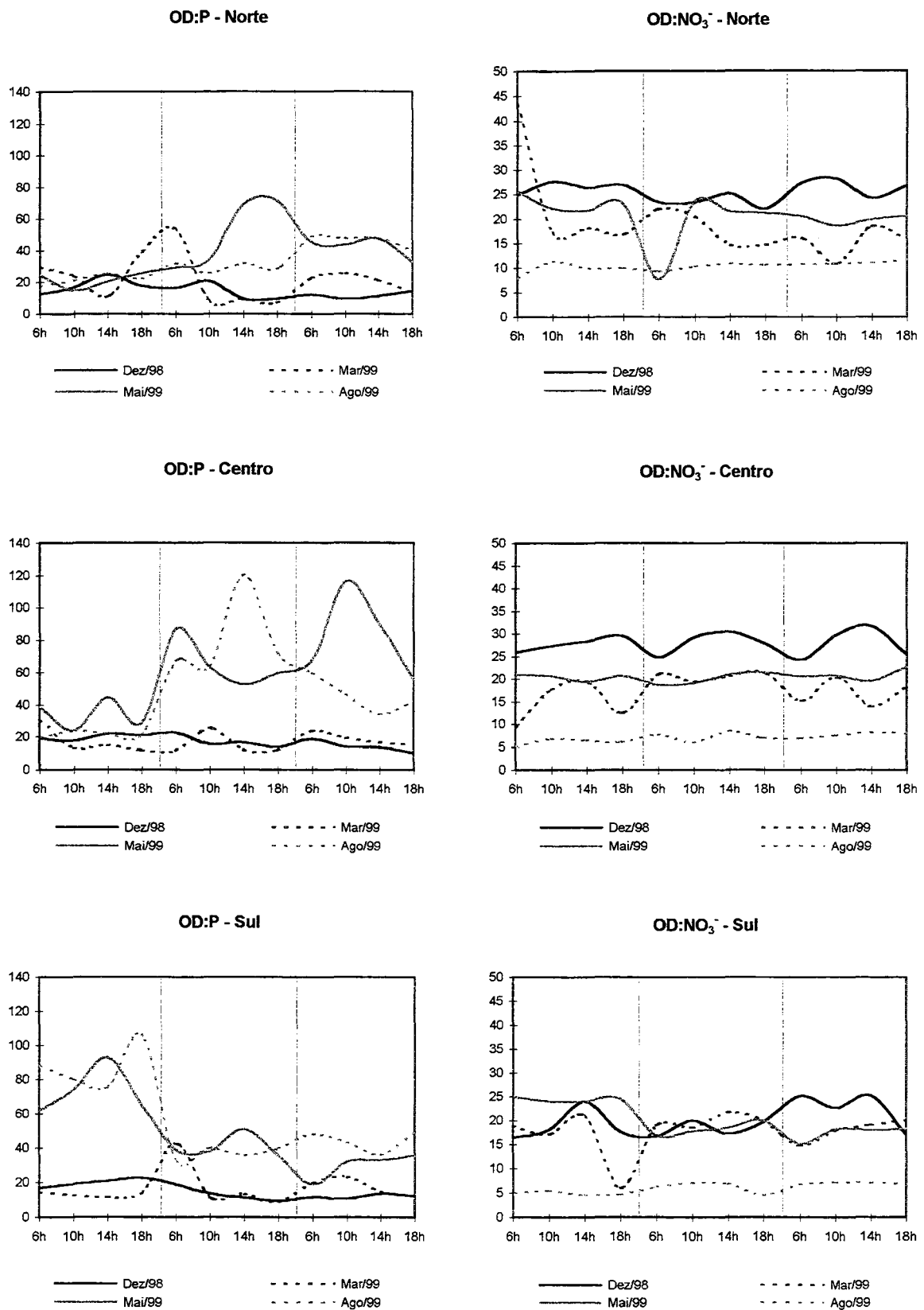


Figura 6.14 - Relações entre oxigênio dissolvido (OD) com fósforo (P) e nitrato, em cada ponto de amostragem, nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

Dez/98= primavera, Mar/99=verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

oxigênio para nitrato é de aproximadamente 9.

As razões entre oxigênio e fósforo ($OD:PO_4^-$) foram sempre inferiores a 138, especialmente para o ponto Norte (Fig. 6.14). Para o Centro durante dois momentos (um no outono e outro no inverno) a razão $OD:PO_4^-$ esteve mais próxima da estabelecida acima. Assim, o fósforo parece ser um nutriente limitante para a produção primária neste sistema, pois as relações entre $OD:NO_3^-$ normalmente não mostraram limitação da produção primária para este nutriente, salvo durante o período de inverno nos pontos Centro e Sul (Fig. 6.14). Este achado serve como suporte para a hipótese que o processo de ressuspensão de partículas do sedimento (principalmente fósforo de origem geológica), interferindo nas propriedades ópticas, é a causa principal dos elevados valores de respiração na lagoa.

Taxa de Assimilação (TAXA)

O valor médio mais elevado da taxa de assimilação integrada para a coluna d'água ($mgC.mgCl_a^{-1}.h^{-1}$) foi registrado para o inverno, sendo que as maiores médias durante primavera e verão ocorreram no ponto Sul, enquanto que para o outono e inverno, no Centro (Tabela 6.2). Tanto o verão quanto o inverno foram as estações onde a PPL média foi positiva, sendo a taxa obtida no verão mais que 100% da de inverno. O fato de o inverno ter sido a estação com maior taxa de assimilação em detrimento do verão também não esteve relacionado com a concentração de clorofila *a*, pois a biomassa de inverno foi maior que a de verão (*capítulo 5*). O que realmente pesou foi a elevada produção negativa registrada no Centro durante o verão, que fez com que o valor médio da taxa de assimilação baixasse. Este fato corrobora ainda mais a questão de quantos pontos de amostragem são suficientes para conhecermos a real produtividade de um sistema aquático.

Analisando a distribuição no perfil da coluna d'água, geralmente os valores médios mais elevados foram registrados para a superfície (Tabela 6.4). A taxa média mais elevada em cada estação do ano seguiu o mesmo padrão evidenciado para a PPL, ou seja, ponto Sul durante a primavera e inverno, ponto Norte no verão e Centro no outono.

Embora a taxa média integrada durante o outono tenha sido negativa (Tabela 6.2), o valor médio mais elevado ocorreu exatamente nesta estação para a superfície no ponto Centro (Tabela 6.4). Isto porque a maior PPL média já havia sido registrada para este ponto durante o outono, aliada ao fato que a menor concentração média de clorofila *a* também tivesse sido verificada (*capítulo 5*). Assim, é bastante provável que tenha ocorrido uma melhor eficiência fotossintética por parte do fitoplâncton neste momento. Aliás, o Centro foi o único ponto a apresentar taxas positivas para todo o perfil, não somente durante o outono, mas também no inverno (Tabela 6.4). Durante o outono foi registrada floração de cianobactérias para todos os

pontos e dias de campanha (Cardoso et al., em preparação), porém por algum motivo a comunidade planctônica neste local tenha sido favorecida aumentando o potencial de produtividade. Este motivo parece estar intimamente vinculado aos consumidores (zooplâncton), pois a taxa de respiração média exibida no Centro durante o outono foi muito inferior à registrada para os outros pontos de amostragem (Tabela 6.2 e Fig. 6.8). Assim, a diminuição da atividade de herbivoria no Centro parece ter sido a chave principal no ganho em termos de PPL e taxa de assimilação. O mesmo raciocínio inverso pode ser feito para os pontos Norte e Sul, pois as atividades respiratórias mais expressivas nestes locais ocorreram justamente durante o outono (Fig. 6.8) impactando assim a produção primária.

Tabela 6.4 – Análise descritiva das taxas de assimilação em $\text{mgC.mgCl}^{-1}.\text{h}^{-1}$ no perfil da coluna d'água, em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

TAXA DE ASSIMILAÇÃO									
PRIMAVERA	NORTE			CENTRO			SUL		
Dez/98	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	0,8	-1,4	-0,4	-1,2	-0,6	-1,1	1,6	2,3	-1,3
Desvio padrão	0,9	2,5	1,3	3,2	2,7	1,1	2,5	4,2	3,4
Mínimo	-0,6	-6,0	-1,8	-6,5	-5,2	-3,7	-1,3	-2,1	-9,3
Máximo	2,3	1,3	2,3	4,8	4,5	-0,1	7,0	10,2	3,6
n	9	9	9	9	9	9	11	11	10
VERÃO	NORTE			CENTRO			SUL		
Mar/99	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	9,0	4,0	-4,3	-2,2	-7,7	-6,8	4,6	4,3	-8,1
Desvio padrão	10,2	8,1	5,7	16,9	19,4	16,0	4,7	6,3	11,7
Mínimo	-3,7	-4,8	-16,4	-36,5	-50,0	-41,6	-3,0	-1,4	-36,1
Máximo	25,4	23,9	0,5	21,3	18,0	14,3	12,3	18,6	2,6
n	11	11	10	10	10	8	11	12	9
OUTONO	NORTE			CENTRO			SUL		
Mai/99	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	-3,3	-5,8	-5,2	14,4	0,4	0,8	2,4	-6,7	-1,9
Desvio padrão	7,2	7,3	11,9	39,0	4,5	7,6	7,9	17,8	2,7
Mínimo	-21,7	-21,7	-33,8	-10,6	-6,9	-6,9	-6,3	-57,4	-5,7
Máximo	2,3	1,7	1,9	133,8	7,7	19,6	20,2	14,1	3,6
n	11	10	8	12	12	9	12	12	9
INVERNO	NORTE			CENTRO			SUL		
Ago/99	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	-0,4	0,5	0,1	4,6	1,5	3,5	7,3	0,4	-1,8
Desvio padrão	4,2	2,8	1,0	7,8	7,1	8,1	9,7	6,6	6,1
Mínimo	-6,5	-4,3	-0,9	-8,8	-10,8	-2,0	-4,4	-11,3	-16,5
Máximo	6,2	7,0	1,9	20,3	11,8	21,2	26,9	10,2	6,2
n	11	11	8	10	9	7	12	12	9

S= superfície, M= meio e F= fundo

As curvas de variação diária da taxa de assimilação ilustraram bem as estações do ano onde cada ponto de amostragem teve seu destaque.

Assim, ficou nítido que o verão tivesse sido a única estação do ano com valores médios positivos para o ponto Norte, especialmente no 3º dia (10h). A PPL foi o fator

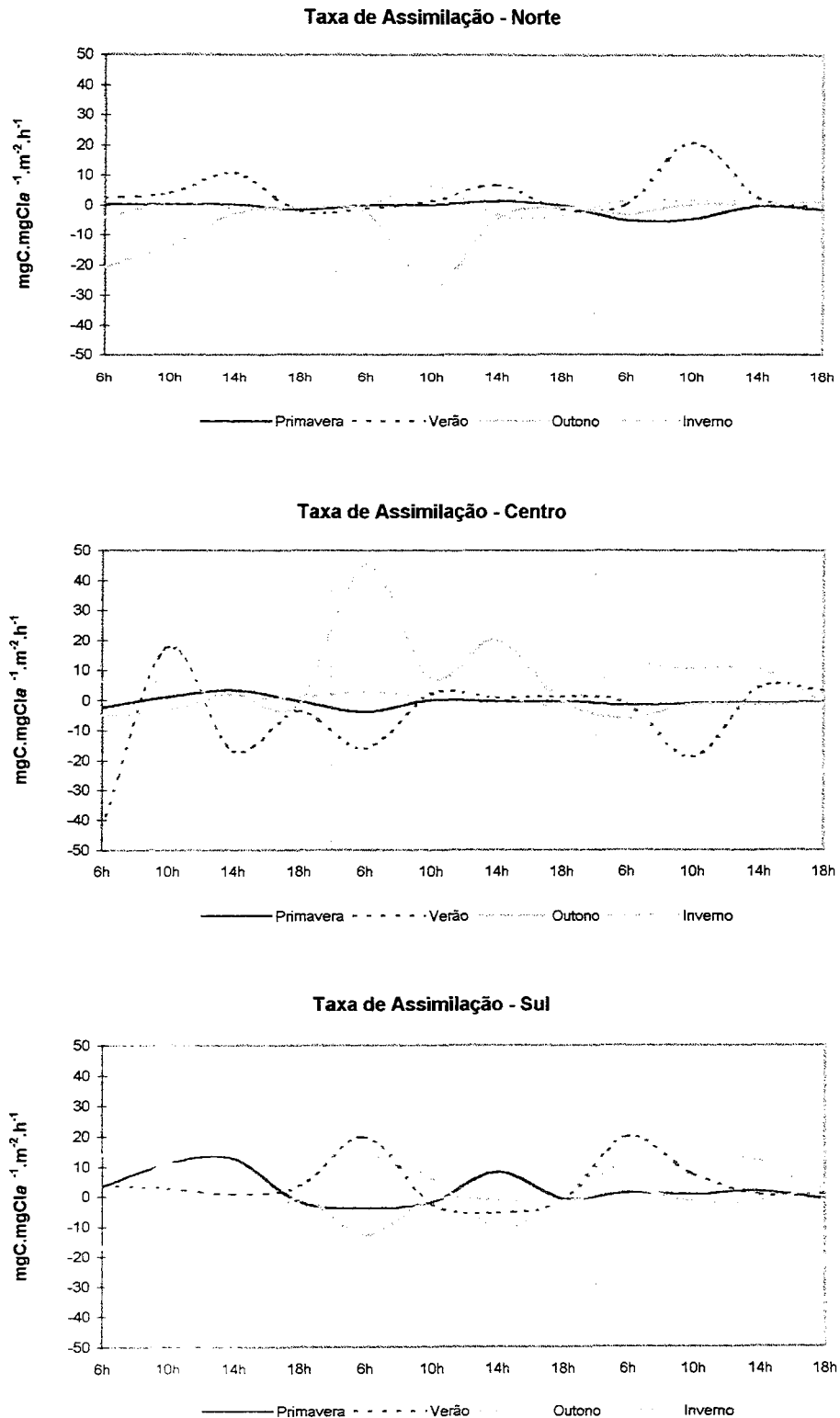


Figura 6.15 - Variação diária da taxa de assimilação, em cada ponto de amostragem, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno= Ago/99

determinante da taxa de assimilação durante o verão e outono, basta confrontar o padrão das curvas de distribuição de ambas (Figs. 6.4 e 6.15). Por outro lado, durante a primavera e inverno a concentração de clorofila *a* teve uma maior influência sobre as taxas de assimilação no Norte, pois foram registradas as maiores médias e intervalo de distribuição deste pigmento nestas ocasiões (*capítulo 5*).

O 2º dia do outono foi decisivo para a obtenção da maior taxa de assimilação registrada neste estudo, bem como o valor médio mais elevado para o Centro. Novamente a PPL foi o fator determinante da taxa de assimilação durante o verão e outono, basta confrontar o padrão das curvas de distribuição de ambas (Figs. 6.4 e 6.15). Embora o padrão exibido durante a primavera e inverno quase sempre tenha repetido o comportamento da PPL, o pigmento fitoplanctônico teve uma atuação marcante, pois suavizou bastante a distribuição das taxas nestes períodos.

No ponto Sul a PPL foi determinante no comportamento das taxas de assimilação sazonalmente, pois o mesmo padrão foi evidenciado (Figs. 6.4 e 6.15). Ficou visível por que somente no outono o valor médio da taxa de assimilação tenha sido negativo, bem como, a obtenção dos maiores valores médios nas demais estações do ano.

Comparando as taxas diurnas e diárias notou-se peculiaridades sazonais em cada ponto de amostragem (Fig. 6.16).

No Norte, ambas taxas foram coincidentes na primavera e em grande parte no outono, sendo que no verão as taxas diárias foram superiores às diurnas, ocorrendo o oposto no inverno (Fig. 6.16). Este comportamento mostrou que para as estações intermediárias do ano a amostragem às 18h não teve maiores influências nas taxas diárias de assimilação. Contudo, durante o verão e inverno este período do final do dia teve implicações nestas taxas diárias. O padrão de distribuição das taxas sazonalmente exibiu o mesmo modelo evidenciado para a PPL, porém com menores discrepâncias no inverno (Figs. 6.6 e 6.16).

Para o Centro, em algum momento das campanhas sazonais as taxas diárias superaram às diurnas, excetuando o verão (Fig. 6.16). Bem como, valores coincidentes em ambas taxas ocorreram para todas as estações do ano. Geralmente o padrão de distribuição das taxas de assimilação seguiu os de PPL, principalmente no outono e inverno.

No Sul, novamente a PPL foi determinante no comportamento das taxas de assimilação sazonalmente, pois o mesmo padrão de distribuição das taxas diurnas e diárias foi evidenciado (Figs. 6.6 e 6.16).

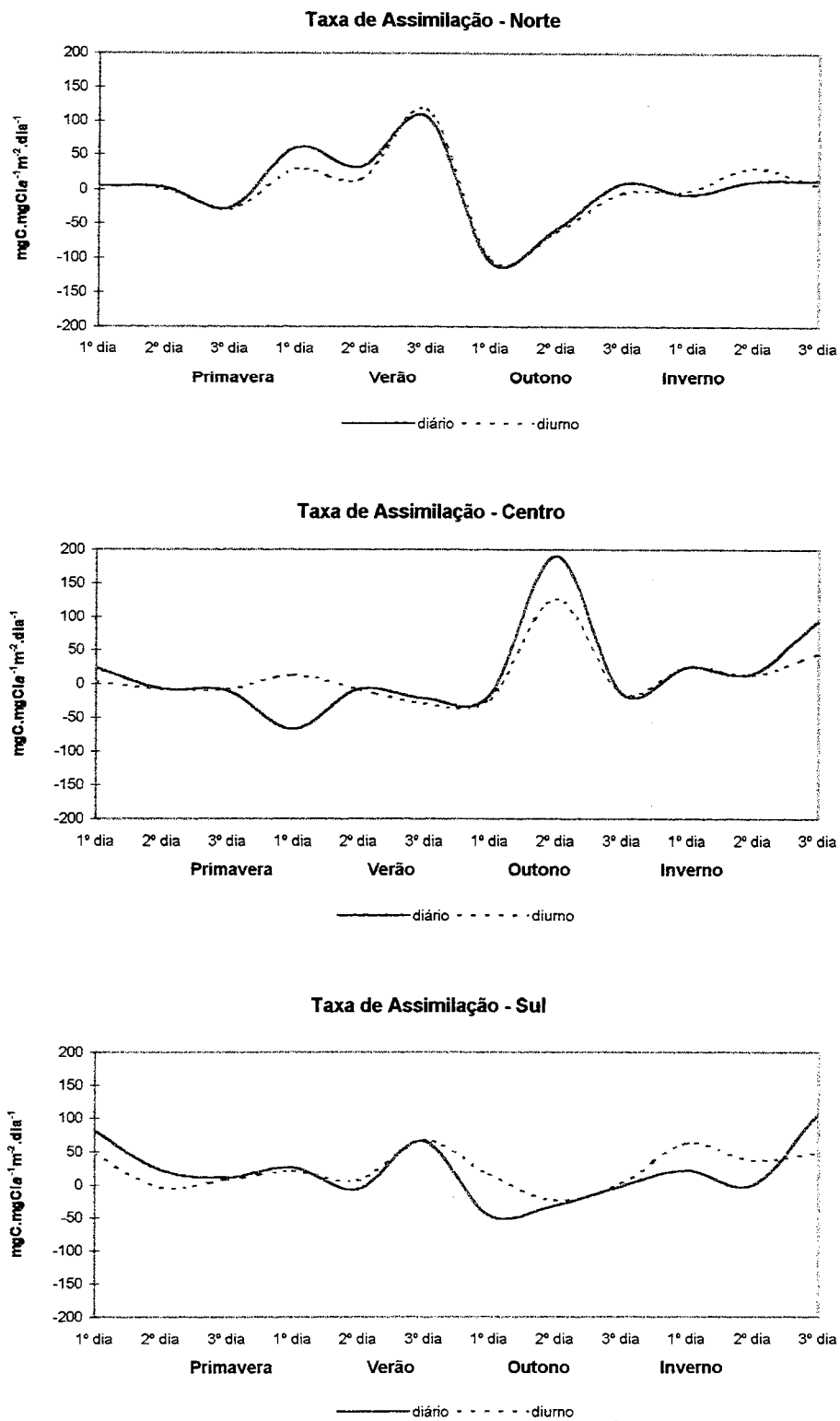


Figura 6.16 - Relação da taxa de assimilação, em taxas diárias (24h) e diurnas (12h), nos pontos de amostragem em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva.

Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno= Ago/99

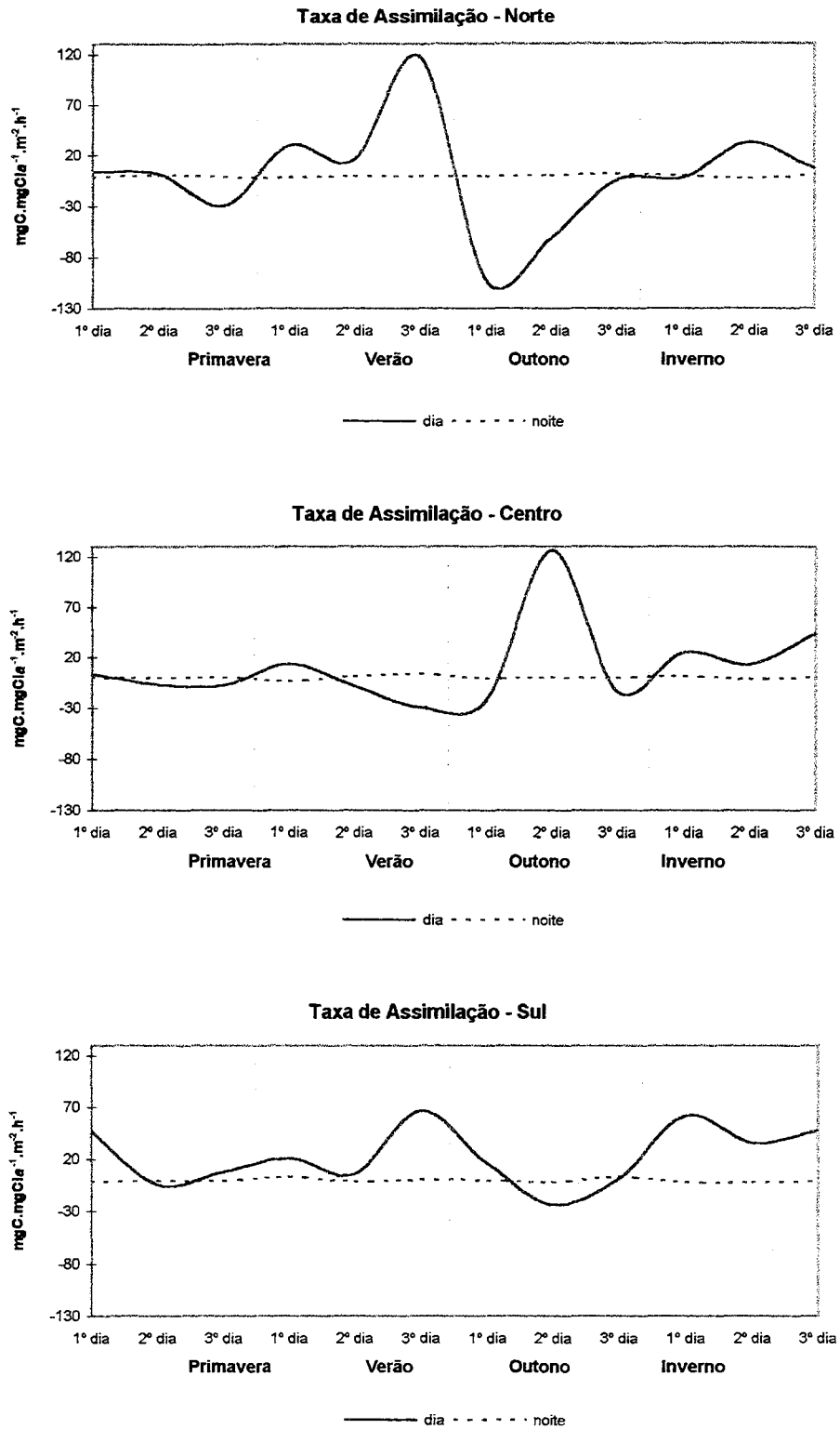


Figura 6.17 - Relação da taxa de assimilação, durante o turno diurno (6-14h), e respiração noturna nos pontos de amostragem em cada campanha sazonal na Lagoa Itapeva. Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno= Ago/99

Comparando as taxas diurnas com as noturnas, mais uma vez ficou comprovado a redução da atividade metabólica durante a noite (Fig. 6.17). Ao confrontar estas taxas com a PPL ficaram bastante evidentes os momentos em que os pigmentos foram decisivos para a modificação destas taxas de assimilação (Figs. 6.7 e 6.17). Por exemplo, no Norte o 3º dia da primavera e o 2º dia do inverno tiveram suas taxas de assimilação diurnas mais achatadas em relação a PPL, devido a um aumento na concentração de clorofila α nestas amostras. Já no Centro, este mesmo comportamento ocorreu para o 1º dia do verão e 2º dia no outono. No Sul, como o padrão entre ambas foi praticamente o mesmo, somente no 3º dia do inverno o pigmento teve uma influência maior sobre o valor da taxa de assimilação.

Porém, ao confrontar estas taxas de assimilação com a respiração, ficaram bastante evidentes os momentos em que o aumento da atividade respiratória diurna tenha contribuído para uma maior taxa de assimilação noturna (Figs. 6.10 e 6.17). Este fato foi coincidente para os pontos Norte e Sul, não sendo relacionado para todas as situações no ponto Centro (3º dia do verão e outono). Talvez isto esteja relacionado com a pequena oscilação nas taxas respiratórias sazonalmente no Centro.

Baixa taxa de assimilação pode ser indicativa de uma grande quantidade de clorofila inativa na coluna d'água, também o potencial de ressuspensão de matéria orgânica e pigmentos degradados podem diminuir "artificialmente" a taxa de assimilação. Por outro lado, altas taxas de assimilação são devidas ao incremento da produção primária influenciada basicamente pela temperatura (Moreira, 1988).

Análise dos Dados

A análise ANOVA de medidas repetidas ("two-way") foi aplicada para os dados de produção primária diários e diurnos. Quando os fatores testados foram mês e dia de campanha, variância significativa foi evidenciada somente na interação entre mês da campanha e taxa de assimilação diária (Tabela 6.5), ou seja, as médias da taxa de assimilação diária sazonalmente foram significativamente diferentes. Contudo, para os fatores mês de campanha e ponto de amostragem um forte efeito do mês foi evidenciado para as taxas de respiração diurnas (Tabela 6.6), mostrando que as médias sazonais de respiração diurnas foram significativamente diferentes. Já para os fatores ponto e dia de amostragem testados, o efeito da interação do dia com as taxas de respiração diárias foi significativo (Tabela 6.7), o que significa dizer que as médias da respiração diária foram diferentes em cada um dos três dias de amostragem. Estas análises parecem ter apenas salientado as maiores variâncias,

provavelmente devido ao reduzido número de amostras (n=12 e 9) e por os dados estarem integrados em turnos, o que ameniza bastante as variações.

Tabela 6.5 - Medidas repetidas (ANOVA "two-way") para produção primária (n=12), testando mês e dia de campanha como fatores nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.

Diário (24h)				Diário (24h)				Diurno (12h)				Diurno (12h)							
1-MÊS, 2-PPL				1-DIA, 2-PPL				1-MÊS, 2-PPL				1-DIA, 2-PPL							
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level				
1	3	8	0,48	0,71	1	2	9	1,18	0,35	1	3	8	0,92	0,47	1	2	9	0,23	0,80
2	2	16	3,00	0,08	2	2	18	1,97	0,17	2	2	16	2,75	0,09	2	2	18	2,29	0,13
12	6	16	2,59	0,06	12	4	18	0,66	0,63	12	6	16	1,63	0,20	12	4	18	0,88	0,49
1-MÊS, 2-RESP				1-DIA, 2-RESP				1-MÊS, 2-RESP				1-DIA, 2-RESP							
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level				
1	3	8	0,95	0,46	1	2	9	0,38	0,70	1	3	8	1,65	0,25	1	2	9	0,07	0,93
2	2	16	1,45	0,26	2	2	18	1,67	0,22	2	2	16	0,78	0,48	2	2	18	0,96	0,40
12	6	16	0,33	0,91	12	4	18	0,69	0,61	12	6	16	0,17	0,98	12	4	18	0,77	0,56
1-MÊS, 2-TAXA				1-DIA, 2-TAXA				1-MÊS, 2-TAXA				1-DIA, 2-TAXA							
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level				
1	3	8	0,76	0,55	1	2	9	0,66	0,54	1	3	8	2,98	0,10	1	2	9	0,14	0,87
2	2	16	0,46	0,64	2	2	18	0,28	0,76	2	2	16	1,11	0,35	2	2	18	0,89	0,43
12	6	16	3,23	0,03	12	4	18	0,76	0,56	12	6	16	1,93	0,14	12	4	18	1,04	0,42

PPL = produção primária líquida, RESP = respiração, TAXA= taxa de assimilação, dfE= graus de liberdade do efeito, dfe= graus de liberdade do erro

Tabela 6.6 - Medidas repetidas (ANOVA "two-way") para produção primária (n=12), testando mês e ponto de amostragem como fatores nos dias de campanha na Lagoa Itapeva.

Diário (24h)				Diário (24h)				Diurno (12h)				Diurno (12h)							
1-MÊS, 2-PPL				1-PONTO, 2-PPL				1-MÊS, 2-PPL				1-PONTO, 2-PPL							
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level				
1	3	8	0,44	0,73	1	2	9	1,42	0,29	1	3	8	0,71	0,57	1	2	9	1,78	0,22
2	2	16	2,43	0,12	2	2	18	1,62	0,23	2	2	16	0,38	0,69	2	2	18	0,30	0,74
12	6	16	2,50	0,07	12	4	18	0,67	0,62	12	6	16	1,84	0,16	12	4	18	0,83	0,52
1-MÊS, 2-RESP				1-PONTO, 2-RESP				1-MÊS, 2-RESP				1-PONTO, 2-RESP							
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level				
1	3	8	3,02	0,09	1	2	9	1,74	0,23	1	3	8	7,61	0,01	1	2	9	0,83	0,47
2	2	16	0,82	0,46	2	2	18	0,53	0,59	2	2	16	0,14	0,87	2	2	18	0,10	0,90
12	6	16	2,32	0,08	12	4	18	0,39	0,81	12	6	16	1,94	0,14	12	4	18	0,45	0,77
1-MÊS, 2-TAXA				1-PONTO, 2-TAXA				1-MÊS, 2-TAXA				1-PONTO, 2-TAXA							
dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level	dfE	dfe	F	p-level				
1	3	8	0,50	0,69	1	2	9	0,18	0,84	1	3	8	1,24	0,36	1	2	9	0,55	0,59
2	2	16	1,09	0,36	2	2	18	0,90	0,42	2	2	16	0,18	0,84	2	2	18	0,20	0,82
12	6	16	1,84	0,15	12	4	18	1,05	0,41	12	6	16	0,90	0,52	12	4	18	1,43	0,26

PPL = produção primária líquida, RESP = respiração, TAXA= taxa de assimilação, dfE= graus de liberdade do efeito, dfe= graus de liberdade do erro

Tabela 6.7 - Medidas repetidas (ANOVA "two-way") para produção primária (n=9), testando dia e ponto de amostragem como fatores nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

Diário (24h)					Diário (24h)					Diurno (12h)					Diurno (12h)				
1-PONTO, 2-PPL					1-DIA, 2-PPL					1-PONTO, 2-PPL					1-DIA, 2-PPL				
dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level	
1	2	6	2,19	0,19	1	2	6	1,42	0,31	1	2	6	3,30	0,11	1	2	6	0,24	0,80
2	3	18	0,69	0,57	2	3	18	0,66	0,59	2	3	18	1,07	0,39	2	3	18	1,13	0,36
12	6	18	1,65	0,19	12	6	18	1,41	0,26	12	6	18	1,29	0,31	12	6	18	1,53	0,22
1-PONTO, 2-RESP					1-DIA, 2-RESP					1-PONTO, 2-RESP					1-DIA, 2-RESP				
dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level	
1	2	6	2,16	0,20	1	2	6	0,93	0,45	1	2	6	1,68	0,26	1	2	6	0,21	0,81
2	3	18	1,21	0,34	2	3	18	2,13	0,13	2	3	18	1,76	0,19	2	3	18	3,05	0,06
12	6	18	0,22	0,97	12	6	18	2,67	0,05	12	6	18	0,12	0,99	12	6	18	2,40	0,07
1-PONTO, 2-TAXA					1-DIA, 2-TAXA					1-PONTO, 2-TAXA					1-DIA, 2-TAXA				
dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level	
1	2	6	0,38	0,70	1	2	6	1,08	0,40	1	2	6	1,20	0,36	1	2	6	0,15	0,87
2	3	18	1,04	0,40	2	3	18	0,75	0,54	2	3	18	2,37	0,10	2	3	18	1,72	0,20
12	6	18	2,65	0,05	12	6	18	1,10	0,40	12	6	18	2,14	0,10	12	6	18	0,72	0,64

PPL = produção primária líquida, RESP = respiração, TAXA= taxa de assimilação, dfE= graus de liberdade do efeito, dfe= graus de liberdade do erro

Entretanto, a análise ANOVA de medidas repetidas (“three-way”) quando aplicada aos dados de produção primária nos turnos de amostragem evidenciou variâncias distintas entre estes. Para a produção primária líquida (PPL) o fator ponto de amostragem, bem como as interações entre dia-ponto, dia-hora, ponto-hora, ponto-PPL e hora-PPL apresentaram variâncias significativas (Tabela 6.8). Era esperado que as taxas apresentassem diferenças significativas entre os períodos de incubação ao longo do dia, pois a intensidade luminosa é um fator externo fundamental para a produção primária. Porém, além disso, a interação do fator hora com dia ou com ponto revelou a não existência de um padrão fotossintético nem nos dias em cada estação do ano e nem nos pontos de amostragem. Desta forma, estaria sendo incorporado um erro muito grande se fosse utilizado somente um dos pontos de amostragem para realizar estimativas de PPL para toda a Lagoa Itapeva. Além disso, o objetivo principal era exatamente verificar a influência que a hidrodinâmica (regida pelo vento) exercia sobre a atividade planctônica em cada um dos pontos de amostragem sazonalmente.

Contudo para as taxas de respiração o efeito do ponto somente foi significativo quando interagindo com o dia e a respiração. Por outro lado, o fator hora isoladamente teve um forte efeito na respiração ($p < 0,01$), assim como as taxas respiratórias independentemente dos efeitos testados (Tabela 6.8), basta ver a grande amplitude de variação exibida (Fig. 6.8). A taxa de assimilação somente apresentou variância significativa quando interagindo com o ponto ou com ponto e hora (Tabela 6.8). Embora a taxa de assimilação esteja diretamente relacionada com a PPL, não foram verificadas variâncias com as mesmas combinações de fatores. Este fato deve ter tido uma influência por parte da clorofila a , a qual está

inversamente relacionada com a taxa de assimilação, e que também apresentou respostas na sua distribuição em função do vento (*capítulo 5*).

Tabela 6.8 - Medidas repetidas (ANOVA "three-way") para produção primária (n=36), testando dia, hora e ponto de amostragem como fatores nas campanhas sazonais da Lagoa Itapeva.

1-DIA, 2-PONTO, 3-PPL					1-DIA, 2-PONTO, 3-RESP					1-DIA, 2-PONTO, 3-TAXA				
dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level	
1	2	27	1,65	0,210	1	2	27	0,26	0,775	1	2	27	1,58	0,225
2	2	27	6,17	0,006	2	2	27	0,47	0,629	2	2	27	1,69	0,204
3	3	81	1,47	0,230	3	3	81	5,32	0,002	3	3	81	1,57	0,204
12	4	27	0,95	0,449	12	4	27	0,54	0,704	12	4	27	1,52	0,224
13	6	81	1,44	0,208	13	6	81	1,58	0,162	13	6	81	1,23	0,299
23	6	81	2,76	0,017	23	6	81	0,88	0,510	23	6	81	3,45	0,004
123	12	81	0,93	0,519	123	12	81	2,09	0,027	123	12	81	1,06	0,406
1-DIA, 2-HORA, 3-PPL					1-DIA, 2-HORA, 3-RESP					1-DIA, 2-HORA, 3-TAXA				
dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level	
1	2	24	1,11	0,346	1	2	24	0,45	0,645	1	2	24	1,58	0,227
2	3	24	0,64	0,597	2	3	24	8,11	0,001	2	3	24	0,63	0,604
3	3	72	1,38	0,257	3	3	72	4,59	0,005	3	3	72	1,20	0,317
12	6	24	0,51	0,797	12	6	24	0,65	0,689	12	6	24	1,77	0,148
13	6	72	1,36	0,244	13	6	72	1,37	0,240	13	6	72	0,94	0,471
23	9	72	2,04	0,047	23	9	72	1,36	0,221	23	9	72	0,69	0,717
123	18	72	0,66	0,841	123	18	72	0,65	0,845	123	18	72	0,52	0,942
1-PONTO, 2-HORA, 3-PPL					1-PONTO, 2-HORA, 3-RESP					1-PONTO, 2-HORA, 3-TAXA				
dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level		dfE	dfe	F	p-level	
1	2	24	8,29	0,002	1	2	24	0,83	0,450	1	2	24	1,45	0,254
2	3	24	1,28	0,303	2	3	24	8,21	0,001	2	3	24	0,54	0,659
3	3	72	1,80	0,155	3	3	72	4,11	0,010	3	3	72	1,78	0,160
12	6	24	3,01	0,025	12	6	24	0,58	0,742	12	6	24	0,93	0,490
13	6	72	3,40	0,005	13	6	72	0,68	0,664	13	6	72	3,91	0,002
23	9	72	2,67	0,010	23	9	72	1,22	0,295	23	9	72	1,02	0,433
123	18	72	1,55	0,098	123	18	72	0,35	0,993	123	18	72	1,85	0,035

PPL = produção primária líquida, RESP = respiração, TAXA= taxa de assimilação, dfE= graus de liberdade do efeito, dfe= graus de liberdade do erro

Ao comparar as correlações dos dados de produção primária diários e diurnos notou-se peculiaridades inerentes a estas taxas nos pontos de amostragem (Tabela 6.9). Era de se esperar a existência de correlações negativas entre os dados de PPL e de respiração, porém para os dados diários estas correlações foram significativas para os pontos Norte ($r = -0,71$) e Centro ($r = -0,58$), enquanto que para as taxas diurnas, somente para o Norte ($r = -0,78$). A falta de relação entre estas taxas para o Sul provavelmente esteve relacionada com o caráter autotrófico evidenciado neste ponto (Fig. 6.6). O Centro não apresentou correlação significativa em termos das taxas diurnas, provavelmente pela pequena oscilação nas taxas de respiração neste período em comparação com as taxas diárias (Fig. 6.9). Da mesma forma correlações negativas entre respiração e taxa de assimilação seriam esperadas, sendo que foram significativas somente no Norte ($r = -0,70$) para as taxas diárias, e no Norte ($r = -0,60$) e

Tabela 6.9 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de produção primária, entre taxas diárias (24h) e diurnas (12h), em cada ponto de amostragem durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

	PPLN24H	PPLC24H	PPLS24H	RESPN24H	RESPC24H	RESPS24H	TAXAN24H	TAXAC24H	TAXAS24H	PPLN12H	PPLC12H	PPLS12H	RESPN12H	RESPC12H	RESPS12H	TAXAN12H	TAXAC12H	TAXAS12H	
PPLN24H	1																		
PPLC24H		1																	
PPLS24H			1																
RESPN24H	-0,71			1															
RESPC24H		-0,58		0,59	1														
RESPS24H						1													
TAXAN24H	0,83			-0,70		-0,58	1												
TAXAC24H		0,77						1											
TAXAS24H			0,73		-0,70		0,59		1										
PPLN12H	0,70			-0,76			0,86			1									
PPLC12H		0,92						0,75			1								
PPLS12H			0,65									1							
RESPN12H	-0,61			0,98			-0,63			-0,78			1						
RESPC12H					0,79	0,61			-0,77					1					
RESPS12H						0,85			-0,63					0,62	1				
TAXAN12H	0,75			-0,64			0,97		0,60	0,91			-0,60	-0,59		1			
TAXAC12H								0,90									1		
TAXAS12H									0,67			0,73	-0,67	-0,73					1

PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, TAXA = taxa de assimilação, 24H= taxa diária, 12H= taxa diurna, N=Norte, C= Centro, S= Sul

Tabela 6.10 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de produção primária, entre taxas diurnas (12h) e noturnas (18h), em cada ponto de amostragem durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

	PPLN12H	PPLC12H	PPLS12H	RESPN12H	RESPC12H	RESPS12H	TAXAN12H	TAXAC12H	TAXAS12H	PPLN18H	PPLC18H	PPLS18H	RESPN18H	RESPC18H	RESPS18H	TAXAN18H	TAXAC18H	TAXAS18H	
PPLN12H	1																		
PPLC12H		1																	
PPLS12H			1																
RESPN12H	-0,78			1															
RESPC12H					1														
RESPS12H					0,62	1													
TAXAN12H	0,91			-0,60	-0,59		1												
TAXAC12H								1											
TAXAS12H			0,73		-0,67	-0,73			1										
PPLN18H										1									
PPLC18H			-0,69								1								
PPLS18H			0,63				0,60					1							
RESPN18H													1						
RESPC18H				0,71										1					
RESPS18H															1				
TAXAN18H										0,86						1			
TAXAC18H		0,78									0,77	-0,68					1		
TAXAS18H		-0,66										0,65							1

PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, TAXA = taxa de assimilação, 12H= taxa diurna, 18H= taxa noturna, N=Norte, C= Centro, S= Sul

Tabela 6.11 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 9$) de produção primária, em taxas diárias (24h), durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

24h	PPLDEZ	PPLMAR	PPLMAI	PPLAGO	RESPDEZ	RESPMAR	RESPMAI	RESPAGO	TAXADEZ	TAXAMAR	TAXAMAI	TAXAAGO
PPLDEZ	1											
PPLMAR		1										
PPLMAI			1									
PPLAGO				1								
RESPDEZ					1							
RESPMAR						1						
RESPMAI			-0,70				1					
RESPAGO				-0,74				1				
TAXADEZ	0,81								1			
TAXAMAR		0,91								1		
TAXAMAI			0,82								1	
TAXAAGO				0,88								1

PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, TAXA = taxa de assimilação, Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Tabela 6.12 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 9$) de produção primária, em taxas diurnas (12h), durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

diurno	PPLDEZ	PPLMAR	PPLMAI	PPLAGO	RESPDEZ	RESPMAR	RESPMAI	RESPAGO	TAXADEZ	TAXAMAR	TAXAMAI	TAXAAGO
PPLDEZ	1											
PPLMAR		1										
PPLMAI			1									
PPLAGO				1								
RESPDEZ	-0,75				1							
RESPMAR						1						
RESPMAI			-0,78				1					
RESPAGO								1				
TAXADEZ	0,82								1			
TAXAMAR		0,70			0,77					1		
TAXAMAI			0,86								1	
TAXAAGO												1

PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, TAXA = taxa de assimilação, Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno

Sul ($r = -0,73$) para as taxas diurnas. Realmente os fortes picos de respiração exibidos no Norte promoveram uma diminuição da PPL, e conseqüentemente da taxa de assimilação (Fig. 6.9). Já entre PPL e taxa de assimilação era esperado encontrar correlações positivas, e de fato estas ocorreram para todos os pontos nas taxas diárias, porém não foram significativas para o Centro nas taxas diurnas (Tabela 6.9). Existiram dois momentos discrepantes entre PPL e as taxas de assimilação diurnas, um no verão e o outro no inverno, que certamente contribuíram para esta ausência de relação significativa (Figs. 6.6 e 6.16).

Correlações entre as taxas de produção (PPL, respiração e assimilação) diárias e diurnas foram positivas e significativas para todos os pontos (Tabela 6.9). Algumas correlações entre os pontos também foram evidenciadas nesta análise, porém somente em nível de respiração e taxas de assimilação dentro das análises diárias e diurnas. Quanto à respiração, as taxas diárias evidenciaram uma maior correlação entre os pontos Norte e Centro ($r = 0,59$), enquanto que, para as taxas diurnas, estas foram significativas para o Centro e Sul ($r = 0,62$). Realmente entre estes pontos as taxas apresentaram um padrão de distribuição mais semelhante entre si (Fig. 6.9). A taxa de assimilação apresentou correlação significativa a nível diário entre Norte e Sul ($r = 0,59$). Principalmente a partir do verão o padrão de oscilação sazonal entre estes pontos foi mais similar nas taxas diárias (Fig. 6.16). Correlações entre respiração e taxa de assimilação também foram significativas em alguns casos (Tabela 6.9).

Correlações entre as taxas obtidas nos turnos diurno e noturno foram menos significativas, já que não ocorre produção primária noturna (Figs. 6.7, 6.10 e 6.17). Somente para o ponto Sul correlação entre PPL foi significativa entre os turnos ($r = 0,63$) (Tabela 6.10). Correlações entre PPL e taxa de assimilação foram comuns de ocorrer, visto que estas apresentam relação direta entre si (Tabela 6.10).

Correlações para produção primária entre as campanhas sazonais evidenciaram relações significativas entre PPL e taxa de assimilação em todas as estações do ano a nível diário (Tabela 6.11), porém, não foi significativa para o inverno nas taxas diurnas (Tabela 6.12). De fato, havia sido constatada uma maior diferença entre as taxas de PPL diárias e diurnas durante o inverno (Fig. 6.6). PPL e respiração exibiram correlações significativas para o outono ($r = -0,70$) e inverno ($r = -0,74$) nas taxas diárias, e para a primavera ($r = -0,75$) e outono ($r = -0,78$) nas taxas diurnas.

Com o intuito de verificar a influência que as variáveis ambientais (físico-químicas, hidrometeorológicas e biomassa fitoplanctônica) exerceram sobre a produção primária, uma análise de correlação sazonal e dentro de cada ponto sazonalmente foi realizada (Tabelas 6.13 a 6.16).

Embora muitas alterações nas taxas de produção primária tivessem coincidido com momentos onde o efeito do vento (através do *fetch*) havia perturbado visivelmente a coluna d'água, correlações significativas entre estas variáveis somente ocorreram no verão e outono (Tabelas 6.14 e 6.15). No verão, a velocidade do vento teve um efeito benéfico sobre a PPL do ponto Centro ($r= 0,68$ e $0,70$), enquanto que a direção do vento teve uma relação inversa com a respiração no Norte ($r= -0,70$) e com a taxa de assimilação no Sul ($r= -0,60$). Durante o verão, tanto velocidade como direção do vento (NE) oscilaram muito pouco (*capítulo 3*), agindo de forma inversa nos pontos extremos da lagoa. Para o outono, somente a velocidade média do vento teve correlação significativa com a respiração no Sul ($r= -0,58$). Nesta estação, o declínio da velocidade do vento durante a campanha coincidiu com o pico de floração de cianobactérias no Sul, causando sombreamento na coluna d'água aumentando assim a demanda de oxigênio pela comunidade planctônica. A precipitação parece ter levemente favorecido a PPL durante a primavera ($r= 0,40$) e, no outono, mais relacionada com a PPL e taxa de assimilação no Sul ($r= 0,66$ e $0,58$ respectivamente). Realmente, se a precipitação não for muito intensa a ponto de interferir nas propriedades físicas da água (transparência, turbidez etc) ela pode beneficiar a comunidade planctônica através de um aumento na carga de nutrientes.

As variáveis hidrológicas apresentaram correlação no outono e inverno (Tabelas 6.15 e 6.16), no verão estas não foram significativas e na primavera estas variáveis não foram medidas. Assim, o aumento do nível d'água acompanhou a diminuição da PPL durante o outono ($r= -0,39$), e um aumento na taxa respiratória ($r= 0,44$), especialmente no Norte ($r= 0,69$). Também no Norte a respiração esteve correlacionada com a velocidade do movimento d'água ($r= 0,63$). Já havia sido mencionado anteriormente que nesta estação do ano o efeito do *fetch* de SW perturbou visivelmente o ponto Norte, através da drástica diminuição da PPL (Fig. 6.6), forte pico da respiração (Fig. 6.9) e alteração das propriedades físico-químicas da água (*capítulo 4*), devido ao deslocamento da água para este ponto (*capítulo 3*). Já durante o inverno, somente a direção do fluxo d'água correlacionou-se significativamente com a taxa de assimilação ($r= 0,36$), especialmente no Centro ($r= 0,61$). À medida que a água deslocava-se mais do sentido NE para SW, um aumento da taxa de assimilação era verificado, principalmente no Centro.

Contudo, Schwoerbel (1987) afirmou que o movimento e a taxa de fluxo de água não tem efeito direto na fotossíntese, mas a absorção de nutrientes é promovida em águas correntes. Porém, foi constatada relação entre as variáveis hidrológicas e produção primária para a Lagoa Itapeva.

Tabela 6.13 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de variáveis físico-químicas, meteorológicas e de produção primária na primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva

Dez/98	VMED	VMAX	DIR	P	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA
PPL				0,40		-0,41		0,40	-0,36						-0,42						-0,55	1		
RESP																						-0,38	1	
TAXA						-0,36		0,41	-0,34						-0,48							0,85		1
Norte	VMED	VMAX	DIR	P	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA
PPL																							1	
RESP																0,59						-0,84	1	
TAXA					0,58																	0,94	-0,88	1
Centro	VMED	VMAX	DIR	P	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA
PPL																							1	
RESP																						-0,80	1	
TAXA																						0,96	-0,76	1
Sul	VMED	VMAX	DIR	P	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA
PPL																							1	
RESP																								1
TAXA																						0,87		1

VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação, TURB = turbidez, ZDS= profundidade do disco de Secchi (m), T°C= temperatura d'água, k= coeficiente de atenuação vertical, Zeu= extensão da zona eufótica (m), Zafo= extensão da zona afótica (m), Zmix= zona de mistura, ST = sólido total, SS = sólido suspenso, SD = sólido dissolvido, N:P = relação nitrogênio total e fósforo total, Cl a = clorofila a, FEO= feopigmento, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, TAXA = taxa de assimilação,

Tabela 6.14 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de variáveis físico-químicas, hidrometeorológicas e de produção primária no verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.

Mar/99	VMED	VMAX	DIR	P	NIV	VEL	DH ₂ O	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA	
PPL																	0,34								1			
RESP			-0,36																						-0,52	1		
TAXA																									0,82	-0,55	1	
Norte	VMED	VMAX	DIR	P	NIV	VEL	DH ₂ O	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA	
PPL																										1		
RESP			-0,70																								1	
TAXA																									0,99			1
Centro	VMED	VMAX	DIR	P	NIV	VEL	DH ₂ O	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA	
PPL	0,70	0,68							0,63																	1		
RESP																										-0,84	1	
TAXA									0,58																	0,73	-0,81	1
Sul	VMED	VMAX	DIR	P	NIV	VEL	DH ₂ O	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA	
PPL								-0,67												-0,78	0,78					1		
RESP											-0,59	0,65	-0,58	0,65		0,71											1	
TAXA			-0,60					-0,61												-0,82	0,83		0,58			0,93		1

VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação, NIV = nível d'água, VEL = velocidade d'água, DH₂O = direção do movimento d'água, T°C = temperatura d'água, TURB = turbidez, ZDS = profundidade do disco de Secchi (m), k = coeficiente de atenuação vertical, Zeu = extensão da zona eufótica (m), Zafo = extensão da zona afótica (m), Zmix = zona de mistura, ST = sólido total, SS = sólido suspenso, SD = sólido dissolvido, N:P = relação nitrogênio total e fósforo total, Cl a = clorofila a, FEO = feopigmento, PPL = produção primária líquida, RESP = respiração, TAXA = taxa de assimilação

Tabela 6.15 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de variáveis físico-químicas, hidrometeorológicas e de produção primária no outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.

Mai/99	VMED	VMAX	DIR	P	NIV	VEL	D _{H₂O}	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA	
PPL					-0,39			0,37	0,44	-0,56		-0,53		-0,42	-0,53	-0,56		-0,44	-0,50							1		
RESP					0,44			-0,51			-0,40	0,51	-0,37	0,50					0,40						-0,55	1		
TAXA									0,40	-0,34						-0,34			-0,33						0,80		1	
Norte	VMED	VMAX	DIR	P	NIV	VEL	D _{H₂O}	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA	
PPL								0,62						-0,60					-0,58					0,76		1		
RESP					0,69	0,63		-0,68				0,64		0,66		0,62			0,64	0,62				-0,67		-0,87	1	
TAXA																								0,82		0,94	-0,83	1
Centro	VMED	VMAX	DIR	P	NIV	VEL	D _{H₂O}	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA	
PPL																										1		
RESP																											1	
TAXA																					0,60					0,91		1
Sul	VMED	VMAX	DIR	P	NIV	VEL	D _{H₂O}	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA	
PPL																										1		
RESP		-0,58																									1	
TAXA																										0,77	1	

VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação, NIV = nível d'água, VEL = velocidade d'água, D_{H₂O} = direção do movimento d'água, T°C = temperatura d'água, TURB = turbidez, ZDS = profundidade do disco de Secchi (m), k = coeficiente de atenuação vertical, Zeu = extensão da zona eufótica (m), Zafo = extensão da zona afótica (m), Zmix = zona de mistura, ST = sólido total, SS = sólido suspenso, SD = sólido dissolvido, N:P = relação nitrogênio total e fósforo total, CL a = clorofila a, FEO = feopigmento, PPL = produção primária líquida, RESP = respiração, TAXA = taxa de assimilação

Tabela 6.16 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de variáveis físico-químicas, hidrometeorológicas e de produção primária no inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.

Ago/99	VMED	VMAX	DIR	P	NIV	VEL	DH ₂ O	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA
PPL																	0,41								1		
RESP														0,34											-0,59	1	
TAXA							0,36										0,37						-0,34	0,80	-0,37	1	
Norte	VMED	VMAX	DIR	P	NIV	VEL	DH ₂ O	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA
PPL																									1		
RESP													0,65	0,63											-0,71	1	
TAXA																								0,94	-0,60	1	
Centro	VMED	VMAX	DIR	P	NIV	VEL	DH ₂ O	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA
PPL																	0,74								1		
RESP									0,71																	1	
TAXA							0,61																	0,58		1	
Sul	VMED	VMAX	DIR	P	NIV	VEL	DH ₂ O	T°C	pH	TURB	ZDS	k	ZEU:ZAFO	ZMIX:ZEU	ST	SS	SD	NT	PT	N:P	NO ₃ ⁻	CO ₂	CL a	FEO	PPL	RESP	TAXA
PPL																									1		
RESP																				-0,61			0,69	0,72		1	
TAXA																								0,96		1	

VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, P = precipitação, NIV = nível d'água, VEL = velocidade d'água, DH₂O = direção do movimento d'água, T°C = temperatura d'água, TURB = turbidez, ZDS = profundidade do disco de Secchi (m), k = coeficiente de atenuação vertical, Zeu = extensão da zona eufótica (m), Zaf = extensão da zona afótica (m), Zmix = zona de mistura, ST = sólido total, SS = sólido suspenso, SD = sólido dissolvido, N:P = relação nitrogênio total e fósforo total, CL a = clorofila a, FEO = feopigmento, PPL = produção primária líquida, RESP = respiração, TAXA = taxa de assimilação

As variáveis físico-químicas estiveram mais frequentemente correlacionadas com a produção primária durante o outono seguido da primavera, e no ponto Sul, durante o verão, sendo escassas no inverno (Tabelas 6.13 a 6.16).

Com relação à temperatura da água, correlação entre esta variável e a PPL foi significativa e direta para o outono ($r=0,37$), especialmente no Norte ($r=0,62$), sendo inversa no Sul durante o verão ($r=-0,67$). A temperatura da água também esteve correlacionada com a respiração no outono ($r=-0,51$), principalmente no Norte ($r=-0,68$), e com a taxa de assimilação no Sul durante o verão ($r=-0,61$) e no Norte na primavera ($r=0,58$).

Embora alterações no pH sejam indicativas de atividade fotossintética, através do consumo de CO_2 durante o dia (Waite, 1984), este somente esteve correlacionado diretamente com a PPL durante o outono ($r=0,44$) e no Centro durante o verão ($r=0,63$). Durante a primavera a correlação foi inversa entre estes parâmetros ($r=-0,41$). Similarmente, correlações entre pH e taxa de assimilação ocorreram nos mesmos pontos e estações do ano constatadas para PPL (Tabelas 6.13 a 6.15). pH e respiração curiosamente estiveram positivamente correlacionados no Centro durante o inverno ($r=0,71$). Entretanto, CO_2 somente esteve relacionado com a taxa de assimilação no Sul durante o verão ($r=0,58$).

As propriedades ópticas da água estiveram correlacionadas com todas as taxas de produção primária durante o outono (Tabela 6.15), com a respiração no verão e inverno (Tabelas 6.14 e 6.16), e com a PPL e taxa de assimilação na primavera (Tabela 6.13).

No inverno, correlações negativas entre PPL e turbidez ($r=-0,56$), coeficiente de atenuação vertical ($r=-0,53$) e razão $Z_{\text{mix}}:Z_{\text{eu}}$ ($r=-0,42$) eram esperados, pois estas variáveis atingiram os valores médios mais elevados nesta estação do ano, interferindo na penetração de luz para a fotossíntese. Por outro lado, a respiração correlacionou-se positivamente com o coeficiente de atenuação vertical ($r=0,51$) e com a razão $Z_{\text{mix}}:Z_{\text{eu}}$ ($r=0,50$). A respiração esteve negativamente correlacionada com a transparência Secchi ($r=-0,40$) e razão $Z_{\text{eu}}:Z_{\text{afó}}$ ($r=-0,37$), pelas mesmas razões anteriormente citadas, onde a diminuição do potencial de penetração de luz foi acompanhada por um aumento da atividade respiratória. A taxa de assimilação apresentou correlação inversa somente com a turbidez ($r=-0,34$).

Na primavera, PPL e taxa de assimilação correlacionaram-se positivamente com a transparência Secchi ($r=0,40$ e $0,41$ respectivamente) e negativamente com o coeficiente de atenuação vertical ($r=-0,36$ e $-0,34$ respectivamente). Já no verão, somente no ponto Sul correlações significativas com a respiração foram obtidas (Tabela 6.14). Embora no verão as condições ambientais tivessem sido mais estáveis (*capítulos 3 e 4*), a predominância de ventos do quadrante NE interferiu na hidrodinâmica no Sul, perturbando as propriedades hídricas

com conseqüências diretas na atividade planctônica. Durante o inverno, a respiração esteve relacionada com a razão $Z_{\text{mix}}:Z_{\text{eu}}$ ($r= 0,34$), especialmente no Norte ($r= 0,63$) onde também apresentou correlação com o coeficiente de atenuação vertical ($r= 0,65$).

Os sólidos, apesar de estarem diretamente relacionados com a turbidez, estiveram isoladamente correlacionados com a produção primária. Uma destas raras situações ocorreu entre respiração e sólidos suspensos no ponto Sul durante o verão ($r= 0,71$). Sólidos suspensos e respiração também estiveram correlacionadas no ponto Norte durante o outono ($r= 0,62$). Porém, no inverno, os sólidos dissolvidos estiveram relacionados com PPL no Centro ($r= 0,74$). Talvez esta ausência de relação mais constante entre sólidos e produção primária esteja relacionado às falhas metodológicas na análise química destes (*capítulo 4*).

Os nutrientes, embora sejam essenciais para o crescimento planctônico, nem sempre apresentaram relações com a produção primária. Curiosamente nenhuma relação significativa foi estabelecida entre nitrato e as taxas de produção primária nas estações do ano (Tabelas 6.13 a 6.16). Contudo, nitrogênio total esteve relacionado com PPL e taxa de assimilação na primavera ($r= -0,42$ e $-0,48$, respectivamente). No inverno, somente com PPL ($r= -0,44$) e respiração no Norte ($r= 0,64$). Já para o fósforo total correlação com respiração ocorreu no Norte durante a primavera ($r= 0,59$) e outono ($r= 0,62$). Fósforo total também esteve relacionado com a PPL e taxa de assimilação no outono ($r= -0,50$ e $-0,33$ respectivamente) e no Sul durante o verão ($r= -0,78$ e $-0,82$, respectivamente). A razão entre nitrogênio e fósforo (N:P) também apresentou correlações com PPL e taxa de assimilação no Sul durante o verão, só que foram positivas ($r= 0,78$ e $0,83$, respectivamente). N:P também esteve correlacionado com a taxa de assimilação no Centro durante o outono ($r= 0,60$) e com a respiração no Sul durante o inverno ($r= -0,61$).

Existem duas razões principais para baixa produtividade em águas túrbidas: adsorção de nutrientes em partículas argilosas suspensas e o aumento da atenuação luminosa não-fotossintética. Turbidez influencia fortemente a produtividade total. Nutrientes, embora de importância secundária, também mostram relações com a produtividade, especialmente quando regimes favoráveis de luminosidade subaquática prevalecem, especialmente em períodos de seca (Grobbelaar, 1983, 1992). Porém, as argilas possuem cargas negativas em sua superfície e tendem a adsorver cátions, como os metais, e não outros ânions, como o fosfato (Laybauer, comunicação pessoal).

A maior fração de nutrientes que sustenta a produção primária em lagoas costeiras vêm da decomposição autóctone de matéria orgânica. Estudos sobre a liberação de nutrientes do sedimento em lagoas para a coluna de água não são sempre complementados com estudos

na produção primária. Embora os dados sejam escassos, suprimento total de nitrogênio inorgânico parece sustentar 10-30% da demanda de produção primária e 3-30% de ortofosfato. A contribuição pela fração orgânica dissolvida tem sido notificada a ser de importância significativa em sedimentos de águas rasas (Knoppers, 1994). Para a Lagoa Itapeva também ficou esta lacuna no conhecimento sobre a interferência dos nutrientes na produção primária. Embora a fração dissolvida do nitrogênio (nitrato) tivesse sido analisada, a fração dissolvida do fósforo (ortofosfato) geralmente esteve abaixo do limite de detecção do cromatógrafo ($0,01 \text{ mg.L}^{-1}$). Isto parece sugerir que o fósforo orgânico encontra-se praticamente todo incorporado ou nos seres vivos ou nas próprias partículas minerais, e que a sua mineralização ocorre de forma bastante acelerada, sendo imediatamente incorporado pelo fitoplâncton.

Os pigmentos fitoplanctônicos, por serem responsáveis pela atividade fotossintética, eram esperados a apresentar relações estreitas com a produção primária, porém estas não foram muito freqüentes. Clorofila *a* esteve correlacionada com PPL ($r= 0,76$), respiração ($r= -0,67$) e taxa de assimilação ($r= 0,82$) no ponto Norte durante o outono. Porém, correlação inversa deste pigmento com a taxa de assimilação ($r= -0,34$) durante o inverno e positiva com a respiração no Sul ($r= 0,69$) nesta mesma estação do ano ocorreram. Feopigmentos somente estiveram correlacionados com PPL durante a primavera ($r= 0,55$) e com a respiração no Sul durante o inverno ($r= 0,72$).

PPL e respiração estiveram negativamente relacionadas em todas as campanhas sazonais, porém não em todos os pontos de amostragem, sendo que no Sul não foi significativa para nenhuma estação do ano (Tabelas 6.13 a 6.16). Este mesmo fato ocorrido no Sul repetiu-se entre respiração e taxa de assimilação. Aliás, respiração e taxa de assimilação foram as variáveis com menor freqüências de relações entre si (Tabelas 6.13 a 6.16).

Embora algumas correlações esperadas a ocorrerem, pelo menos com maior assiduidade ou intensidade, não tivessem respondido às expectativas, a produção primária da Lagoa Itapeva apresentou melhores correlações com as variáveis ambientais que as registradas para outras lagoas costeiras brasileiras. Por exemplo, o ciclo anual de produção primária, na lagoa de Guarapina, apresentou uma sazonalidade nítida, com uma fase de estabilidade (durante o inverno e primavera) indicando a presença de um comportamento tipo *steady state*. Contudo, o único parâmetro que apresentou correlação com a produção primária foi a temperatura, a qual demonstrou uma correlação do tipo exponencial. As altas temperaturas (até 32°C), verificadas no período do verão e do outono, atuaram de forma decisiva, acelerando a taxa de remineralização devido ao aumento do metabolismo dos

microorganismos heterotróficos e conseqüentemente, originando uma alta produção (Moreira, 1988; Moreira & Knoppers, 1990).

A análise de agrupamento com os dados de produção primária em taxas diárias evidenciou que a respiração foi o processo que mais contribuiu para o distanciamento maior evidenciado nos agrupamentos (Fig. 6.18). De fato, as curvas de respiração exibidas no ponto Norte durante a primavera e outono realmente foram bastante exclusivas, não sendo repetidas em nenhum ponto ou estação do ano (Fig. 6.9). Já a PPL agrupou o ponto Centro durante o verão com o ponto norte no outono e inverno por apresentarem o mesmo padrão de distribuição (Fig. 6.6). A taxa de assimilação separou nitidamente Centro durante o outono devido ao exclusivo e forte pico exibido (Fig. 6.16).

Com relação aos dados de produção primária em taxas diurnas poucas diferenças nos agrupamentos ocorreram, sendo que novamente a respiração foi a variável que mais contribuiu para a separação dos grandes grupos, sendo influenciada pela PPL (Fig. 6.19). A respiração exibiu a mesma separação dos grupos maiores observadas para as taxas diárias (Fig. 6.18), porém as demais taxas apresentaram divergências. Em termos de PPL, o ponto Norte durante a primavera e o Centro durante o verão juntamente com o Norte no outono foram os dois grandes grupos separados dos demais, exatamente por exibirem padrão de distribuição opostos entre si (Fig. 6.6). O ponto Norte no outono é que esteve mais distanciado dos demais em termos de taxa de assimilação, porém foi acompanhado pelo Centro durante o outono. Provavelmente o ponto Centro tenha sido secundariamente separado no agrupamento devido às taxas diurnas serem inferiores às diárias (Fig. 6.16).

Analisando as similaridades existentes nos dias de campanha entre os pontos para os dados de produção primária, notou-se que na primavera e no outono uma maior semelhança ocorreu entre as taxas diárias e diurnas (Figs. 6.20 e 6.21).

As taxas diárias e diurnas durante a primavera separaram fortemente o 3º dia do Norte dos demais, sendo que as características inerentes foram: PPL muito negativa, forte pico de respiração e a taxa foram a mais negativa para a campanha (Figs. 6.6, 6.9 e 6.16). Em termos de taxas diárias (Fig. 6.20), o segundo agrupamento separou o ponto Sul no 1º e 2º dia dos demais, principalmente pela PPL ter sido constante (Fig. 6.6). Porém, nas taxas diurnas (Fig. 6.21) o segundo agrupamento separou o 2º dia do Norte dos demais, sendo que para este foi registrada a PPL e respiração mais baixas e a taxa de assimilação levemente positiva (Figs. 6.6, 6.9 e 6.16).

As taxas diárias durante o verão evidenciaram uma estreita similaridade entre o 2º dia no Sul com o 1º dia no Centro, separando-os dos demais (Fig. 6.20). Ambos apresentaram

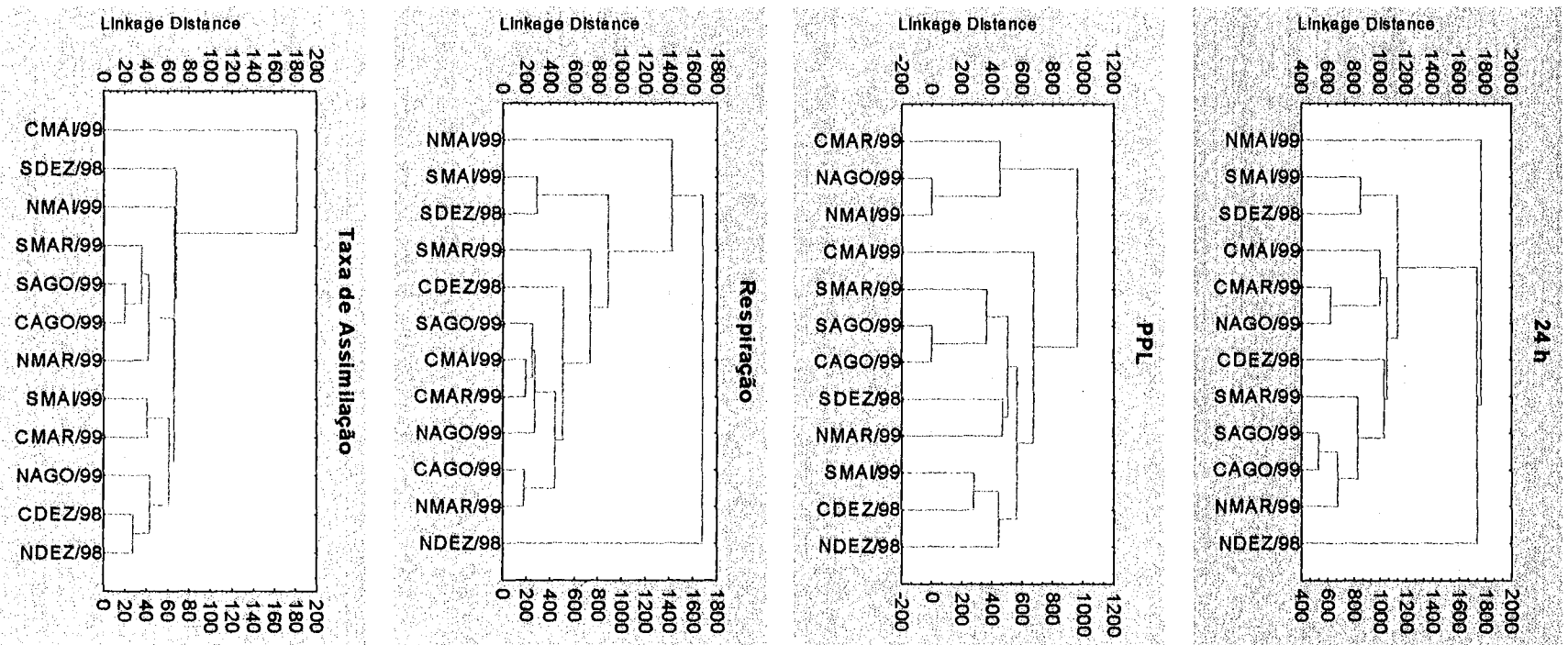


Figura 6.18 - Agrupamento da produção primária diária (24h) em função dos pontos e sazonalidade, na Lagoa Itapeva. PPL= produção primária líquida, N= Norte, C= Centro, S= Sul, DEZ/98= primavera, MAR/99= verão, MAI/99= outono, AGO/99= inverno

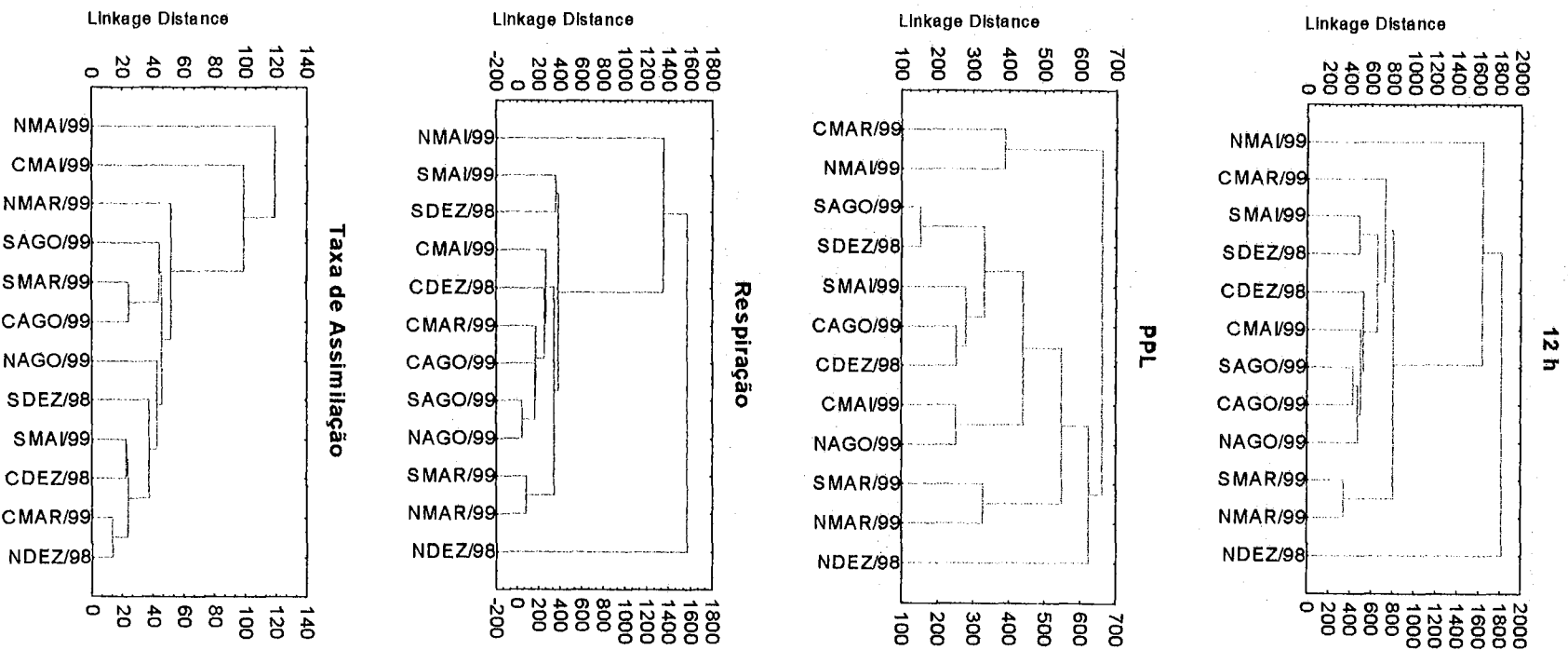


Figura 6.19 - Agrupamento da produção primária diurna (12h), em função dos pontos e sazonalidade, na Lagoa Itapeva. PPL= produção primária líquida; N= Norte; C= Centro; S= Sul; DEZ/98= primavera; MAR/99= verão; MAI/99= outono; AGO/99= inverno

para o dia em questão taxas de PPL negativas, respiração mais alta e menores taxas de assimilação (Figs. 6.6, 6.9 e 6.16). Porém, para as taxas diurnas (Fig. 6.21) apenas o 1º dia do Centro esteve separado dos demais, sendo que a taxa de assimilação diurna foi maior e positiva diferindo enormemente da diária (Fig. 6.16).

No outono o 1º dia do Norte distanciou-se bastante dos demais, tanto nas taxas diárias (Fig. 6.20) quanto nas diurnas (Fig. 6.21). As propriedades inerentes a este foram PPL negativa e mais baixa, respiração mais elevada e taxa mais baixa (Figs. 6.6, 6.9 e 6.16).

O inverno foi a estação do ano onde maiores distinções ocorreram nos agrupamentos entre a taxas diurnas e diárias (Figs. 6.20 e 6.21), sendo que já havia sido discutido a distinção entre estas para a produção primária (Figs. 6.6, 6.9 e 6.16). Para as taxas diurnas (Fig. 6.21) o 2º dia do ponto Norte afastou-se dos demais por ter apresentado PPL positiva e elevada, respiração em alta e a maior taxa de assimilação (Figs. 6.6, 6.9 e 6.16). Por outro lado, as taxas diárias (Fig. 6.20) separaram dois grandes agrupamentos. O primeiro grupo esteve formado pelo 3º dia do Sul e Centro (ambos com PPL mais elevada, respiração mais baixa e taxa de assimilação mais elevada), e pelo 1º dia do Centro e 3º dia do Norte (ambos com PPL levemente positiva, respiração baixa e taxa de assimilação levemente positiva) (Figs. 6.6, 6.9 e 6.16). Já o segundo grupo separou o 2º dia do Centro dos demais, principalmente por ter exibido PPL negativa, respiração mais elevada e taxa de assimilação mais baixa (Figs. 6.6, 6.9 e 6.16).

O agrupamento formado a partir dos turnos de amostragem em cada campanha sazonal permitiu melhor visualizar em qual momento do dia e ponto maiores distinções ocorreram em função das variáveis de produção primária associadas as hidrometeorológicas e físico-químicas.

Assim, durante a primavera o 2º dia no ponto Centro, tanto às 18h quanto às 14h, distanciam-se bastante dos demais (Fig. 6.22). Já havia sido apresentado que nestas duas situações foram obtidos os maiores efeitos do *fetch* neste ponto (*capítulo 3*), bem como o seu efeito na coluna d'água através de uma elevação da turbidez e nível d'água (*capítulos 3 e 4*). Devido à tamanha turbulência foi inviabilizado realizar amostragem de produção primária neste período da tarde, sendo que as falhas foram preenchidas conforme metodologia estabelecida. Porém, provavelmente a PPL e taxa de assimilação foram superestimadas, pois os valores deveriam ter sido mais baixos. Por outro lado, a respiração tanto poderia ter sido baixa realmente, devido à morte de muitos organismos planctônicos através dos distúrbios provocados pelo vento, como poderia ser mais elevada, na tentativa de sobrevivência a tal turbulência.

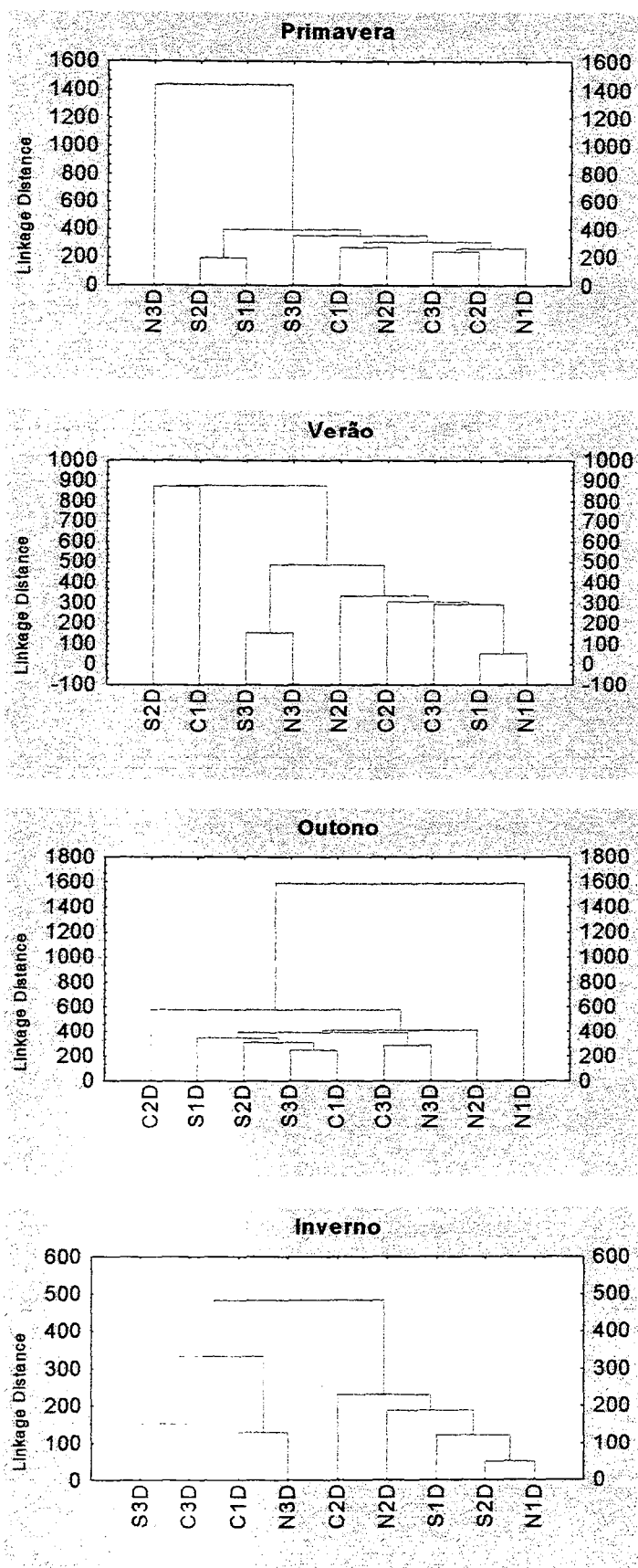


Figura 6.20 - Agrupamento da produção primária diária (24h), em função dos pontos e dias, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva. N= Norte; C= Centro; S= Sul; 1D= 1º dia; 2D= 2º dia; 3D= 3º dia. Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno= Ago/99

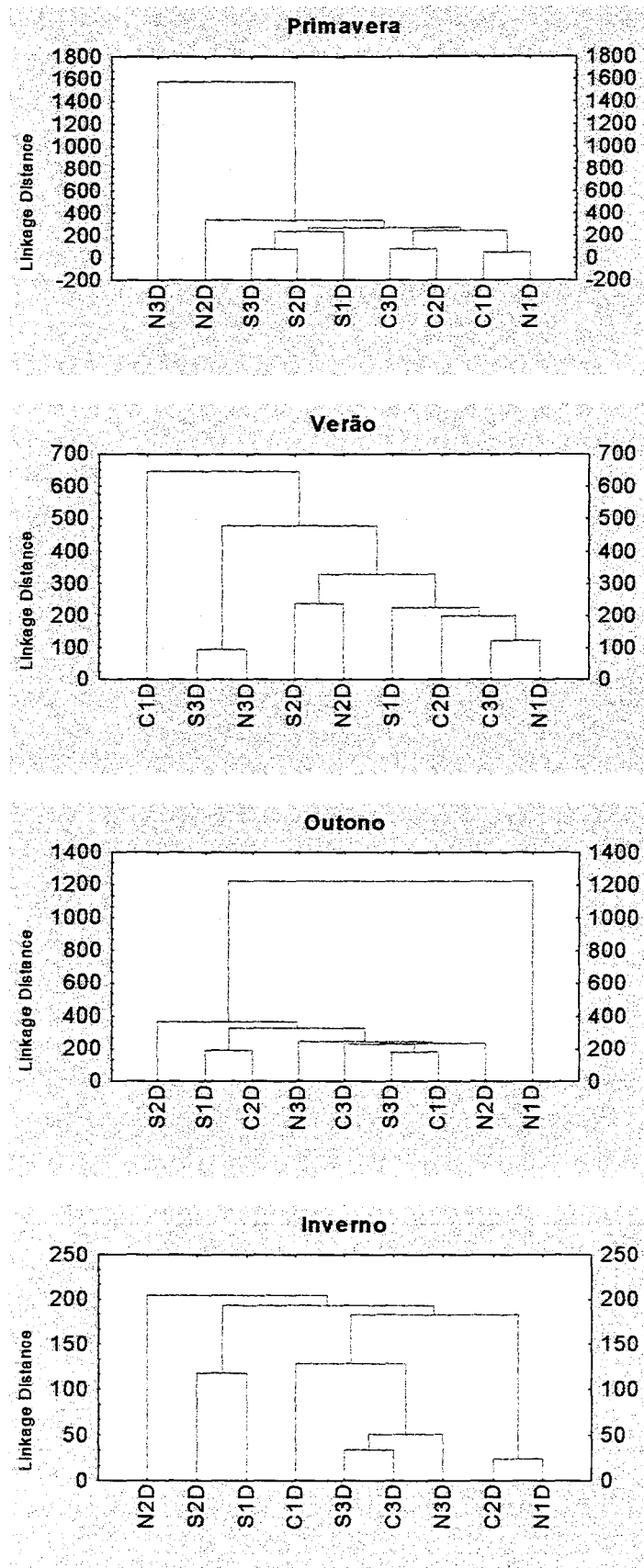


Figura 6.21 - Agrupamento da produção primária diurna (12h), em função dos pontos e dias, durante as campanhas sazonais na Lagoa Itapeva. N= Norte; C= Centro; S= Sul; 1D= 1º dia; 2D= 2º dia; 3D= 3º dia. Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno= Ago/99

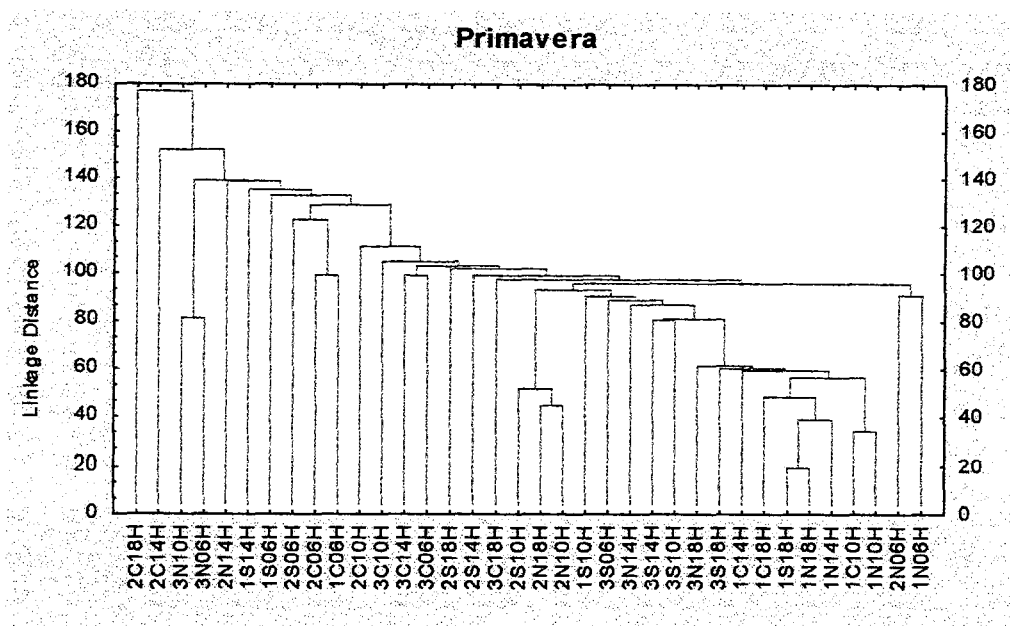


Figura 6.22- Agrupamento dos dados de produção primária, variáveis meteorológicas e físico-químicas em função dos pontos e turnos de amostragem, durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.

1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia, N= Norte, C= Centro, S= Sul

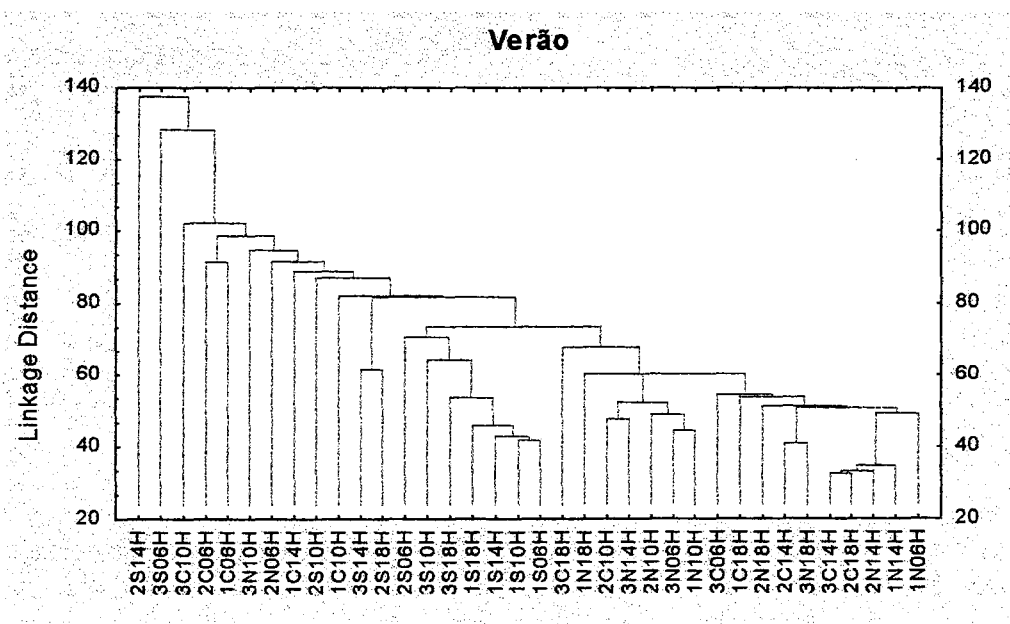


Figura 6.23- Agrupamento dos dados de produção primária, variáveis hidrometeorológicas e físico-químicas em função dos pontos e turnos de amostragem, durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.

1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia, N= Norte, C= Centro, S= Sul

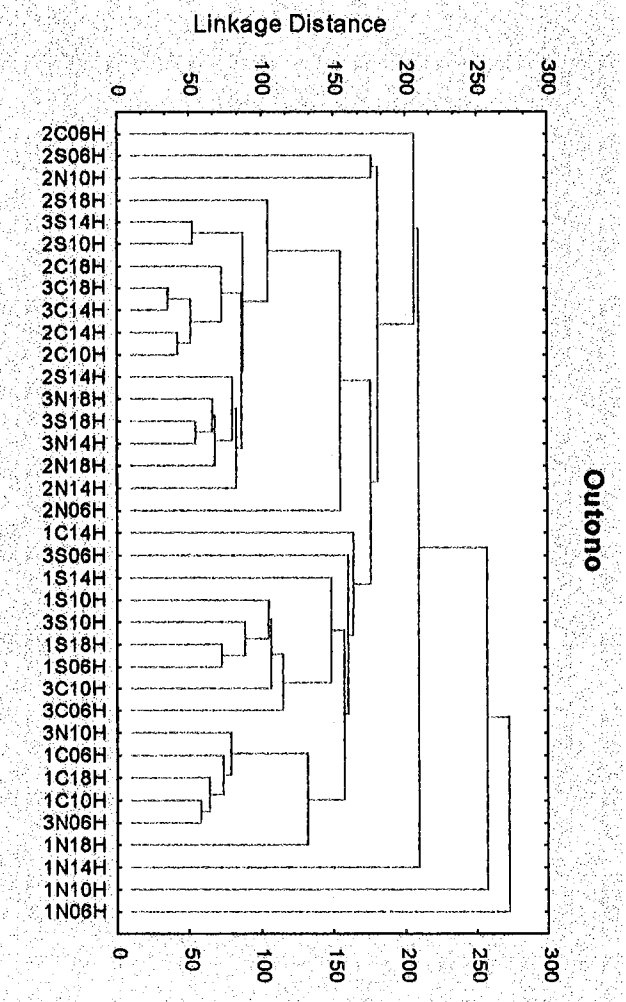


Figura 6.24- Agrupamento dos dados de produção primária, variáveis hidrometeorológicas e físico-químicas em função dos pontos e turnos de amostragem, durante o outono (Maio/99) na Lagoa Itapeva.
1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia, N= Norte, C= Centro, S= Sul

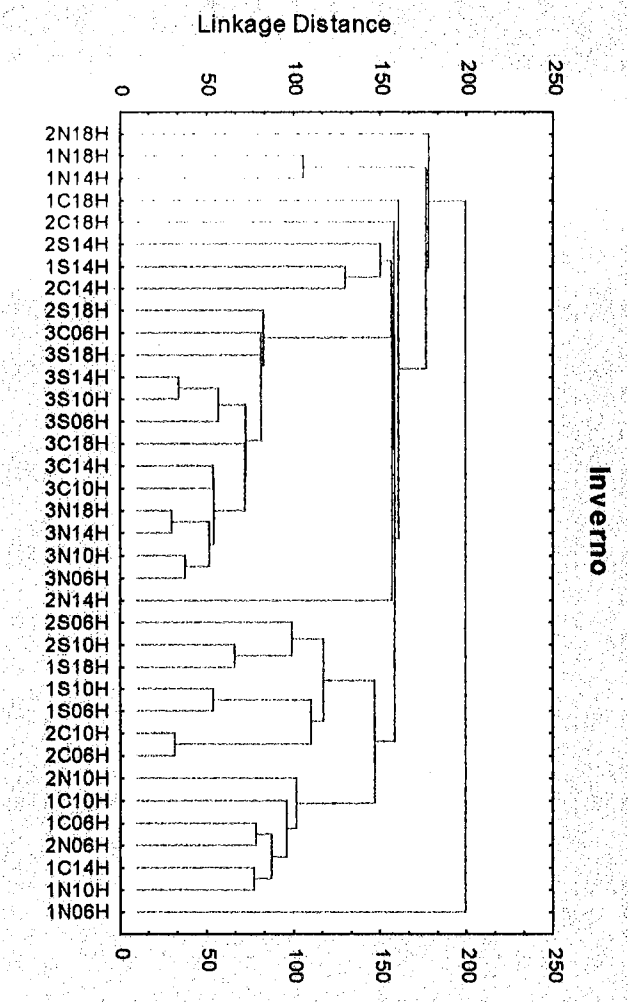


Figura 6.25- Agrupamento dos dados de produção primária, variáveis hidrometeorológicas e físico-químicas em função dos pontos e turnos de amostragem, durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva.
1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia, N= Norte, C= Centro, S= Sul

Para o verão, o 2º (14h) e 3º (6h) dias no ponto Sul foram os mais distintos em relação aos demais (Fig. 6.23). Realmente, durante o verão ocorreu uma predominância total de ventos do quadrante NE, gerando um gradiente crescente de N→S das variáveis físico-químicas e de biomassa fitoplanctônica (*capítulos 3 a 5*). Porém, a produção primária foi que permitiu que estas duas situações exibissem características mais distintas. Assim, o 2º dia às 14h foi registrada a PPL mais baixa e negativa, maior respiração e taxa de assimilação negativa (Figs. 6.4, 6.8 e 6.15). Por outro lado, o 3º dia às 6h foram registradas PPL e taxa de assimilação mais elevadas e o segundo pico de respiração para o período (Figs. 6.4, 6.8 e 6.15).

No outono, o turno da manhã no ponto Norte foi o mais distante dos demais (Fig. 6.24). Também já havia sido comentado que o mais forte efeito do *fetch* para a Lagoa Itapeva tinha ocorrido neste momento para o Norte (*capítulo 3*). Bem como, todas as conseqüências nas características físico-químicas da água decorrentes deste fato, como elevação na turbidez, na concentração de sólidos suspensos e nutrientes e diminuição das propriedades ópticas de luminosidade (*capítulo 4*). Somado a isso, foram registradas taxas de PPL mais baixas e negativas nestes horários, bem como respiração mais elevada (Figs. 6.4 e 6.8).

No inverno, novamente o ponto Norte apresentou maiores diferenças em relação aos demais (Fig. 6.25), sendo também decorrente do efeito do *fetch* de WSW nos primeiros dias de campanha (*capítulo 3*). Contudo, o que contribuiu para o maior distanciamento no 1º dia às 6h foi a produção primária, onde foi registrada a maior respiração, a taxa de assimilação mais baixa e uma PPL negativa (Figs. 6.4, 6.8 e 6.15). No segundo agrupamento as características exibidas pela produção primária também foram decisivas para a separação do 2º dia às 18h dos demais (Figs. 6.4, 6.8 e 6.15).

Embora a análise de correlação não tivesse assinalado tão intensamente estas relações entre produção primária com variáveis hidrometeorológicas e físico-químicas da água, a análise de agrupamento permitiu enfatizar o quanto estes aspectos ambientais foram decisivos para a resposta fisiológica momentânea da comunidade planctônica.

Taxas sazonal e anual

As taxas de produção primária, (para área da lagoa), mostraram que produção primária líquida diária foi superior à diurna durante as estações quentes do ano, ocorrendo o oposto para o outono e inverno (Figs. 6.26 e 6.27). Este fato já havia sido relacionado ao maior período de iluminação durante a primavera e verão, fazendo com que a contribuição diária

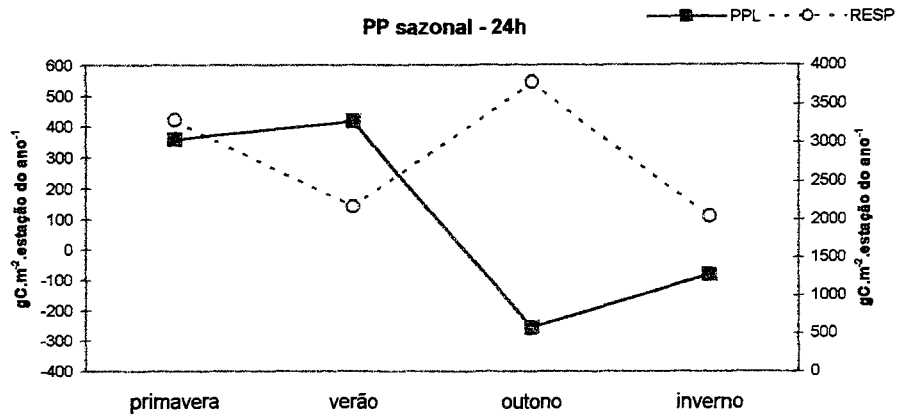


Figura 6.26 - Produção primária diária (24h), em cada estação do ano, para toda a Lagoa Itapeva.
 PPL= produção primária líquida, RESP= respiração
 Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno= Ago/99

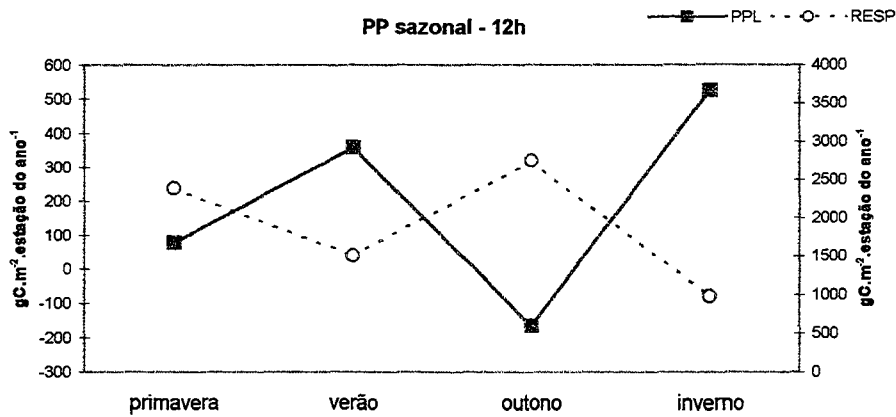


Figura 6.27 - Produção primária diurna (12h), em cada estação do ano, para toda a Lagoa Itapeva.
 PPL= produção primária líquida, RESP= respiração
 Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno= Ago/99

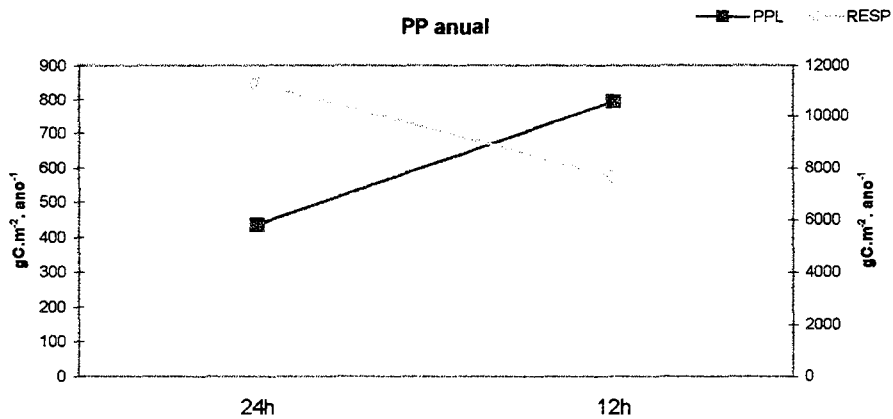


Figura 6.28 - Produção primária anual, em taxas diárias (24h) e diurnas (12h), para toda a Lagoa Itapeva.
 PPL= produção primária líquida, RESP= respiração

fosse maior. Porém, para respiração, as taxas diárias sempre foram superiores às diurnas, pois este processo independe da luz e ocorre continuamente ao longo do dia (Figs. 6.26 e 6.27).

Embora os valores de produção primária líquida em taxas anuais (para dados diários e diurnos) tivessem sido elevados ($434,5 \text{ gC.m}^{-2}\text{.ano}^{-1}$ e $794,5 \text{ gC.m}^{-2}\text{.ano}^{-1}$, respectivamente), quando comparados com outras lagoas costeiras brasileiras, as taxas de respiração foram muito superiores (Fig. 6.28). O balanço entre ambas taxas foi que apontou para uma forte relação de heterotrofia. Desta forma, a ação do vento no sistema exhibe um comportamento antagônico em termos de produção primária. Por um lado, o vento é o agente principal pela entrada de oxigênio no sistema, fornecendo-o para a respiração dos organismos. Por outro lado, a ação do vento na água perturba violentamente o sistema através da ressuspensão de partículas do fundo, diminuindo as propriedades ópticas da coluna d'água e, conseqüentemente, a fotossíntese (pois a luz é um fator primordial para esta). Assim, o distúrbio provocado pelo vento interferiu diretamente na produção primária da Lagoa Itapeva.

Comparando os valores obtidos para a Lagoa Itapeva com outras lagoas costeiras brasileiras nota-se que os resultados não foram divergentes em termos de produção primária (ver abaixo). Contudo, muitos dos trabalhos consultados não enfocaram a importância da respiração/mineralização no balanço anual (excetuando Carmouze et al., 1991), onde esta taxa é fundamental para estabelecer regimes de autotrofias e heterotrofias.

A Lagoa de Guarapina/RJ apresentou uma produção primária alta (média de $412 \text{ gC.m}^{-2}\text{.ano}^{-1}$), onde este valor é relativamente alto quando comparado com alguns dos ecossistemas mais produtivos do mundo (p. ex. zonas de ressurgência) e também em relação a outros ambientes costeiros e lagoas tropicais e temperadas (Moreira, 1988; Moreira & Knoppers, 1990).

Nas lagoas costeiras do RS, onde foram realizadas medições de produção primária, as taxas encontradas foram as seguintes:

L. das Pombas (Kremer, 1985) método do O_2 (uma incubação diária 10-14h): taxa de produção primária bruta (PPB) oscilou de 98 a $588 \text{ mgC.m}^{-2}\text{.d}^{-1}$ (primavera/82 e inverno/83, respectivamente), sendo as taxas médias sazonais variando de 156,3 a $434,3 \text{ mgC.m}^{-2}\text{.d}^{-1}$ (primavera/82 e inverno/83, respectivamente). A média para o período de estudo foi de $312,7 \text{ mgC.m}^{-2}\text{.d}^{-1}$. Cálculos para a área da lagoa e em taxa anual não foram efetuados. Os altos valores de radiação solar média mensal encontrados neste período analisado determinaram os valores de produção primária. No inverno/83 foi registrada a maior taxa de produção primária, coincidentemente o valor mais elevado de velocidade de vento foi encontrada nesta ocasião. Esta associação entre produção primária e vento efetuada por Kremer (1985) diverge

fortemente do conhecimento sobre a ação do vento na coluna d'água de um ambiente raso. De fato, conferindo os resultados obtidos constatou-se que a velocidade máxima registrada nesta ocasião foi, na realidade, bastante baixa (3 a 4 m.s-1), mesmo quando comparada com velocidades médias sazonais na região costeira do Rio Grande do Sul.

L. Emboaba (Vélez, 1990) método do O₂ (uma incubação diária 10-14h): taxa oscilou de 25,3 a 198,4 mgC.m⁻².h⁻¹, com média de 87 mgC.m⁻².h⁻¹, sendo que a taxa diária para a lagoa foi de 903 mgC.m⁻².d⁻¹ e a anual de 329,6 gC.m⁻².ano⁻¹.

L. Caconde (Konrath, 1995) método ¹⁴C (incubados por 2h, entre 11 e 14h): a taxa variou de 48,9 a 1146,1 mgC.m⁻².h⁻¹ (primavera e verão, respectivamente), com média de 432,06 mgC.m⁻².h⁻¹. As estimativas diárias e anuais para a lagoa foram de 1,39 gC.m⁻².d⁻¹ e 500,7 gC.m⁻².ano⁻¹ respectivamente.

Com exceção da Lagoa Itapeva, em nenhum momento foram mencionadas taxas de produção negativa para estas lagoas costeiras do Rio Grande do Sul. Talvez este fato esteja relacionado com condições de tempo praticamente ideais durante as amostragens efetuadas nestas outras lagoas. Isto porque estes trabalhos realizados durante campanhas mensais normalmente selecionam dias mais favoráveis, geralmente com céu aberto e pouco vento, além do turno ser concentrado ao redor do meio-dia (e não delineamento amostral ao longo do dia).

A taxa anual para a Lagoa Itapeva foi um pouco superior à registrada para Lagoa Emboaba e levemente inferior à Lagoa Caconde, em termos de taxas diárias. Porém, como para estas lagoas as estimativas foram feitas apenas para um único turno diário, justamente o de maior incidência luminosa na coluna d'água, estas taxas foram bastante inferiores às taxas diurnas da Lagoa Itapeva. Isto mostra que, para realizar uma avaliação mais real do metabolismo de um sistema aquático, é indispensável um delineamento amostral que privilegie a análise de um ciclo diário. Este enfoque diário vem sendo realizado em lagoas costeiras do Rio de Janeiro, principalmente visando estudar o metabolismo destes ecossistemas aquáticos (Carmouze, 1994; Carmouze et al., 1992; Domingos, 1991; Moreira, 1988 e 1989; Moreira & Knoppers, 1990; Vasconcelos).

O estudo na Lagoa de Saquarema/RJ revelou 3 distintas características temporais nas taxas metabólicas: (1) considerável variabilidade diurna e diária na produção e respiração, (2) mudanças sazonais entre autotrofia e heterotrofia líquidas, e (3) um equilíbrio anual entre produção e respiração. A respiração líquida pode ocorrer no início do período diurno ou no final do mesmo. Existem modelos sazonais de produção diária líquida e taxas de respiração, onde 3 períodos foram distinguidos: (1) um período no inverno com mais baixa atividade

metabólica (LBA) com domínio de metabolismo heterotrófico líquido, (2) um período na primavera e início do verão com atividade biológica intermediária (IBA), e (3) um período no final do verão e outono com alta atividade biológica (HBA) com metabolismo autotrófico líquido. Condições favoráveis no verão estimulam e condições desfavoráveis no inverno inibem a produção primária mais que a respiração total dos organismos. Produção líquida foi maior durante períodos de alta turbulência no verão e outono (Carmouze et al., 1991). Porém, os valores de velocidade do vento, durante tal estudo na Lagoa Saquarema, não foram fornecidos neste trabalho. Assim, não foi possível discutir e comparar esta relação entre turbulência e produção primária estabelecida pelos autores. Estas características em escala temporal evidenciada para a Lagoa de Saquarema foram distintas para a Lagoa Itapeva. A maior variabilidade diurna e diária ocorreu somente em termos de respiração (Fig. 6.9), sendo que para a PPL esta variação foi mais nítida durante o inverno (Fig. 6.6). As mudanças entre heterotrofia e autotrofia líquidas geralmente ocorreram em curtos intervalos de tempo ao longo do dia, sendo que um padrão pode somente ser estabelecido para o ponto Sul durante os períodos de mais alta produção (verão e inverno) (Fig. 6.12).

As sistemáticas de amostragens ao longo de 1 ano podem não representar fidedignamente um balanço anual. Para uma estimativa fiável é fundamental o acompanhamento de muitos ciclos diurnos e conjuntamente do comportamento climático-hidrológico, inclusive de transientes físicos (Moreira, 1989). Realmente, para a Lagoa Itapeva se as estimativas fossem feitas em função de uma única amostragem no dia, ou ainda, em um único ponto de amostragem, não seria conhecido o funcionamento do metabolismo primário para este sistema. A obtenção simultânea de dados hidrometeorológicos contribuiu decisivamente para a elucidação das alternâncias entre autotrofia e heterotrofia, nos turnos e pontos de amostragem sazonalmente.

CONCLUSÕES

A análise sazonal apontou o verão e o inverno como as estações do ano mais produtivas, pois apresentaram as maiores médias de produção primária líquida na coluna d'água para cada turno de amostragem. Por outro lado, em termos de respiração, o outono e a primavera foram as estações de maior consumo por parte da comunidade planctônica.

A análise espacial evidenciou que o ponto Sul foi a região com maiores taxas de produção primária líquida para a Lagoa Itapeva, enquanto que as maiores taxas de consumo oscilaram entre os três pontos sazonalmente.

A turbidez na Lagoa Itapeva foi geralmente elevada, devido ao efeito do vento como mecanismo propulsor da hidrodinâmica. Conseqüentemente, a quantidade de luz incidente na coluna d'água foi afetada fazendo com que grande parte da produção primária ficasse restringida às camadas superiores, não sendo este fato repetido para a respiração.

Embora taxas diárias tivessem registrado baixos valores em determinados pontos e turnos de amostragem sazonalmente, este efeito foi compensado em termos de taxas anuais. Este fato esteve diretamente vinculado à área de abrangência do ponto Sul por dois motivos: área maior que a dos demais pontos e maiores taxas líquidas sazonalmente. Taxas sazonais mostraram que as estações frias do ano comportaram-se como um ambiente heterotrófico, a partir de taxas diárias (24h). Enquanto que, baseado nas taxas diurnas (12h), apenas o outono foi caracterizado por apresentar heterotrofia, justamente quando foi registrada floração de cianobactéria para a lagoa (*capítulo 7*). Contudo, taxas respiratórias (sazonais e anuais) foram sempre muito superiores às de produção primária líquida, mostrando uma forte tendência à heterotrofia no balanço entre estas taxas. Se por um lado o vento teve um grande efeito em oxigenar o sistema, para ser consumido no processo respiratório pelos organismos aquáticos, por outro lado, perturbou a coluna d'água através da ressuspensão de partículas (aumentando a turbidez, sólidos suspensos e interferindo na penetração de luz), agindo negativamente sobre as taxas de produção primária líquida. Assim, estes resultados obtidos estiveram intimamente vinculados à ação do vento, que exerceu efeito antagônico no sistema em termos de produção primária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1992. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 18. ed. Washington. 1268 p.
- AZEVEDO, L.S.P. 1984. Considerações geoquímicas das lagunas do litoral leste do Estado do Rio de Janeiro. In: **Restingas: origem, estrutura, processos**. L.D. de Lacerda (org.). Niterói, CEUFF. p. 123-135.
- BARBOSA, F.A.R. 1981. **Variações diurnas (24 horas) de parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária do fitoplâncton na Lagoa Carioca-Parque Florestal do Rio Doce-MG-Brasil**. São Carlos, PPG Ecologia e Recursos Naturais / UFSCar. 225 p. (tese).
- CARDOSO, L. de S.; BECKER, V. & MOTTA MARQUES, D.M.L. da. (em preparação). Desenvolvimento de florações de *Anabaena* Bory (Cyanobacteria) na Lagoa Itapeva (Rio Grande do Sul) e suas relações com variáveis ambientais.
- CARMOUZE, J.P. 1994. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. São Paulo, Edgard Blücher. 254 p.
- CARMOUZE, J.P.; KNOPPERS, B. & VASCONCELOS, P. 1991. Metabolism of a subtropical Brazilian lagoon. **Biogeochemistry**, 14: 129-148.
- DOKULIL, M. 1994. Environmental control of phytoplankton productivity in turbulent turbid systems. **Hydrobiologia**, 289: 65-72 .
- DOMINGOS, P. 1991. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica e produção primária na Lagoa de Saquarema, RJ**. Niterói, CPG Geociências / UFF. 154 p. (dissertação).

- ESTEVEZ, F. de A. 1998. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro, Interciência. xviii+602 p.
- GERVAIS, F.; OPITZ, D. & BEHRENDT, H. 1997. Influence of small-scale turbulence and large-scale mixing on phytoplankton primary production. **Hydrobiologia**, 342/343: 95-105.
- GROBBELAAR, J.U. 1983. Availability to algae of N and P adsorbed on suspended solids in turbid waters of the Amazon River. **Arch. Hydrobiol.**, 96(3): 302-316.
- GROBBELAAR, J.U. 1989. The contribution of phytoplankton productivity in turbid freshwaters to their trophic status. **Hydrobiologia**, 173: 127-133.
- GROBBELAAR, J.U. 1992. Nutrients versus physical factors in determining the primary productivity of waters with high inorganic turbidity. **Hydrobiologia**, 238: 177-182.
- HARRIS, G.P. 1980. The measurement of photosynthesis in natural populations of phytoplankton. In: **The physiological ecology of phytoplankton**. I. Morris. Boston, Blackwell Scientific Publications. p. 129-187.
- KNOPPERS B.A. 1994. Aquatic primary production in coastal lagoons. In: **Costal lagoon processes**. B. Kjerfve (ed.). Amsterdam, Elsevier. p. 243-286. (Elsevier Oceanography series, 60).
- KONRATH, J. 1995. **Flutuação temporal da taxa de fixação de carbono particulado, estrutura do fitoplâncton e fatores ambientais em uma lagoa costeira eutrófica (Lagoa Caconde, Osório, RS)**. Porto Alegre, CPG Ecologia / UFRGS. 146 p. (dissertação)
- KREMER, L.M. 1985. **Produção primária do fitoplâncton na Lagoa das Pombas Tramandaí, Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, CPG Ecologia / UFRGS. 149p. (dissertação).
- LOPARDO, N. (em preparação). **Estudo hidrodinâmico e correlações com variáveis ambientais na Lagoa Itapeva no Litoral Norte do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, PPG Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental / UFRGS. (dissertação).
- MARGALEF, R. 1983. **Limnologia**. Barcelona, Omega. 1010p.
- MARKAGER, S.; JESPERSEN, A.-M.; MADSEN, T.V.; BERDALET, E. & WEISBURD, R. 1992. Diel changes in dark respiration in a plankton community. **Hydrobiologia**, 238: 119-130.
- MOREIRA, A.L.C. 1989. **Estados tróficos da Lagoa de Saquarema (RJ) num ciclo anual**. Niterói, CPG Geociências / UFF. 91 p. (dissertação)
- MOREIRA, P.F. 1988. **Ciclo anual de nutrientes e produção primária na Lagoa de Guarapina, RJ**. Niterói, CPG Geociências / UFF. 103 p. (dissertação)
- MOREIRA, P.F. & KNOPPERS, B.A. 1990. Ciclo anual de produção primária e nutrientes na lagoa de Guarapina, RJ. **Acta Limnol. Brasil.**, 3 (1): 275-290.
- SCHWOERBEL, J. 1987. **Handbook of Limnology**. Trad. B. Hemmings. England, Ellis Horwood. Ser. Water and wastewater technology. 228p.
- THÉBAULT, J.-M. & SALENÇON, M.-J. 1993. Simulation model of a mesotrophic reservoir (Lac de Pareloup, France): biological model. **Ecological Modelling**, 65 (1-2): 1-30.
- VASCONCELOS, P. de A. 1991. **Um ciclo anual de atividade biológica (produção e respiração) da Laguna de Saquarema, RJ**. Niterói, CPG Geociências / UFF. (dissertação). 74 p.
- VÉLEZ, E.. 1990. **Variação sazonal da produção primária, biomassa e composição do fitoplâncton da Lagoa Emboaba, Osório, RS**. Porto Alegre, Inst. de Biociências / UFRGS. 153 p. (monografia).
- VOLLENWEIDER, R.A. (ed.). 1974. **A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments**. 2. ed. Oxford, Blackwell scientific publications (IBP Handbook n. 12). 196 p.
- WAITE, T.D. 1984. **Principles of water quality**. Orlando, Academic Press, Inc. 289 p. (Water Resources and Water Quality Management).

7. ANÁLISE BIOLÓGICA: COMUNIDADE PLANCTÔNICA

RESUMO

A estrutura da comunidade planctônica na Lagoa Itapeva esteve formada por 7 divisões em mais de 148 espécies fitoplanctônicas e por 4 grupos em mais de 127 espécies zooplanctônicas. A maior riqueza de espécies foi para Bacillariophyta, com relação ao fitoplâncton, e Protista, para o zooplâncton. Primavera foi a estação do ano com maior riqueza fitoplanctônica, enquanto que o verão foi para a comunidade zooplanctônica. Nota-se que a sucessão de riqueza dos consumidores foi uma resposta a uma maior oferta por parte dos produtores. Quanto aos grupos fitoplanctônicos, as diatomáceas (Bacillariophyta) e as cianobactérias (Cyanophyta) foram características para a lagoa, tanto em nível de densidade quanto de riqueza. A maior densidade média do verão ao inverno/99 foi registrada para as cianobactérias, porém na primavera, as diatomáceas foram mais abundantes. O grupo dos protistas foi o que obteve densidade média geralmente superior aos demais grupos zooplanctônicos, exceto para o Centro durante a primavera (copépodos) e no Sul durante o outono (rotíferos). Diatomáceas e protistas foram os grupos indicadores de resposta ao *fetch* provocado pela ação do vento, com respostas instantâneas na distribuição espacial. A estrutura de tamanho predominante destas comunidades foi o microplâncton. A distribuição sazonal revelou que nas estações frias do ano ocorreu um aumento de densidade média na comunidade fitoplanctônica, embora tivesse sido registrado o pico primaveril. Por outro lado, o verão foi a estação do ano com maior densidade média zooplanctônica e o pico de densidade registrado durante o outono. Este aumento de consumidores no outono não foi uma resposta predatória à floração de cianobactéria (*Anabaena circinalis*) ocorrida em toda a lagoa, mas sim um efeito provocado pela ação do vento, que ressuspendeu grande quantidade de protistas bentônicos, distribuindo-os horizontalmente em resposta ao *fetch*. Na primavera foi registrada a ocorrência de uma espécie de diatomácea dominante em todos os pontos de amostragem (*Aulacoseira granulata*), sendo que no Norte esta dominância foi intercalada com a de uma cianobactéria (*Anabaena circinalis*). Aliás, excetuando o outono quando esta cianobactéria foi dominante em toda a lagoa devido à floração, somente no Norte esta dominou nas demais estações do ano. *Codonella* sp. foi a única espécie zooplanctônica dominante para a lagoa em todas as estações do ano. A distribuição espacial horizontal evidenciou a existência, geralmente, de um gradiente decrescente de densidade fitoplanctônica do N→S na lagoa, excetuando o outono e o inverno/98 quando condições ambientais adversas atuaram na concentração horizontal destes organismos. Para o zooplâncton, este mesmo gradiente N→S foi observado do verão ao inverno/99, ocorrendo no

sentido oposto no inverno/98. A maior turbulência no Centro durante a primavera, provocada pelas constantes oscilações de direção do vento, parece ter contribuído para um escape destes organismos desta zona de mistura. A distribuição espacial vertical mostrou que as densidades médias sazonalmente foram bastante semelhantes entre as profundidades, com uma maior densidade oscilando entre estas nos pontos e estações do ano. Contudo, a análise de variância ANOVA (“three-way”) com medidas repetidas no perfil da coluna d’água evidenciou que o efeito do perfil foi significativo para o fitoplâncton durante o outono e para o zooplâncton no verão. Esta maior variância na densidade vertical fitoplanctônica esteve associado ao fenômeno da floração outonal, onde a propriedade de flutuação desta cianobactéria gerou uma maior tendência a mantê-la na superfície por mais tempo. Já em termos de zooplâncton, a maior incidência de raios solares nesta época do ano, gerando uma maior penetração de luz na coluna d’água, fez com que grande parte do zooplâncton dotado de movimentos próprios se mantivesse no meio do perfil desta, provavelmente visando uma economia de esforços na busca de alimento. Quando a análise de variância ANOVA (“three-way”) foi feita com medidas repetidas nos turnos de amostragem, um maior efeito significativo foi encontrado entre os pontos e dias de campanha como fatores testados, excetuando o outono. Tanto o índice de Shannon-Wiener quanto o de Simpson apontaram para um comportamento sazonal oposto entre as comunidades planctônicas, ou seja, durante o inverno/98 ocorreu a maior diversidade média fitoplanctônica ($H= 2,21$ e $D= 0,82$) e a menor zooplanctônica ($H= 1,44$ e $D= 0,55$). Enquanto que, no outono observou-se a menor diversidade fitoplanctônica ($H= 1,07$ e $D= 0,44$) e a maior diversidade média zooplanctônica ($H= 2,36$ e $D= 0,82$). As taxas de sucessão da comunidade planctônica, onde se observaram os comportamentos espacial e sazonal, distinguiram os períodos de rápida modificação (picos com valores elevados) de fases com maior estabilidade nas comunidades, com mudanças ocorrendo apenas gradualmente. Estas alterações estiveram em íntima dependência da ação hidrodinâmica, provocada pelo vento, sobre a distribuição espacial da comunidade planctônica na Lagoa Itapeva.

ABSTRACT

The structure of plankton community in the Itapeva lake was composed by 7 divisions in more than 148 phytoplankton species and for 4 groups in more than 127 zooplankton species. The largest richness of species went to Bacillariophyta, regarding phytoplankton, and Protista, for the zooplankton. Spring was the season with larger phytoplankton richness, while the summer went to zooplankton community. It is noticed that the succession of the consumers' richness was an answer to one larger producers offer. As for phytoplankton

groups, the diatoms (Bacillariophyta) and the cyanobacterias (Cyanophyta) they went characteristics to lake, so much at density level as of richness. The largest medium density of the summer to winter'99 it was registered for the cyanobacterias, however in spring, the diatoms were more abundant. The protists group was what obtained medium density usually superior to the others zooplankton groups, except for the Center during spring (copepods) and in the South during autumn (rotifers). Diatoms and protists were the indicative groups of answer to the *fetch* provoked by wind action, with instantaneous answers in space distribution. Microplankton was the predominant size on structure of these communities. The seasonal distribution revealed that the cold stations of the year contributed to an increase of medium density in phytoplankton community, although the spring pick had been registered. On the other hand, the summer was the season with larger zooplankton density medium, with pick of density registered during autumn. This increase of consumers in the autumn was not a predatory answer to cyanobacteria bloom (*Anabaena circinalis*) happened at the whole lake, but an effect provoked by the wind action, that stired up great amount of benthonic protists, distributing them horizontally in response to *fetch* generated. In spring, the occurrence was registered of a type of diatom dominant in all of the sampling points (*Aulacoseira granulata*), and in the North this dominance was inserted with one of a cyanobacteria (*Anabaena circinalis*). In fact, excepting autumn when this cyanobacteria was dominant in the whole lake due to the bloom, only in the North this dominated in other seasons. *Codonella sp.* it was the only zooplankton species dominant to the lake in all of seasons. Horizontal space distribution evidenced an existence, usually, of a phytoplankton decreasing gradient in density from N→S in the lake, excepting autumn and winter'98 when adverse environmental conditions acted in horizontal concentration of these organisms. For zooplankton, this same gradient N→S was observed from summer to winter'99, happening in opposite sense during winter'98. The largest turbulence in the Center during spring, provoked by the constants oscillations of wind direction, it seems to have contributed to an escape of these organisms from this mixture area. The vertical space distribution showed that the seasonally densities medium were plenty fellow creatures among the depths, with a larger density oscillating among these in the points and seasons. However, the variance analysis ANOVA (three-way), with repeated measures in the water column profile, evidenced that the profile effect was significant for the phytoplankton during autumn, and in summer for the zooplankton. This larger variance in phytoplankton density vertical was associated to the bloom autumnal phenomenon, where the property of flotation of this cyanobacteria generated a larger tendency to maintain it in the surface for more time. Already in zooplankton terms, the largest incidence of solar rays in this time of the year, generating a larger light penetration in water column, it did with great part of

zooplankton endowed with own movements if it maintained in the middle profile, probably seeking an locomotion' economy in the food search. When the variance analysis ANOVA ("three-way") was done with repeated measures in the sampling shifts, a larger significant effect was found between the points and days of campaign as tested factors, excepting the autumn. As much the index of Shannon-Wiener as the one of Simpson appeared for an opposite seasonal behavior among them plankton community, in other words, during winter'98 happened the largest phytoplankton diversity medium ($H = 2,21$ and $D = 0,82$) and the smallest zooplankton ($H = 1,44$ and $D = 0,55$). While, in autumn the smallest phytoplankton diversity was observed ($H = 1,07$ and $D = 0,44$) and the largest zooplankton diversity medium ($H = 2,36$ and $D = 0,82$). The succession taxes of the plankton community, where it was observed the space and seasonal behaviors, they distinguished periods of fast modification (picks with high values) of phases with larger stability in the communities, with changes just happening gradually. These alterations were in intimate dependence of the hydrodynamic action, provoked by the wind, about the space distribution of the plankton community in the Itapeva lake.

INTRODUÇÃO

A estrutura da comunidade planctônica, em qualquer ambiente aquático, é a base para o conhecimento do funcionamento deste ecossistema. A aplicação destes organismos como bioindicadores de efeitos ambientais vem conquistando espaços no Rio Grande do Sul (Cardoso & Valer, 1996; Cardoso et al., 1997; Ferreira et al., 1998 a, b; Valer et al., 1999; Pedrozo, 2000), além do uso rotineiro em testes de toxicidade nos laboratórios. Apesar de seu enorme potencial como indicadores efetivos de mudanças ambientais e sua regra fundamental na transferência de energia e ciclagem de nutrientes em ecossistemas aquáticos, agrupamentos de zooplâncton não têm sido amplamente usados como indicadores de condições do ecossistema (Stemberger & Lazorchak, 1994 *apud* Attayde & Bozelli, 1998).

O estudo da comunidade fitoplanctônica é mais intenso e extenso em níveis mundiais do que para a comunidade zooplanctônica. Esta, por sua vez, geralmente é abordada em nível de grupos isoladamente, onde até os eventos científicos internacionais são tratados deste modo (vide as publicações destes nos periódicos *Hydrobiologia*). Por outro lado, existem também eventos científicos mundiais em nível de grupos de algas, mas são mais frequentes os que abordam a ficologia como um todo, inclusive no próprio Brasil (Reunião Brasileira de Ficologia, promovida pela Sociedade Brasileira de Ficologia). Assim, é esperado encontrar um maior conhecimento sobre a comunidade fitoplanctônica, tanto a nível taxonômico quanto

ecológico. Além disso, trabalhos que visem a compreensão das relações entre estas duas comunidades são bastante escassos, sendo na maioria das vezes utilizados para estudos de modelagem de sistemas aquáticos (*ver introdução geral*).

O estudo da dinâmica fitoplanctônica com relação a distúrbios físicos ambientais foi analisado, onde tanto a intensidade quanto à duração de tais eventos (p. ex. vento) afetariam assim as algas (Harris, 1986; Millet & Cecchi, 1992). Neste contexto, comunidades de fitoplâncton serão selecionadas pela rapidez e eficiência de suas respostas biológicas. Além disso, assumindo que o fitoplâncton comporta-se como uma “função viva de transferência” do ambiente é útil considerar as respostas de propriedades emergentes de populações para avaliar o impacto de perturbações em grande escala tal como o vento (Millet & Cecchi, 1992).

A influência do vento na dinâmica do fitoplâncton foi examinada mais detalhadamente por Demers & Therriault (1987). Ficou evidenciado um aumento nos valores de todos os estimadores de biomassa (COP, clorofila, feopigmentos e número de diatomáceas bênticas) com o aumento na velocidade do vento, contudo, esta relação não foi linear. Velocidades médias de vento $\leq 4,0 \text{ m.s}^{-1}$ ou $\geq 6,0 \text{ m.s}^{-1}$ não demonstraram efeito nos valores dos estimadores de biomassa. Entretanto, existiu um aumento significativo em todos os estimadores de biomassa com velocidades de vento entre 4,0 e 6,0 m.s^{-1} . Geralmente clorofila α , como um estimador de biomassa fitoplanctônica, é empregado na análise da comunidade. Por exemplo, Vörös & Padisák (1991) encontraram que o conteúdo de seston do lago foi fortemente dependente do vento e assim algas do fundo e planctônicas sedimentadas foram remexidas pela ação deste, que pode ter uma considerável influência na correlação entre biomassa planctônica e clorofila α .

É fundamental determinar a covariância entre os eventos ambientais e as respostas do fitoplâncton, principalmente quando se trata de identificar respostas fisiológicas, respostas na composição de espécies, e alterações na sucessão. A manutenção do crescimento adequado do fitoplâncton resulta das taxas de crescimento a diferentes graus de estabilidade/mistura vertical e fatores hidrodinâmicos no eixo horizontal que dependem de correntes induzidas pelo vento ou pelo fluxo de água (Tundisi, 1990).

Com relação ao zooplâncton, produtividade secundária é a produção obtida somente pelos consumidores do ecossistema. A maior diferença entre produtividade primária e secundária é que não pode ser usada uma metodologia única para caracterizar a produtividade secundária de uma comunidade (plâncton, nécton e o bentos). Ainda sabe-se muito pouco sobre a produtividade secundária em lagoas costeiras. O zooplâncton tem uma produtividade tão alta quanto a do zoobentos. A produção da população de uma espécie para um período

conhecido é considerada a ser a soma total dos aumentos de crescimento de todos os indivíduos durante certo período investigado e permanecendo no final, tanto quanto o crescimento de novos indivíduos nascidos e aqueles mortos por várias razões, sobreviventes para formar parte da biomassa final da população existente no final do período (Knoppers, 1994).

O conhecimento da comunidade planctônica em lagoas costeiras do litoral norte do RS ainda é bastante escasso, sendo restrito a dissertações/tese e resumos de congressos. Trabalhos que abordaram a comunidade fitoplanctônica foram desenvolvidos na Laguna de Tramandaí e Lagoa do Armazém (Callegaro et al., 1981), Lagoa das Pombas (Kremer, 1985), Lagoa Emboaba (Vélez, 1990) e Lagoas Marcelino-Pinguela (Salomoni, 1997); já a comunidade zooplanctônica (excluindo os protistas) foram estudados na Lagoa Caconde (Güntzel, 1995) e nas lagoas Marcelino-Passo (Pedrozo, 2000). Entre os protistas, apenas as tecamebas foram investigadas para a Laguna de Tramandaí (Closs & Madeira, 1967). Desta forma, este trabalho visa não somente ampliar os conhecimentos a respeito da comunidade planctônica em lagoas costeiras do RS, como também ser pioneiro em estabelecer relações entre as comunidades de produtores e consumidores, relacionando-os com aspectos hidrodinâmicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Embora seja fato a existência de uma pequena profundidade média e o regime de circulação polimítico nas lagoas costeiras do litoral do RS (Schwarzbold & Schäfer, 1984), podendo assumir que a distribuição vertical dos organismos fitoplanctônicos, na região limnética da mesma, seja ao acaso (Konrath, 1995), optou-se por realizar amostragens nas mesmas profundidades efetuadas para a produção primária e pigmentos. Com este tipo de amostragem pretendeu-se obter uma maior compreensão da dinâmica das comunidades planctônicas espacialmente, bem como respostas imediatas ao stress ambiental (vento), pois é fato que a distribuição vertical e horizontal do fitoplâncton pode mudar consideravelmente dentro de curtos intervalos pela ação do vento (Vollenweider, 1974). Assim, a análise da comunidade planctônica (fito- e zoo-) também seguiu o mesmo delineamento amostral utilizado para os outros dados bióticos, ou seja, 3 pontos de amostragem na lagoa, 4 turnos diurnos no perfil da coluna d'água durante 3 dias sazonalmente.

As técnicas utilizadas na coleta e quantificação das amostras de plâncton (Vollenweider, 1974; Sournia, 1978; APHA, 1992; Parra & Bicudo, 1995) estão resumidas na Tabela 7.1.

Tabela 7.1 – Técnicas utilizadas para amostragem e análise do fito- e zooplâncton da Lagoa Itapeva.

	FITOPLÂNCTON	ZOOPLÂNCTON
Amostrador	Garrafa horizontal tipo Van Dorn	Motobomba (STHIL P840) e rede de plâncton (25µm)
Volume coletado	200 a 250 mL	300 L concentrados. em 230 a 250 mL
Fixador	Solução de lugol	Formol 4%
Frasco	Vidro âmbar	Plástico de tampa rosca
Quantificação	Câmara de Sedgwick-Rafter em microscópio óptico Zeiss Jenaval (oculares de 16x)	Câmara de sedimentação de Utermöhl em microscópio invertido Olympus IX70
Concentração da amostra	20 ou 50 mL colocados em provetas para sedimentar por um período de 36 horas, sendo 5 mL do sedimentado transferido para tubos de ensaio para posterior quantificação	sem (efetuada na coleta) na câmara 3h/10 mL de amostra ou 1h/1 mL (Lund et al., 1958)
Nº de organismos contados *	Mínimo de 100 indivíduos e 80% de eficiência **	Mínimo de 100 indivíduos da spp. predominante e 80% de eficiência
Fórmula (APHA, 1992)	${}^*a \text{ N}^\circ \cdot \text{mL}^{-1} = \frac{(C \times 1000)}{(A \times D \times F)}$	${}^*b \text{ N}^\circ \cdot \text{L}^{-1} = (C \times V') / (V'' \times V''')$
Unidade registrada	Nº ind . mL ⁻¹	Nº ind . L ⁻¹

* eficiência = 1 – (nº spp. / nº de ind.) onde o valor pode ser multiplicado por 100 para obter o resultado em porcentagem (Pappas & Stoermer, 1996).

** os organismos unicelulares serão contados um a um, sendo as formas filamentosas e coloniais consideradas como um indivíduo.

^a Onde: C= número de organismos contados; A= área do campo (mm²); D= profundidade do campo (mm); F= número de campos contados.

^b Onde: C= número de organismos contados; V'= volume da amostra concentrada (mL); V''= volume contado (mL); V'''= volume da amostra coletada (L).

Geralmente, o número máximo de espécies em uma comunidade é dado em forma de distribuição log-normal, onde o número de espécies é plotado contra o número de indivíduos em intervalos numa escala logarítmica (Pappas & Stoermer, 1996). Baseado neste princípio, alguns pesquisadores adotaram como critério à formação de uma curva de suficiência amostral, onde a suspensão das contagens é realizada quando um equivalente a mais de 10% dos campos contados, não surgirem 10% de espécies novas (Garcia-Baptista, 1992; Salomoni, 1997). Muitas técnicas de quantificação vêm sendo utilizadas, porém a mais amplamente difundida é a de Lund et al. (1958), a qual foi adotada como padrão pelo Standard Methods

(APHA, 1992). Entretanto, seu uso requer um procedimento estatístico básico (teste para aleatoriedade das amostras, como o teste do X^2), e ainda, em nenhum momento do artigo é citado o número de indivíduos da espécie mais abundante a ser quantificado como valor estabelecido, conforme muitos autores usam desta forma sem mencionar que se trata de uma modificação ao método (Vélez, 1990; Torgan, 1997).

Baseado em todos estes argumentos, e principalmente levando em consideração o tempo que é consumido em cada quantificação e o número de amostras coletado, partiu-se do valor mínimo de 100 indivíduos/amostra a quantificar (na amostra total para fitoplâncton e da espécie mais abundante para zooplâncton) e eficiência de no mínimo 80%. Onde a eficiência é a probabilidade que um número necessário de indivíduos tenha sido contado. Eficiência máxima, em termos quantitativos, significa que a probabilidade de uma nova espécie a ser encontrada seja mínima; ou seja, a proporção entre o número de espécies e o número de indivíduos seja mais próxima de zero do que de 1 (Pappas & Stoermer, 1996). A opção para o zooplâncton de 100 indivíduos da espécie mais abundante está de acordo com o método empregado por Kozlowsky-Suzuki & Bozelli (1998).

Sempre que possível os organismos planctônicos foram identificados a nível específico. Porém, durante a quantificação algumas espécies, tanto de fito- quanto de zooplâncton, não permitiram tal feito devido:

- a) tamanho muito pequeno para a resolução utilizada durante a quantificação (especialmente com relação às diatomáceas penadas);
- b) posição em que o indivíduo encontra-se sedimentado na câmara não permitindo a visualização de estruturas fundamentais para tal;
- c) partículas em suspensão depositadas sobre todo ou parte do organismo.

Desta forma, em alguns casos, algumas espécies foram agrupadas durante as análises quantitativas para minimizar o erro. Contudo, posteriormente à quantificação foi feita tentativa para identificar a nível específico, uma vez que as amostras quantificadas foram armazenadas em frascos tipo “eppendorf”. A identificação da maioria dos organismos foi efetuada em microscopia óptica (Zeiss, Jenaval) através de lâminas semipermanentes montadas com glicerina líquida. Para as diatomáceas foram empregadas duas técnicas de preparação de lâminas permanentes (Ferrario et al., 1995): método de Simonsen (1974) e método de Hasle & Fryxell (1970). Fotomicrografias foram realizadas para o registro e auxílio na identificação, sendo as mesmas efetuadas durante a quantificação do zooplâncton (máquina Olympus acoplada ao microscópio invertido) ou a partir de lâminas semi-e

permanentes de ambos grupos planctônicos (máquina Zeiss acoplada ao microscópio óptico Axioscop).

Quanto ao grupo dos copépodos, somente os Harpaticoida permaneceram em nível de ordem, pois segundo Dra. Mônica Montú (comunicação pessoal) parece se tratar de uma espécie desconhecida.

A identificação das espécies do fitoplâncton foi efetuada com base nas seguintes bibliografias: (1) para Cyanophyta, Geitler (1932), Desikachary (1959), Campos & Senna (1988), Komárek & Kling (1991) e Torgan (1997); (2) para Chlorophyta, Komárek & Fott (1983) e Franceschini (1992); (3) para Bacillariophyta Torgan & Aguiar (1978), Germain (1981), Torgan (1985, 1997), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991), Callegaro *et al.* (1993) e Costa (1995); (4) para Cryptophyta, Torgan (1997); (5) para Euglenophyta, Bourrelly (1970) e Alves-da-Silva & Torgan (1981); (6) para Crysophyta, Bourrelly (1968); (7) para Dinophyta, Schiller (1937).

A identificação das espécies do zooplâncton foi efetuada com base nas seguintes bibliografias: (1) para Protista Boltovskoy & Lena (1971), Deflandre (1928, 1929), Gauthier-Lièvre & Thomas (1958), Ogden & Hedley (1980), Souto (1973), Valer (1997), Vucetich (1973); (2) para Rotifera Donner (1966), Haring (1917), Koste (1978), Leitão (1986), Olivier (1965), Paggi (1995), Pennak (1953), Ruttner-Kolisko (1989), Wallace & Snell (1991); (3) para Cladocera Brooks (1959), Elmoor-Loureiro (1997), Goulden (1968), Hebert (1977), Jaume (1991), Korovchinsky (1981), Loureiro (1988), Montú (1973 a, b, c), Montú & Goeden (1986), Paggi (1973, 1979), Smirnov & Timms (1983); para Copepoda Falavena (1985), Matsumura-Tundisi & Rocha (1983), Montú & Goeden (1986), Pennak (1991), Sendacz & Kubo (1982).

A estrutura da comunidade planctônica foi definida em termos de densidade específica e relativa, classes de tamanho, abundância, dominância, riqueza, diversidade específica, medida de semelhança e taxa de sucessão, além da distribuição temporal e espacial. Para o cálculo da densidade relativa foi utilizada a seguinte fórmula:

$$Ar = \frac{N \times 100}{Na} \quad (7.1)$$

onde: Ar=abundância relativa

N=número de organismos de cada táxon na amostra

Na=número total de organismos na amostra.

Com o intuito de analisar a estrutura de tamanho da comunidade planctônica, as categorias utilizadas foram (Dussart, 1965): nanoplâncton até 20 μm , microplâncton de 20 a 200 μm e macropâncton acima de 200 μm de tamanho. O tamanho das espécies foi considerado com base no maior eixo de dimensão linear, denominado GALD (Lewis, 1976).

Para analisar a abundância e dominância das espécies em cada amostra foi adotado o critério proposto por Lobo & Leighton (1986). Assim, pode-se selecionar as espécies dominantes e abundantes em cada campanha sazonal para analisar a sua densidade em relação ao restante da comunidade planctônica.

A mais simples medida de diversidade é a quantificação do número de espécies, sendo este o primeiro e mais velho conceito de diversidade e é mais propriamente denominado de riqueza específica (Krebs, 1978).

O segundo conceito de diversidade de espécies é baseado na heterogeneidade. Na função Shannon-Wiener (H') (citada erroneamente por Shannon-Weaver por ter sido descrito por Shannon & Weaver, 1949 *apud* Krebs, 1978) dois componentes de diversidade são combinados: (1) número de espécies e (2) equitabilidade ou equilíbrio de distribuição dos indivíduos entre as espécies. Um grande número de espécies aumenta a diversidade específica, e uma distribuição mais equilibrada entre as espécies também aumenta a diversidade de espécies medidas pela função Shannon-Wiener. Outra medida de diversidade pode ser derivada da teoria de probabilidade, como a de Simpson (D) (1949 *apud* Krebs, 1978). Este índice dá relativamente pouco peso para espécies raras e mais peso para espécies comuns, por isso é referido como medida de dominância. Quando D aumenta, diversidade decresce e o índice de Simpson é assim usualmente expresso como $1-D$ ou $1/D$ (Magurran, 1991). Este valor varia de 0 (baixa diversidade) até o máximo de $(1-1/S)$, onde S é o número de espécies (Krebs, 1978).

Assim, a riqueza de espécies foi verificada pelo número de táxons presentes em cada amostra quantificada. O índice de diversidade é um cálculo indispensável para qualquer estudo em nível de comunidade. Como o de Shannon-Wiener é o mais amplamente utilizado (Padisák, 1993), então este foi aplicado nestes dados a fim de possibilitar comparações com dados de outras lagoas costeiras do RS. Também foi calculada a diversidade pelo índice de Simpson, a fim de comparar a interpretação dada por ambos resultados, visto que se tratam de índices baseados na abundância proporcional de espécies (Magurran, 1991). Estes cálculos foram efetuados no programa PC-ORD® versão 4.0, utilizando as seguintes equações:

s

$$H' = - \sum_i p_i \log_2 p_i \quad (7.2)$$

onde: H' é o índice de diversidade de Shannon-Wiener

p_i é a proporção de indivíduos encontrados na espécie i -inésima, estimado como n_i/N

n_i é a medida da densidade (biomassa) da espécie i -inésima

s é o número de espécies na amostra

N = n° total de indivíduos na amostra

$$D = 1 - \sum_i (p_i)^2 \quad (7.3)$$

onde: D é o índice de diversidade de Simpson

Coefficiente de semelhança de Sørensen (S) (1948 *apud* Krebs, 1978) foi utilizado entre os 3 pontos da lagoa sazonalmente, bem como com outros trabalhos efetuados em lagoas costeiras do RS (Closs & Madeira, 1967; Kremer, 1985; Vélez, 1990; Güntzel, 1995; Salomoni, 1997; Pedrozo, 2000).

$$S = [2c/(a+b)] \times 100 \quad (7.4)$$

onde: c = n° total de spp comuns

a = n° total spp. no Ponto A ou na lagoa A

b = n° total spp. no Ponto B ou na lagoa B

A taxa de sucessão na composição da comunidade (σ) foi calculada de acordo com o método do somatório das diferenças (Lewis, 1978; Huszar & Reynolds, 1997):

$$\sigma = \sum_i | [b_i(t_1)/B(t_1)] - [b_i(t_2)/B(t_2)] | / (t_2 - t_1) \quad (7.5)$$

onde: $b_i(t)$ é a abundância da espécie inésima

$B(t)$ é a soma dos indivíduos constituindo a comunidade amostrada

t_1 e t_2 são as duas datas sucessivas

Uma análise descritiva foi efetuada em nível de grupos planctônicos sazonalmente e em cada ponto de amostragem, tanto para os dados totais como no perfil da coluna d'água. Para estes dados da comunidade planctônica foi efetuada uma ANOVA para medidas repetidas no tempo (turnos e dias) e espaço (pontos e perfil de profundidade), a fim de verificar a variância dos mesmos em escala espaço-temporal. O programa estatístico utilizado nestas análises dos dados foi o Statistica ® versão 4.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fitoplâncton

A comunidade fitoplanctônica da Lagoa Itapeva esteve composta por 7 divisões e mais de 148 espécies, pois algumas foram agrupadas dentro do mesmo gênero por não terem sido identificadas a nível específico (algumas nem mesmo em nível de gênero). Segue abaixo a

lista da composição das espécies, com a respectiva classe de tamanho pela dimensão GALD, por divisão: (nano= nanoplâncton, micro= micropâncton, macro= macropâncton)

Divisão Bacillariophyta

<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	micro
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen	nano
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	micro
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen var. <i>angustissima</i> O. Müller	micro
<i>Aulacoseira</i> cf. <i>italica</i> (Ehrenberg) Simonsen	micro
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Cleve	micro
<i>Cyclotella</i> sp.	nano
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck	micro
<i>Eunotia</i> sp. gr.	micro
<i>Eunotia camelus</i> Ehrenberg	micro
<i>Eunotia didyma</i> Hustedt ex Zimmermann	micro
<i>Eunotia sudetica</i> O. Müller	micro
<i>Eunotia valida</i> Hustedt	micro
<i>Eunotia</i> spp.	micro
cf. <i>Fragillaria javica</i> Hustedt	nano
cf. <i>Fragillaria pinnata</i> Ehrenberg	nano
<i>Fragillaria</i> sp1.	nano
<i>Fragillaria</i> sp2.	micro
<i>Frustulia</i> sp.	micro
<i>Gomphonema</i> cf. <i>augur</i> Ehrenberg	micro
<i>Gyrosigma</i> sp.	micro
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	micro
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	micro
<i>Navicula</i> spp.	micro
<i>Nitzschia</i> spp.	micro
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) Wm. Smith	micro
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	nano
<i>Nitzschia</i> cf. <i>constricta</i>	micro
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow	nano
<i>Nitzschia</i> cf. <i>fruticosa</i> Hustedt	micro
<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch	micro
<i>Nitzschia</i> cf. <i>intermedia</i> Hantzsch	micro
<i>Nitzschia</i> cf. <i>lanceolata</i> Wm. Smith	micro
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) Wm. Smith	micro
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) Wm. Smith	micro
<i>Nitzschia sigma</i> Wm. Smith	micro
<i>Nitzschia</i> cf. <i>subacicularis</i> Hustedt	micro
<i>Pinnularia</i> spp.	micro
<i>Pinnularia neomajor</i> Krammer	macro
<i>Pinnularia maior</i> (Kützing) Rabenhorst var. <i>subacuta</i> (Ehrenberg) Cleve	micro
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	micro
<i>Stauroneis</i> cf. <i>anceps</i> Ehrenberg	micro
<i>Stauroneis</i> sp1.	micro
<i>Stauroneis</i> sp2.	micro
<i>Staurosira construens</i> (Ehrenberg) Williams & Round	nano
<i>Surirella guatemalensis</i> Ehrenberg	micro
<i>Surirella ovata</i> Kützing var. <i>minuta</i> (Schumann) Kirchner	micro
<i>Surirella tenera</i> Gregory	micro
<i>Surirella</i> sp1.	micro

<i>Suirella</i> sp2.	micro
<i>Suirella</i> sp3.	micro
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	micro
<i>Synedra</i> sp1.	micro
<i>Synedra</i> sp2.	micro
<i>Synedra</i> sp3.	micro
<i>Synedra</i> sp4.	micro
<i>Tryblionella levidensis</i> Wm. Smith	nano
<i>Tryblionella victoriae</i> Grunow	nano

Divisão Cyanophyta

<i>Anabaena</i> sp1.	macro
<i>Anabaena</i> sp2.	micro
<i>Anabaena circinalis</i> Rabenhorst ex Bonet & Flahault	micro
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn	micro
cf. <i>Aphanizomenon</i> sp1.	micro
cf. <i>Aphanizomenon</i> sp2.	micro
<i>Aphanizomenon</i> sp.	micro
<i>Aphanocapsa</i> sp.	micro
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G.S. West	micro
<i>Aphanocapsa nubilum</i> Komárek & Cronberg	micro
<i>Aphanocapsa roeseana</i> Bary	micro
<i>Aphanothece</i> sp.	nano
<i>Chroococcus</i> cf. <i>limneticus</i> Lemmermann	micro
<i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nägeli	nano
<i>Chroococcus minutus</i> (Keissler) Lemmermann	nano
<i>Coelosphaerium</i> sp.	nano
<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Nägeli	micro
<i>Cyanodiction imperfectum</i> Cromberg et Weibull	micro
<i>Cyanodiction reticulatum</i> (Lemmermann) Geitler	micro
<i>Gloeocapsa</i> cf. <i>kuetzingiana</i> Nägeli	micro
cf. <i>Gloeocapsa</i>	nano
<i>Gomphosphaeria</i> sp.	micro
<i>Lyngbya</i> sp.	micro
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	nano
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	micro
<i>Microcystis</i> cf. <i>minutissima</i> W. West	micro
<i>Oscillatoria</i> sp.	micro
<i>Planktolynbya contorta</i> (Lemmermann) Anagnostidis et Komárek	micro
<i>Planktolynbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárkova-Legnerová & Cronberg	micro
cf. <i>Pseudoanabaena</i>	micro
cyanofita1	nano

Divisão Chlorophyta

<i>Ankistrodesmus</i> sp.	micro
<i>Closteriopsis acicularis</i> (G.M. Smith) Belcher & Swale	micro
<i>Closterium acutum</i> Brébisson var. <i>variabile</i> (Lemmermann) W. Krieg	micro
<i>Closterium parvulum</i> Nägeli	micro
<i>Crucigeniella apiculata</i> (Lemmermann) Komárek	nano
<i>Crucigeniella crucifera</i> (Wolle) Komárek	nano
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat	nano
<i>Kirchneriella arcuata</i> G.M. Smith	nano

<i>Kirchneriella</i> cf. <i>contorta</i> (Schmidle) Bohlin var. <i>elegans</i> (Playfard) Komárek	nano
<i>Kirchneriella incurvata</i> Belcher & Swale	nano
<i>Kirchneriella irregularis</i> (G.M. Smith) Korschikov	nano
<i>Kirchneriella obesa</i> (W. West) Schmidle	nano
<i>Lagerheimia ciliata</i> (Lagerheim) Chodat	nano
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsikov) Hindák	micro
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerova	nano
<i>Monoraphidium griffithi</i> (Berkeley) Komárková-Legnerova	micro
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G.M. Smith) Komárková-Legnerova	micro
<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerova	nano
<i>Monoraphidium tortile</i> (W. & G.S. West) Komárková-Legnerova	micro
<i>Mougeotia</i> sp.	micro
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen var. <i>duplex</i>	micro
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen var. <i>gracillimum</i> W. & G.S. West	micro
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	micro
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat	nano
<i>Scenedesmus</i> spp.	nano
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat var. <i>acuminatus</i>	micro
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat var. <i>minor</i> G.M. Smith	nano
<i>Scenedesmus communis</i> Hegewald	nano
<i>Scenedesmus ecomis</i> (Ehrenberg) Chodat	nano
<i>Scenedesmus intermedius</i> Chodat	nano
<i>Scenedesmus</i> cf. <i>ovalternus</i> Chodat	nano
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson	nano
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson var. <i>parvus</i> G.S. Smith	nano
<i>Schroederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann	nano
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korsikov) Bourrelly	micro
<i>Spyrogira</i> sp.	micro
<i>Tetraedron trigonum</i> (Nägeli) Hansgirg	nano
<i>Tetrastrum elegans</i> Playfair	nano
<i>Tetrastrum glabrum</i> (Roll) Ahlstrom & Tiffany	nano
<i>Tetrastrum triacanthum</i> Korsikov	nano
<i>Tetrastrum triangulare</i> (Chodat) Komárek	nano
Clorofita1	nano
Clorofita2	nano

Divisão Cryptophyta

<i>Chroomonas acuta</i> Utermöhl	nano
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg	micro
<i>Cryptomonas marsonii</i> Skuja	nano
<i>Cryptomonas pyrenoidifera</i> Geitler	nano
Cryptofita gr.	micro

Divisão Dinophyta

<i>Gymnodinium</i> sp.	nano
<i>Peridinium volzii</i> Lemmermann	micro
<i>Peridinium</i> sp.	nano
Dinofita pq.	nano

Divisão Euglenophyta

<i>Euglena</i> sp.	nano
--------------------	------

<i>Trachelomonas</i> sp.	nano
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenberg	nano
<i>Strombomonas</i> sp.	nano

Divisão Crysophyta

<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg	nano
<i>Mallomonas</i> sp.	nano
<i>Salpingoeca</i> sp.	nano

Quanto à riqueza fitoplanctônica na Lagoa Itapeva, esta foi maior durante a primavera (106 spp.) e diminuiu no outono (69 spp.) devido à floração de *Anabaena circinalis*. A variação espacial na riqueza da Lagoa Itapeva apontou para um maior percentual de espécies no ponto Norte durante a primavera e outono, no Centro durante o verão e inverno/99 e no Sul durante o inverno/98. A riqueza taxonômica do fitoplâncton foi mais semelhante entre os pontos durante o inverno/99.

O outono foi a estação do ano com maior densidade média na comunidade fitoplanctônica, embora o registro máximo tenha ocorrido durante a primavera (Tabela 7.2 e Fig. 7.1). Nos pontos Centro e Sul as maiores médias ocorreram nitidamente durante o outono, enquanto que, no ponto Norte, a média durante o inverno (ago/99) foi ligeiramente superior à ocorrida no outono (Tabela 7.2 e Fig. 7.1). Realmente, as estações frias do ano (outono e inverno/99) parecem ter contribuído para um aumento na densidade fitoplanctônica na Lagoa Itapeva. Provavelmente este fato esteja intimamente vinculado à ação de ventos, onde a alternância entre períodos de intensa velocidade e calmaria total propiciaram uma maior remineralização na coluna d'água, seguido de um ambiente mais estável para o desenvolvimento celular. O mesmo não foi repetido durante o inverno do ano anterior (ago/98), devido à ocorrência de intenso período de precipitação que interferiu diretamente nas propriedades físico-químicas do sistema (*capítulo 4*). Geralmente um gradiente decrescente de densidade do N→S ocorreu na Lagoa Itapeva, com exceção durante o outono (floração de cianobactéria em toda a lagoa) e o inverno/98. Neste inverno, o ponto Centro parece ter sido beneficiado, provavelmente com um maior aporte de nutrientes carreados pela chuva, procedentes do deságüe do Rio Três Forquilhas.

Picos de abundância durante a estação fria também foi uma característica importante da sazonalidade picoalgal no *Lago Neusiedlersee*–Hungria (raso, turvo e salino). Os principais resultados deste estudo permitiram concluir que a dinâmica do fitoplâncton foi caracterizada por ressuspensões periódicas em curto prazo ou mesmo sazonalmente, enquanto que, flutuações no nível de água e salinidade foram fatores que afetaram mudanças em longo prazo da comunidade fitoplanctônica (Padisák & Dokulil, 1994).

Tabela 7.2 - Análise descritiva dos dados de densidade do fitoplâncton (Nº ind.mL⁻¹), total e por grupos, em cada campanha sazonal e ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

GERAL	Inverno - Ago/98								Primavera - Dez/98								Verão - Mar/99							
	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO
Média	229	227	23	11	0	1	0	491	729	539	68	18	0	1	0	1359	616	760	51	2	0	1	0	1431
Desvio padrão	143	182	11	15	1	2	0	249	289	917	46	37	2	3	2	1010	262	722	48	8	2	4	2	755
Mínimo	64	115	6	0	0	0	0	259	272	60	0	0	0	0	0	557	115	168	0	0	0	0	0	611
Máximo	717	1230	47	73	6	9	0	1451	1919	5578	269	224	14	19	14	7029	1488	4778	252	58	12	32	13	5037
N	36	36	36	36	36	36	36	36	101	102	102	102	102	102	102	102	107	107	107	107	107	107	107	107
Norte	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO
Média	156	194	26	7	1	1	0	385	852	1088	79	33	1	1	0	2055	519	1262	58	5	0	1	0	1846
Desvio padrão	62	35	12	7	1	3	0	61	298	1390	44	55	3	3	2	1415	284	988	46	13	0	5	0	1082
Mínimo	64	128	6	0	0	0	0	325	379	65	0	0	0	0	0	874	115	365	0	0	0	0	0	877
Máximo	264	242	47	19	4	9	0	506	1536	5578	180	224	14	17	14	7029	1488	4778	149	58	0	24	0	5037
N	12	12	12	12	12	12	12	12	36	36	36	36	36	36	36	36	35	35	35	35	35	35	35	35
Centro	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO
Média	351	323	19	2	0	0	0	696	777	244	85	9	0	1	0	1130	583	575	46	0	1	2	0	1207
Desvio padrão	185	297	11	4	0	1	0	345	313	109	54	19	0	5	2	379	215	371	53	2	3	6	0	380
Mínimo	150	115	7	0	0	0	0	292	272	60	12	0	0	0	0	557	188	269	0	0	0	0	0	817
Máximo	717	1230	41	10	0	4	0	1451	1919	516	269	100	0	19	11	2521	1156	1929	252	10	12	32	0	2749
N	12	12	12	12	12	12	12	12	29	30	30	30	30	30	30	30	36	36	36	36	36	36	36	36
Sul	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO
Média	180	163	24	23	1	0	0	392	567	237	41	10	0	0	0	855	744	455	49	2	0	0	1	1251
Desvio padrão	49	27	7	19	2	1	0	78	165	85	25	17	0	2	0	138	234	330	45	5	2	0	3	434
Mínimo	106	121	13	0	0	0	0	259	330	109	9	0	0	0	0	579	322	168	0	0	0	0	0	611
Máximo	282	199	35	73	6	2	0	515	957	427	104	56	0	9	0	1120	1248	2000	199	19	11	0	13	3130
N	12	12	12	12	12	12	12	12	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36

onde: Baci= Bacillariophyta, Cyano= Cyanophyta, Chloro= Chlorophyta, Crypto= Cryptophyta, Dino= Dinophyta, Eugleno= Euglenophyta, Cryso= Crysophyta, FITO= fitoplâncton total

continuação da Tabela 7.2

GERAL	Outono - Mai/99								Inverno - Ago/99							
	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO
Média	223	2047	17	0	0	0	0	2288	483	922	16	20	0	1	0	1442
Desvio padrão	259	1038	23	1	0	4	3	1046	215	924	17	24	0	4	0	889
Mínimo	0	437	0	0	0	0	0	714	141	114	0	0	0	0	0	354
Máximo	1928	5878	153	10	0	40	31	6356	1264	4659	61	80	0	39	0	4910
N	107	107	107	107	107	107	107	107	105	105	105	105	105	105	105	105
Norte	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO
Média	360	1967	24	0	0	1	1	2353	532	1840	14	9	0	1	0	2396
Desvio padrão	396	955	34	0	0	7	5	985	290	1068	18	16	0	7	0	898
Mínimo	0	863	0	0	0	0	0	1029	170	587	0	0	0	0	0	1422
Máximo	1928	5878	153	0	0	40	31	6356	1264	4659	55	72	0	39	0	4910
N	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Centro	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO
Média	174	1690	14	0	0	0	0	1879	541	430	24	29	0	1	0	1026
Desvio padrão	102	1041	13	2	0	0	1	1031	159	213	17	30	0	4	0	245
Mínimo	19	437	0	0	0	0	0	714	237	114	0	0	0	0	0	589
Máximo	429	4908	41	10	0	0	9	5153	833	1105	61	80	0	15	0	1626
N	36	36	36	36	36	36	36	36	33	33	33	33	33	33	33	33
Sul	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO	Baci	Cyano	Chloro	Crypto	Dino	Eugleno	Cryso	FITO
Média	134	2495	13	0	0	0	0	2641	381	456	11	22	0	0	0	869
Desvio padrão	80	979	17	0	0	0	0	1006	118	183	11	22	0	2	0	225
Mínimo	0	1152	0	0	0	0	0	1290	141	141	0	0	0	0	0	354
Máximo	326	5068	64	0	0	0	0	5340	568	1034	34	74	0	12	0	1330
N	35	35	35	35	35	35	35	35	36	36	36	36	36	36	36	36

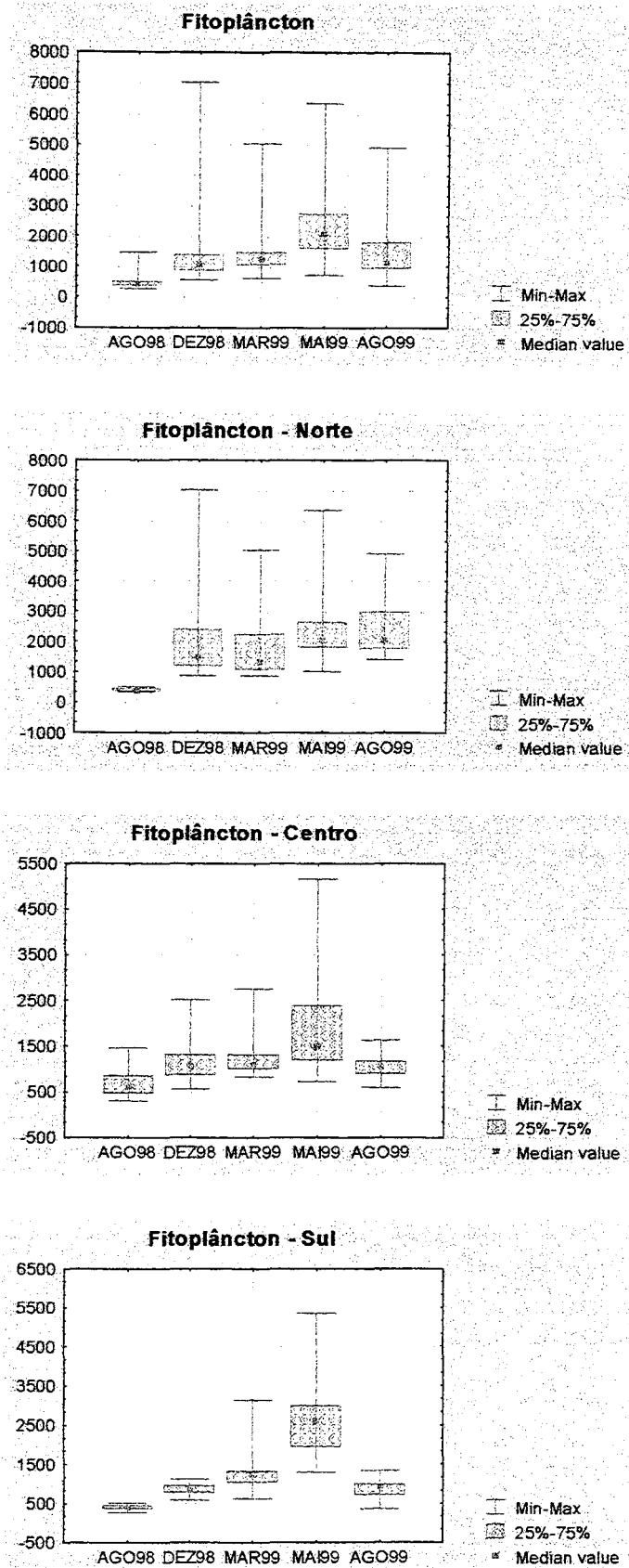


Figura 7.1 - Distribuição dos valores de densidade do fitoplâncton total (n° ind.mL $^{-1}$), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.

AGO98= inverno/98, DEZ98= primavera, MAR99= verão, MAI99= outono, AGO99= inverno/99

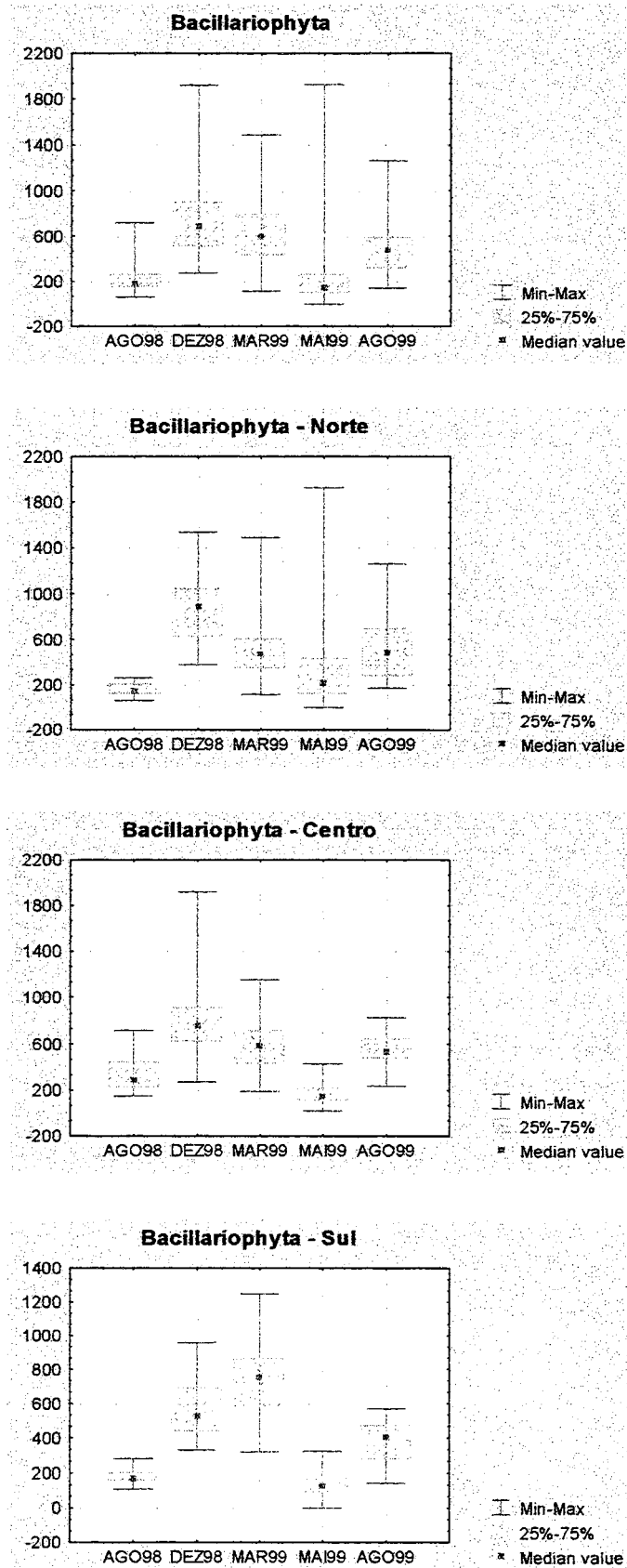


Figura 7.2 - Distribuição dos valores de densidade de Bacillariophyta (n° ind.mL⁻¹), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.

AGO98= inverno/98, DEZ98= primavera, MAR99= verão, MAI99= outono, AGO99= inverno/99

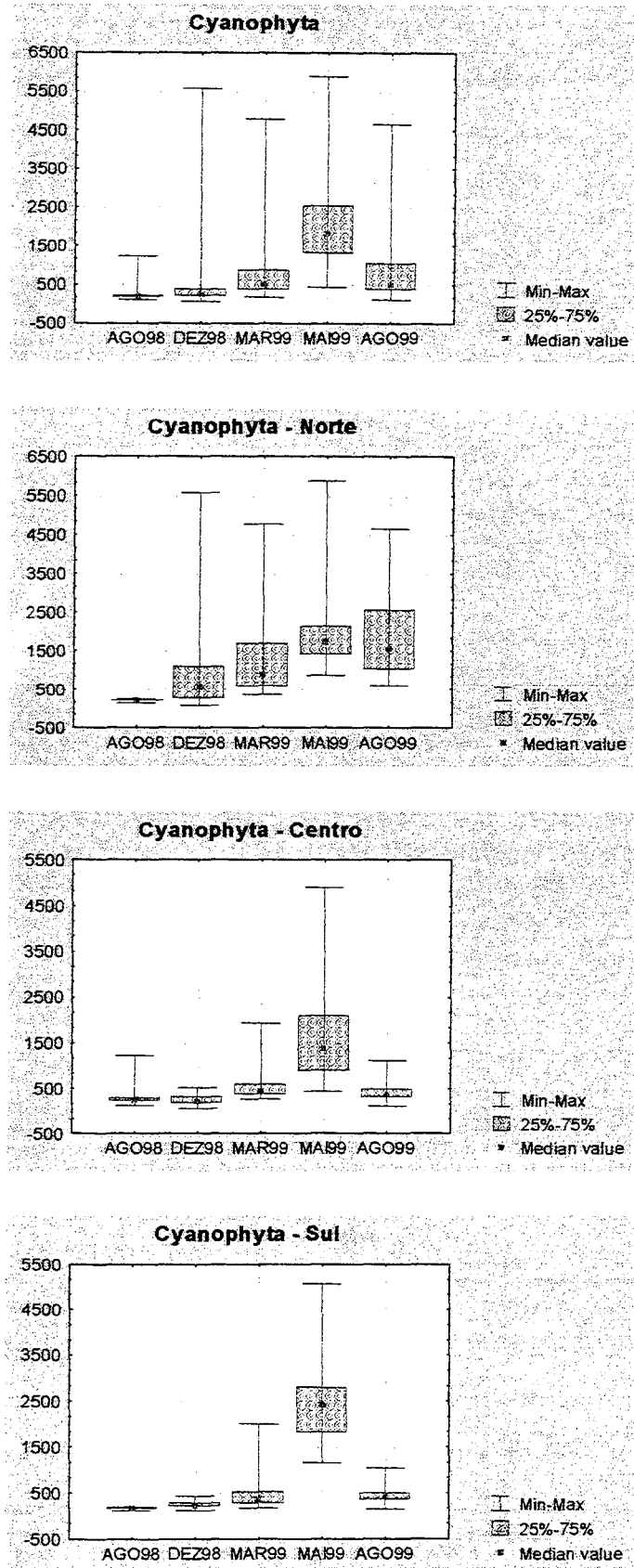


Figura 7.3 - Distribuição dos valores de densidade de Cyanophyta (n° ind.mL $^{-1}$), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.

AGO98= inverno/98, DEZ98= primavera, MAR99= verão, MAI99= outono, AGO99= inverno/99

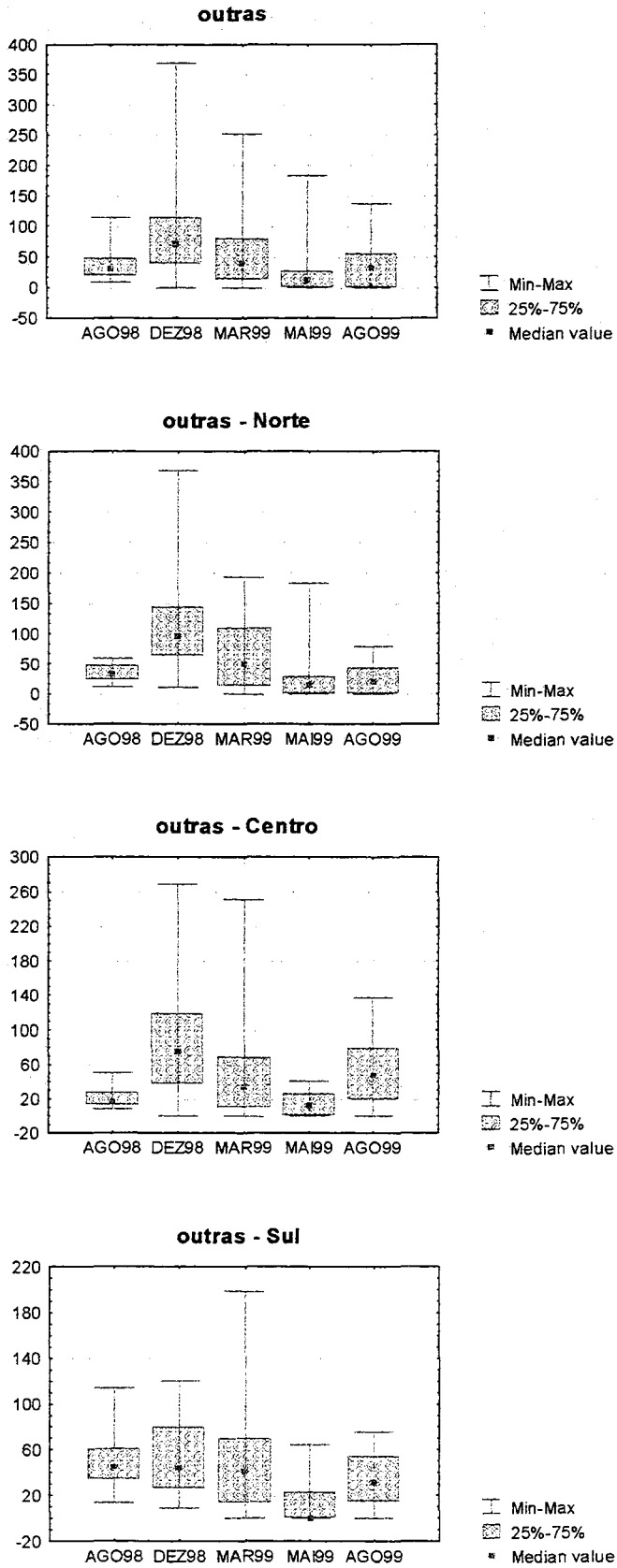


Figura 7.4 - Distribuição dos valores de densidade (n° ind. mL^{-1}) de outras divisões fitoplanctônicas (Chlorophyta, Cryptophyta, Euglenophyta, Dinophyta e Chrysophyta) durante as campanhas sazonais, nos pontos de amostragem, na Lagoa Itapeva.

AGO98= inverno/98, DEZ98= primavera, MAR99= verão, MAI99= outono, AGO99= inverno/99

Quanto aos grupos fitoplanctônicos, as diatomáceas (Bacillariophyta) e as cianobactérias (Cyanophyta) foram características para a Lagoa Itapeva, tanto em nível de densidade quanto de riqueza. A maior densidade média do verão ao inverno/99 foi registrada para as cianobactérias, porém na primavera, as diatomáceas foram mais abundantes. No inverno/98 ambos grupos apresentaram densidades médias semelhantes (Tabela 7.2).

As diatomáceas foram mais abundantes durante a primavera seguida pelo verão nos pontos Norte e Centro, ocorrendo o inverso no ponto Sul (Fig. 7.2). O registro máximo de densidade ocorreu em épocas distintas para cada um dos pontos de amostragem na lagoa (Fig. 7.2). Espécies filamentosas de *Aulacoseira* foram residentes e abundantes para a Lagoa Itapeva.

As cianobactérias foram mais abundantes durante o outono na Lagoa Itapeva, quando foi registrada a ocorrência de floração de *Anabaena circinalis* (Cardoso et al., em preparação). Nota-se que nos pontos Centro e Sul a sua maior densidade ocorreu no outono, enquanto que no Norte, um gradiente crescente da primavera em direção ao inverno/99 ficou evidenciado (Fig. 7.3).

As Cyanophyceae são caracteristicamente tolerantes a amplas faixas de variação ambiental, além de mais tolerantes à poluição. Há ainda outras vantagens desse grupo como capacidade de regular flutuação (através de vacúolos gasosos), fixação de nitrogênio atmosférico e baixo valor alimentar para o zooplâncton, que as livra de problemas de sedimentação rápida, limitação por nitrogênio e herbivoria, respectivamente (Shapiro, 1973 *apud* Domingos, 1991; Lewis, 1976). A limitação de nitrogênio em ambientes aquáticos seria mais uma situação favorável ao desenvolvimento de Cyanophyceae, uma vez que essas podem fixar o nitrogênio molecular (Fogg, 1987 *apud* Domingos, 1991).

Devido às outras 5 divisões apresentarem baixa densidade em todas as campanhas, estas foram analisadas em conjunto. A maior densidade destas ocorreu na primavera em todos os pontos de amostragem, porém o valor máximo para o ponto Sul foi registrado no verão (Fig. 7.4).

A análise no perfil da coluna d'água mostrou que as densidades médias sazonalmente foram bastante semelhantes entre as profundidades, com uma maior densidade oscilando entre estas nos pontos e estações do ano (Tabela 7.3). Porém, densidade média maior ocorreu mais freqüentemente no meio da coluna d'água, especialmente no ponto Centro e no inverno/99 (Tabela 7.3). A maior amplitude no perfil ocorreu durante o outono, estando este fato relacionado com a floração de *A. circinalis*, uma cianobactéria que possui a propriedade de manter-se flutuando devido à presença de vacúolos gasosos.

O modelo multiespécies desenvolvido por Huisman et al. (1999) prediz que águas bem misturadas favorecem as espécies com requerimentos de intensidade luminosa crítica mais baixa, onde a sua composição geralmente difere da encontrada em águas de baixa turbulência. Em um ambiente turbulento, as algas encontram-se misturadas na coluna, experimentando alterações constantes de intensidade como ocorreu na Lagoa Itapeva (excetuando a floração outonal).

Tabela 7.3 – Distribuição da densidade da comunidade fitoplanctônica (ind.mL⁻¹) no perfil da coluna d'água nas campanhas sazonais e pontos de amostragem na Lagoa Itapeva

	Ago/98			Dez/98			Mar/99			Mai/99			Ago/99		
	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	485	527	460	1275	1328	1475	1455	1359	1479	2615	2233	2026	1361	1512	1453
Desvio padrão	247	314	187	743	992	1251	644	645	949	1287	949	791	833	897	953
Mínimo	292	325	259	557	622	579	830	817	611	738	714	973	354	567	500
Máximo	1167	1451	955	4356	5985	7029	3237	3636	5037	6356	5153	3885	3801	3972	4910
N	12	12	12	34	34	34	35	36	36	35	36	36	35	35	35
NORTE	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	374	381	398	1733	1995	2437	1833	1612	2092	2751	2117	2191	2287	2485	2416
Desvio padrão	46	85	62	966	1457	1743	773	934	1442	1311	437	957	731	916	1083
Mínimo	336	325	329	874	913	1046	939	877	925	1526	1476	1029	1434	1422	1532
Máximo	436	506	459	4356	5985	7029	3237	3636	5037	6356	2850	3885	3801	3972	4910
N	4	4	4	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12
CENTRO	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	677	774	636	1271	1077	1044	1206	1235	1180	1811	2109	1718	984	1060	1033
Desvio padrão	375	476	234	565	235	237	397	518	179	949	1334	779	345	184	190
Mínimo	292	402	403	557	761	682	830	817	915	738	714	973	589	633	635
Máximo	1167	1451	955	2521	1456	1505	2082	2749	1501	3658	5153	3169	1626	1340	1242
N	4	4	4	10	10	10	12	12	12	12	12	12	11	11	11
SUL	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	403	426	346	821	871	871	1356	1230	1166	3343	2472	2168	781	952	874
Desvio padrão	81	74	75	88	125	190	600	280	376	1171	893	560	241	200	216
Mínimo	332	326	259	713	622	579	897	872	611	1336	1485	1290	354	567	500
Máximo	515	493	443	995	1069	1120	3130	1948	2079	5340	4360	2910	1220	1330	1228
N	4	4	4	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	12	12

S= superfície, M= meio, F= fundo, Ago/98= inverno/98, Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno/99.

Observando mais detalhadamente a distribuição da densidade do fitoplâncton no perfil da coluna d'água, em nível de ponto e turno de amostragem em cada estação do ano, algumas tendências puderam ser estabelecidas.

Por exemplo, durante o inverno/98 (Fig. 7.5) a distribuição do fitoplâncton nos pontos Norte e Sul parece ter sido mais homogênea na coluna d'água, com as maiores densidades na profundidade mediana no turno da manhã. Porém, no Centro um forte aumento na densidade foi registrado no final do dia na profundidade mediana. Embora dados de nível e movimento d'água não estivessem disponíveis nesta campanha piloto, um longo e intenso período de

chuvas (aproximadamente uma semana anterior ao dia de coleta) certamente contribuiu com um maior escoamento de água (com nutrientes e/ou organismos), beneficiando de certo modo o ponto Centro devido a direta influência deste evento neste local.

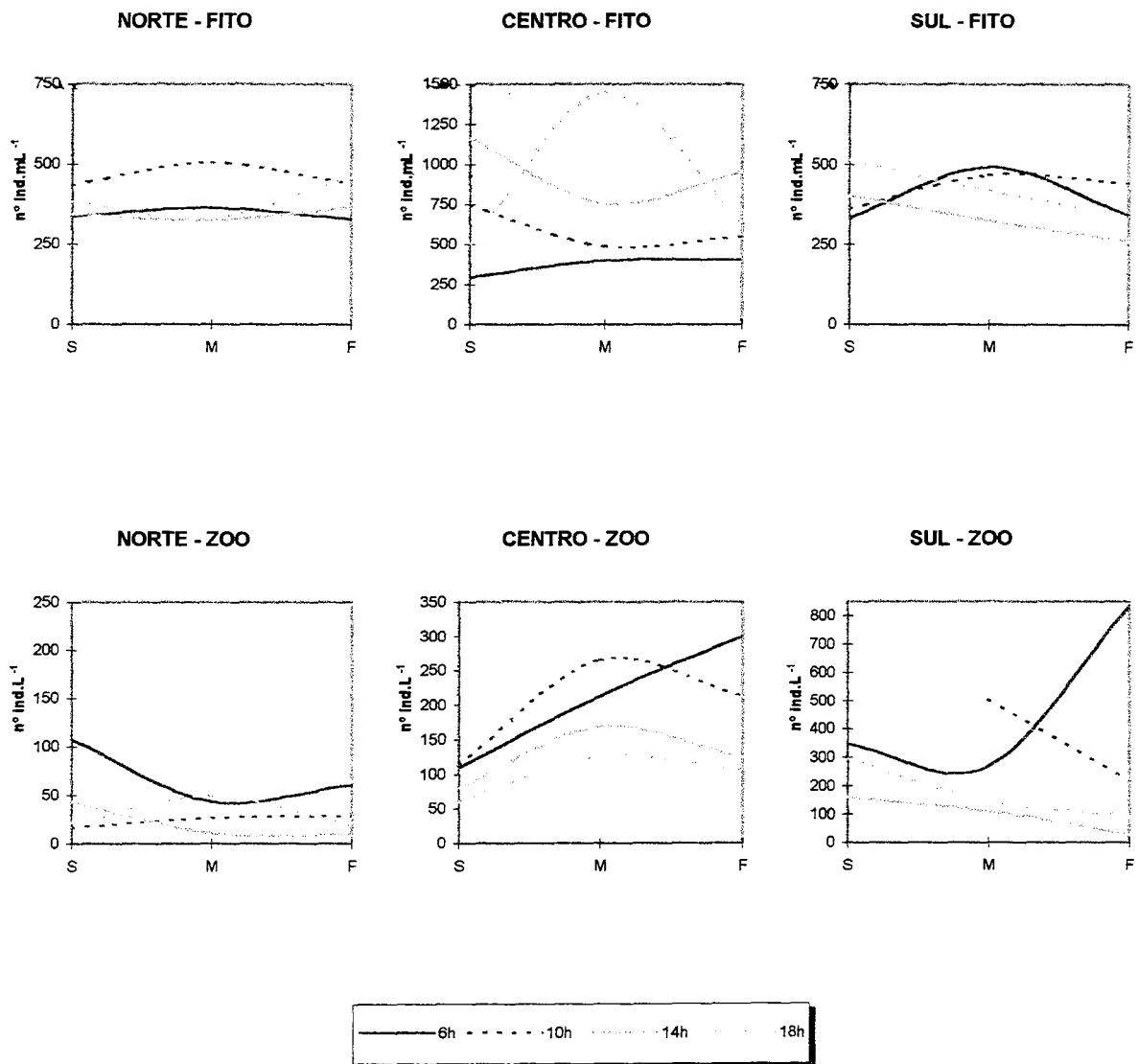
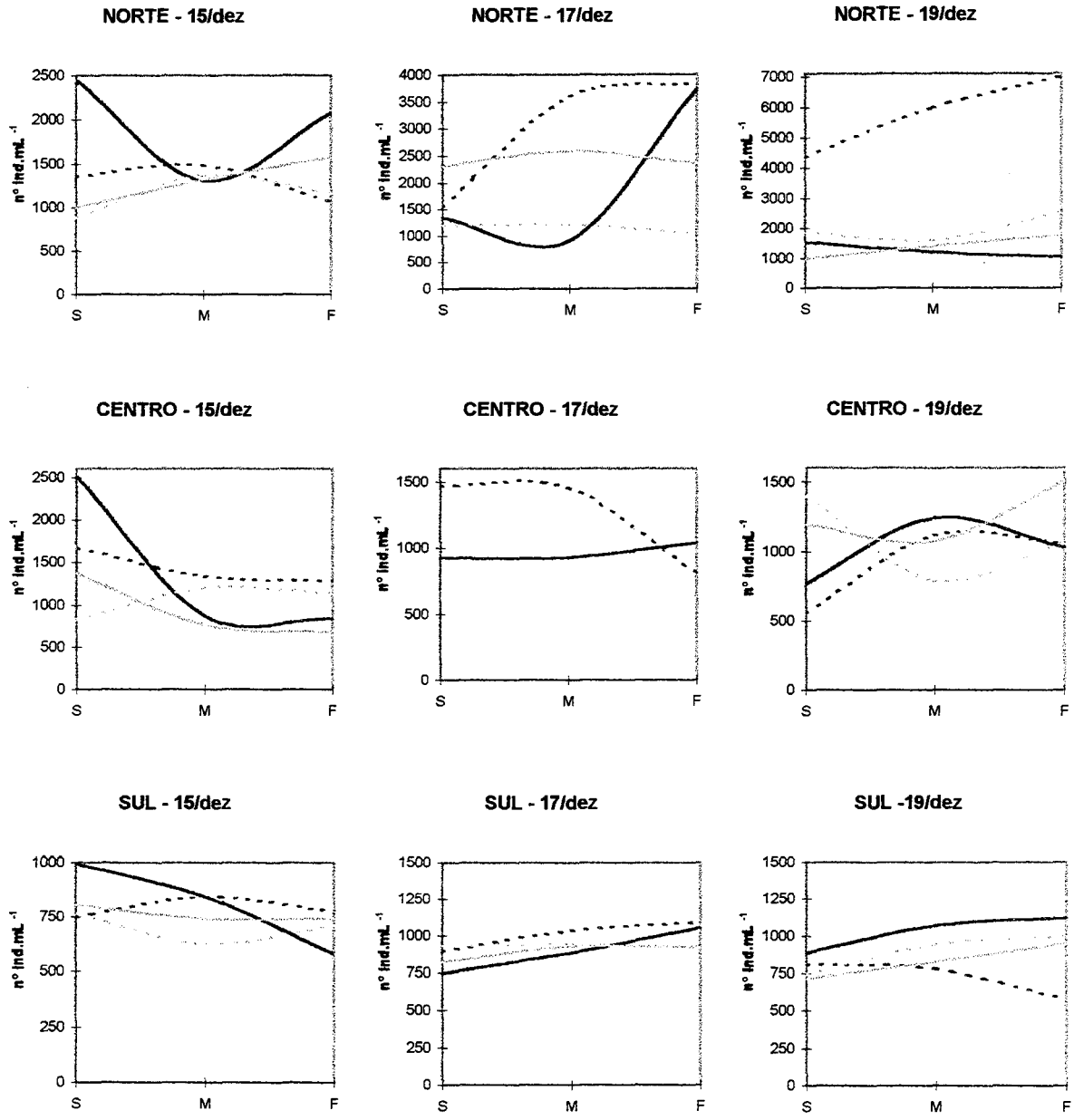


Figura 7.5- Perfil de densidade do fitoplâncton (FITO) e zooplâncton (ZOO) durante o inverno (Ago/98) na Lagoa Itapeva. S= superfície, M=meio, F= fundo



NORTE - dez/98

CENTRO - dez/98

SUL - dez/98

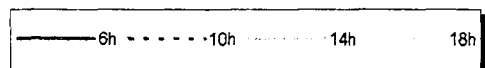
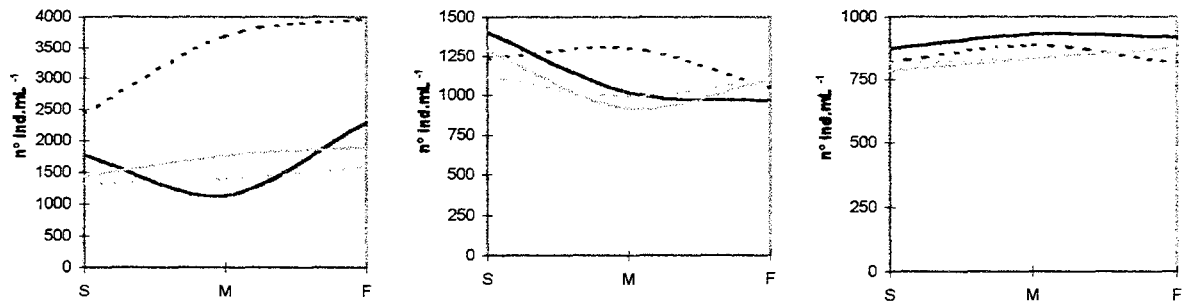


Figura 7.6 - Perfil de densidade do fitoplâncton durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva.

S= superfície, M=meio, F= fundo

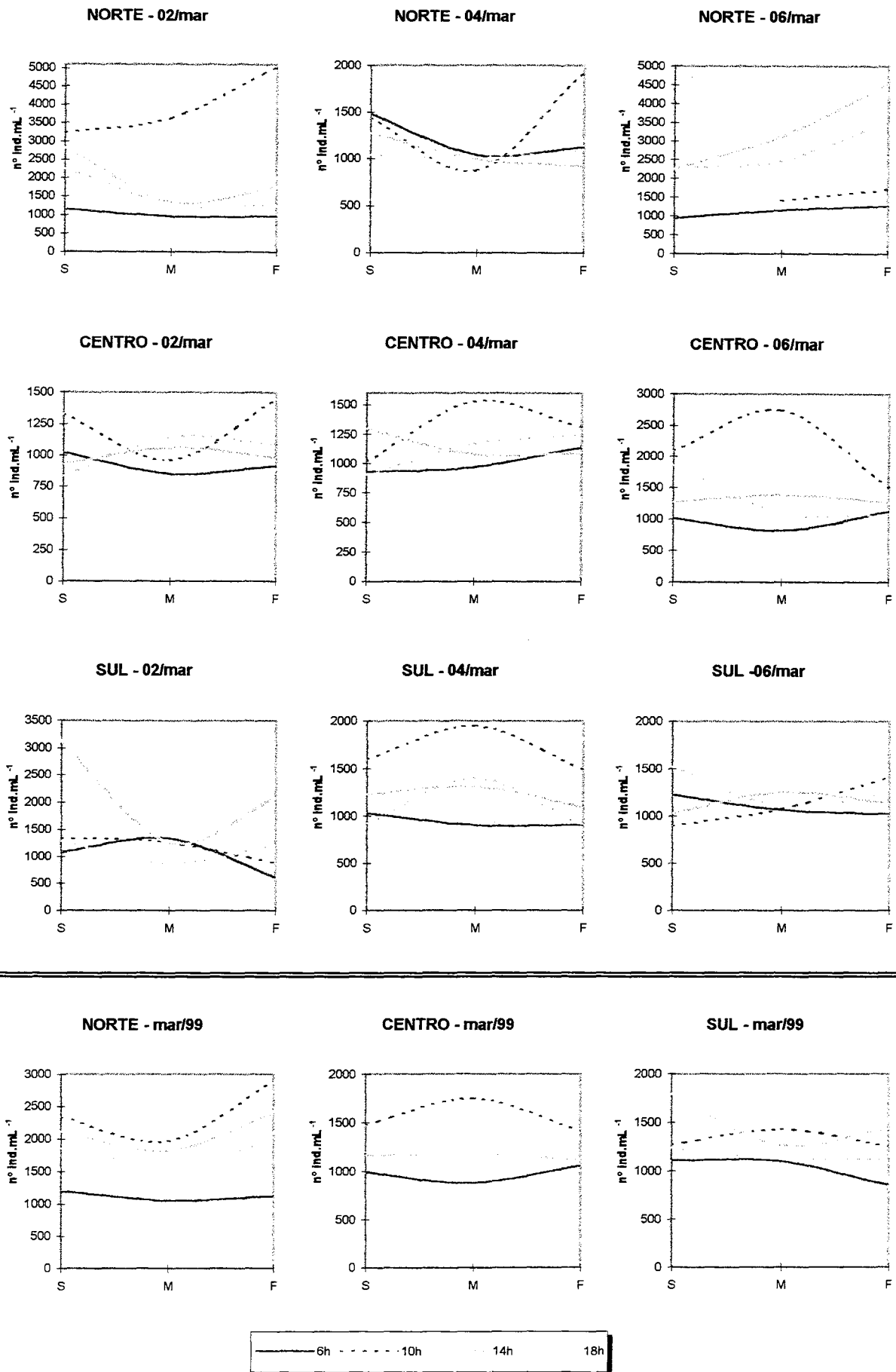


Figura 7.7- Perfil de densidade do fitoplâncton durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva. S= superfície, M=meio, F= fundo

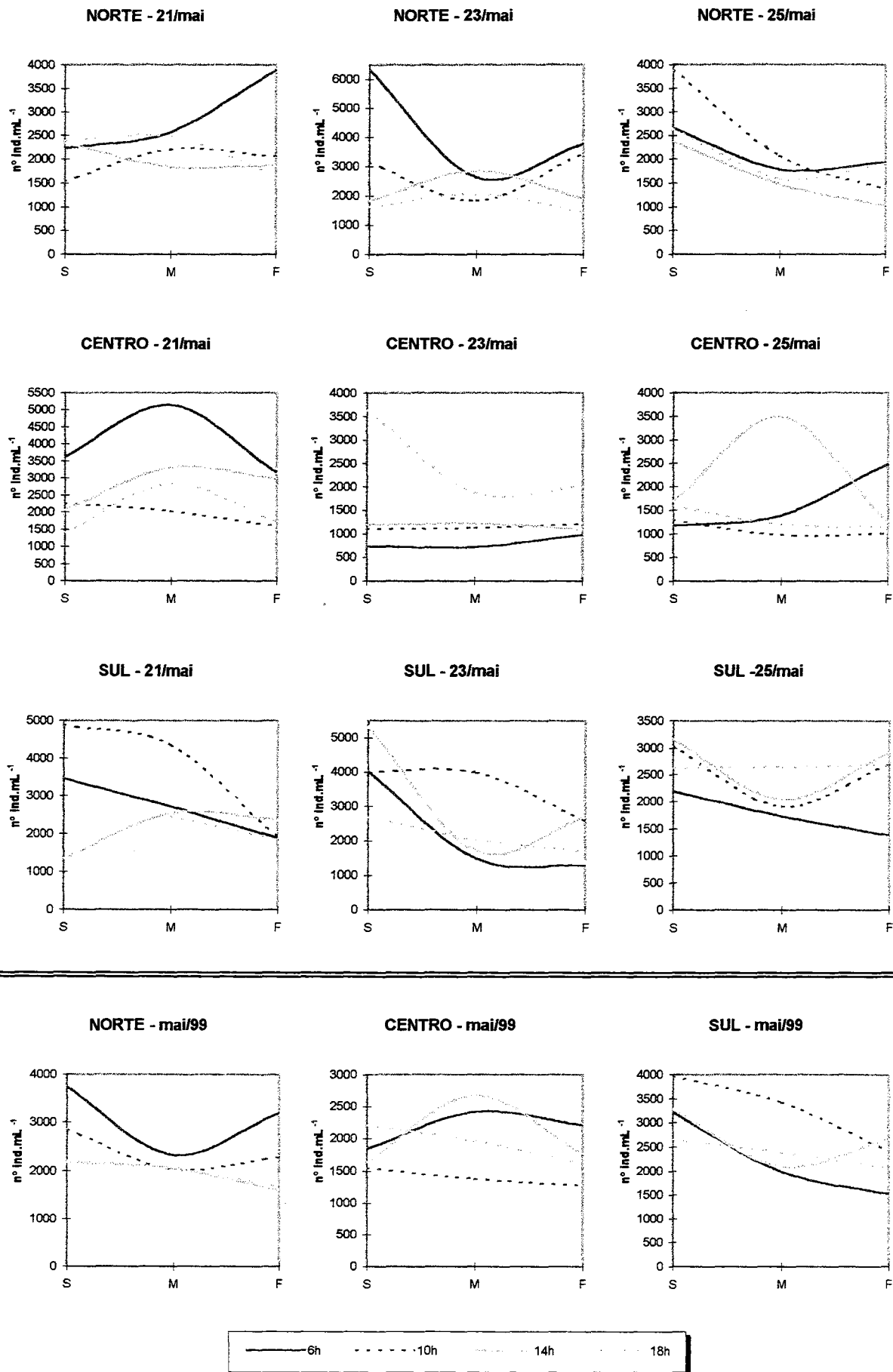


Figura 7.8 - Perfil de densidade do fitoplâncton durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.

S= superfície, M=meio, F= fundo

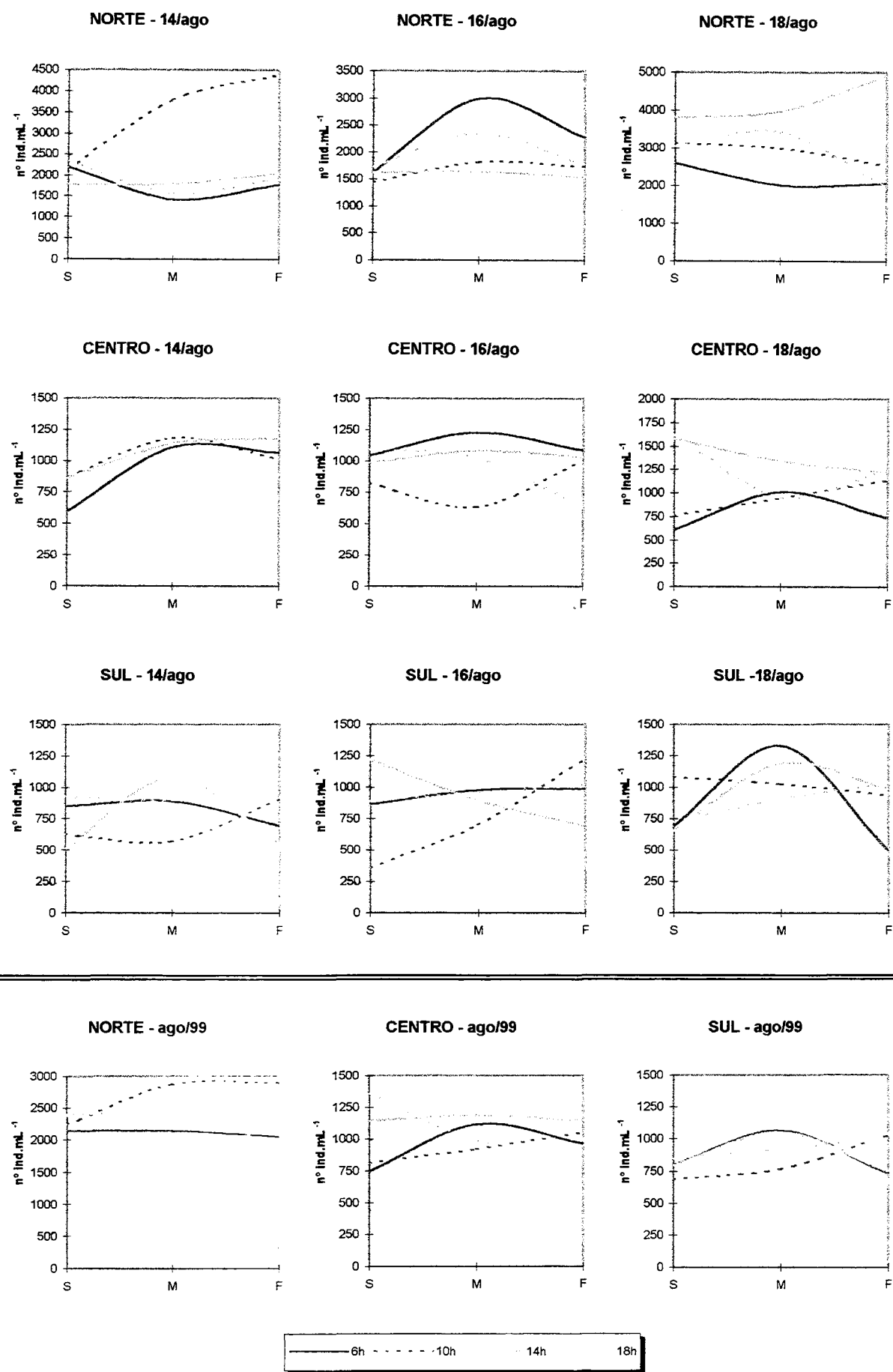


Figura 7.9 - Perfil de densidade do fitoplâncton durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva. S= superfície, M=meio, F= fundo

Na primavera a grande oscilação na direção do vento provocou uma constante turbulência no sistema com respostas no comportamento da comunidade planctônica (Fig. 7.6). No 1º dia de campanha (15/dez/98) ficou nítida uma maior densidade registrada na superfície no início do dia em todos os pontos de amostragem, podendo este fato estar de certa forma relacionado com a oscilação na direção do vento do quadrante NE (manhã) para S (tarde). No 2º dia de campanha (17/dez/98), a maior densidade foi registrada no turno das 10h, justamente quando o vento oscilou de ENE (6h) para WNW e passou de 4 para 8 m.s⁻¹. No 3º dia de campanha (19/dez/98), o vento oscilou de WSW para S, da manhã para a tarde, com a menor velocidade registrada às 10h. Este fato parece ter contribuído para um forte aumento na densidade fitoplanctônica no ponto Norte neste turno da manhã. Porém, como o efeito do *fetch* do quadrante W age com maior intensidade no ponto Centro, a distribuição do fitoplâncton na coluna d'água exibiu padrão semelhante em ambas amostragens nos turnos da manhã e da tarde. Já no ponto Sul a distribuição no perfil foi bastante semelhante entre os turnos, com exceção das 10h. Analisando o comportamento de distribuição no perfil, durante a primavera entre os pontos de amostragem (média dos 3 dias), nota-se que a maior densidade foi registrada no turno da manhã: Norte às 10h no fundo, Centro às 6h na superfície e Sul também às 6h, porém no meio. O ponto Sul exibiu o comportamento de distribuição mais homogêneo na coluna d'água, enquanto que no Centro e Norte o turno das 10h foi caracterizado por uma alteração na distribuição do fitoplâncton no perfil.

No verão a direção do vento foi a mais constante entre todas as campanhas sazonais, caracteristicamente do quadrante NE (pequena oscilação NNE–ENE), com a maior velocidade do vento no final do dia. Nesta época do ano existe uma maior incidência de energia luminosa, aliada a uma menor quantidade de sólidos e turbidez, promovendo uma melhor penetração de luz na coluna d'água (*capítulo 4*). Este fator certamente foi bastante importante na distribuição do fitoplâncton na coluna d'água, visto que nos turnos de maior incidência dos raios solares (10h e 14h) as maiores densidades, geralmente, estiveram concentradas no meio ou no fundo (Fig. 7.7). No 1º dia (02/mar/99) a diminuição da velocidade do vento às 14h parece ter contribuído para um forte aumento na densidade do fitoplâncton no ponto Sul, pois vento de NE promove um *fetch* mais intenso do ponto Sul. Analisando o comportamento de distribuição no perfil, durante o verão entre os pontos de amostragem (média dos 3 dias), nota-se que a maior densidade foi registrada nos turnos com maior incidência luminosa: Norte às 10h no fundo, Centro às 10h no meio e Sul às 14h na superfície. Este padrão segue um gradiente espacial fortemente influenciado pela hidrodinâmica causada pelo vento. Com exceção de pequenas alterações ocorridas no ponto Sul, provocadas pelo efeito do *fetch*,

existiu também um gradiente de distribuição entre os turnos em cada ponto da lagoa, com maiores densidades nos de maior incidência luminosa.

Durante o outono ocorreu floração de cianobactérias em todos os pontos e dias de campanha na Lagoa Itapeva, e conforme havia sido salientado, ocorreu uma maior tendência a concentrarem-se na superfície d'água. Porém, o vento foi um fator importante na desestabilização da coluna, bem como na distribuição horizontal destas algas. No 1º dia (21/mai/99) foi registrada a maior velocidade do vento entre os três dias de coletas dos dados bióticos, principalmente às 6h da manhã (aproximadamente 9 m.s^{-1}). Como a direção do vento era de SW-W, seu efeito foi mais intenso nos pontos Norte e Centro. Assim, as maiores densidades foram registradas exatamente neste turno da manhã para estes pontos, no fundo e meio da coluna d'água respectivamente (Fig. 7.8). Como o ponto Sul não é diretamente afetado com vento destes quadrantes, as maiores densidades ocorreram na superfície no turno da manhã neste dia. No 2º dia (23/mai/99) ocorreu uma inversão na direção do vento, soprando então dos quadrantes E-NE, sendo que às 6h foi registrada ausência de vento no local. Este fato propiciou uma maior densidade na superfície no Norte neste turno. Aliás, a baixa velocidade do vento neste dia propiciou que as maiores densidades também tivessem ocorrido na superfície nos outros pontos, porém em escala temporal distinta. Principalmente no Sul, onde as maiores densidades foram registradas na superfície para todos os turnos, tendo sido influenciadas pela direção do vento que concentrou uma maior densidade neste local durante todo o dia. Já no 3º dia (25/mai/99), os ventos também foram mais amenos, porém a direção foi de W nos turnos da manhã, mudando para NE pela parte da tarde. Este fator agora agiu favoravelmente no Norte, fazendo com que a floração mantivesse maiores densidades na superfície em todos os turnos do dia. O ponto Sul também apresentou maiores densidades na superfície, porém com densidade semelhante a esta no fundo nos turnos de maior incidência luminosa. Quando o vento aumentou no final do dia promoveu a desagregação superficial e uma maior homogeneidade na coluna neste local. O ponto Centro foi o que mais se desestabilizou com estas alterações do vento, especialmente no momento desta inversão da direção. Analisando o comportamento de distribuição no perfil, durante o outono entre os pontos de amostragem (média dos 3 dias), nota-se que a maior densidade foi geralmente registrada na superfície. Este fato foi verdadeiro para os pontos Norte e Sul em todos os pontos de amostragem, porém no Centro este padrão somente repetiu-se no turno das 10h e 18h. Para os outros turnos, neste ponto, o efeito do *fetch* provocou a desestabilização da coluna, interferindo na distribuição das algas no perfil.

No inverno, o padrão de distribuição no perfil foi bastante peculiar em cada dia de campanha, onde os pontos Norte e Centro apresentaram as maiores densidades nos mesmos turnos (Fig. 7.9). O 1º dia (14/ago/99) foi caracterizado pela chegada de uma forte frente fria com ventos do quadrante WSW com velocidades médias de 10 m.s^{-1} . Este fato fez com que no ponto Centro as algas ficassem concentradas no meio e no fundo em todos os turnos de amostragem, devido ao efeito do *fetch*. Este mesmo fato certamente contribuiu para maior homogeneidade observada no Norte, com exceção das 10h onde uma maior densidade foi encontrada no meio e no fundo. No Sul uma maior densidade foi registrada às 14h no meio. No 2º dia (16/ago/99) o vento oscilou de WSW no turno da manhã para S e E durante a tarde, com uma menor velocidade. No início do dia a densidade foi maior no meio da coluna d'água, tanto no Norte quanto no Centro. Porém no Sul, uma nítida inversão da distribuição do fitoplâncton no perfil ocorreu entre o final da manhã e o início da tarde, justamente no momento da alteração na direção do vento. O 3º dia (18/ago/99) foi caracterizado por ventos do quadrante NE com aumento da velocidade no turno da tarde. Nos pontos Norte e Centro as maiores densidades ocorreram nos turnos da tarde, concentrando-se na superfície no Centro, enquanto que, no meio e fundo, no Norte. O Sul é o local normalmente mais afetado por ventos deste quadrante, assim, a maior densidade foi registrada no meio da coluna.

A distribuição vertical de fitoplâncton é quase inteiramente dependente da turbulência induzida pelo vento e da densidade relativa desses organismos. Muitos organismos fitoplanctônicos, exceto cianofíceas, são mais densos que a água e afundam quando não perturbados (Lund, 1959 *apud* George & Edwards, 1976). Sob condições de turbulência normal, populações em lagos rasos podem ser esperadas a permanecer distribuídas homogeneamente na coluna d'água. Espécies móveis podem ser hábeis a executar movimentos orientados, mas exceto sob condições muito calmas, turbulência dispersará alguma micro-agregação formada. Muitas cianofíceas planctônicas contêm vacúolos de gás os quais, provavelmente, atuam como mecanismos regulatórios da flutuabilidade (Fogg & Walsby, 1971 *apud* George & Edwards, 1976), onde o grau de flutuabilidade varia com a condição fisiológica celular (Reynolds, 1972 e 1973 *apud* George & Edwards, 1976). Durante florações de cianofíceas, densas acumulações de algas na superfície freqüentemente apareceram sob condições calmas. Em várias ocasiões, contudo, a redução na flutuabilidade celular sob condições de calma relativa ocasionou a dissolução de agregações superficiais. A acumulação subsuperficial provavelmente resultou do afundamento de células da região de alta intensidade luminosa. Em altas velocidades do vento, cianofíceas tornam-se mais homogeneamente distribuídas na coluna d'água, mistura turbulenta supera a tendência de células altamente flutuantes a manterem-se na superfície. Em geral, existe uma relação

próxima entre turbulência induzida pelo vento e o desenvolvimento de aglomerados verticais de cianofíceas. Em velocidade de vento acima de 4 m.s^{-1} , cianofíceas tornam-se homoganeamente distribuídas na coluna d'água. Quando cianofíceas são dominantes, acumulações locais podem ser previstas seguindo uma temporada de ventos, contanto que algas sejam suficientemente flutuantes a estratificadas na coluna d'água. Durante períodos de calma prolongada, concentrações locais de alga podem não aparecer apesar da acumulação de células flutuantes próximo da superfície. Agrupamento horizontal máximo é observado em velocidades de vento ao redor 1 m.s^{-1} , e declina rapidamente com aumento da velocidade do vento, até que em velocidades acima de $3,5 \text{ m.s}^{-1}$, pouco agrupamento residual permanece (George & Edwards, 1976). Tudo isso está de acordo com o que foi encontrado para a Lagoa Itapeva, justificando as altas densidades de cianofíceas encontradas também na coluna d'água durante a floração.

A análise de variância ANOVA (“three-way”) com medidas repetidas no perfil da coluna d'água evidenciou comportamentos distintos em função dos fatores testados sazonalmente (Tabela 7.4). Quando ponto e dia de amostragem foram os fatores testados, diferença significativa foi evidenciada para os pontos em todas as campanhas sazonais e para o dia somente durante o inverno. O efeito do perfil foi significativo somente no outono, estando este fator vinculado à floração de cianobactérias comentada anteriormente. A interação entre ponto e perfil variou significativamente durante a primavera e verão, sendo que no outono o fator associado ao perfil na interação foi o dia. Quando ponto e hora foram os fatores testados, o efeito do ponto exibiu variância significativa sazonalmente, com exceção do outono. Novamente o perfil apresentou um efeito significativo somente no outono. A interação entre ponto e perfil foi significativa agora somente para a primavera. Para dia e hora como fatores testados, somente o efeito do perfil no outono variou significativamente.

A análise de variância ANOVA (“three-way”) com medidas repetidas entre os turnos de amostragem apresentou uma maior variação significativa sazonalmente para os efeitos testados com os fatores ponto e dia (Tabela 7.5). Durante a primavera e o verão todos os efeitos testados para estes fatores foram significativos, evidenciando que a variação entre os turnos de amostragem foi característica para estas estações do ano. Porém, durante o outono variância significativa somente ocorreu nas interações entre ponto e turno e ponto-dia-turno. Para o inverno variância altamente significativa ocorreu para a maioria dos efeitos testados com estes fatores. Quando os fatores testados foram ponto e perfil, o ponto exibiu variância significativa sazonalmente, porém o efeito do turno somente foi significativo para a primavera e verão. A interação entre ponto e turno agora foi significativa somente nas estações

intermediárias do ano (primavera e outono). Os fatores dia e perfil quando testados quase não produziram efeitos significativos sazonalmente.

Tabela 7.4 – Medidas repetidas (ANOVA “three-way”) para densidade fitoplanctônica no perfil da coluna d’água (n= 12) testando ponto, dia e hora como fatores nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

		Primavera				Verão				Outono				Inverno			
1-PONTO, 2-DIA, 3-PERFIL																	
dfE	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level		
1	2	25	7,14	0,004	26	4,69	0,018	26	3,75	0,037	26	46,31	2,7E-09				
2	2	25	0,70	0,508	26	1,91	0,168	26	1,89	0,171	26	3,43	0,048				
3	2	50	1,13	0,332	52	1,09	0,345	52	5,86	0,005	52	1,54	0,224				
12	4	25	0,77	0,554	26	1,44	0,249	26	1,61	0,202	26	2,24	0,092				
13	4	50	2,81	0,035	52	2,62	0,045	52	2,46	0,057	52	0,05	0,995				
23	4	50	1,63	0,180	52	1,91	0,123	52	2,65	0,044	52	0,72	0,584				
123	8	50	0,35	0,940	52	1,87	0,085	52	1,00	0,447	52	0,95	0,481				
1-PONTO, 2-HORA, 3-PERFIL																	
dfE	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level		
1	2	22	8,41	0,002	23	4,80	0,018	23	3,06	0,066	23	28,07	6,7E-07				
2	3	22	1,47	0,249	23	2,63	0,074	23	0,43	0,732	23	0,28	0,841				
3	2	44	1,40	0,257	46	0,97	0,387	46	4,45	0,017	46	1,14	0,328				
12	6	22	1,31	0,293	23	0,61	0,721	23	1,37	0,268	23	0,28	0,940				
13	4	44	2,84	0,035	46	2,08	0,099	46	1,89	0,128	46	0,15	0,961				
23	6	44	1,12	0,368	46	0,56	0,760	46	0,31	0,930	46	1,21	0,319				
123	12	44	0,88	0,571	46	0,56	0,863	46	0,74	0,707	46	0,81	0,641				
1-DIA, 2-HORA, 3-PERFIL																	
dfE	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level		
1	2	22	0,46	0,634	23	1,18	0,326	23	0,98	0,391	23	0,65	0,533				
2	3	22	0,76	0,529	23	1,64	0,208	23	0,36	0,781	23	0,09	0,965				
3	2	44	1,36	0,266	46	0,55	0,582	46	4,21	0,021	46	1,22	0,304				
12	6	22	0,40	0,871	23	0,45	0,839	23	0,33	0,914	23	0,33	0,917				
13	4	44	1,74	0,159	46	1,25	0,302	46	2,28	0,074	46	0,72	0,580				
23	6	44	1,09	0,385	46	0,49	0,812	46	0,35	0,905	46	1,23	0,310				
123	12	44	1,10	0,381	46	1,21	0,304	46	0,60	0,827	46	0,95	0,504				

dfE= grau de liberdade do efeito, dfe= grau de liberdade do erro.

A distribuição da densidade fitoplanctônica média na coluna d’água e sazonalmente possibilitou melhor visualizar as relações existentes entre os pontos e turnos de amostragem na Lagoa Itapeva (Fig. 7.10). Ficou evidente uma maior densidade no ponto Centro durante o inverno/98, principalmente no turno da tarde, e uma estreita semelhança entre o Norte e Sul. Durante a primavera e o verão uma maior densidade fitoplanctônica ocorreu no Norte, especialmente no meio da manhã (10h), evidenciando um gradiente decrescente de N→S para todos os turnos de amostragem, principalmente na primavera. No outono uma maior densidade ocorreu no Sul, com exceção do início da manhã (6h), onde esta foi maior no Norte. Já no inverno/99, a densidade no Norte foi enormemente superior à registrada nos outros pontos, gerando novamente um gradiente decrescente de N→S. Nota-se nitidamente

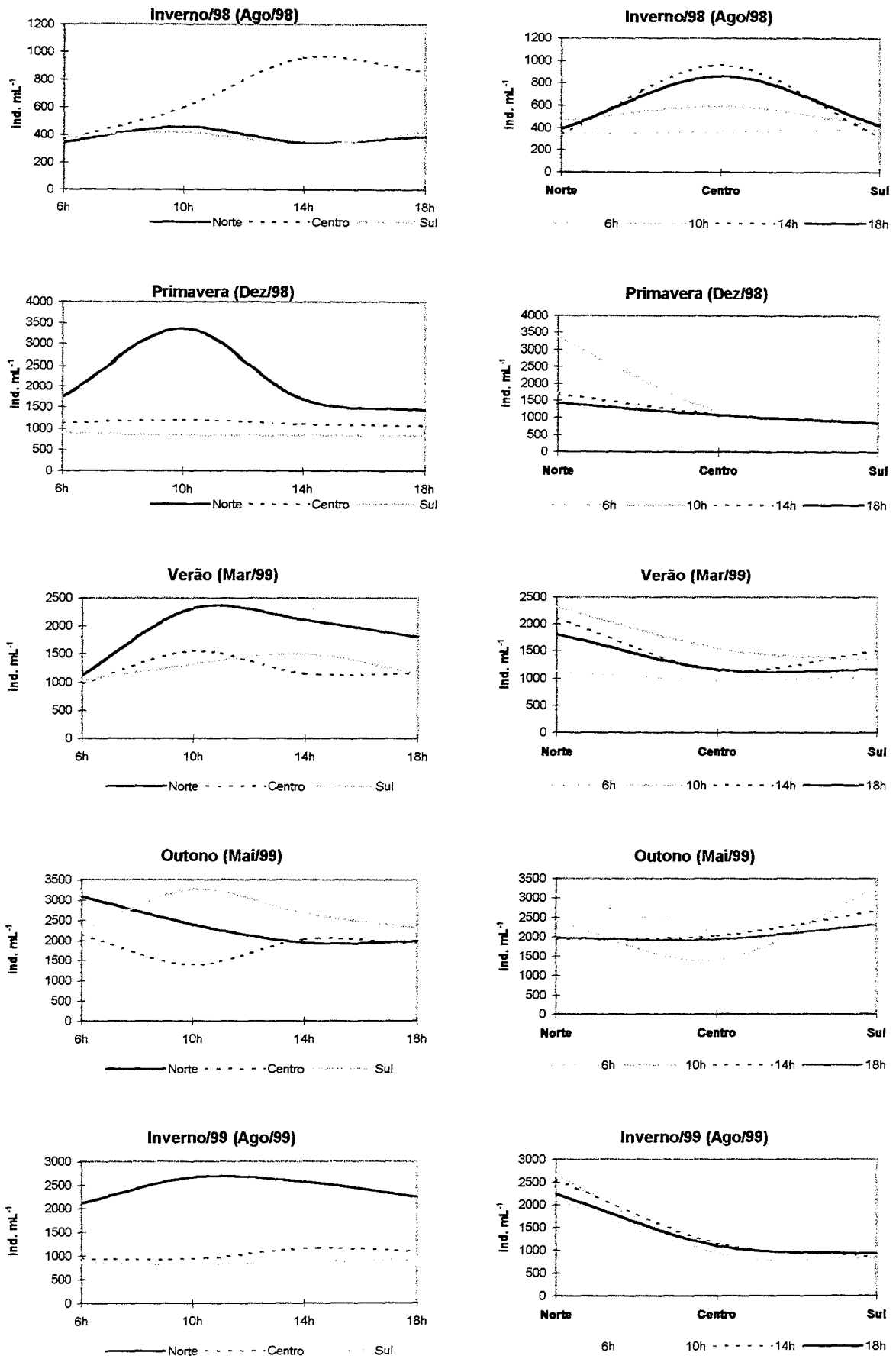


Figura 7.10 - Distribuição da densidade média fitoplancônica nas campanhas de amostragem na Lagoa Itapeva.

uma tendência a um gradiente decrescente de N→S, porém a não manifestação deste em um dado momento esteve vinculada a um evento ambiental, de origem hidrodinâmica.

Tabela 7.5 – Medidas repetidas (ANOVA “three-way”) para densidade fitoplanctônica nos turnos de amostragem (n= 12) testando ponto, dia e perfil como fatores nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

Primavera				Verão			Outono			Inverno		
1-PONTO, 2-DIA, 3-TURNOS												
dfE	dfE	F	p-level	dfE	F	p-level	dfE	F	p-level	dfE	F	p-level
1	2	18 46,38	7,9E-08	17	26,55	5,9E-06	17	3,46	0,055	18	258,38	5,5E-14
2	2	18 4,46	0,027	17	10,99	0,001	17	1,54	0,243	18	18,88	3,8E-05
3	3	54 12,09	3,7E-06	51	16,73	1,1E-07	51	1,21	0,314	54	1,76	0,165
12	4	18 4,97	0,007	17	8,28	0,001	17	2,17	0,116	18	12,51	4,8E-05
13	6	54 10,48	1,1E-07	51	3,39	0,007	51	4,37	0,001	54	1,81	0,114
23	6	54 5,46	0,0002	51	5,63	0,0002	51	1,20	0,323	54	6,37	4,1E-05
123	12	54 8,25	1,6E-08	51	9,63	2,1E-09	51	2,80	0,005	54	3,86	0,0003
1-PONTO, 2-PERFIL, 3-TURNOS												
dfE	dfE	F	p-level	dfE	F	p-level	dfE	F	p-level	dfE	F	p-level
1	2	18 23,33	1,0E-05	17	6,10	0,010	17	3,62	0,049	18	45,83	8,6E-08
2	2	18 0,55	0,587	17	0,23	0,799	17	2,22	0,140	18	0,30	0,743
3	3	54 3,90	0,014	51	4,66	0,006	51	0,87	0,463	54	0,79	0,507
12	4	18 1,11	0,383	17	0,48	0,752	17	0,94	0,464	18	0,04	0,996
13	6	54 3,38	0,007	51	0,86	0,528	51	2,98	0,014	54	0,81	0,568
23	6	54 0,38	0,891	51	0,10	0,996	51	0,14	0,991	54	0,58	0,747
123	12	54 0,31	0,986	51	0,17	0,999	51	0,87	0,579	54	0,37	0,970
1-DIA, 2-PERFIL, 3-TURNOS												
dfE	dfE	F	p-level	dfE	F	p-level	dfE	F	p-level	dfE	F	p-level
1	2	18 0,65	0,534	17	1,42	0,268	17	1,02	0,382	18	0,59	0,566
2	2	18 0,16	0,854	17	0,13	0,879	17	1,21	0,323	18	0,05	0,949
3	3	54 3,37	0,025	51	4,78	0,005	51	0,73	0,537	54	1,03	0,387
12	4	18 0,19	0,943	17	0,30	0,872	17	1,15	0,368	18	0,03	0,998
13	6	54 1,52	0,189	51	1,26	0,291	51	0,79	0,586	54	3,72	0,004
23	6	54 0,33	0,921	51	0,14	0,991	51	0,14	0,991	54	0,75	0,609
123	12	54 0,35	0,976	51	0,53	0,884	51	0,36	0,971	54	0,53	0,884

dfE= grau de liberdade do efeito, dfe= grau de liberdade do erro.

Já a distribuição da densidade média dos grupos fitoplanctônicos na coluna d'água mostrou o comportamento destes nos turnos e pontos de amostragem sazonalmente (Figs. 7.11 e 7.12). Assim, o ponto Norte foi caracterizado por uma maior densidade em Cyanophyta que Bacillariophyta, onde estas somente superaram em raros momentos durante os invernos e primavera. Já o ponto Centro, com exceção do outono onde as cianobactérias dominaram toda a lagoa durante esta estação, geralmente as diatomáceas foram mais abundantes. Para o Sul, um nítido predomínio de diatomáceas ocorreu durante a primavera e verão, e de cianobactérias, no outono e inverno/99. Esta floração de outono foi mais homogênea no ponto Sul que nos demais na campanha. Durante o inverno/98 as duas divisões apresentaram praticamente a mesma densidade nos turnos de amostragem. As maiores densidades

fitoplanctônicas ficaram evidentes para o Norte em quase todas as campanhas sazonais, principalmente no turno das 10h. Contudo, o ponto Centro apresentou um aumento na densidade durante o inverno/98 e no Sul, durante a floração de outono. As outras divisões pouco contribuíram para a densidade total, onde a densidade destas sempre foi inferior a 500 ind.mL⁻¹, com maior representatividade durante a primavera.

Uma característica do fitoplâncton de lagos rasos é a intermitente presença limnética de diatomáceas, que afundam rapidamente e podem ser encontradas na superfície do sedimento em períodos calmos. Estas algas podem plenamente satisfazer o uso clássico do termo “plâncton” (partículas orgânicas “que flutuam livremente na água aberta, independente da costa e fundo”). Sua presença planctônica depende de eventos periódicos turbulentos, onde estas ressuspensões as tornam facilmente encontradas em amostras planctônicas. Estas espécies são consideradas como pertencentes ao meroplâncton, e apesar do uso clássico, os autores concordam com a mais recente definição de plâncton como “a comunidade de plantas e animais adaptados à suspensão e tem uma tendência para movimento passivo pelo vento e corrente” (Padisák & Dokulil, 1994).

A taxa de afundamento do fitoplâncton está vinculada ao estado fisiológico das células através de uma função dependente das concentrações de nutrientes no meio externo. Se existe uma deficiência no ambiente, as células morrem, sendo então encontradas no sedimento. Aquelas que permanecem vivas podem ser ressuspensas durante uma tempestade, que causa uma mistura completa no lago. Este fenômeno complexo foi representado pela adição de uma função limiar no cálculo da taxa de afundamento: a população atinge senescência quando um estado de deficiência persiste além de um certo tempo limiar. Neste caso, quando a taxa de afundamento é máxima, as diatomáceas depositam-se no sedimento onde vagarosamente morrem. As sobreviventes semearão o sistema através da ressuspensão das camadas superficiais de sedimento provocada por um evento ambiental adverso. Além disso, após a mineralização da matéria orgânica depositada, estes elementos minerais são disponibilizados na água na forma dissolvida, favorecendo o desenvolvimento e reprodução das espécies remanescentes (Salençon & Thébault, 1996).

Assim, excetuando a primavera onde caracteristicamente é uma estação com alterações climáticas rápidas (vento, chuva, calor...), favorecendo o desenvolvimento de flora epipélica em lagoas pequenas (Round, 1983), os aumentos em densidade das diatomáceas sazonalmente e espacialmente estiveram fortemente vinculados à ação hidrodinâmica exercida pelo vento. Com isso, diatomáceas servem como ótimos organismos bioindicadores da hidrodinâmica em lagoas costeiras rasas do RS.

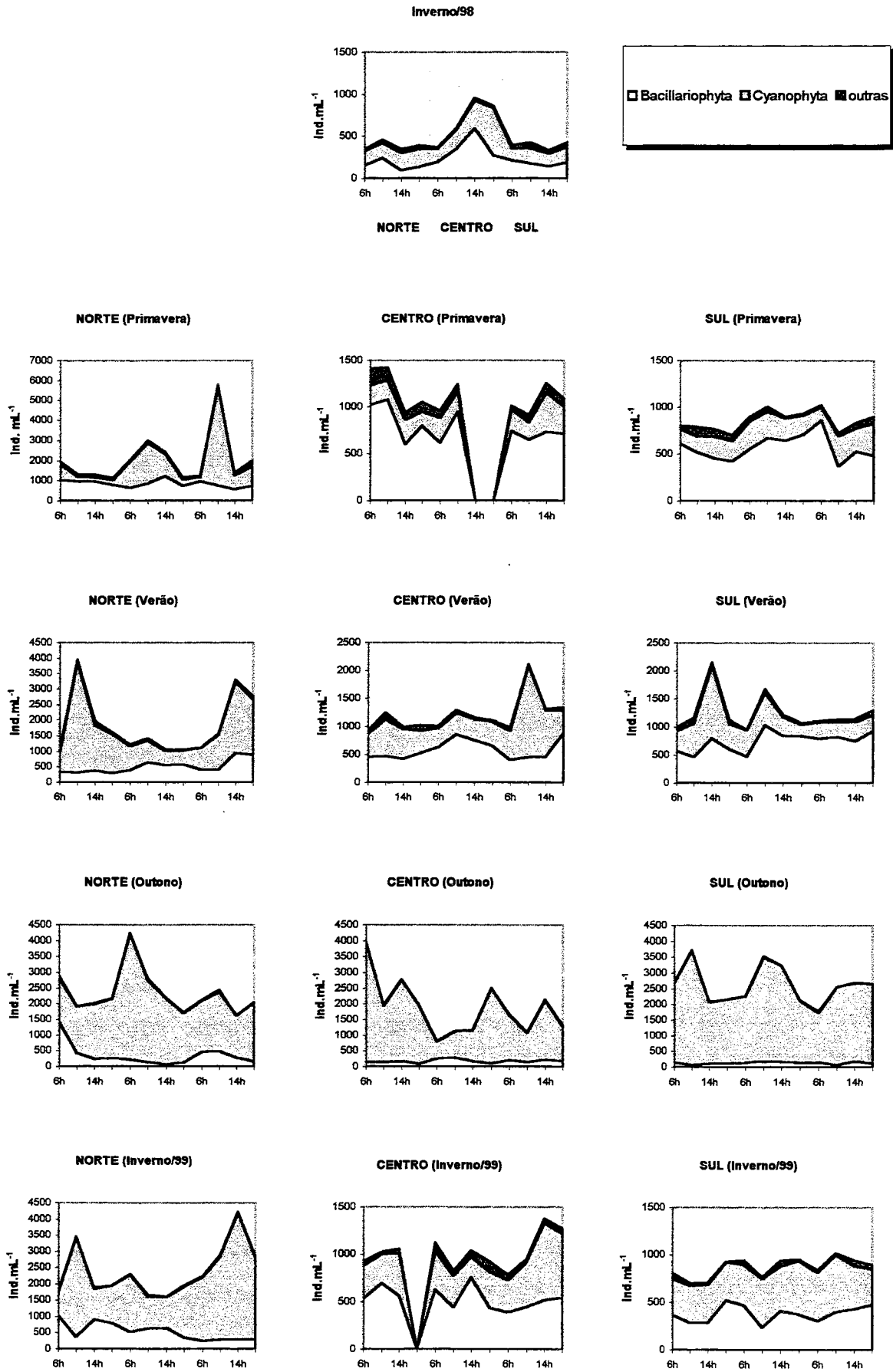


Figura 7.11- Densidade dos grupos fitoplancônicos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva. Inverno/98= Ago/98, Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno/99= Ago/99

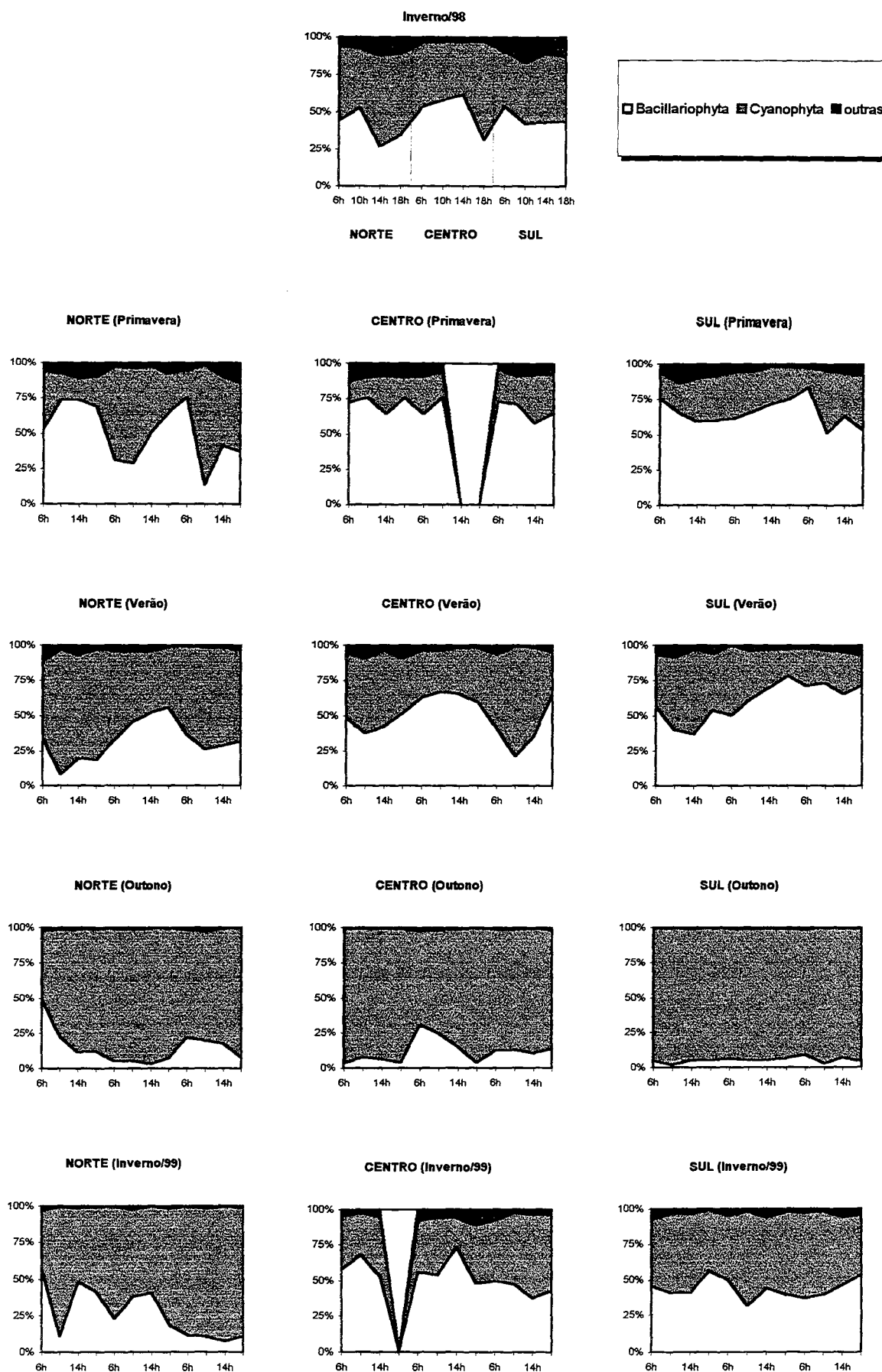


Figura 7.12- Densidade relativa dos grupos fitoplancônicos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva. Inverno/98= Ago/98, Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno/99= Ago/99

Os padrões da circulação horizontal impõem distribuições características de fitoplâncton que, em muitos casos, produzem florações localizadas por acúmulo devido à ação das correntes horizontais de superfície. Um dos fatores que interferem consideravelmente nestas circulações horizontais é o tempo de retenção. É importante também caracterizar o “tempo de residência” das várias associações fitoplanctônicas em cada estrato horizontal e vertical. A circulação vertical é constante com estratificações ocasionais que perduram por algumas horas, sendo então importantes no desenvolvimento de florações de *Microcystis* sp. e *Anabaena* sp. O rompimento destas estruturas verticais pouco estabilizadas, que caracterizam os compartimentos temporais dos reservatórios, introduz distribuições verticais mais homogêneas de biomassa com predominância de diatomáceas do gênero *Melosira*. Assim, é fundamental determinar a covariância entre os eventos ambientais e as respostas do fitoplâncton, principalmente quando se trata de identificar respostas fisiológicas, respostas na composição de espécies, e alterações na sucessão. A manutenção do crescimento adequado do fitoplâncton resulta das taxas de crescimento a diferentes graus de estabilidade/mistura vertical e fatores hidrodinâmicos no eixo horizontal, que dependem de correntes induzidas pelo vento ou pelo fluxo de água produzido na barragem, no caso dos reservatórios (Tundisi, 1990).

A posição isolada do ponto Norte, estando protegido no lado oeste pela Serra Geral, aliado ao estrangulamento maior da lagoa no eixo longitudinal, produz um ambiente mais protegido de correntes superficiais, portanto mais propenso ao desenvolvimento de florações. Este foi o principal motivo para o constante domínio de *Anabaena circinalis*, provocando florações temporárias fora do período de outono. Quando o vento atingiu velocidades altas e soprando de direção WSW e SW, produziu um efeito de *fetch* capaz de desestabilizar esta coluna e alterar a composição da comunidade. Porém esta ressuspensão também é um fator importante na remineralização do sistema, disponibilizando nutrientes para o reestabelecimento desta floração em situações de calmaria. Por outro lado, a maior exposição dos outros pontos da lagoa à ação dos ventos, especialmente o Centro, dificultou o maior acúmulo e desenvolvimento de florações.

Em sistemas com alto grau de estabilidade com estrutura vertical definida, espécies *k* predominam e ocorrem florações de cianofíceas. Em sistemas com alto grau de turbulência e baixo tempo de retenção, espécies *r* predominam e evidencia-se atualmente o papel importante do picoplâncton, na estrutura da comunidade fitoplanctônica (Tundisi, 1990). Talvez este fato esteja somente vinculado à dinâmica em reservatórios de São Paulo, pois isto não ocorreu em nenhuma situação na Lagoa Itapeva (reservatórios são geralmente profundos).

Cianofíceas freqüentemente tornam-se dominantes no final do outono em lagos rasos eutróficos. Contudo, o crescimento de populações planctônicas não depende da simultânea quantidade de nutriente e proporções destes na água do lago, em vez disso, é determinado pelo status do nutriente do sedimento e condições físicas que afetam a germinação (Padisák & Dokulil, 1994).

Embora seja fato que o desenvolvimento de florações esteja vinculado a uma estabilização/estratificação da coluna d'água, parece que existe um mecanismo maior que governa a sua disseminação em determinados períodos do ano. No caso da floração de *Anabaena circinalis*, durante o outono na Lagoa Itapeva, velocidade do vento era elevada no início da campanha, voltando oscilar entre os dias de coleta (*capítulo 3*). Esta não chegou a ser suficiente para romper a floração, mas pode ter atuado no suprimento de nutrientes para que as células mantivessem o crescimento e desenvolvimento. De fato, a formação da floração foi precedida por evento ambiental adverso, uma forte tempestade com ventos superiores à $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, que certamente contribuiu para a disponibilização de nutrientes e o estabelecimento desta por conta da diminuição constante do efeito do vento.

A teoria desenvolvida por Huisman et al. (1999) prevê que florações de fitoplâncton podem se desenvolver na ausência de estratificação vertical da coluna d'água. Esta teoria foi comprovada através de modelo matemático que se baseia no conceito de profundidade crítica, assumindo que a população fitoplanctônica está homogeneamente distribuída sobre a profundidade. A dinâmica do crescimento fitoplanctônico e mistura turbulenta determinam a distribuição do fitoplâncton sobre a profundidade, onde o tamanho da população por unidade de área superficial decresce com o aumento na mistura turbulenta em colunas de água profundas, mas é independente de mistura turbulenta em colunas de água rasa. Porém, durante a floração na Lagoa Itapeva ocorreu uma variância significativa ($p < 0,05$) no perfil da coluna d'água (Tabela 7.4), não confirmando essa teoria.

Espécies abundantes e/ou dominantes do fitoplâncton variaram de 6 a 14 sazonalmente, porém para apenas 6 destas a freqüência de ocorrência foi superior a 50% dentro do respectivo ponto e estação do ano. Assim, a análise destas espécies abundantes e dominantes em cada ponto sazonalmente, possibilitou comparar sua distribuição e identificar o grau de importância para a comunidade fitoplanctônica (Fig. 7.13).

Dinâmica sazonal do fitoplâncton em lagos rasos é difícil de descrever. Picos inesperados na dinâmica da população de espécies dominantes e raras freqüentemente caracterizam seu comportamento temporal ou são superpostas em modelos sazonais "regulares". Estas irregularidades originam-se de diferentes fontes (Padisák & Dokulil, 1994). Realmente, nem sempre existe uma uniformidade dentro da mesma estação do ano, nem

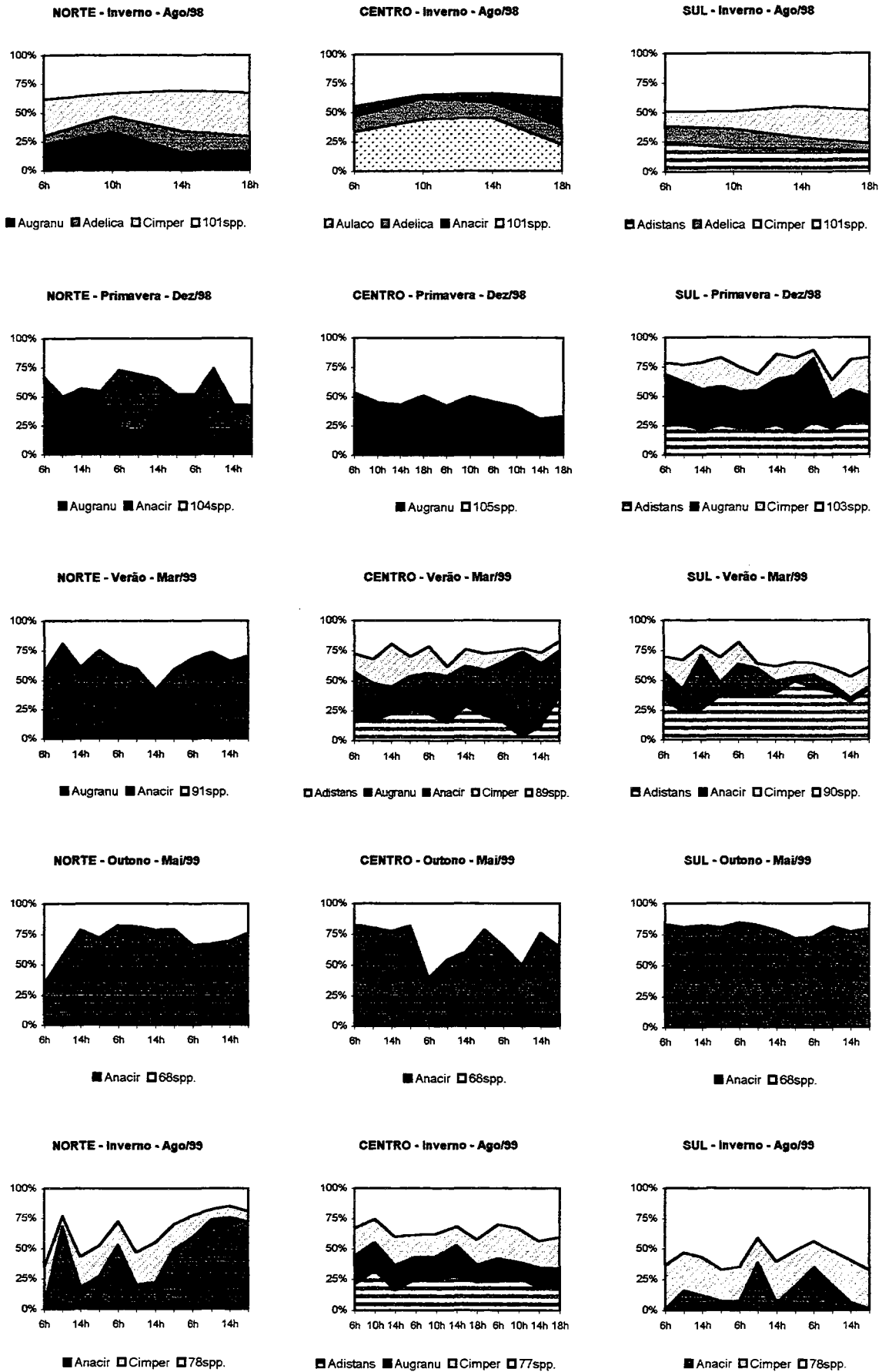


Figura 7.13- Densidade relativa das espécies de fitoplâncton com maior representatividade em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva. Augranu=*Aulacoseira granulata*, Adelica=*Aphanocapsa delicatissima*, Cimper=*Cyanodictyon imperfectum*, Aulaco=*Aulacoseira cf. italica*, Anacir=*Anabaena circinalis*, Adistans=*Aulacoseira distans*

mesmo em anos subsequentes. Assim, para caracterizar uma comunidade sazonalmente é importante vincular a ocorrência das espécies a eventos ambientais bastante característicos, e principalmente, conhecer a amplitude de resposta destes organismos frente às mudanças.

No inverno/98 não ocorreu nenhuma espécie dominante, contudo a espécie de diatomácea abundante foi distinta para cada ponto de amostragem, sendo esta mais representativa no Centro. Três espécies de cianobactérias foram abundantes nesta estação do ano. *Aphanocapsa delicatissima* foi a espécie de cianobactéria abundante para todos os pontos, especialmente no Centro. A outra espécie de cianobactéria abundante foi a mesma para os pontos Norte e Sul (*Cyanodiction imperfectum*), apresentando nestes locais uma maior representatividade em termos de densidade do que *Anabaena circinalis*, outra cianobactéria característica no Centro. Somente no Norte as duas espécies abundantes contribuíram para uma densidade relativa superior a 50% em toda a campanha (Fig. 7.13).

Na primavera foi registrada a ocorrência de uma espécie de diatomácea dominante em todos os pontos de amostragem (*Aulacoseira granulata*), sendo que no Norte esta dominância foi intercalada com a de uma cianobactéria (*Anabaena circinalis*). No Centro apenas a diatomácea dominante foi também a única espécie abundante em outros turnos. Já no Sul, as duas espécies abundantes registradas no inverno/98 foram aqui novamente abundantes (Fig. 7.13).

No verão, *A. circinalis* foi a espécie dominante no Norte e no Centro, sem nenhum registro de dominância para o Sul, onde neste local esta espécie foi abundante. A espécie de diatomácea dominante na estação anterior foi agora abundante somente para o Norte e Centro. Com exceção de *A. circinalis*, as espécies abundantes no Norte e Sul foram bastante distintas, enquanto que, no Centro todas estas espécies registradas foram abundantes. Durante o verão, o comportamento exibido pelo Centro foi realmente de um local de transição entre as comunidades fitoplanctônicas do Norte e do Sul (Fig. 7.13). A constante direção do vento de NE aliada às condições ambientais mais uniformes (em escala temporal), durante o verão, possibilitou esta nítida separação na representatividade da composição fitoplanctônica entre os extremos da lagoa.

No outono a floração da cianobactéria *A. circinalis* foi dominante em todos os pontos e durante a maioria dos turnos, onde sua densidade relativa manteve-se superior a 50% (Fig. 7.13).

No inverno/99, o ponto Norte foi o único local onde foi registrada a presença de espécie dominante (*A. circinalis*). As espécies abundantes no Sul foram as mesmas ocorridas no Norte, sendo ambas cianobactérias. Porém, no Centro surgiram duas espécies de diatomáceas abundantes juntamente com uma cianobactéria (Fig. 7.13). Provavelmente o

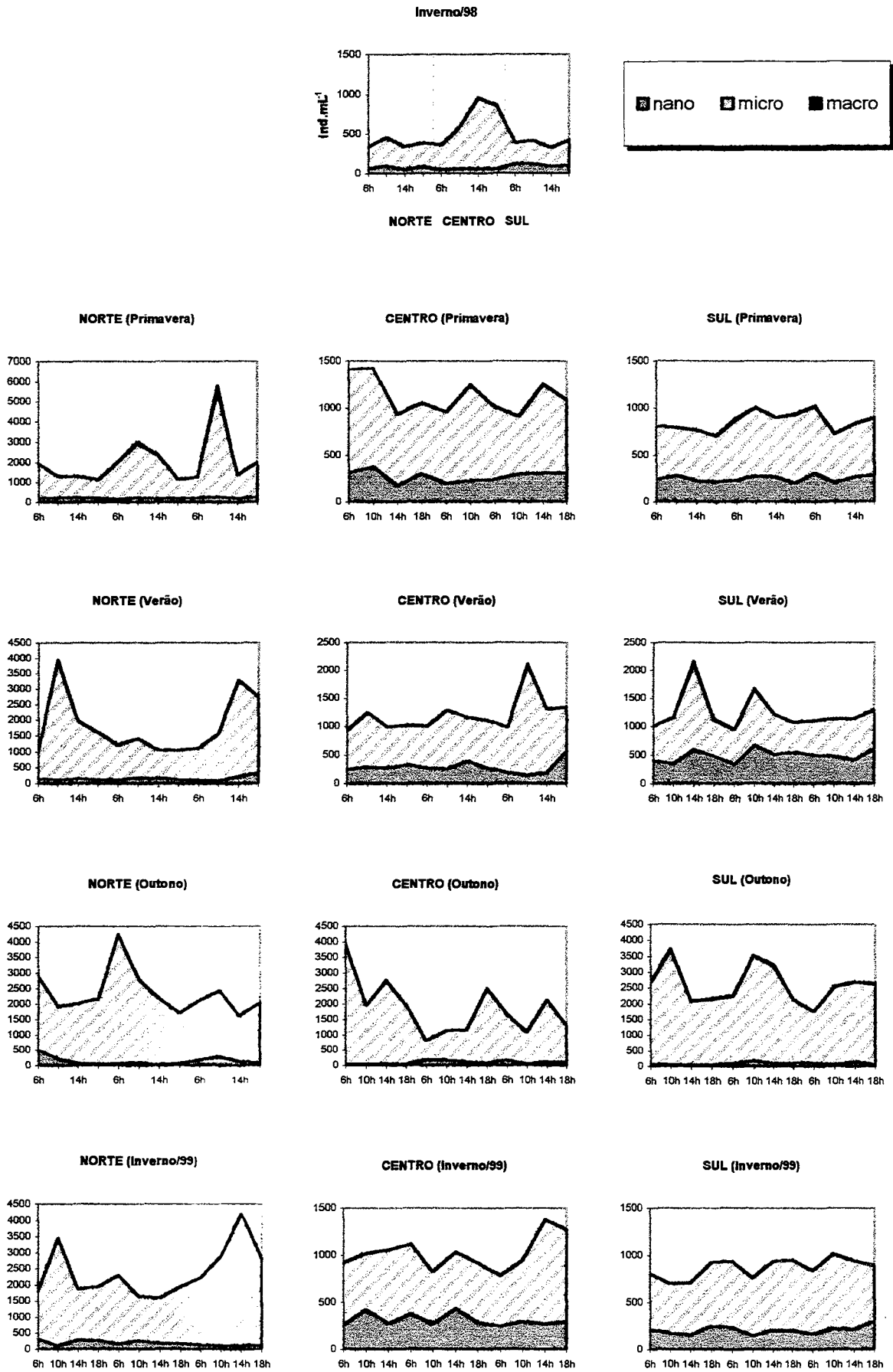


Figura 7.14- Densidade do fitoplâncton por classe de tamanho em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva. Inverno/98= Ago/98, Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno/99= Ago/99

domínio de ventos, ora do quadrante WSW ora do NE, tenha promovido uma maior circulação de algas e/ou esporos destas do fundo, semeando assim a coluna d'água neste local.

Analisando a densidade fitoplanctônica por estrutura de tamanho, nota-se o grande domínio do microfitoplâncton na comunidade planctônica em todos os pontos sazonalmente (Fig. 7.14). Este fato está relacionado às espécies dominantes e abundantes estarem praticamente todas incluídas nesta categoria (exceção para *Aulacoseira distans* que é nanoplanctônica). O nanofitoplâncton teve uma maior representatividade nos pontos Centro e/ou Sul durante a primavera, verão e inverno/99, porém com densidade sempre inferior ao microfitoplâncton. O Norte foi caracterizado por apresentar uma estrutura de tamanho predominantemente microfitoplanctônica. O macrofitoplâncton esteve representado apenas por duas espécies, uma cianobactéria e uma diatomácea, as quais com baixa densidade registrada.

Geralmente, existem alterações na composição relacionadas com o tamanho relativo das células do fitoplâncton e com a capacidade de crescimento da espécie. Pequenos estrategistas r podem apresentar rápidas taxas de reprodução em ambientes turbulentos (1 a 3 dias), enquanto que estrategistas k mostram respostas com maior duração (4 a 5 dias) (Harris 1986). A separação por classe de tamanho aqui adotada foi em função do comprimento GALD, que é efetuado no indivíduo e não na célula da colônia ou do filamento. É sabido que as estratégias de reprodução adotadas pelas algas microscópicas estão vinculadas à célula ou pelo menos à parte deste filamento (Round, 1983). Assim, os rápidos aumentos na densidade de cianobactérias estariam associados aos estrategistas r , pois a estrutura celular das formas coloniais estaria incluída na categoria nanoplanctônica. Já o aumento na densidade de diatomáceas, excetuando a primavera, esteve intimamente relacionado com eventos de ressuspensão destas provocados pela ação do vento.

Diversidade é alta ou aumenta quando as taxas de reposição das espécies são rápidas, como por exemplo, em águas quentes. A diversidade é promovida quando algas com rápido crescimento (usualmente de pequeno tamanho) são abundantes. Por outro lado, diversidade é baixa ou declina em sucessões avançadas onde uma grande biomassa é dominada por única espécie de alga e geralmente de tamanho grande ($>200 \mu\text{m}$). A diversidade é raramente alta em ambientes fortemente seletivos, tais como sistemas ou lagos caracterizados por extremos de turbidez (Reynolds et al., 1993).

Quanto à diversidade fitoplanctônica, ambos índices apresentaram padrão de distribuição semelhantes nos pontos sazonalmente (Fig. 7.15). Tanto o índice de Shannon-Wiener quanto o de Simpson apontaram para a campanha do inverno/98 como a de maior

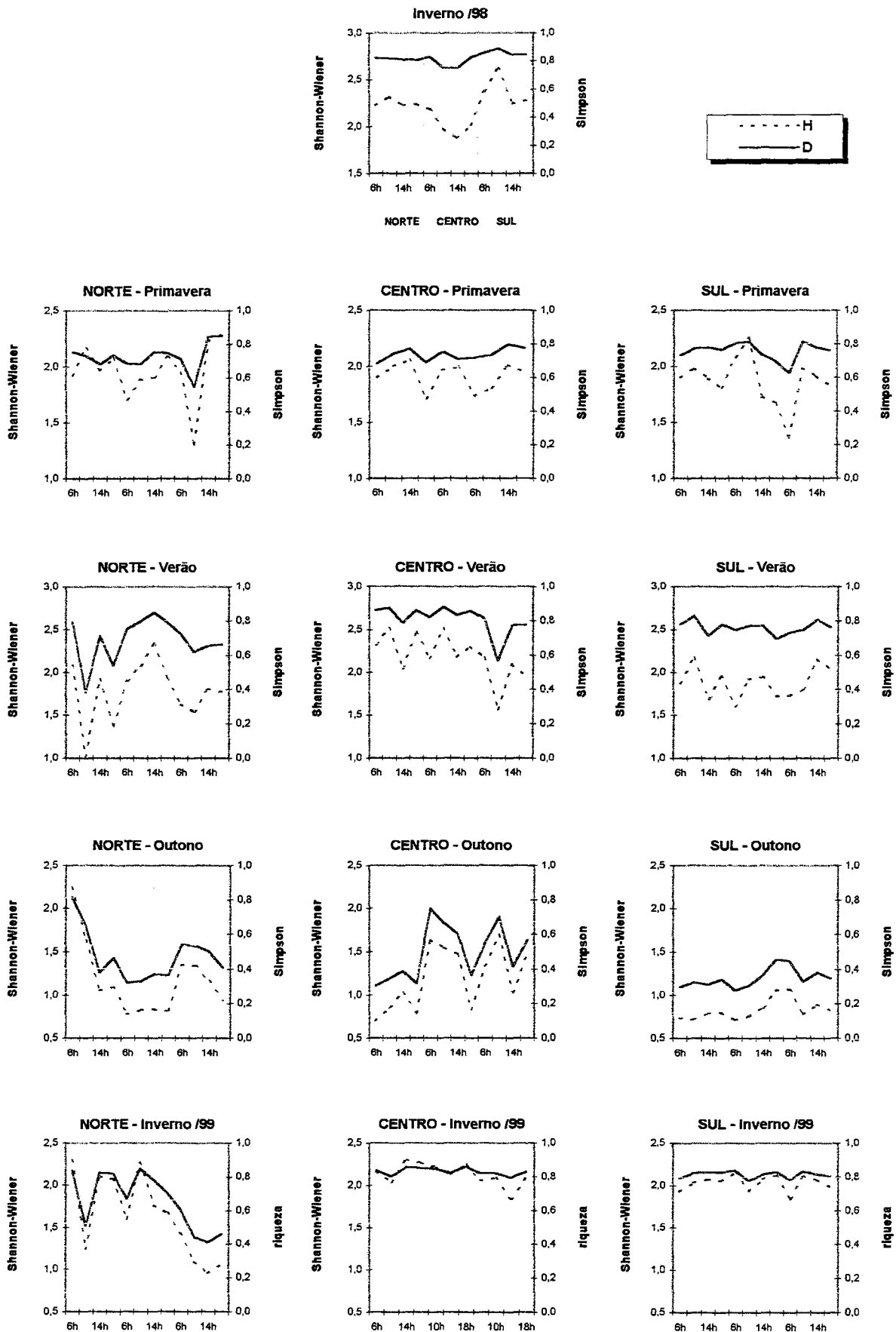


Figura 7.15- Distribuição dos valores de diversidade de Shannon-Wiener (H) e Simpson (D) do fitoplâncton, nos pontos de amostragem e campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

Inverno/98= Ago/98, Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno/99= Ago/99

diversidade média ($H= 2,21$ e $D= 0,82$), enquanto que, a de outono, como a menor ($H= 1,07$ e $D= 0,44$). De fato, como ambos índices são baseados na abundância proporcional de espécies ficou claro que no inverno/98 a densidade das espécies entre os grupos abundantes (Cyanophyta e Bacillariophyta) foi bastante equiparada, aumentando assim a diversidade. Por outro lado, a presença de floração de cianobactéria no outono fez com que a densidade desta espécie fosse dominante em relação às demais, diminuindo assim a diversidade.

Como o índice de Shannon-Wiener é o mais amplamente utilizado, uma comparação dos valores de diversidade medidos com este índice entre os pontos sazonalmente, associado aos valores de riqueza foi aqui contemplada (Fig. 7.16). Os valores médios de riqueza taxonômica também foram maiores no inverno/98 (32 spp.) e menores no outono (15 spp.).

Durante o inverno/98 a maior diversidade e riqueza ocorreram ambas no Sul ($H= 2,6$ e 46 spp.) no mesmo turno (10h), enquanto que as menores ($H= 1,9$ e 20 spp.) foram registradas às 14h no Centro (Fig. 7.16). Justamente neste momento no Centro ocorreu a maior densidade para esta campanha (Fig. 7.10), enquanto que às 10h no Sul uma distribuição mais homogênea na densidade entre os grupos fitoplanctônicos foi registrada (Fig. 7.12). Assim, a influência do período de alta precipitação associado com a direção do movimento d'água no sistema possibilitou esta distribuição dos fitoplâncton.

Nem sempre as maiores ou menores diversidades foram acompanhadas das maiores ou menores riquezas em cada ponto sazonalmente (Fig. 7.16). Assim, é possível distinguir quando a diversidade foi influenciada pela riqueza ou pela equitabilidade. Durante a primavera a maior diversidade foi registrada tanto no Norte ($H= 2,3$) quanto no Sul ($H=2,25$), porém somente no Sul esta foi acompanhada por um aumento máximo na riqueza (35 spp.). O comportamento da diversidade nestes pontos foi bastante divergente, pois o registro máximo de diversidade (18h) ocorreu após um período da mais baixa diversidade e riqueza (10h) no Norte. No Sul a queda na diversidade e riqueza ocorreu quase 24h após o período de ascensão (Fig. 7.16).

No verão ocorreu um gradiente decrescente de diversidade e riqueza no decorrer da campanha no Centro. Porém, Norte e Sul exibiram comportamentos praticamente opostos, ou seja, quando a diversidade/riqueza aumentava em um turno no Norte, esta decrescia no mesmo instante no Sul. Este fato provavelmente esteja relacionado ao efeito do *fetch* de NE nesta época do ano, mesmo que embora a velocidade do vento tenha sido moderada para a região, a direção constante deste propiciou um maior deslocamento destas comunidades, evidenciado especialmente pelo gradiente exibido no Centro (Fig. 7.16).

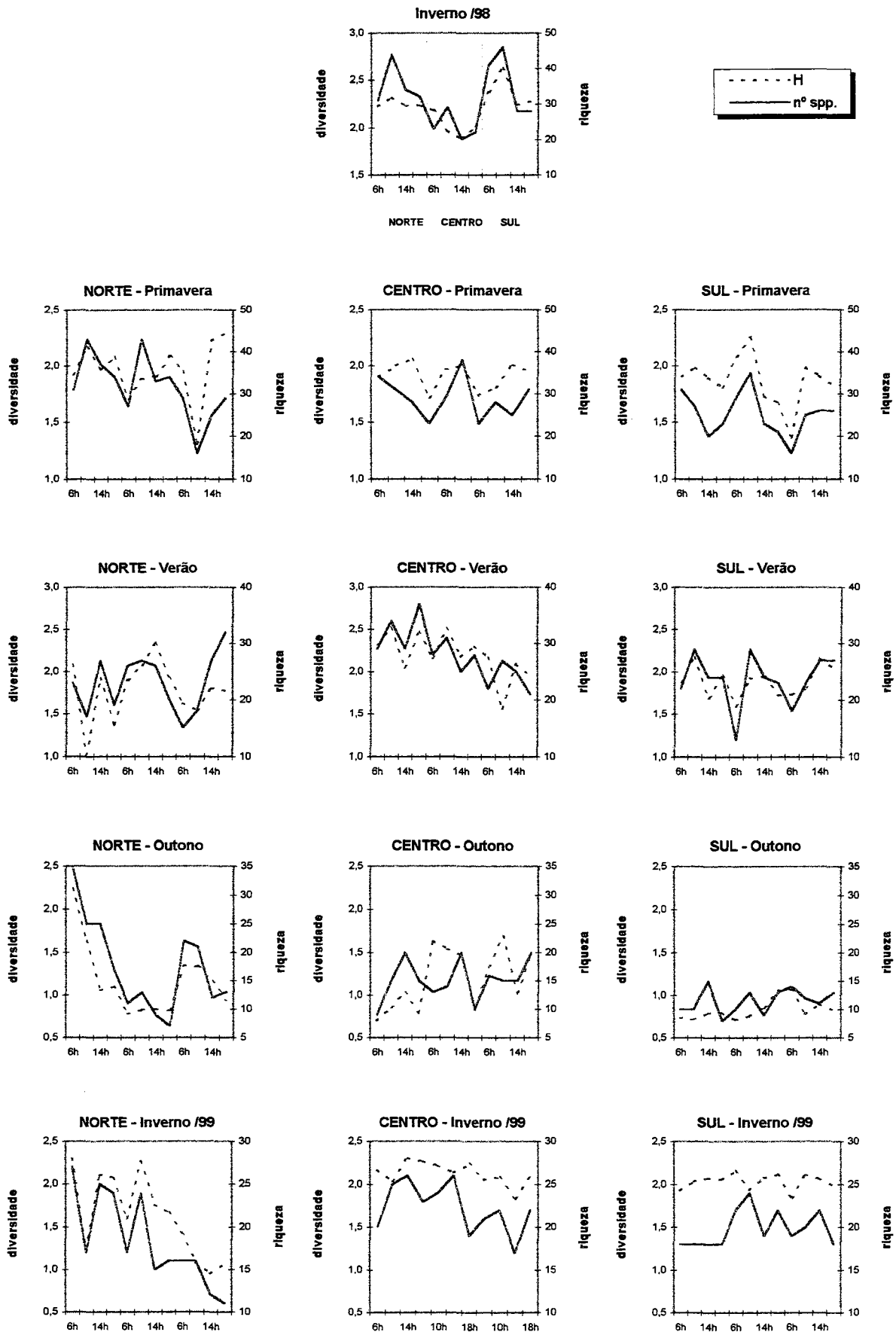


Figura 7.16- Distribuição dos valores de diversidade de Shannon-Wiener (H) e riqueza taxonômica (N° spp.) do fitoplâncton, nos pontos de amostragem e campanhas sazonais na Lagoa Itapeva

Inverno/98= Ago/98, Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno/99= Ago/99

Tanto no outono quanto no inverno/99 o início destas campanhas foi caracterizado pela chegada de frente-fria na região, especialmente dos quadrantes SW e WSW, respectivamente. O *fetch* gerado neste sentido deslocou uma maior quantidade de massa d'água, juntamente com nutrientes e organismos, do S→N, fazendo com que os maiores picos de diversidade e riqueza tenham sido registrados para o Norte neste momento (Fig. 7.16). Durante o outono baixa diversidade e riqueza foram constantes no Sul, devido à presença de uma maior estabilidade na coluna d'água que possibilitou o estabelecimento praticamente constante da floração de *Anabaena circinalis* (Figs. 7.13 e 7.16). No Centro as alterações nas curvas de diversidade estiveram de acordo com a distribuição na densidade da cianobactéria dominante, onde a queda em um sentido provocou o aumento no outro (Figs. 7.13 e 7.16). No inverno/99 um gradiente decrescente de diversidade e riqueza durante a campanha foi observado no Norte (Fig. 7.16). Este, possivelmente esteja relacionado com a mudança predominante do vento do quadrante WSW para NE, que possibilitou o desenvolvimento de floração de *A. circinalis* especialmente no último dia de campanha, devido a uma maior estabilidade na coluna d'água.

Zooplâncton

A comunidade zooplanctônica da Lagoa Itapeva esteve formada por 4 grupos e mais de 127 espécies, pois algumas foram agrupadas dentro do mesmo gênero por não terem sido identificadas a nível específico (algumas somente em nível de grande grupo). Segue abaixo a lista da composição das espécies, com a respectiva classe de tamanho pela dimensão GALD, por grupos: (nano= nanoplâncton, micro= microplâncton, macro= macropilâncton)

Reino Protista

<i>Codonella</i> sp.	micro
<i>Tintinnidium</i> sp1.	micro
<i>Tintinnidium</i> sp2.	micro
<i>Tintinnopsis</i> sp1.	micro
<i>Tintinnopsis</i> sp2.	micro
<i>Vorticella microstoma</i> Ehrenberg, 1830	micro
<i>Vorticella</i> pq.	micro
<i>Arcella bathystoma</i> Deflandre, 1928	micro
<i>Arcella conica</i> Playfair, 1918	micro
<i>Arcella cf. discoidea</i> Ehrenberg, 1843	micro
<i>Arcella gibbosa</i> Penard, 1890	micro
<i>Arcella cf. hemisphaerica</i> Perty, 1852	micro
<i>Arcella polypora</i> Penard, 1890	micro
<i>Arcella cf. rotundata</i> Playfair, 1918	micro
<i>Arcella cf. vulgaris</i> Ehrenberg, 1830	micro
<i>Centropyxis aculeata</i> (Ehrenberg, 1830)	micro
<i>Centropyxis aculeata</i> pq. (Ehrenberg, 1830)	micro
<i>Centropyxis aculeata</i> var. <i>ecornis</i> Cash, 1905	micro
<i>Centropyxis aculeata</i> var. <i>oblonga</i> Deflandre, 1929	micro
<i>Centropyxis cf. arcelloides</i> Penard, 1890	micro

<i>Centropyxis cf. cassis</i> Wallich, 1864	micro
<i>Centropyxis cf. compressa f. brava</i> Boltovskoy et Lena, 1971	micro
<i>Centropyxis cf. constricta</i> (Ehrenberg) Penard, 1890	micro
<i>Centropyxis minuta</i> Deflandre, 1929	micro
<i>Centropyxis cf. orbicularis</i> Deflandre, 1929	micro
<i>cf. Corythion</i>	micro
<i>cf. Curcubitella</i>	micro
<i>Cyphoderia trochus</i> Penard, 1899	micro
<i>Cyphoderia trochus</i> pq. Penard, 1899	micro
<i>Diffugia acuminata</i> Ehrenberg, 1838	micro
<i>Diffugia acuminata</i> pq. Ehrenberg, 1838	micro
<i>Diffugia cf. avellana</i> Penard, 1890	micro
<i>Diffugia cf. bryophila</i> (Penard) Jung, 1942	micro
<i>Diffugia claviformis</i> e <i>D. acutissima</i> Penard, 1899 et Deflandre, 1931	macro
<i>Diffugia claviformis</i> pq. Deflandre, 1931	micro
<i>Diffugia cf. compressa var. africana</i> Gauthier-Lièvre et Thomas, 1958/59	macro
<i>Diffugia elegans</i> Penard, 1890	micro
<i>Diffugia cf. globularis</i> (Wallich) Leidy, 1877	micro
<i>Diffugia cf. globulosa</i> Dujardin, 1837	micro
<i>Diffugia gramen</i> Penard, 1902	micro
<i>Diffugia cf. gramen var. caudata</i> Gauthier-Lièvre et Thomas, 1958/59	micro
<i>Diffugia cf. lanceolata</i> Penard, 1890	micro
<i>Diffugia cf. lobostoma</i> Leidy, 1874	micro
<i>Diffugia cf. longicollis</i> Gassowsky, 1936	micro
<i>Diffugia cf. mammilaris var. oranensis</i> Gauthier-Lièvre et Thomas, 1958/59	micro
<i>Diffugia cf. manicata</i> Penard, 1890	micro
<i>Diffugia oblonga</i> Ehrenberg, 1838	micro e macro
<i>Diffugia cf. oblonga var. incondita</i> Gauthier-Lièvre et Thomas, 1958/59	micro
<i>Diffugia oviformis</i> Cash, 1909	micro
<i>Diffugia cf. pyriformis</i> Perty, 1852	micro
<i>Diffugia cf. sarissa</i> Li Sun Tai, 1931	micro
<i>Diffugia tuberculata var. minor</i> Wailes, 1912	micro
<i>Diffugia cf. urceolata</i> Carter, 1864	micro
<i>Euglypha filifera</i> Penard, 1890	micro
<i>Euglypha</i> sp2.	micro
<i>Euglypha tuberculata</i> Dujardin, 1841	micro
<i>Hoogenraadia</i> sp.	micro
<i>Hyalosphenia subflava</i> Cash et Hopkinson, 1909	micro
<i>Lesquereusia modesta</i> Rhumbler, 1895	micro
<i>Lesquereusia spiralis</i> Ehrenberg, 1840	micro
<i>cf. Lesquereusia</i>	micro
<i>Nebela cf. griseola</i> Penard, 1911	micro
<i>Nebela</i> sp1.	micro
<i>Nebela</i> sp2.	micro
<i>Phryganella cf. paradoxa</i> Penard, 1902	micro
<i>Pontigulasia cf. compressa</i> Carter, 1864	micro
<i>Pontigulasia cf. elisa</i> Penard, 1893	micro
<i>Pontigulasia</i> sp.	micro
<i>Pseudodiffugia gracilis</i> Schlumberger, 1845	micro
<i>Trinema</i> sp.	micro
<i>Trygonopyxis</i> sp.	micro
<i>Diffugia</i> spp.	micro
<i>tecameba nova</i>	micro

cf. Heliozoa

micro

Filo Rotifera

<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	macro
<i>Brachionus caudatus</i> Barrois et Daday, 1894	macro
<i>Brachionus caudatus f. personatus</i> Ahlstrom, 1940	macro
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	micro
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	macro
<i>Euchlanis sp.</i>	macro
<i>Filina longisetata-terminalis</i> (Ruttner-Koiisko, 1989)	micro e macro
<i>Hexarthra cf. intermedia intermedia</i> Wiszniewski,	micro
<i>Hexarthra cf. intermedia braziliensis</i> Hauer,	micro
<i>Keratella cochlearis</i> Gossé, 1851	micro
<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943	micro
<i>Keratella tropica</i> Apstein, 1907	micro
<i>Lecane cf. luna</i> Müller, 1776	micro
<i>Lecane leontina</i> Turner, 1892	micro
<i>Lecane (Monostyla) bulla</i> Gossé, 1851	micro
<i>Lecane (Monostyla) lunaris</i> Ehrenberg, 1832	micro
<i>cf. Lecane sp.</i>	micro
<i>Lepadella patella</i> Müller, 1773	micro
<i>Lepadella cf. minuta</i> Manlet,	micro
<i>cf. Mytilina compressa</i> Gossé, 1851	micro
<i>Notholca acuminata</i> Ehrenberg, 1832	micro
<i>Ploesoma truncatum</i> Levander, 1894	micro
<i>Polyarthra spp.</i>	micro
<i>Pompholix complanata</i> Gossé, 1851	micro
<i>Testudineilla patina</i> Hiermann, 1783	micro
<i>Trichocerca capuccina</i> Wiszniewski et Zacharias, 1893	macro
<i>Trichocerca similis</i> Wiszniewski, 1893	macro
<i>Trichocerca bicristata var. mucosa</i> Stokes,	micro
<i>Trichocerca cf. bidens</i> Lucks,	micro
<i>Trichocerca cylindrica</i> Imhof, 1891	micro

Filo Arthropoda –Crustacea**Cladocera**

<i>Alona cf. rustica</i> Scott, 1895	macro
<i>Bosmina hagmanni</i> Stingelin, 1904	macro
<i>Bosmina cf. huaronensis</i> Delachaux, 1918	macro
<i>Bosmina longirostris</i> O.F. Müller, 1785	macro
<i>Bosmina sp.</i>	macro
<i>Bosminopsis deitersi</i> Richard, 1895	macro
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1886	macro
<i>Daphnia ambigua</i> Scourfield, 1947	macro
<i>Daphnia gessneri</i> Herbst, 1967	macro
<i>Daphnia laevis</i> Birge, 1878	macro
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin, 1848)	macro
<i>Kurzia cf. latissima</i> Kurz, 1874	macro
<i>Macrothrix cf. spinosa</i> King, 1853	macro
<i>Moina minuta</i> Hansen, 1899	macro

Copepoda

CYCLOPOIDA	
<i>Mesocyclops longisetus</i> (Thiebaud, 1914)	macro
<i>Mesocyclops meridianus</i> (Kiefer, 1926)	macro
cf. <i>Diacyclops</i> sp.	macro
CALANOIDA	
<i>Notodiaptomus incompositus</i> Brian, 1925	macro
HARPATICOIDA	
náuplio	macro

Com relação ao zooplâncton, o chuvoso inverno/98 foi caracterizado pela menor riqueza taxonômica (25 spp.) aumentando em direção ao verão (58 spp.), mantendo esta estabilizada no outono e inverno/99 (59 e 61 spp. respectivamente). A variação espacial na riqueza da Lagoa Itapeva apontou para um maior percentual de espécies da comunidade zooplânctônica no ponto Norte durante a primavera, outono e inverno/99, e no Centro durante o inverno/98 e verão. A riqueza taxonômica do zooplâncton foi mais semelhante entre os pontos durante o inverno/98, ou seja, um ano anterior à registrada para o fitoplâncton (inverno/99). Geralmente existe um tempo de resposta entre as comunidades de produtores e consumidores, devido à função correspondente a cada uma das partes envolvidas no ecossistema (relação presa/predador).

O verão foi a estação do ano com maior densidade média zooplânctônica, seguido pelo inverno/98, porém somente no verão esta foi bastante semelhante entre os pontos (Tabela 7.6, Fig. 7.17). O pico máximo de densidade ocorreu durante o outono, enquanto que a mais baixa densidade foi registrada no inverno/99. Gradientes de densidade média do zooplâncton entre os pontos foram observados no inverno/98, sendo crescente de N→S, e do verão ao inverno/99, sendo decrescente de N→S (Tabela 7.6). Para o fitoplâncton o gradiente evidenciado durante o verão e inverno/99 também foi no mesmo sentido que o verificado para o zooplâncton (Tabela 7.2). A distribuição dos valores de densidade nos pontos de amostragem mostrou que o Centro e Sul estiveram mais próximos, pois as maiores densidades médias foram obtidas no inverno/98 e verão em ambos. Contudo, para o Norte as maiores densidades médias foram registradas no verão e outono (Tabela 7.6, Fig. 7.17).

O grupo dos protistas geralmente foi o que obteve densidade média geralmente superior aos demais grupos zooplânctônicos, exceto para o Centro durante a primavera (copépodos) e no Sul durante o outono (rotíferos) (Tabela 7.6). A sua importância em termos de densidade total zooplânctônica ficou nítida pelo padrão de distribuição sazonal ter refletido o mesmo padrão observado para a comunidade zooplânctônica (Figs. 7.17 e 7.18). Porém, a sua densidade média foi maior no inverno/98 seguida pelo verão (Tabela 7.6, Fig. 7.18). Este

Tabela 7.6- Análise descritiva dos dados de densidade do zooplâncton (Nº ind.L⁻¹), total e por grupos, em cada campanha sazonal e ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

	Inverno - Ago/98					Primavera - Dez/98					Verão - Mar/99					Outono - Mai/99					Inverno - Ago/99				
	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE
Média	153	113	21	3	16	68	29	17	5	17	164	102	39	16	7	89	64	14	3	8	73	51	9	2	11
Desvio padrão	165	143	18	3	14	54	47	18	6	14	76	51	29	12	5	260	258	11	3	3	107	104	10	2	5
Mínimo	10	6	1	0	1	3	0	0	0	0	55	10	2	0	0	9	1	0	0	0	3	1	0	0	1
Máximo	834	736	72	10	62	304	236	91	32	64	400	251	160	60	23	2070	2006	52	13	17	635	625	41	10	26
N	35	35	35	35	35	98	98	98	98	98	99	99	99	99	99	105	105	105	105	105	98	98	98	98	98
<i>Norte</i>	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE
Média	37	29	4	0	3	105	50	31	5	19	200	123	61	10	5	200	161	23	6	9	145	106	20	5	15
Desvio padrão	28	25	4	0	3	68	69	21	5	14	85	54	35	6	4	432	434	14	3	4	149	154	9	2	5
Mínimo	10	6	1	0	1	18	0	6	0	4	55	10	8	0	0	27	4	0	0	0	26	3	5	0	4
Máximo	108	95	13	1	11	304	236	91	27	59	400	251	160	23	20	2070	2006	52	13	16	635	625	41	10	26
N	12	12	12	12	12	36	36	36	36	36	33	33	33	33	33	35	35	35	35	35	36	36	36	36	36
<i>Centro</i>	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE
Média	157	96	33	6	21	36	10	6	6	14	157	90	32	25	10	35	20	6	2	7	49	32	4	1	11
Desvio padrão	75	55	12	2	10	25	9	6	8	14	75	53	16	15	6	30	26	5	1	2	37	34	2	2	4
Mínimo	60	31	15	3	10	3	0	0	0	1	61	14	11	8	3	9	1	0	0	3	6	2	1	0	2
Máximo	300	202	55	10	42	104	34	23	32	54	323	197	67	60	23	143	101	27	5	12	168	146	8	7	21
N	12	12	12	12	12	29	29	29	29	29	36	36	36	36	36	34	34	34	34	34	27	27	27	27	27
<i>Sul</i>	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	TOTAL	PROTI	ROTI	CLADO	COPE
Média	275	222	26	2	24	55	22	10	5	17	133	93	22	11	6	31	10	12	2	7	19	9	1	1	8
Desvio padrão	229	208	19	1	15	27	26	9	5	14	46	38	18	4	4	18	15	6	2	3	8	7	1	0	4
Mínimo	28	18	2	0	7	3	0	0	0	0	59	16	2	3	2	16	1	4	1	3	3	1	0	0	1
Máximo	834	736	72	4	62	108	94	44	24	64	226	170	84	23	15	104	76	28	9	17	45	28	8	2	15
N	11	11	11	11	11	33	33	33	33	33	30	30	30	30	30	36	36	36	36	36	35	35	35	35	35

onde: TOTAL= nº de indivíduos totais na amostra, PROTI= Protista, ROTI= Rotífera, CLADO= Cladocera, COPE= Copepoda

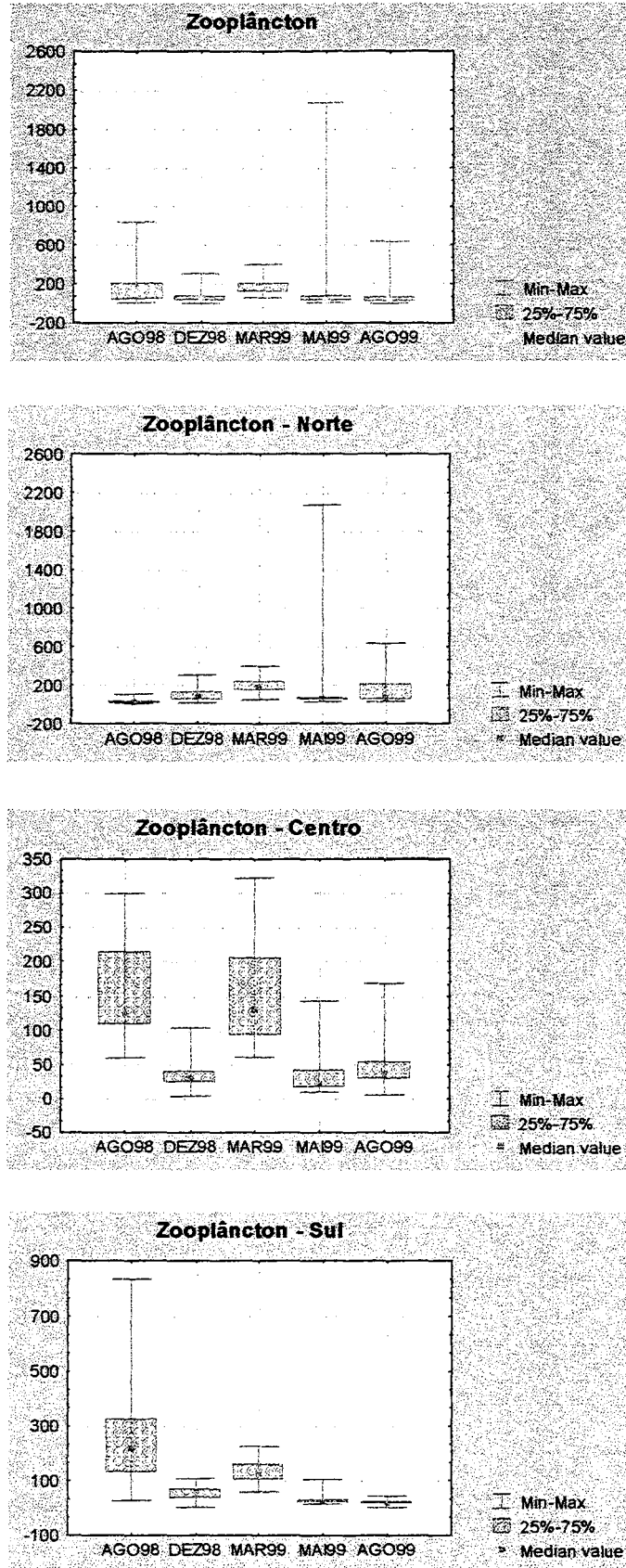


Figura 7.17 - Distribuição dos valores de densidade do zooplâncton total (nº ind.L⁻¹), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.

AGO98= inverno/98, DEZ98= primavera, MAR99= verão, MAI99= outono, AGO99= inverno/99

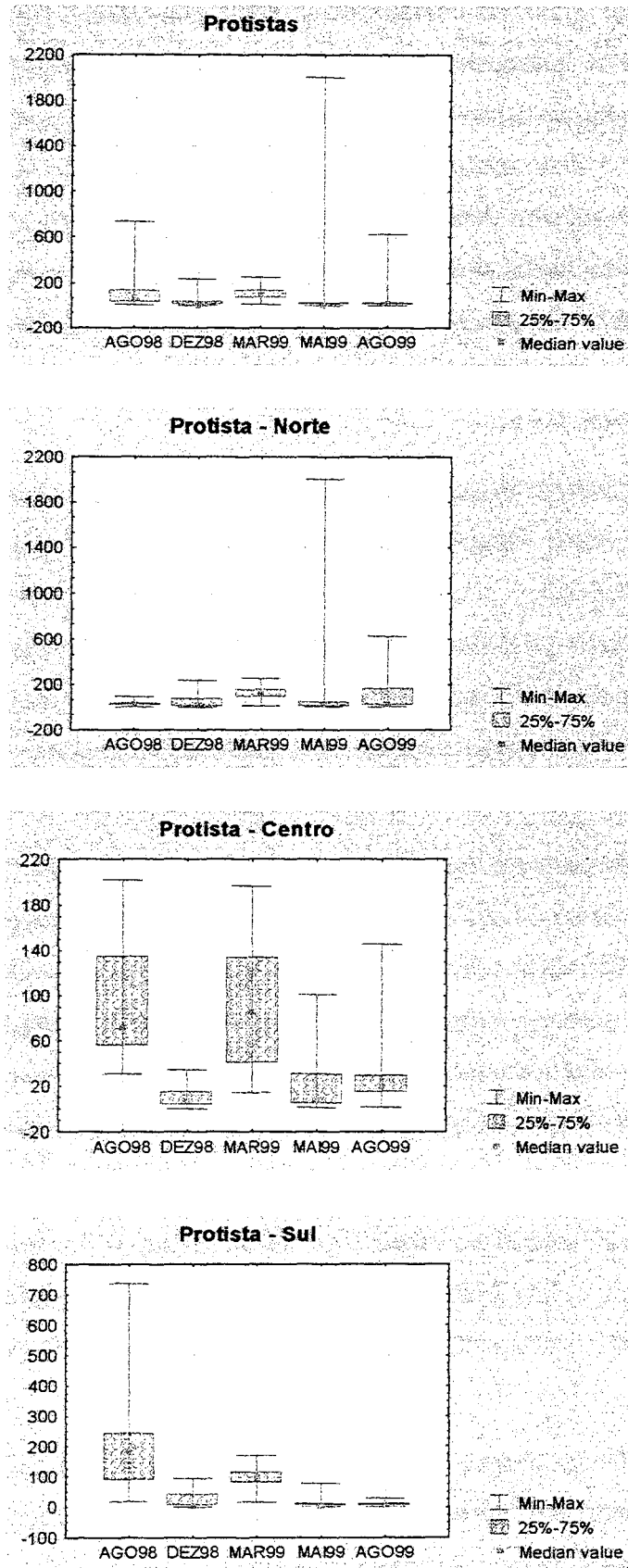


Figura 7.18 - Distribuição dos valores de densidade do grupo Protista (n° ind.L $^{-1}$), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.

AGO98= inverno/98, DEZ98= primavera, MAR99= verão, MAI99= outono, AGO99= inverno/99

grupo também foi responsável por todos os picos máximos observados em cada ponto de amostragem sazonalmente. Entre as espécies de protistas, especial destaque deve ser feito para o ciliado *Codonella* sp., que se manteve com uma elevada densidade relativa em todos os pontos e campanhas sazonais, sendo definitivamente uma espécie residente neste sistema. *Diffugia tuberculata* foi a tecameba residente e abundante em todos os pontos e campanhas sazonais. Porém, a sua maior abundância ocorreu de forma mais escassa, estando fortemente associada com os efeitos máximos de *fetch*. Assim, esta se torna uma espécie potencialmente indicadora de tal fenômeno. Cabe ressaltar que a sua abundância foi praticamente constante, porém baixa, durante o verão em toda a lagoa, enfatizando o seu potencial como espécie indicadora da ação de ventos fortes.

Os rotíferos geralmente foram o segundo grupo mais representativo em termos de densidade, onde seus maiores valores médios também seguiram o padrão da comunidade zooplanctônica (Tabela 7.6, Fig. 7.19). No Norte a sua maior representatividade foi verificada no verão, enquanto que para o Centro e Sul foi durante o inverno/98 seguido pelo verão. Do verão em direção ao inverno/99 uma queda na densidade foi observada em toda a lagoa. Durante o verão um maior número de espécies (8) foram registradas como abundantes, porém a abundância relativa destas oscilou bastante dentro e entre os pontos.

Os cladóceros apresentaram uma maior densidade média durante o verão em todos os pontos de amostragem, porém o valor máximo foi registrado na primavera nos pontos Norte e Sul (Tabela 7.6, Fig. 7.20). A sua densidade média foi superior no Centro do inverno/98 até o verão, pois durante o outono e inverno/99 a maior representatividade deste grupo foi registrada no Norte. As espécies mais abundantes no verão foram: *Bosmina longirostris*, *B. hagamanni*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Diaphanosoma brachyurum* e *Moina minuta*.

Os copépodos foram mais representativos durante a primavera e o inverno/98, sendo que na primavera, a maior densidade média foi registrada para o Norte, enquanto que no inverno/98, para o Centro e Sul (Tabela 7.6, Fig. 7.21). Em ambas estações o estágio larval (náuplio) juntamente com o calanoida, *Notodiptomus incompositus*, foram mais abundantes na lagoa.

A análise no perfil da coluna d'água mostrou que as densidades médias sazonalmente foram bastante semelhantes entre as profundidades, com uma maior densidade oscilando entre o meio e fundo nas estações do ano (Tabela 7.7). Porém, nos pontos de amostragem, a maior densidade foi registrada em algumas campanhas para a superfície, especialmente no Sul. A maior amplitude no perfil ocorreu também durante o outono, como havia sido mencionado em termos de fitoplâncton, onde agora a maior concentração de organismos ocorreu na

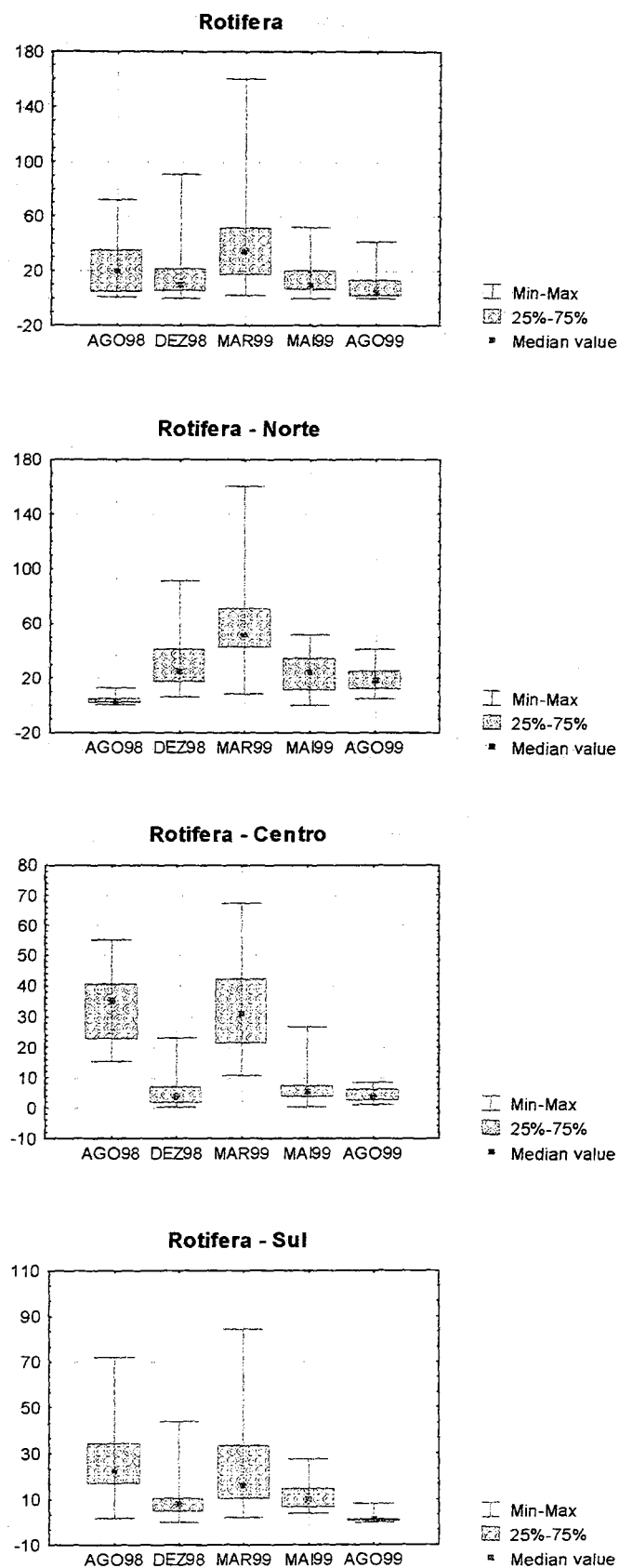


Figura 7.19 - Distribuição dos valores de densidade do grupo Rotifera (n° ind.L $^{-1}$), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.

AGO98= inverno/98, DEZ98= primavera, MAR99= verão, MAI99= outono, AGO99= inverno/99

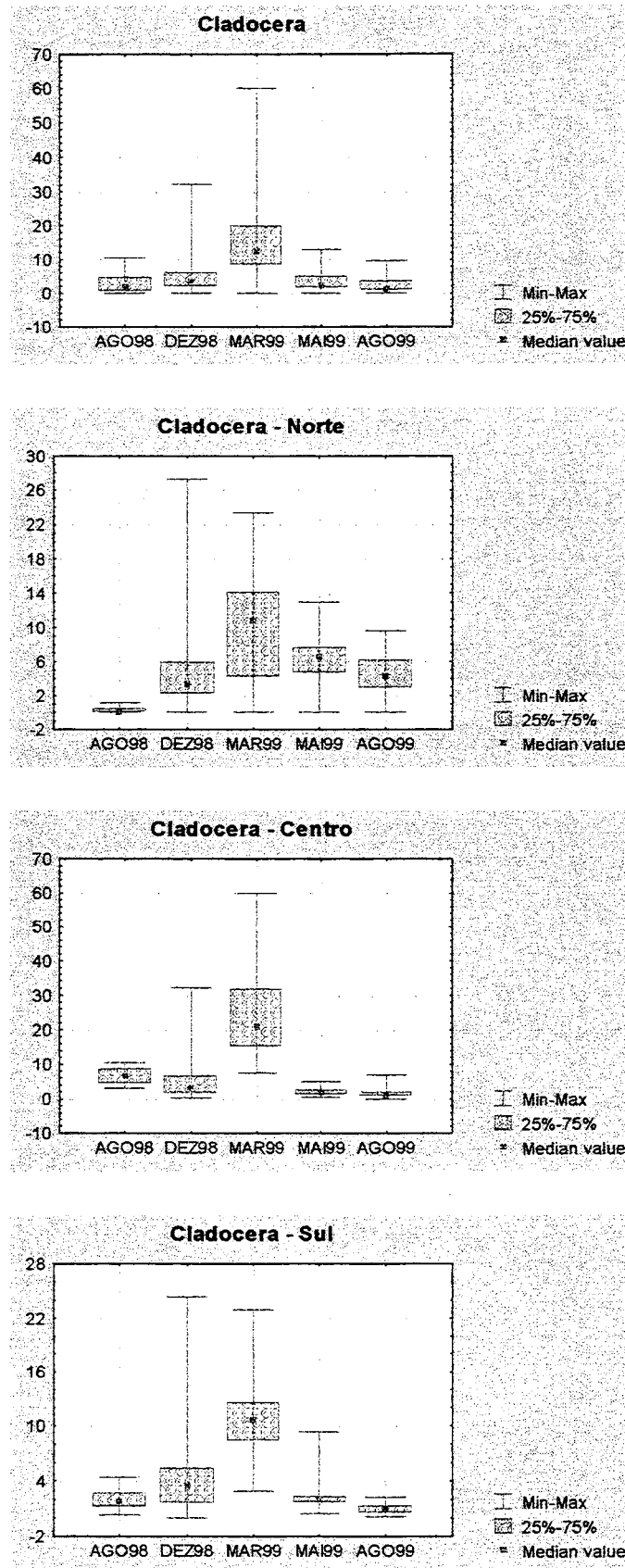


Figura 7.20 - Distribuição dos valores de densidade do grupo Cladocera (n° ind. L^{-1}), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.

AGO98= inverno/98, DEZ98= primavera, MAR99= verão, MAI99= outono, AGO99= inverno/99

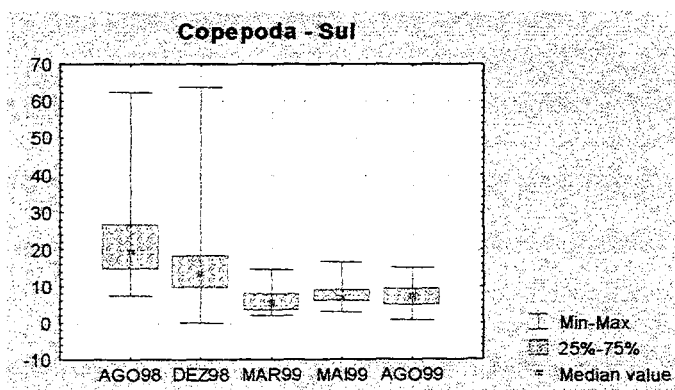
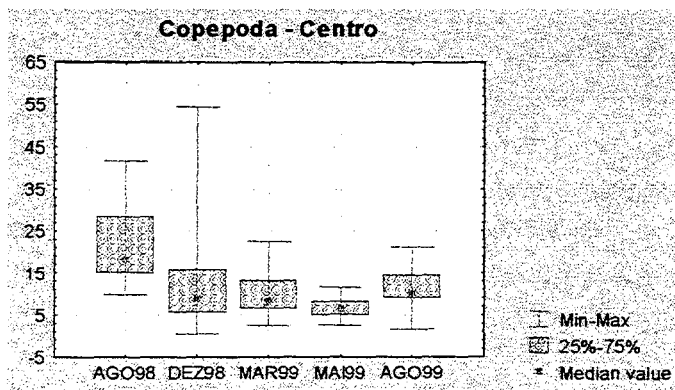
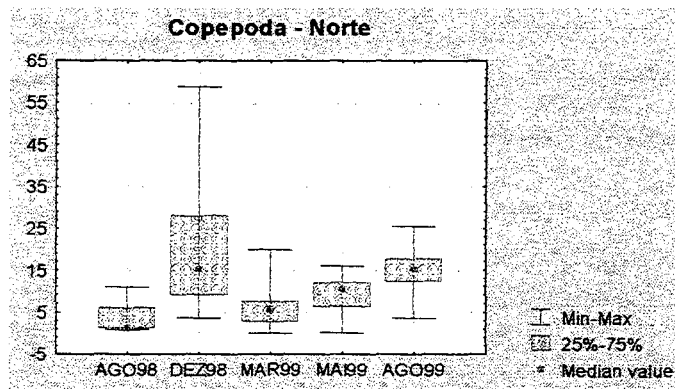
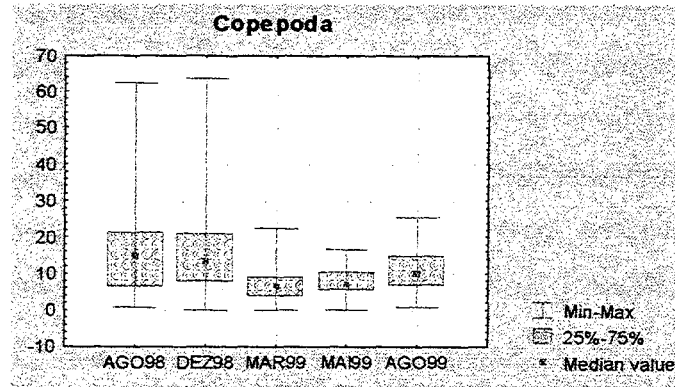


Figura 7.21 - Distribuição dos valores de densidade do grupo Copepoda (n° ind.L⁻¹), durante as campanhas sazonais nos pontos de amostragem da Lagoa Itapeva.

AGO98= inverno/98, DEZ98= primavera, MAR99= verão, MAI99= outono, AGO99= inverno/99

profundidade oposta (Tabelas 7.3 e 7.7). Este fato pode estar relacionado a dois fatores: (1) uma migração do zooplâncton no sentido oposto ao da floração, já que se trata de uma espécie potencialmente produtora de toxinas; e/ou (2) devido a uma maior estabilidade na coluna d'água, pela diminuição da velocidade do vento no decorrer da campanha, que possibilitou que os protistas mantivessem depositados no fundo da lagoa. Densidade média maior ocorreu com maior frequência no meio da coluna d'água, especialmente no ponto Centro (como ocorreu para o fitoplâncton, Tabela 7.3) e durante a primavera e verão (Tabela 7.7).

Tabela 7.7 – Distribuição da densidade da comunidade zooplanctônica (ind.L⁻¹) no perfil da coluna d'água nas campanhas sazonais e pontos de amostragem na Lagoa Itapeva

	Ago/98			Dez/98			Mar/99			Mai/99			Ago/99		
	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	124	161	170	58	75	70	158	183	151	48	74	144	66	87	67
Desvio padrão	109	140	228	41	51	68	75	79	72	35	202	401	84	144	83
Mínimo	16	11	10	3	17	3	55	79	60	9	11	16	6	3	11
Máximo	349	506	834	158	208	304	323	400	381	169	1213	2070	367	635	373
N	11	12	12	32	33	33	33	33	33	36	34	35	34	34	30
NORTE	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	47	33	30	79	121	114	175	232	193	75	170	351	127	183	124
Desvio padrão	42	17	22	48	50	93	82	95	75	35	346	652	115	209	108
Mínimo	16	11	10	18	61	26	55	108	107	38	49	27	26	44	38
Máximo	108	49	61	158	208	304	315	400	381	169	1213	2070	367	635	373
N	4	4	4	12	12	12	11	11	11	12	11	12	12	12	12
CENTRO	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	91	193	186	35	40	33	159	174	139	35	28	42	44	55	46
Desvio padrão	25	60	89	30	25	20	80	68	78	29	18	40	32	49	27
Mínimo	60	127	107	3	17	7	71	79	61	9	11	16	6	15	21
Máximo	114	266	300	104	92	84	323	313	304	97	63	143	113	168	104
N	4	4	4	9	10	10	12	12	12	12	11	11	10	10	7
SUL	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
Média	270	258	295	53	55	55	139	139	120	34	29	31	22	17	18
Desvio padrão	97	179	368	29	26	30	61	37	38	24	15	15	11	8	5
Mínimo	161	111	28	16	18	3	59	94	60	20	18	16	7	3	11
Máximo	349	506	834	101	90	108	226	214	170	104	65	57	45	29	25
N	3	4	4	11	11	11	10	10	10	12	12	12	12	12	11

S= superfície, M= meio, F= fundo, Ago/98= inverno/98, Dez/98= primavera, Mar/99= verão, Mai/99= outono, Ago/99= inverno/99.

Detalhes na distribuição da densidade do zooplâncton no perfil da coluna d'água, em nível de ponto e turno de amostragem em cada estação do ano, evidenciaram algumas tendências.

Por exemplo, durante o inverno/98 (Fig. 7.5) a distribuição do zooplâncton mostrou que a maior densidade foi registrada no início da manhã em todos os pontos, porém esta esteve concentrada na superfície, no Norte, e no fundo, no Centro e Sul. Uma maior concentração de organismos no meio da coluna para os outros turnos no Centro foi

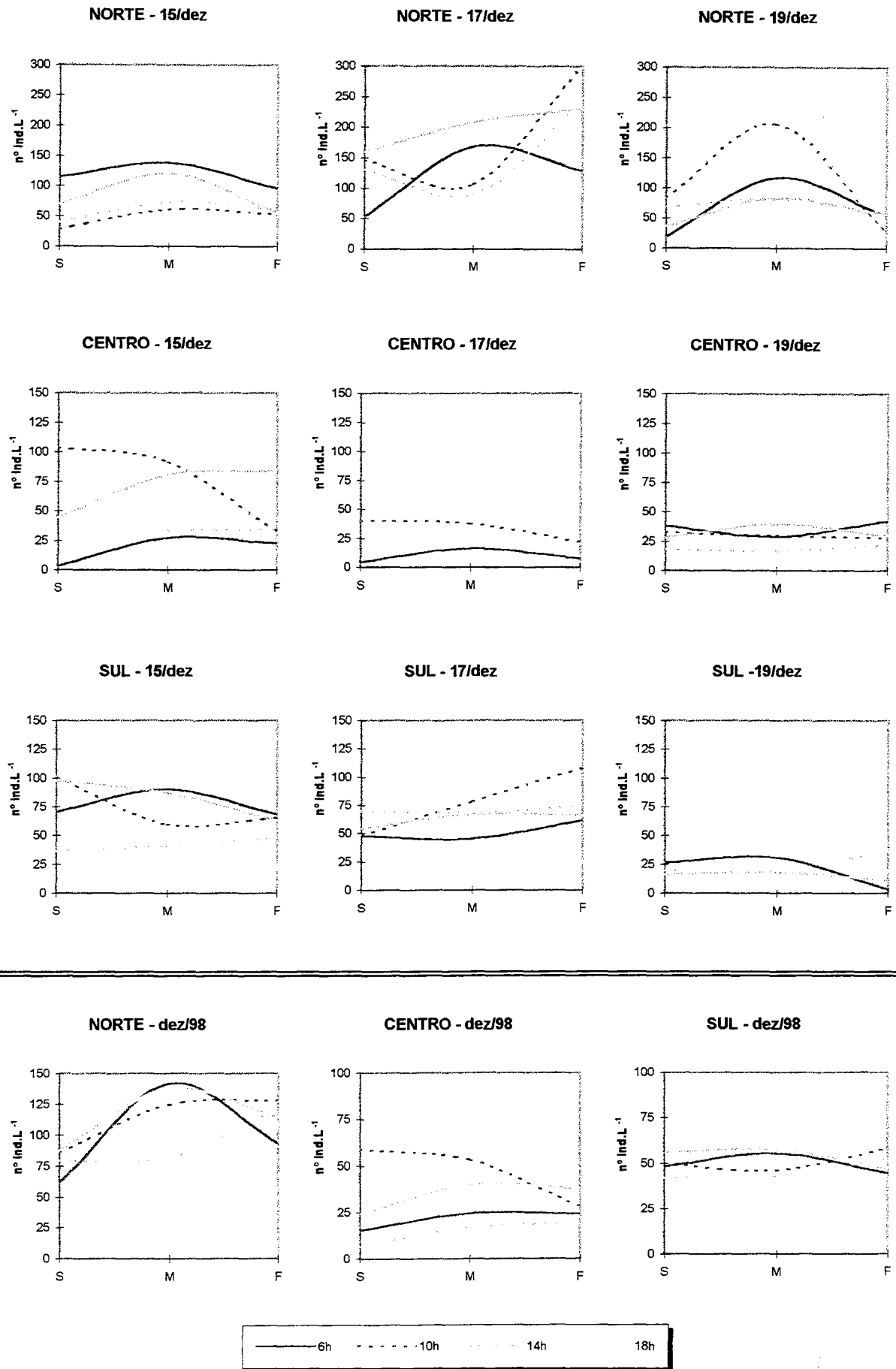


Figura 7.22 - Perfil de densidade do zooplâncton durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva. S= superfície, M= meio, F= fundo

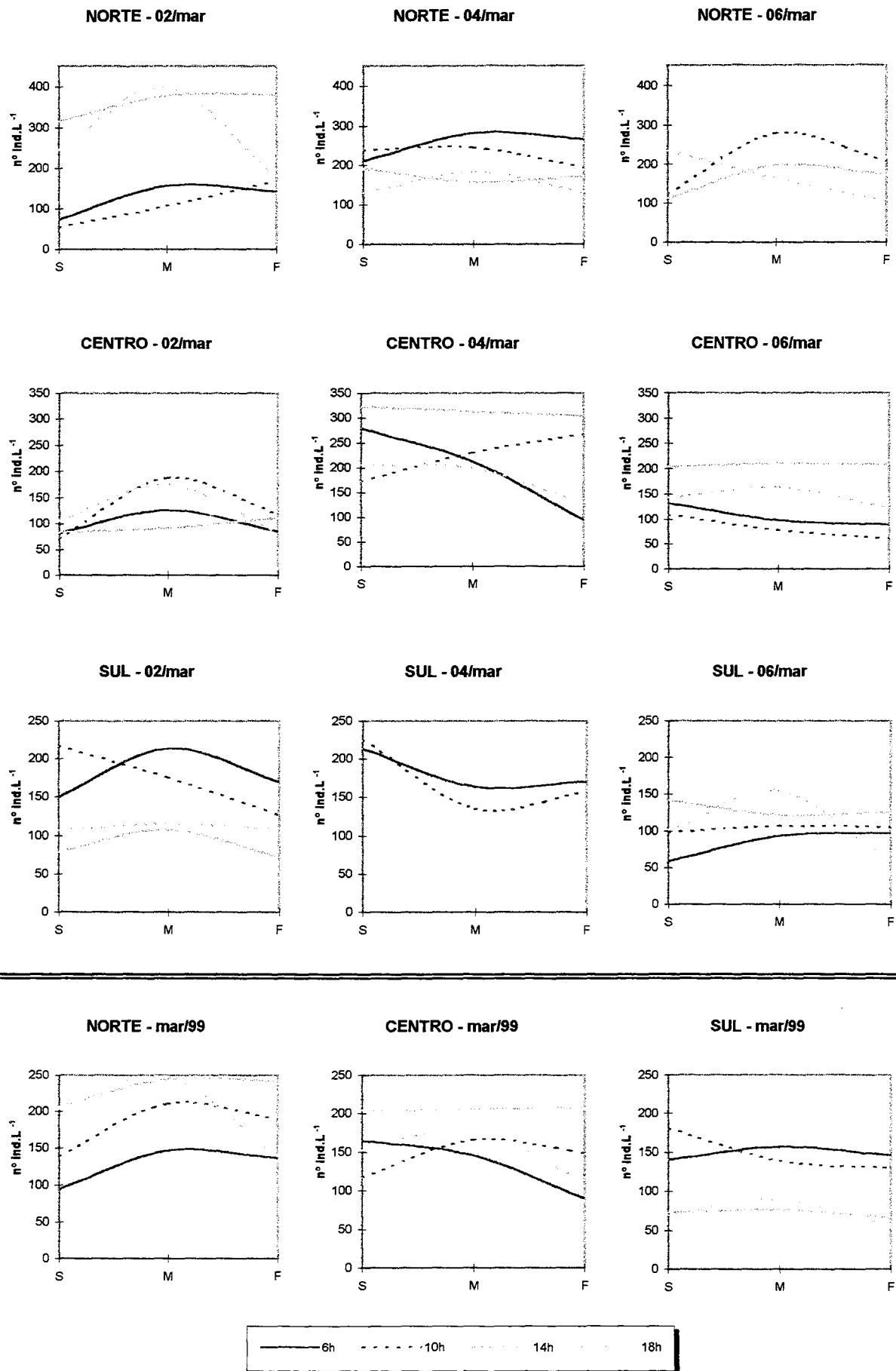


Figura 7.23 - Perfil de densidade do zooplâncton durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva.

S= superfície, M= meio, F= fundo

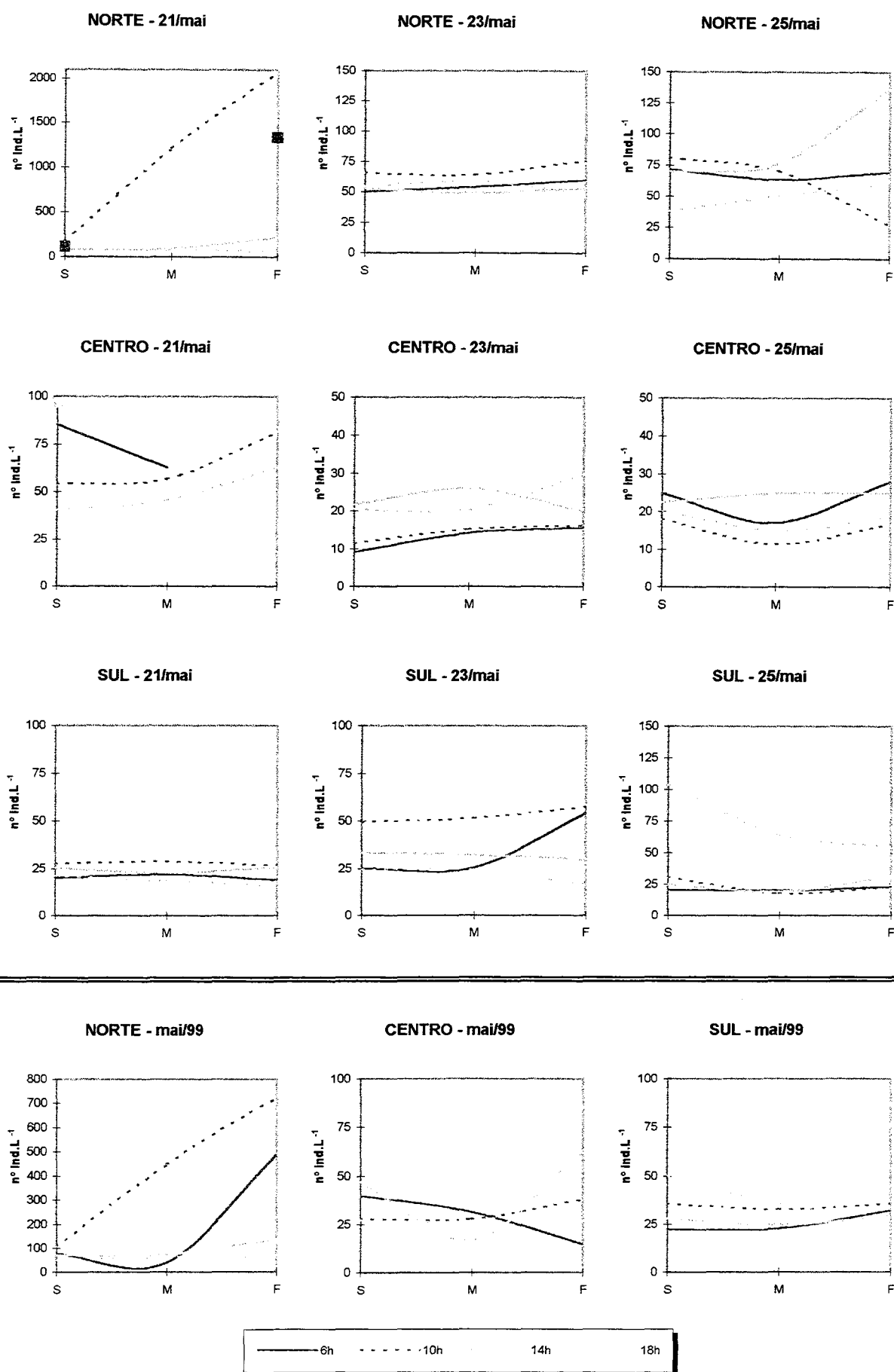


Figura 7.24 - Perfil de densidade do zooplâncton durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva.

S= superfície, M= meio, F= fundo

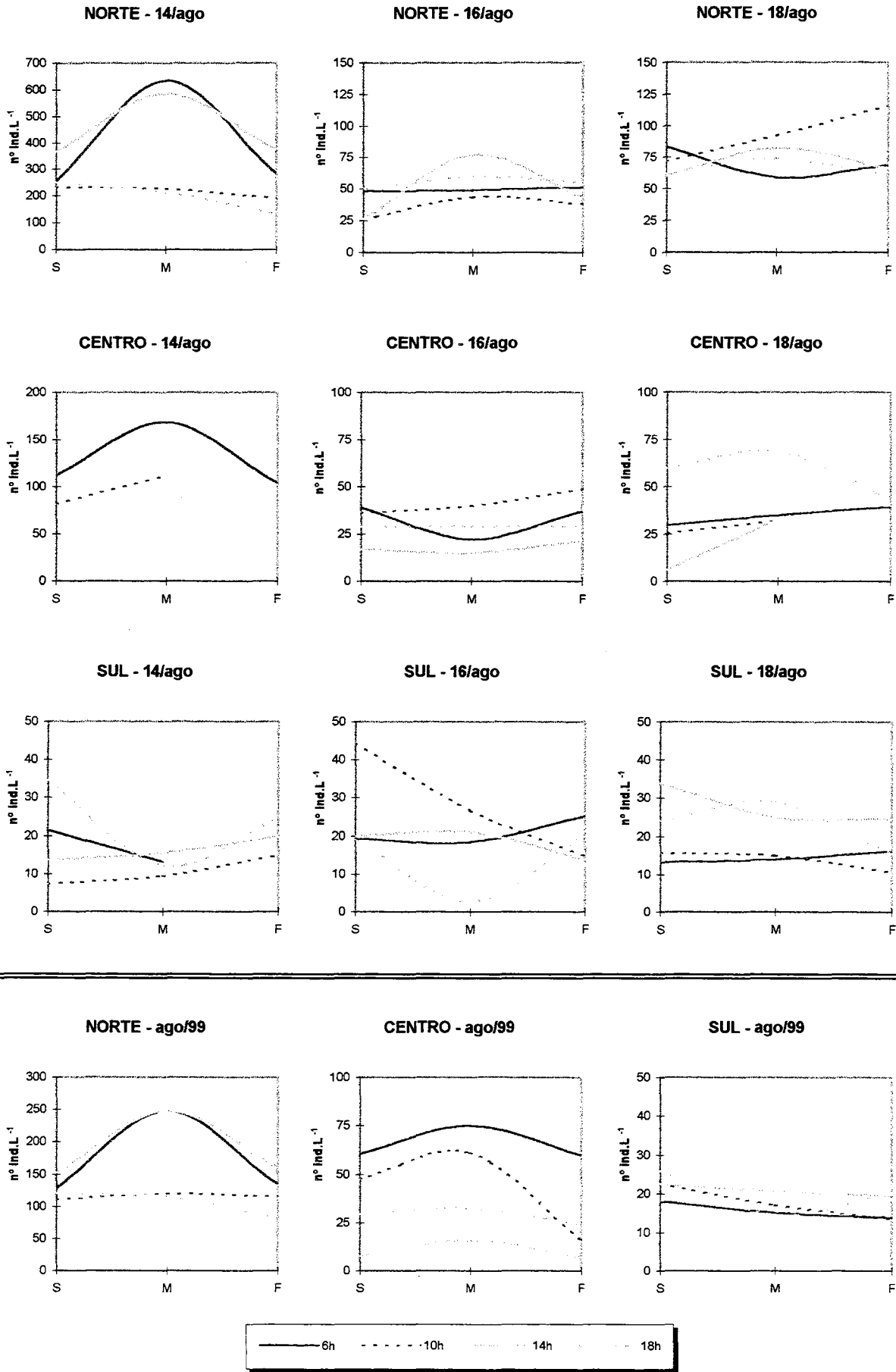


Figura 7.25 - Perfil de densidade do zooplâncton durante o inverno (Ago/99) na Lagoa Itapeva. S= superfície, M= meio, F= fundo

constatada, estando de acordo com os valores médios sazonais para este local. Este fato parece estar relacionado ora com a maior oferta de alimento (fitoplâncton) também ter sido registrada para esta profundidade sazonalmente, ora pelo movimento praticamente constante na coluna d'água, que pode aprisionar os organismos nesta posição. A posição geográfica do ponto Centro, por estar sob a influência direta do deságüe do Rio Três Forquilhas e por ser afetado por ventos de todas as direções, possibilita este maior movimento na coluna d'água.

No 1º dia da primavera (15/dez/98), ocorreu uma maior homogeneidade na coluna d'água no Norte (Fig. 7.22), onde a maior densidade foi no mesmo turno registrado para o fitoplâncton (Fig. 7.6). Porém, no Centro e Sul as maiores densidades ocorreram na superfície às 10h, sendo exatamente o turno imediato ao de densidade máxima do fitoplâncton (6h). Assim, além do efeito do vento de NE aumentando de velocidade durante a manhã, a concentração do fitoplâncton na superfície no início do dia parece ter contribuído para uma migração do zooplâncton. No 2º dia da primavera (17/dez/98) a maior concentração de zooplâncton ocorreu às 10h nas mesmas profundidades coincidentes com o agrupamento de fitoplâncton em cada ponto. No 3º dia da primavera (19/dez/98) pequenas alterações foram observadas entre as profundidades e turnos nos pontos Centro e Sul. Apenas no Norte o turno das 10h apresentou um acréscimo, exatamente no mesmo instante em que o fitoplâncton exibiu tal comportamento. Analisando o comportamento de distribuição no perfil, durante a primavera entre os pontos de amostragem (média dos 3 dias), nota-se que o ponto Sul voltou a exibir uma maior homogeneidade entre os turnos e perfil da coluna d'água. No Centro uma alteração na concentração dos organismos ao longo da coluna d'água nos turnos foi constatada. No Norte somente o turno das 10h exibiu o mesmo padrão de distribuição observado para o fitoplâncton.

Durante o 1º dia do verão (02/mar/99), o mesmo padrão de distribuição na coluna d'água ocorreu entre os turnos no Centro (Fig. 7.23), onde a maior densidade foi no mesmo turno registrado para o fitoplâncton (Fig. 7.7). Como já havia sido apresentado, nesta estação do ano ocorreu o domínio de ventos do quadrante NE durante toda a campanha. No Norte a maior densidade foi registrada no turno da tarde, enquanto que no Sul, durante a manhã. A diminuição da velocidade do vento no turno da tarde propiciou uma maior homogeneidade na distribuição do zooplâncton na coluna d'água. No 2º dia do verão (04/mar/99), uma maior estabilidade de distribuição do zooplâncton na coluna d'água ocorreu nos turnos no ponto Norte. Enquanto que, curvas semelhantes de distribuição na coluna d'água ocorreram entre os turnos da manhã no Sul. Já no Centro, o padrão de distribuição na coluna d'água em cada turno foi praticamente o inverso ao observado em termos de fitoplâncton, podendo ter indicado uma maior atividade predatória. Durante o 3º dia do verão (06/mar/99), a maior

concentração de zooplâncton ocorreu em turnos distintos entre os pontos da lagoa. Uma maior estabilidade de distribuição no perfil ocorreu no turno da manhã no Centro e Sul, onde neste ponto, o aumento de velocidade do vento no final do dia ($\cong 8\text{m.s}^{-1}$) propiciou um maior adensamento no meio da coluna d'água. Analisando o comportamento de distribuição no perfil, durante o verão entre os pontos de amostragem (média dos 3 dias), nota-se que a maior densidade ocorreu no turno da tarde nos pontos Norte e Centro, enquanto que o oposto foi observado para o Sul.

No 1º dia de outono (21/mai/99), uma maior estabilidade na distribuição do zooplâncton no perfil ocorreu entre os turnos no Sul (Fig. 7.24). Já havia sido mencionado anteriormente que neste dia ocorreu o domínio de ventos dos quadrantes SW-W, e que estes afetam mais intensamente os outros pontos da lagoa. Assim, um forte gradiente crescente de organismos em direção ao fundo ocorreu no ponto Norte, durante o turno da manhã, quando a velocidade do vento era maior. Durante o 2º dia de outono (23/mai/99), uma ampla diminuição do efeito do vento foi característica, possibilitando uma maior estabilidade de distribuição no perfil entre os turnos e nos pontos. Já no 3º dia de outono (25/mai/99) uma alteração na direção do vento de W (manhã) para NE (tarde) fez com que no final do período do dia tivesse sido registrado uma maior densidade de zooplâncton na superfície no Sul. Por outro lado, neste momento da inversão da direção do vento foi registrado um maior acúmulo de zooplâncton no fundo no Norte. O comportamento de distribuição exibido pelo zooplâncton diferiu bastante daquele observado para o fitoplâncton (Fig. 7.8), conforme já havia sido discutido por ocasião da apresentação dos resultados médios de densidade no perfil. Analisando o comportamento de distribuição no perfil, durante o outono entre os pontos de amostragem (média dos 3 dias), o turno da manhã apresentou um forte gradiente em direção ao fundo no ponto Norte, estando este fato vinculado ao forte efeito do *fetch*. Nos pontos Centro e, principalmente, no Sul uma maior estabilidade no perfil foi característica.

No 1º dia de inverno (14/ago/99), o turno da manhã concentrou uma maior densidade no meio da coluna d'água nos pontos Norte e Centro (Fig. 7.25). Este fato também esteve relacionado com o forte efeito do *fetch* de WSW neste dia. Como o vento voltou a aumentar no turno da tarde, um segundo aumento na densidade foi observado neste turno no Norte. Provavelmente também tivesse ocorrido no Centro, porém o efeito do vento era tão intenso que inviabilizou a amostragem neste turno para este local. No Sul, uma maior densidade ocorreu na superfície no final do dia. No 2º dia de inverno (16/ago/99), a alteração do vento dos quadrantes WSW (manhã), S (14h) para E (18h) provocou uma maior circulação das águas no Sul, evidenciada principalmente nos instantes de mudança na direção. Nos outros pontos uma maior homogeneidade de distribuição no perfil foi característica para todos os

turnos. No 3º dia de inverno (16/ago/99), o vento NE foi dominante aumentando de velocidade no turno da tarde, onde uma resposta no aumento da densidade zooplanctônica foi evidenciada no Centro e Sul. Novamente o comportamento de distribuição exibido pelo zooplâncton diferiu bastante daquele observado para o fitoplâncton (Fig. 7.9), podendo este fato estar vinculado com a atividade predatória. Analisando o comportamento de distribuição no perfil, durante o inverno/99 entre os pontos de amostragem (média dos 3 dias), novamente o Sul foi caracterizado por uma maior homogeneidade de distribuição no perfil. Os turnos e profundidades com maiores densidades, tanto no Norte quanto no Centro, estiveram fortemente influenciados pelo efeito do 1º dia de campanha.

Estudo da distribuição vertical e horizontal do zooplâncton em função do vento, mesmo em ambiente pouco profundo, foram desenvolvidos para outras regiões do mundo (George & Edwards, 1976; Lacroix & Lescher-Moutoué, 1995; Zagarese et al., 1998).

Considerando os efeitos de um modelo de circulação predominantemente vertical na distribuição de animais, que mantém seu nível fototaticamente, existem três condições possíveis: (1) animais mostrando nenhuma seleção por profundidade serão transportados passivamente a favor do vento, sendo então carregados de volta pela direção do vento através de correntes reversas na profundidade, (2) animais tendendo a permanecer nas camadas superiores da coluna d'água serão transportados passivamente a favor do vento, mas tornar-se-ão concentrados a favor do vento nadando contra o mergulho, (3) animais tendendo a concentrar mais ao fundo na coluna d'água tornar-se-ão concentrados contra o vento resistindo deslocamento contrário. Sob condições de vento muito forte somente animais possuindo força suficiente para a locomoção, é claro, resistirão a ser carregados de volta por correntes reversas de fundo. Tentativas a prever os modelos de distribuição zooplanctônica devem levar em consideração o fato que movimentos zooplanctônicos são orientados, e não explicáveis unicamente em termos de densidade da água. Embora a luminosidade dita uma regra dominante na influência da seleção da profundidade e migração vertical, outros fatores além de desta freqüentemente modificam a resposta do animal, tanto que não é possível prever agrupamentos verticais diretamente dos dados de atenuação luminosa (George & Edwards, 1976). Para a Lagoa Itapeva uma preferência por determinada profundidade ocorreu somente durante o verão, respondendo diretamente à intensidade luminosa (Tabela 7.8). Porém, na maior parte do tempo como a ação do vento é bastante forte na lagoa, este efeito foi determinante para a distribuição espacial e vertical do zooplâncton.

A comunidade de zooplâncton crustáceo foi estruturada segundo um gradiente W-SW→N-NE, de acordo com a principal direção do vento na região do *Créteil Lake* (França), em um lago raso e pequeno. A progressiva mudança na direção do vento para NE→SW,

durante dois dias antes da amostragem, teria tido baixo impacto no zooplâncton devido à presença de vento fraco e a forte redução de seu efeito de velocidade, pois existem várias construções nos lados norte e leste do lago. O fator de causa mais provável para este modelo de distribuição horizontal do zooplâncton envolveu uma interação entre correntes induzidas pelo vento e distribuição vertical dos organismos. Se o vento sopra por um período de tempo suficiente, correntes superficiais dirigidas pelo vento podem induzir retorno dos movimentos de água acima da termoclina ou acima do fundo de lagos rasos, oposto ao vento predominante. Este tipo de circulação induzida pelo vento concentraria a favor do mesmo os organismos planctônicos que preferem os níveis superiores de água, e acumulariam contra o vento os animais que tendem a moverem-se longe da superfície; enquanto que, organismos sem preferência por dada profundidade permaneceriam distribuídos ao acaso. Assim, calanóidas e cladóceros (em particular *Bosmina longirostris*) prefeririam as camadas superiores, enquanto que, náuplios e ciclopóidas teriam uma melhor distribuição vertical homogênea ou prefeririam camadas profundas (Lacroix & Lescher-Moutoué, 1995).

A análise de variância ANOVA (“three-way”) com medidas repetidas no perfil da coluna d’água evidenciou comportamentos distintos em função dos fatores testados sazonalmente (Tabela 7.8). Quando ponto e dia de amostragem foram os fatores testados, variância significativa foi evidenciada para a maioria dos efeitos testados durante a primavera. O efeito do perfil foi significativo somente no verão, enquanto ponto e dia (isolados ou em interação) foram significativos no inverno. Quando ponto e hora foram os fatores testados, o efeito do ponto exibiu variância significativa somente na primavera e no inverno. Novamente o efeito do perfil foi significativo somente no verão. Para dia e hora como fatores testados, o efeito do perfil foi significativo no verão e também no inverno. Além disso, o efeito do dia e da interação dia e perfil foi significativo tanto para a primavera quanto para o inverno.

Esta maior concentração do zooplâncton no meio da coluna d’água, durante o verão, parece estar de certa forma relacionada com os resultados obtidos por Zagarese et al. (1998). Onde a intensidade luminosa, nesta época do ano, parece ter contribuído de forma decisiva na distribuição dos organismos. Porém, aliado a este fato, a contribuição de condições meteorológicas mais estáveis juntamente com a composição dos organismos aponta também para os efeitos dos modelos de distribuição proposto por George & Edwards (1976).

Comparando a velocidade de deslocamento do zooplâncton crustáceo (aproximadamente $12-24 \text{ cm}\cdot\text{min}^{-1}$ para cada mm de corpo do copépodo) e a velocidade de turbulência induzida por ventos moderados concluiu-se que pequenos organismos poderiam evitar serem ciclados na coluna de água de um lago raso. Ainda, o dano potencial

experimentado por organismos que se movem verticalmente é mais elevado do que o experimentado por organismos estáticos na mesma profundidade. Portanto, em condições de ventos moderados; o plâncton de lagos rasos é exposto a níveis de radiação solar potencialmente prejudicial, mesmo em águas relativamente turbulentas (Zagarese et al., 1998).

Tabela 7.8 – Medidas repetidas (ANOVA “three-way”) para densidade zooplanctônica no perfil da coluna d’água (n= 12) testando ponto, dia e hora como fatores nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

		Primavera				Verão			Outono			Inverno		
1-PONTO, 2-DIA, 3-PERFIL														
dfE	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level		
1	2	23	26,40	1,1E-06	24	2,76	0,084	24	2,93	0,073	21	20,58	1,1E-05	
2	2	23	8,61	0,002	24	3,13	0,062	24	1,87	0,177	21	13,38	0,0002	
3	2	46	2,82	0,070	48	3,98	0,025	48	2,10	0,134	42	3,21	0,050	
12	4	23	7,17	0,001	24	1,43	0,255	24	1,70	0,182	21	9,09	0,0002	
13	4	46	2,16	0,088	48	1,83	0,139	48	1,97	0,114	42	2,21	0,084	
23	4	46	3,02	0,027	48	1,93	0,120	48	1,77	0,150	42	2,11	0,096	
123	8	46	2,52	0,023	48	0,40	0,915	48	1,70	0,124	42	1,55	0,170	
1-PONTO, 2-HORA, 3-PERFIL														
dfE	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level		
1	2	20	7,14	0,005	21	2,66	0,093	21	1,60	0,226	18	4,22	0,031	
2	3	20	0,61	0,615	21	0,30	0,828	21	0,86	0,476	18	0,11	0,953	
3	2	40	1,53	0,230	42	5,41	0,008	42	0,95	0,393	36	1,32	0,279	
12	6	20	0,07	0,998	21	0,41	0,863	21	0,79	0,585	18	0,14	0,990	
13	4	40	1,13	0,355	42	1,62	0,188	42	0,91	0,469	36	1,60	0,195	
23	6	40	0,39	0,882	42	1,35	0,258	42	0,75	0,613	36	0,45	0,840	
123	12	40	0,34	0,975	42	1,05	0,427	42	0,72	0,724	36	0,38	0,961	
1-DIA, 2-HORA, 3-PERFIL														
dfE	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level		
1	2	20	3,65	0,044	21	3,08	0,067	21	0,71	0,502	18	6,05	0,010	
2	3	20	0,50	0,690	21	0,81	0,503	21	0,80	0,507	18	0,44	0,725	
3	2	40	2,62	0,085	42	4,16	0,023	42	0,97	0,388	36	5,43	0,009	
12	6	20	0,55	0,767	21	0,26	0,949	21	0,77	0,600	18	0,50	0,800	
13	4	40	3,56	0,014	42	1,38	0,257	42	0,78	0,547	36	4,21	0,007	
23	6	40	0,75	0,611	42	1,23	0,309	42	0,75	0,611	36	1,82	0,122	
123	12	40	0,77	0,680	42	0,31	0,985	42	0,79	0,654	36	1,92	0,064	

dfE= grau de liberdade do efeito, dfe= grau de liberdade do erro.

A análise de variância ANOVA (“three-way”) com medidas repetidas entre os turnos de amostragem apresentou uma maior variação significativa sazonalmente para os efeitos testados com os fatores ponto e dia (Tabela 7.9), aproximando-se mais dos resultados obtidos com relação ao fitoplâncton (Tabela 7.5). Durante a primavera e o verão a maioria dos efeitos testados para estes fatores foi significativa, evidenciando que a variação entre os turnos de amostragem foi característica para estas estações do ano. Porém, durante o outono variância significativa somente ocorreu nas interações entre ponto e turno e ponto-dia-turno. Para o inverno variância altamente significativa ocorreu para todos efeitos testados com estes fatores.

Quando os fatores testados foram ponto e perfil, o ponto exibiu variância significativa em quase todas as estações do ano, com exceção do outono. Os fatores dia e perfil quando testados também quase não produziram efeitos significativos sazonalmente, destacando apenas a interação dia-turno durante o inverno.

Esta maior aproximação das variâncias entre as comunidades planctônicas, em função dos turnos de amostragem (horas do dia), evidencia a estreita relação existente entre os produtores e consumidores neste sistema sazonalmente.

Tabela 7.9 – Medidas repetidas (ANOVA “three-way”) para densidade zooplanctônica nos turnos de amostragem (n= 12) testando ponto, dia e perfil como fatores nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

		Primavera		Verão		Outono		Inverno					
1-PONTO, 2-DIA, 3-HORA													
dfE	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level				
1	2	18	20,00	2,7E-05	18	10,58	0,001	15	3,64	0,051	18	37,72	3,7E-07
2	2	18	6,71	0,007	18	12,71	0,000	15	2,29	0,136	18	37,73	3,6E-07
3	3	54	2,89	0,044	54	4,38	0,008	45	2,30	0,090	54	3,30	0,027
12	4	18	5,56	0,004	18	4,66	0,009	15	2,21	0,117	18	17,33	5,5E-06
13	6	54	0,25	0,958	54	2,61	0,027	45	2,62	0,029	54	4,19	0,002
23	6	54	2,11	0,067	54	1,92	0,095	45	2,00	0,085	54	5,19	0,0003
123	12	54	2,50	0,011	54	9,06	3,4E-09	45	2,22	0,027	54	3,88	0,0003
1-PONTO, 2-PERFIL, 3-HORA													
dfE	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level				
1	2	18	7,44	0,004	18	3,69	0,045	15	1,42	0,272	18	4,37	0,028
2	2	18	0,37	0,693	18	0,94	0,408	15	0,67	0,524	18	0,18	0,835
3	3	54	1,90	0,141	54	1,54	0,214	45	0,73	0,540	54	1,55	0,213
12	4	18	0,30	0,871	18	0,45	0,773	15	0,76	0,569	18	0,12	0,974
13	6	54	0,16	0,985	54	0,92	0,488	45	0,82	0,563	54	1,96	0,087
23	6	54	0,65	0,694	54	0,53	0,786	45	0,64	0,699	54	0,48	0,819
123	12	54	0,47	0,925	54	0,35	0,974	45	0,63	0,804	54	0,40	0,958
1-DIA, 2-PERFIL, 3-HORA													
dfE	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level	dfe	F	p-level				
1	2	18	1,65	0,220	18	4,86	0,021	15	1,52	0,250	18	4,38	0,028
2	2	18	0,25	0,783	18	1,03	0,377	15	1,86	0,189	18	0,18	0,834
3	3	54	2,30	0,087	54	1,43	0,243	45	2,04	0,122	54	1,70	0,178
12	4	18	0,31	0,866	18	0,51	0,729	15	1,55	0,238	18	0,14	0,967
13	6	54	1,68	0,143	54	0,63	0,708	45	1,77	0,126	54	2,67	0,024
23	6	54	0,78	0,588	54	0,49	0,814	45	1,95	0,094	54	0,53	0,783
123	12	54	0,78	0,668	54	0,12	1,000	45	1,77	0,083	54	0,63	0,807

dfE= grau de liberdade do efeito, dfe= grau de liberdade do erro.

A distribuição da densidade zooplanctônica média na coluna d'água e sazonalmente possibilitou melhor visualizar as relações existentes entre os pontos e turnos de amostragem na Lagoa Itapeva (Fig. 7.26). Ficou evidente uma maior densidade no ponto Sul durante o inverno/98, principalmente no turno da manhã, evidenciando um gradiente crescente de N→S em todos os turnos do dia. Da primavera até o inverno/99 uma maior densidade

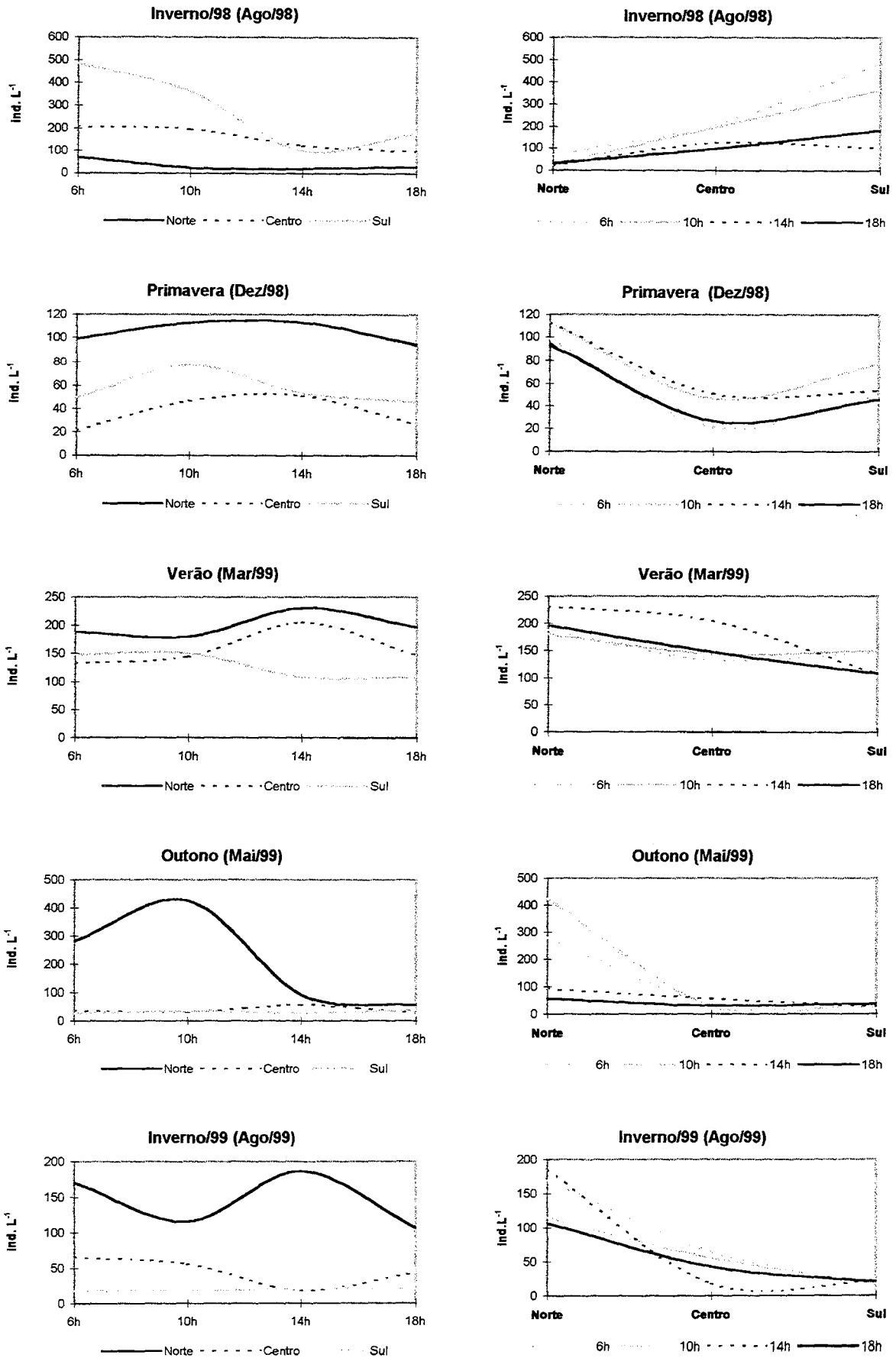


Figura 7.26 - Distribuição da densidade média zooplancônica nas campanhas de amostragem na Lagoa Itapeva.

zooplancônica ocorreu no Norte, especialmente no início da tarde (14h), com exceção do outono, onde esta foi maior durante a manhã (10h). Este fato possibilitou a existência nítida de um gradiente decrescente de N→S para a maioria dos turnos de amostragem, com exceção da primavera.

Já a distribuição da densidade média dos grupos zooplancônicos na coluna d'água evidenciou o predomínio dos protistas na maioria dos pontos e turnos das campanhas sazonais (Figs. 7.27 e 7.28). Este fato esteve intimamente relacionado com os aspectos hidrodinâmicos. Nos instantes onde a velocidade do vento aumentava, ocorria uma resposta no aumento da densidade destes organismos. A maior concentração destes em algum ponto da lagoa seguiu o padrão de distribuição horizontal causado pelo *fetch*, pois estes organismos geralmente vivem no fundo da lagoa ou associado às raízes de macrófitas aquáticas flutuantes. Nos momentos onde esta velocidade do vento diminuía, a comunidade zooplancônica mudava a sua composição, dando lugar às espécies de outros grupos (sendo mais bem visualizado em termos de densidade relativa, Fig. 7.28). No chuvoso inverno/98, grande parte do zooplâncton foi formada por protistas, não devido à ação dos ventos, mas sim do maior movimento da água promovendo a ressuspensão. Por isso uma maior densidade de zooplâncton no Sul nesta época do ano. Durante a primavera, os rotíferos foram mais representativos no Norte, enquanto que os copépodos, no Centro e Sul. Já no verão os rotíferos é que foram mais representativos em toda a lagoa. No outono, novamente os rotíferos foram mais representativos para o Norte e Sul, pois no Centro foram os copépodos. No inverno/99 voltou a repetir o padrão ocorrido na primavera para a distribuição dos grupos entre os pontos. Os cladóceros apenas foram mais expressivos no Centro, durante a primavera e verão.

De fato, embora a maioria das tecamebas não seja planctônica, a ocorrência destas não seria acidental em amostras planctônicas devido à elevada frequência em que ocorrem nas mesmas (Green, 1994 *apud* Velho et al., 1999). Na bacia do Rio Paraná (curso superior) os resultados mostraram que tecamebas foram zooplancontes dominantes nas zonas litorâneas de ambientes lênticos e lóticos. Contudo, os padrões de variação de abundância não pareceram estar sincronicamente relacionados ao ciclo hidrológico (Velho et al., 1999). Certamente a não inclusão dos protistas na maioria dos trabalhos sobre comunidade zooplancônica torna este grupo pobremente conhecido e, conseqüentemente, uma perda de informação bastante importante em termos de biomassa, diversidade e indicadores ambientais. Isto tanto é verdadeiro que Pace & Orcutt (1981) registraram resultados de estudo anual na associação entre macro- e microzooplâncton mostrando que protozoários (referindo-se a

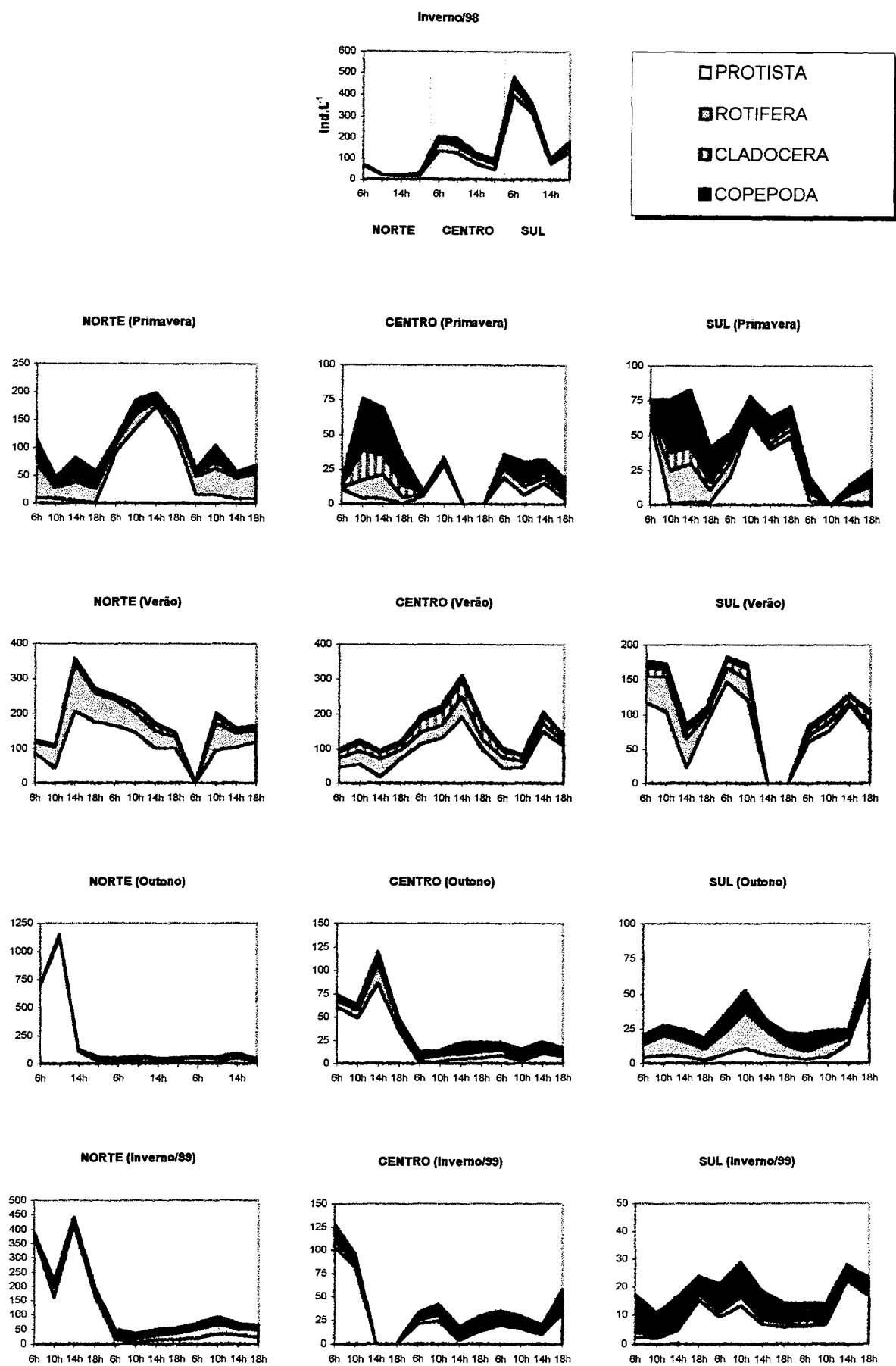


Figura 7.27- Densidade dos grupos zooplancntônicos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva. Inverno/98= Ago/98, Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno/99= Ago/99

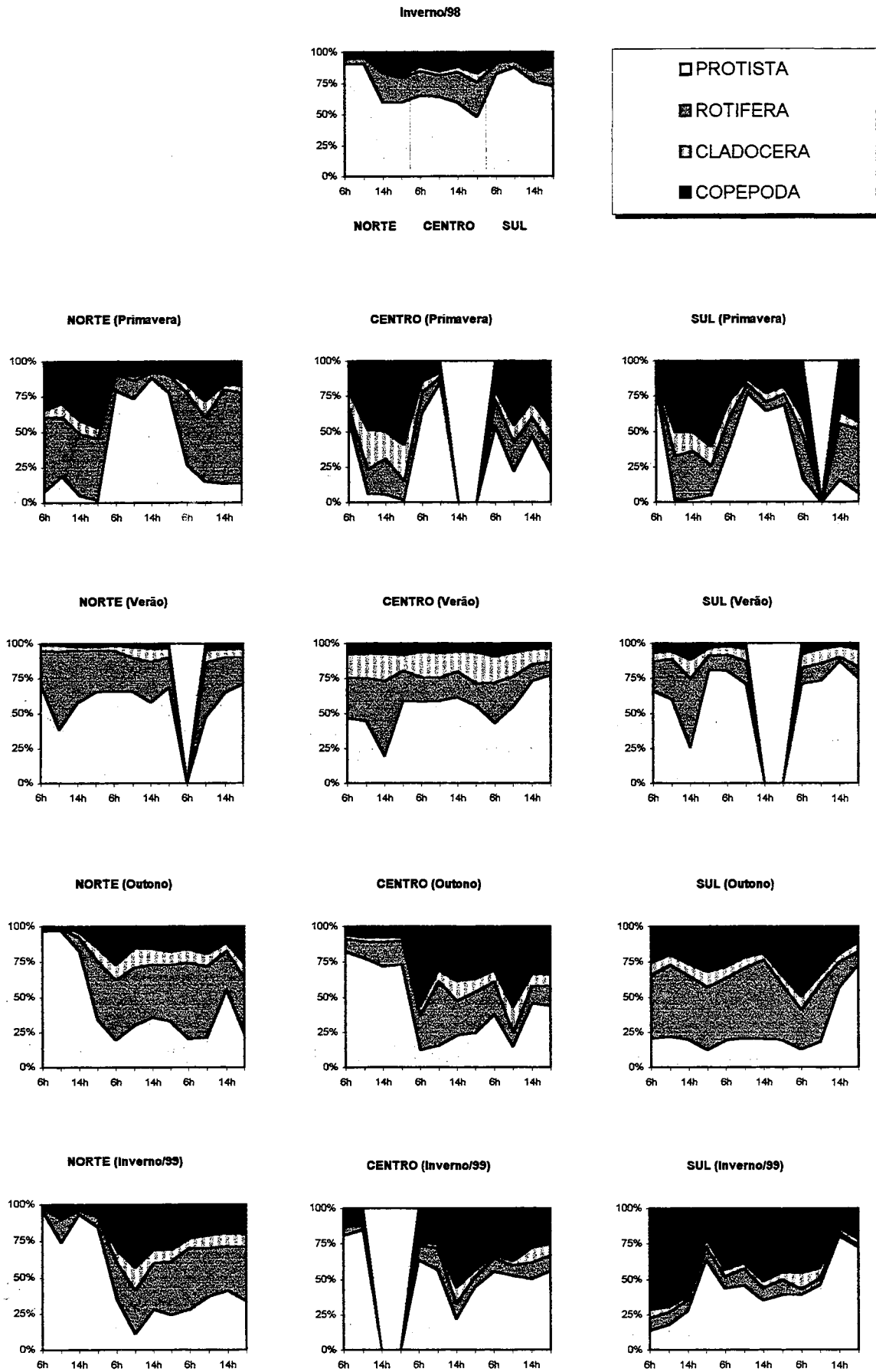


Figura 7.28- Densidade relativa dos grupos zooplânctônicos em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva. Inverno/98= Ago/98, Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno/99= Ago/99

ciliados e amebas) dominaram numericamente e com produção de biomassa comparável aos crustáceos e rotíferos.

Espécies abundantes e/ou dominantes do zooplâncton variaram de 9 a 22 sazonalmente, porém para apenas 9 destas a frequência de ocorrência foi superior a 50% dentro do respectivo ponto e estação do ano. Assim, a análise destas espécies abundantes e dominantes em cada ponto sazonalmente, possibilitou comparar sua distribuição e identificar o grau de importância para a comunidade zooplânctônica (Fig. 7.29). *Codonella* sp. foi a única espécie dominante para a Lagoa Itapeva em todas as estações do ano.

Durante o inverno/98, o grau de dominância de *Codonella* sp. foi mais incidente no Centro e Sul, sendo tão intenso para toda a lagoa que não possibilitou que as outras 8 espécies abundantes atingissem uma maior frequência (Fig. 7.29).

Na primavera, a dominância desta espécie foi assinalada somente para Norte e Centro, onde graficamente ficaram nítidos os momentos onde este fato ocorreu. Nos instantes onde o protista *Codonella* sp. não foi abundante/dominante, o rotífero *Keratella cochlearis* e/ou o estágio larval dos copépodos, náuplio, ganharam uma maior representatividade. Porém, no Centro *K. cochlearis* não foi tão abundante, onde em seu lugar uma tecameba *Arcella rotundata* (3º dia) e um calanóide *Notodiaptomus incompositus* (1º dia) ganharam esta representatividade. Deve-se ainda ressaltar a importância do calanóide, pois se trata de uma espécie herbívora de grande porte. Norte e Sul foram mais semelhantes em termos da composição de espécies abundantes (Fig. 7.29).

No verão, *Codonella* sp. foi dominante somente no Norte e praticamente durante toda a campanha, onde agora o rotífero *K. cochlearis* ocupou uma menor representatividade. *Codonella* sp. foi abundante no Centro, porém embora *K. cochlearis* tenha sido abundante, a espécie de rotífero mais abundante no início da campanha foi *Pompholix complanata*. No Sul, ao invés de *P. complanata* a espécie de rotífero aqui foi representada por *Polyarthra* spp., porém menos abundante que um outro protista, *Tintinnopsis* sp1. Esta mudança na composição zooplânctônica entre os pontos mais uma vez contribuiu para a hipótese de que o verão foi a estação do ano mais estável, possibilitando compreender melhor o funcionamento destes três locais na lagoa (Fig. 7.29).

Durante o outono, *Codonella* sp. foi dominante somente no Norte (6h 1º dia) e Sul (18h 3º dia), justamente quando o efeito do *fetch* foi máximo nestes pontos. O rotífero abundante em todos os pontos foi *Polyarthra* spp., sendo que no Norte *Conochilus unicornis* também foi representativo. Náuplio foi mais abundante no Centro e Sul. Assim, Centro e Sul foram agora mais semelhantes em termos da composição de espécies abundantes (Fig. 7.29).

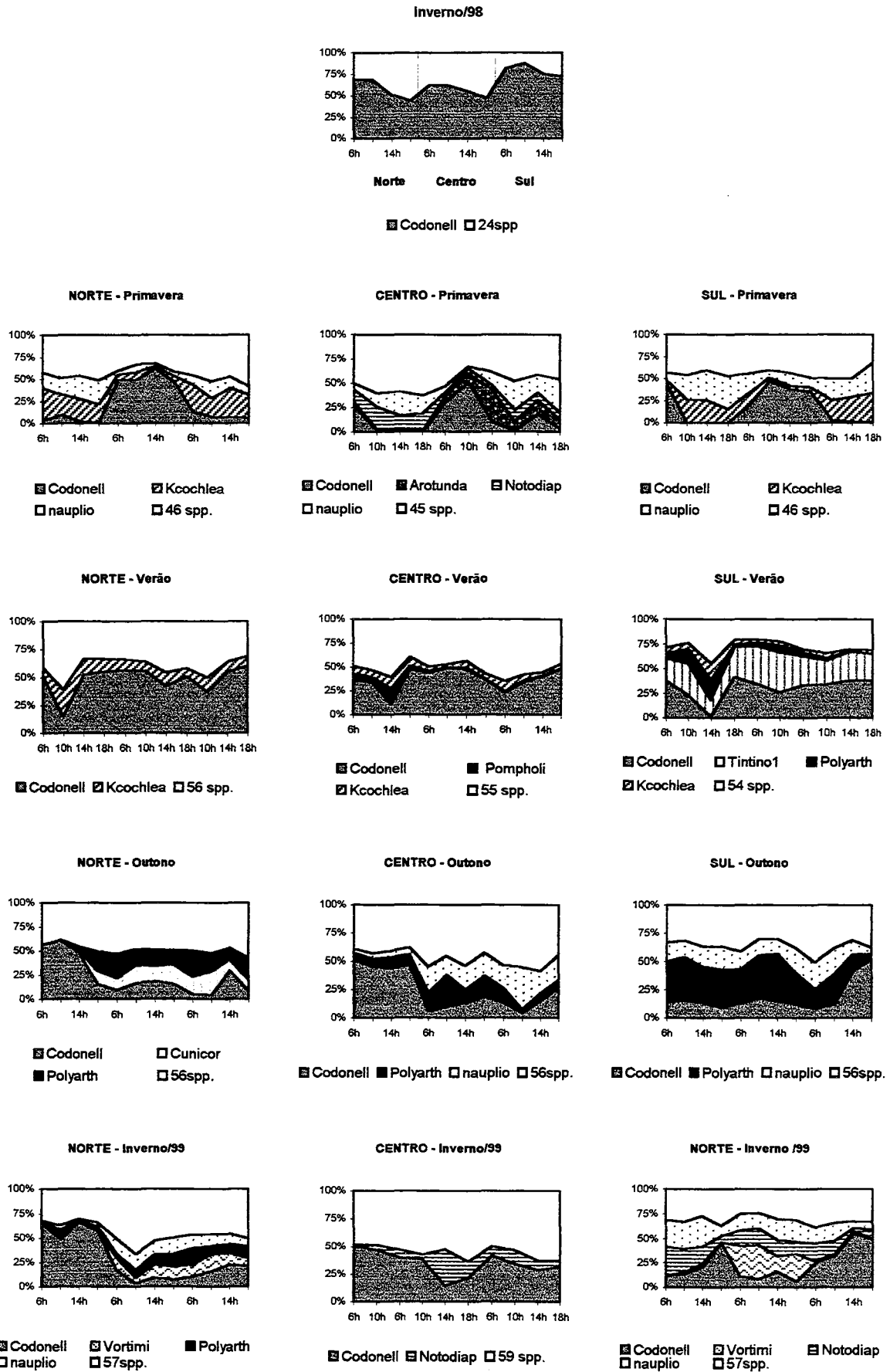


Figura 7.29 - Densidade relativa das espécies de zooplâncton com maior representatividade em cada ponto e campanha sazonal na Lagoa Itapeva. Codonell=*Codonella* sp., Kcochlea=*Keratella cochlearis*, Arotunda=*Arcella rotundata*, Notodiap=*Notodiaptomus incompositus*, Pompholi=*Pompholix complanata*, Tintino1=*Tintinnopsis* sp1., Polyarth=*Polyarthra* spp., Cunicor=*Conochilus unicornis*, Vortimi=*Vorticella microstoma* Inverno/98= Ago/98, Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno/99= Ago/99

A abundância de *Polyarthra* spp. em toda a lagoa durante a floração de *Anabaena circinalis*, especialmente no Sul onde a floração foi mais uniforme e a densidade deste rotífero foi mais elevada, aponta para a importância deste zooplâncton como uma espécie potencialmente acompanhante/indiferente dos efeitos desta floração nas estações frias do ano. Esta afirmação é corroborada pela repetição deste fato durante o inverno/99 no ponto Norte.

No inverno/99, *Codonella* sp. voltou a repetir o padrão de dominância exibido durante o outono, ou seja, somente no Norte e Sul nos momentos onde o *fetch* foi mais intenso. No Centro apenas o calanóide (*Notodiaptomus incompositus*) voltou a ser abundante, enquanto que no Norte e Sul um maior número de espécies apresentou uma maior representatividade. No Sul o calanóide também foi abundante, chegando a ter uma maior frequência em abundância que a registrada no Centro (Fig. 7.29).

Analisando a densidade zooplânctônica por estrutura de tamanho, nota-se o grande domínio do microzooplâncton na comunidade planctônica na maioria dos pontos sazonalmente (Fig. 7.30), estando intimamente vinculado à dominância/abundância de *Codonella* sp. Somente durante o 1º dia de campanha da primavera, no Centro e Sul, e parte do inverno/99, no Sul, o macrozooplâncton foi mais representativo. Este fato esteve relacionado especialmente aos copépodos, onde o estágio náuplio e o calanóide obtiveram uma maior abundância nestes momentos.

Quanto à diversidade zooplânctônica, ambos índices também apresentaram padrão de distribuição semelhantes nos pontos sazonalmente (Fig. 7.31), conforme havia sido evidenciado para os dados da comunidade fitoplânctônica. Tanto o índice de Shannon-Wiener quanto o de Simpson apontaram para as campanhas da primavera e do outono como as de maior diversidade média ($H= 2,36$ e $D= 0,82$), enquanto que, no inverno/98, como a menor ($H= 1,44$ e $D= 0,55$). Este comportamento sazonal foi exatamente o oposto ao obtido para o fitoplâncton (Fig. 7.15). Isto mostra que não apenas a sazonalidade é decisiva para a diversidade planctônica, mas que também a seletividade pelo alimento (exercida pelo zooplâncton) interfere neste índice. Já havia sido mencionado que ambos índices são baseados na abundância proporcional de espécies, onde a simples distribuição da abundância relativa destas já indica os instantes e locais onde esta diversidade foi maior (Fig. 7.28).

Efeitos do zooplâncton na diversidade do fitoplâncton já haviam sido registrados para lagos rasos (Padisák, 1993), onde ficou claro que mudanças na pressão do pastejamento, independente da frequência de distúrbio característica, levaram a um decréscimo na diversidade fitoplânctônica pela redução tanto da equitabilidade quanto da riqueza.

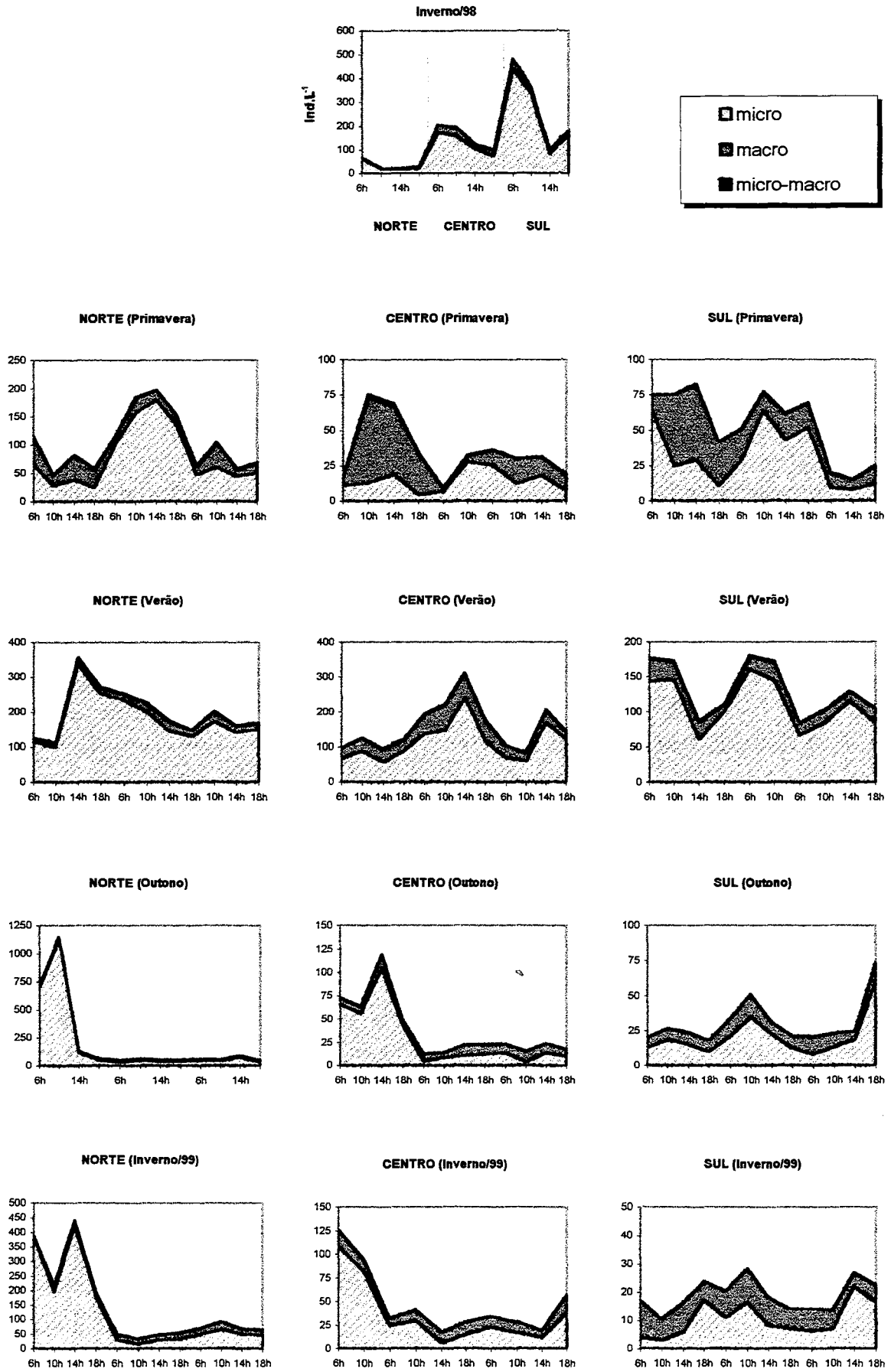


Figura 7.30- Densidade do zooplâncton por classe de tamanho em cada ponto e campanha de amostragem na Lagoa Itapeva Inverno/98= Ago/98, Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno/99= Ago/99

Uma comparação dos valores de diversidade medida com o índice de Shannon-Wiener associado aos valores de riqueza, entre os pontos sazonalmente, foi também adotada por ser o mais amplamente utilizado (Fig. 7.32). Os valores médios de riqueza taxonômica foram maiores no verão (35 spp.) e menores no inverno/98 (20 spp.).

Durante o inverno/98 a maior diversidade e riqueza ocorreram ambas no Norte ($H=2,1$ e 24 spp.) no mesmo turno (18h), enquanto que as menores ($H=0,6$ e 17 spp.) foram registradas no Sul (Fig. 7.32).

Nem sempre as maiores ou menores diversidades na comunidade zooplânctônica foram acompanhadas das maiores ou menores riquezas em cada ponto sazonalmente (Fig. 7.32), conforme já havia sido constatado também para o fitoplâncton. Durante a primavera a maior diversidade e riqueza foram registradas no Centro ($H=2,8$ e 43 spp.), enquanto que as menores, no Norte ($H=1,7$ e 23 spp.). A resposta da riqueza sobre a diversidade teve um retardo de 20-24h no Norte, enquanto que no Centro e Sul foi praticamente imediata. Nos 2º e 3º dias de campanha, o comportamento da diversidade foi bastante semelhante entre o Centro e Sul. Provavelmente a direção do vento tenha exercido um papel fundamental neste sentido (capítulo 3).

No verão, geralmente os picos de diversidade em cada ponto foram acompanhados de uma queda na riqueza (Fig. 7.32). A maior diversidade e riqueza voltaram a ser registradas no Centro ($H=2,9$ e 47 spp.), enquanto que as menores, agora no Sul ($H=1,8$ e 27 spp.). Ocorreu um gradiente crescente de riqueza zooplânctônica no decorrer da campanha no Centro, enquanto que, neste mesmo ponto o inverso havia sido estabelecido para o fitoplâncton (Fig. 7.16).

Já havia sido mencionado que no início do outono ocorreu a chegada de frente-fria na região procedente do quadrante SW. Onde o *fetch* gerado neste sentido deslocou uma maior quantidade de massa d'água, juntamente com nutrientes e organismos, do S→N, fazendo com que os maiores picos de diversidade e riqueza tivessem sido registrados para o Norte neste momento, tanto para o fitoplâncton (Fig. 7.16), quanto para o zooplâncton (Fig. 7.32). Porém, para o fitoplâncton esta resposta foi imediata, ou seja, no início do dia, enquanto que, para o zooplâncton, no início do dia ocorreu queda de diversidade e riqueza, aumentando abruptamente em direção ao turno da tarde. Este está intimamente relacionado com a composição das comunidades, onde espécies ocorrentes do fitoplâncton eram ou cianobactérias flutuantes (sendo mais facilmente deslocada horizontalmente) ou pequenas diatomáceas epipélicas (facilmente arremessadas para a superfície com o movimento). Como o zooplâncton possui movimento próprio, muitas espécies podem ter fugido para não serem

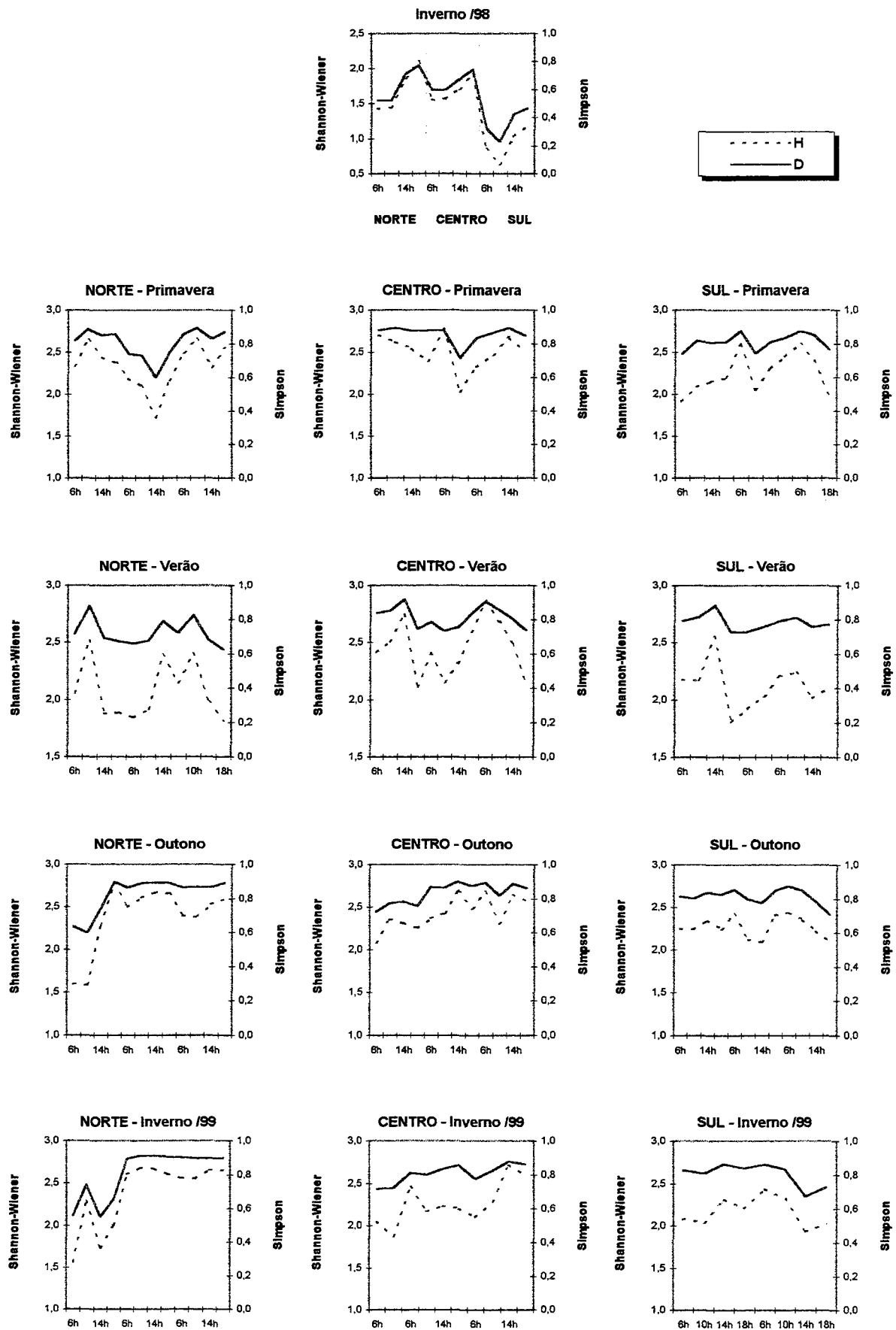


Figura 7.31- Distribuição dos valores de diversidade de Shannon-Wiener (H) e Simpson (D) do zooplâncton, nos pontos de amostragem e campanhas sazonais na Lagoa Itapeva.

Inverno/98= Ago/98, Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno/99= Ago/99

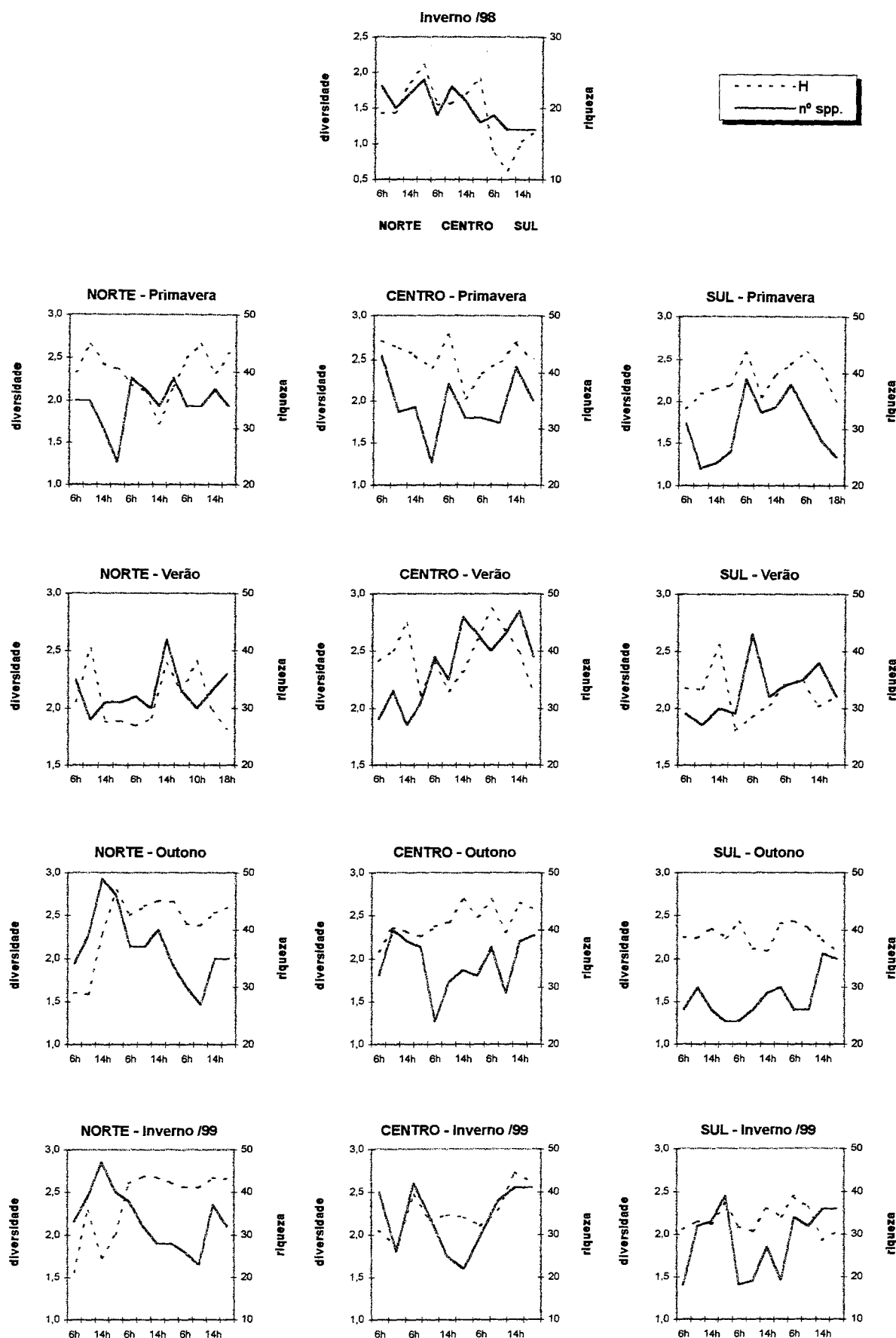


Figura 7.32- Distribuição dos valores de diversidade de Shannon-Wiener (H) e riqueza taxonômica (N° spp.) do zooplâncton, nos pontos de amostragem e campanhas sazonais na Lagoa Itapeva

Inverno/98= Ago/98, Primavera= Dez/98, Verão= Mar/99, Outono= Mai/99, Inverno/99= Ago/99

deslocadas neste instante, onde apenas os protistas bentônicos foram rapidamente arremessados para a superfície, aumentando enormemente a sua densidade (Fig. 7.28). Como consequência deste efeito, uma diminuição na diversidade e riqueza zooplanctônica foi sentida neste instante, aumentando posteriormente com a diminuição do vento. Aliás, durante o 2º dia e praticamente todo o 3º dia uma maior estabilidade na diversidade zooplanctônica foi obtida em todos os pontos, certamente proporcionada pela diminuição do efeito do vento sobre a coluna d'água, permitindo que uma maior igualdade entre as densidades relativas fossem atingidas (Figs. 7.28 e 7.32).

A relação entre diversidade e distúrbio subentendida por Hardin (1960 *apud* Reynolds, 1993) baseia-se no princípio da exclusão competitiva, onde a diversidade de espécies é suprimida quando o equilíbrio ecológico é atingido (clímax). Assim, distúrbios com intensidade, frequência e duração apropriadas preveniriam a exclusão competitiva e então manteriam a diversidade de espécies mais elevada. Esta hipótese do distúrbio intermediário (IDH) desenvolvida por Connell (1978 *apud* Reynolds et al., 1993) baseia-se em que o distúrbio é uma mudança na estrutura mínima de um objeto ecológico causado por um fator externo em um nível de interesse (indivíduo, população, comunidade, etc.). Sua aplicação sempre dependerá da percepção da estrutura de sistemas ecológicos envolvidos. No caso da Lagoa Itapeva, o efeito de distúrbio devido ao *fetch* em situações de ventos fortes promoveu um aumento imediato na diversidade fitoplanctônica, devido à desestabilização do sistema rumo ao clímax (domínio de cianobactérias). Porém, o efeito imediato na comunidade zooplanctônica foi o inverso, mantendo baixa diversidade devido à elevada dominância por uma espécie. Contudo, quando as condições da coluna foram mais estáveis após tal evento, uma resposta no aumento da diversidade zooplanctônica fez-se sentir.

Como no inverno/99 as condições meteorológicas foram bastante semelhantes às do outono, um comportamento similar em termos de diversidade e riqueza foi encontrado (Fig. 7.32). Cabe salientar que uma maior estabilidade na diversidade ocorreu no Norte quando os ventos mudaram do quadrante WSW em direção ao E e NE (2º e 3º dias), acompanhados de um decréscimo quase constante da riqueza. Já no Centro este efeito foi notado apenas no 2º dia (vento E), pois o vento NE propiciou um aumento na diversidade atingindo o registro máximo da campanha ($H= 2,7$). Porém no Sul, oscilações nestes índices ocorreram especialmente nestes dias de mudança de direção do vento.

Efeitos na distribuição horizontal de cianofíceas e zooplâncton crustáceo mostrou um claro modelo sistemático relacionado aos movimentos de água induzidos pelo vento (George & Edwards, 1976). Onde os modelos de distribuição poderiam ser explicados em termos de uma interação entre movimentos verticais de organismos e transporte mecânico, e parece

provável que o histórico do vento e iluminação subsuperficial foram as maiores influências no controle. O desenvolvimento de agregações horizontais, tanto de cianofíceas quanto do zooplâncton crustáceo, geralmente poderia ser prevista a partir do conhecimento de suas distribuições verticais. Com fluente conhecimento da influência de fatores ambientais na fluuabilidade é mais fácil prever a distribuição de cianofíceas dentro da coluna d'água do que do zooplâncton. A presença de gradientes sistemáticos de concentração em cianofíceas (em velocidades de vento abaixo 4 m.s^{-1}) permite prever a localização e concentração de acumulações algais a partir do histórico do vento (George & Edwards, 1976). Na Lagoa Itapeva, os movimentos devido ao vento foram determinantes da distribuição de diatomáceas e protistas espacialmente (vertical e horizontal). Contudo, o acúmulo maior da floração de cianobactérias superficial no ponto Sul foi devido principalmente à direção do vento, onde a diminuição da velocidade propiciou um aumento de densidade populacional.

Comunidade Planctônica

O conceito de sucessão em comunidades biológicas é amplamente utilizado, mas livremente definido. Critérios razoáveis para a medida de sucessão são: (1) simplicidade máxima consistente com a realidade, e (2) concordância com os componentes do conceito de sucessão mais amplamente aceitos. Dois componentes conceituais parecem ser amplamente aceitos: (1) sucessão constitui uma mudança na abundância relativa das espécies na comunidade, e (2) esta mudança é direcional (Lewis, 1978).

Usando sucessão ecológica como um modelo, Reynolds (1993) demonstrou que a escala de distúrbios intermediários (isto é, sua severidade e frequência) é que determina o estado de organização e diversidade da comunidade. Em lagos grandes ou mais expostos, a estabilidade pode ser relativamente mais frágil, devido a maior exposição para o *fetch* do vento e dissipação mecânica da energia. Assim, distúrbios na estabilidade hidrográfica e hidrológica, ao redor de 2-3 tempos de geração para algas (<10 dias), nitidamente produziram um importante impacto na abundância de algas e estrutura da comunidade planctônica.

As taxas de sucessão da comunidade planctônica, onde se observou o comportamento em cada ponto de amostragem durante cada campanha sazonal, distinguiu os períodos de rápida modificação (picos) de fases com maior estabilidade na comunidade, com mudanças ocorrendo apenas gradualmente (Fig. 7.33).

Durante o inverno/98, as maiores mudanças na comunidade fitoplanctônica ocorreram no final do dia (14-18h), sendo esta ascendente para o Centro e decrescente nos demais pontos. Em termos de zooplâncton, o ponto Norte apresentou a taxa máxima no meio do dia (10-14h), enquanto que, uma leve ascensão no Centro foi evidenciada no decorrer do dia. No

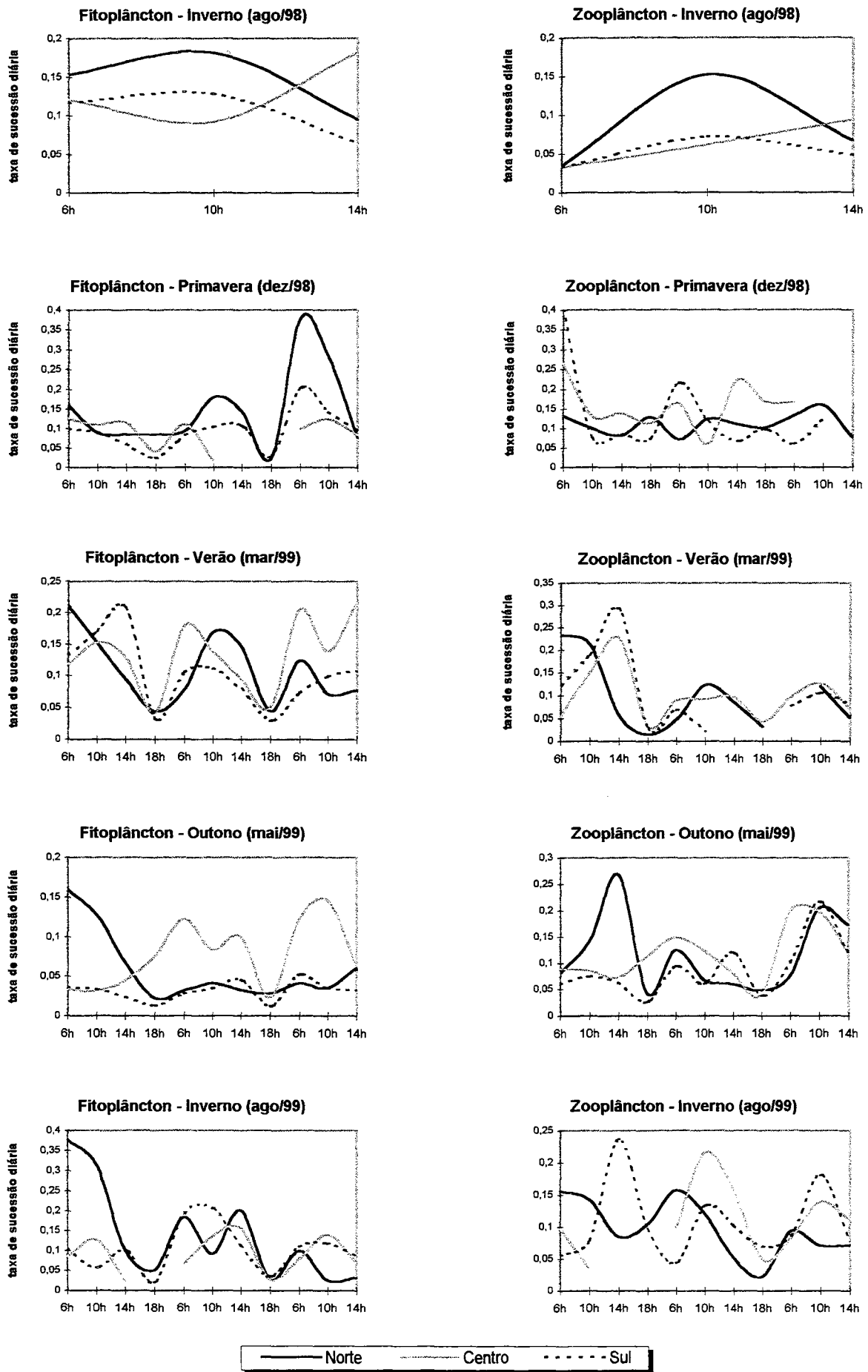


Figura 7.33- Taxas de sucessão das comunidades planctônicas entre os turnos em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

Sul, a comunidade quase não apresentou alterações, evidenciando uma maior homogeneidade ao longo do dia. Nota-se que a tendência de mudança na composição fitoplanctônica e zooplanctônica seguiu um padrão semelhante em cada ponto, apontando para uma interdependência entre estas comunidades (Fig. 7.33).

Na primavera, uma acentuada mudança na taxa do fitoplâncton foi evidenciada no turno da manhã (6-10h) no último dia de campanha no Norte (Fig. 7.33), tendo esta sido ocasionada pelo aumento na densidade de cianobactérias (Fig. 7.11 e 7.12). Um aumento na taxa, porém mais suave foi também evidenciado no Sul neste mesmo instante, pelos mesmos motivos. Embora a espécie de cianobactéria característica em cada um destes pontos tivesse sido diferente (Fig. 7.13), a diminuição da velocidade do vento exatamente às 10h contribuiu para uma maior estabilidade e desenvolvimento destas populações nestes locais. Momentos de maior estabilidade na comunidade fitoplanctônica foram observados tanto no Norte quanto no Sul, exatamente nos períodos em que a direção/velocidade do vento predominante não afetava os mesmos diretamente. Por outro lado, pequenas mudanças no Centro foram constantes, contribuindo mais uma vez para a constatação de um maior efeito neste local provocado pelas freqüentes mudanças na direção do vento. Em termos de comunidade zooplanctônica, um decréscimo na taxa de sucessão foi registrado no início da campanha em todos os pontos, sendo este mais intenso do N→S, exatamente no momento de ventos mais fortes e de direção NE justificando o ocorrido. O Centro apresentou também oscilações constantes para a comunidade zooplanctônica no decorrer da campanha, sendo estas quase sempre coincidentes com as ocorridas no Sul. Nenhuma alteração forte foi notada no Norte em termos de zooplâncton, conforme havia sido observada para o fitoplâncton. Estes picos na taxa de sucessão de ambas comunidades (fitoplâncton no Norte e zooplâncton no Sul) foram os registros máximos para este estudo (Fig. 7.33).

Durante o verão estas mudanças nas taxas fitoplanctônicas foram mais suaves, não exibindo picos elevados (Fig. 7.33). Porém, em todos os pontos observou-se um ritmo diário com diminuição no período noturno (18-6h) e aumento no decorrer do dia. Este ritmo diário já havia sido constatado para algumas das variáveis físico-químicas (*capítulo 4*), apontando para uma maior estabilidade das condições meteorológicas nesta estação do ano, com reflexos diretos sobre a biota. Uma forte queda durante o primeiro dia no Norte foi observada no decorrer do dia, estando este fato vinculado à diminuição na densidade de cianobactérias (*Anabaena circinalis*) neste período (Fig. 7.11). Com relação ao zooplâncton, esta acentuada queda no Norte também ocorreu, porém foi devido a um forte aumento na densidade de protistas no início da tarde (Fig. 7.27). As alterações ocorridas no Centro e Sul foram mais

coincidentes, devido ao *fetch* de NE. A taxa de sucessão planctônica no 1º dia no Sul foi praticamente a mesma para fitoplâncton e zooplâncton, atingindo o máximo no momento onde a velocidade do vento era mínima, mostrando que ambas estão inter-relacionadas e na dependência direta da hidrodinâmica local (Fig. 7.33).

Durante o outono, a taxa de sucessão fitoplanctônica foi praticamente a mesma para o Sul, visto que a floração de *A. circinalis* foi mais homogênea neste local (Fig. 7.12). No Norte esta diminuição no decorrer do 1º dia esteve relacionada com a diminuição na densidade de diatomáceas (Fig. 7.12), como resposta da diminuição do vento da manhã para o final do dia. No 2º dia em diante, uma maior estabilidade na taxa de sucessão também foi evidenciada neste local, sendo também provocada por uma maior homogeneidade na floração. Já no Centro, alterações nestas taxas foram mais intensas devido à mudança na direção dos ventos no decorrer desta estação. Para o zooplâncton uma acentuada mudança na taxa foi observada no Norte no final do 1º dia, também provocada pela diminuição do vento que possibilitou o estabelecimento de espécies dos outros grupos além dos protistas (Fig. 7.28). No 3º dia uma elevação na taxa ocorreu em todos os pontos, sendo agora provocada por uma drástica alteração na direção do vento (W pela manhã para NE à tarde) que proporcionou uma maior ressuspensão de protistas, alterando assim a abundância relativa da comunidade (Fig. 7.33). Deste modo, mudanças nas taxas de sucessão ocorreram em função da hidrodinâmica, a qual interfere diretamente na abundância relativa dos indivíduos planctônicos.

Uma queda na taxa de sucessão fitoplanctônica ocorreu no inverno/99 durante o 1º dia no Norte (Fig. 7.33), pelos mesmos motivos assinalados para o outono. Alterações em menor escala ocorreram nos outros dias e também nos outros pontos, como resposta à mudança na direção dos ventos. Para o zooplâncton as mudanças no Norte no 1º dia foram agora mais suaves, devido a uma maior oscilação na densidade entre as espécies (Fig. 7.28). Contudo a queda na taxa neste local foi no decorrer do 2º dia (Fig. 7.33), quando uma drástica redução na densidade e uma maior relação entre os grupos foram estabelecidas (Figs. 7.27 e 7.28). As maiores mudanças nas taxas de sucessão nos pontos Sul e Centro (Fig. 7.33) foram à função das alterações de densidades entre protistas e copépodos (Fig. 7.28).

As progressões na composição fitoplanctônica do Lago Batata (Pará), reguladas por eventos fluviais, foram leves e as transições na composição da comunidade não foram nem abruptas nem assimétricas, como tenderam a ser quando impostas por forças externas momentâneas. De fato, foram indicativas de processos de reposição autogênicos consistentes com a sucessão ecológica. Contudo, nem os caminhos seguidos, nem as seqüências de espécies dominantes seguidas, nem mesmo as relações estruturais e energéticas reunidas sobre

o tempo foram consistentes com alguma sucessão planctônica previamente descrita (Huszar & Reynolds, 1997). Assim, um sistema raso e submetido a constantes oscilações de velocidades e direções do vento, como a Lagoa Itapeva, constata-se aumentos mais abruptos nas taxas de sucessão planctônica do que o observado em um ambiente regido principalmente por mudanças de nível d'água, como o Lago Batata.

As taxas de sucessão das comunidades planctônicas também foram investigadas entre as estações do ano dentro de cada ponto de amostragem evidenciando melhor as relações entre o fitoplâncton e zooplâncton (Fig. 7.34).

Entre o inverno/98 e a primavera (Fig. 7.34), a taxa de sucessão do fitoplâncton foi superior a do zooplâncton para o Norte e Centro, ocorrendo o oposto no Sul. De fato, mudanças mais drásticas nas espécies características do fitoplâncton ocorreram no Norte e Centro (Fig. 7.13). Já em termos de zooplâncton a mesma taxa foi registrada no Centro e Sul, visto que ambos apresentaram praticamente o mesmo padrão de diversidade durante a primavera (Fig. 7.31).

Da primavera para o verão, a taxa de sucessão zooplanctônica foi superior à do fitoplâncton em toda lagoa (Fig. 7.34). A taxa de mudança zooplanctônica foi maior no Centro e Sul devido a uma alteração na formação das espécies abundantes nestes pontos ter sido maior que no Norte (Fig. 7.29). Já para o fitoplâncton este aumento da taxa no Centro acompanhou um aumento nas espécies abundantes (Fig. 7.13).

Do verão para o outono, um gradiente na taxa de sucessão planctônica foi crescente de N→S, sendo também a maior amplitude desta taxa entre os pontos (Fig. 7.34). Com relação ao fitoplâncton, este aumento na taxa esteve vinculado à floração de *Anabaena circinalis*. Esta taxa foi menor no Norte, visto que esta espécie já havia sido registrada como dominante durante o verão, sendo abundante nos outros pontos em alguns momentos no verão (Fig. 7.13). Com relação ao zooplâncton, o aumento desta taxa foi decorrente de uma maior equivalência nas densidades relativas entre os grupos zooplanctônicos (Fig. 7.28).

Do outono para o inverno/99, um leve gradiente na taxa de sucessão zooplanctônica ocorreu de N→S, enquanto que para o fitoplâncton, esta taxa foi praticamente equivalente entre Centro e Sul (Fig. 7.34). No Norte a taxa de ambas comunidades foi a mesma, visto que a densidade relativa destes praticamente não oscilou entre estas estações do ano (Figs. 7.12 e 7.28). Por outro lado, no Centro e Sul estas densidades relativas mudaram no mesmo sentido e de forma mais intensa, refletindo na elevação e equiparação das taxas nestes pontos.

A mudança anual, ou seja, do inverno/98 para o inverno/99, novamente evidenciou um gradiente crescente na taxa de sucessão zooplancônica de N→S (Fig. 7.34). Por outro lado, a

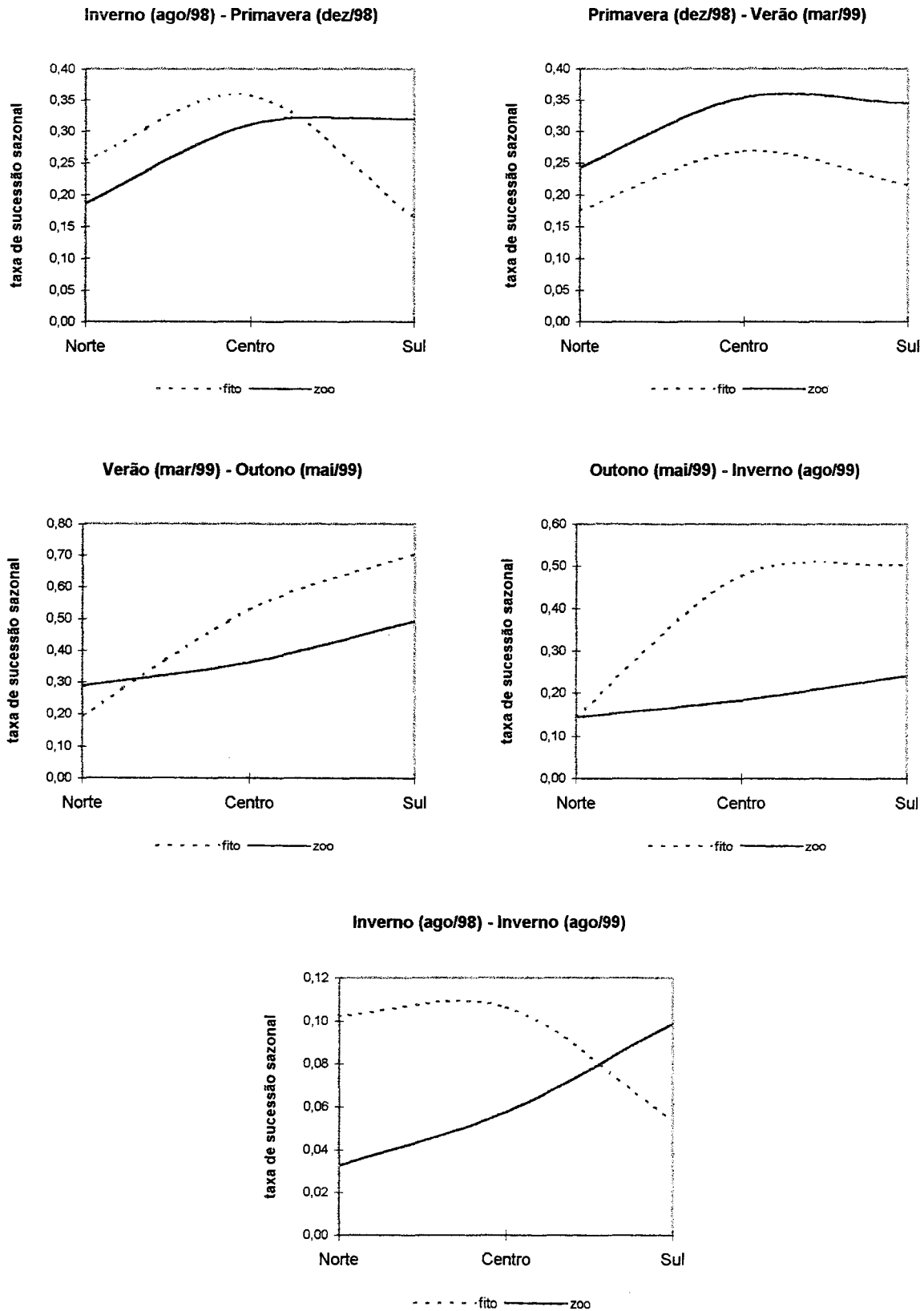


Figura 7.34. Taxas de sucessão das comunidades planctônicas sazonalmente em cada ponto de amostragem na Lagoa Itapeva.

taxa de sucessão fitoplanctônica foi praticamente a mesma entre Norte e Centro, diminuindo no Sul. Os valores destas taxas foram bastante baixos, visto que o tempo foi maior (1 ano). A interpretação de taxas anuais fica mais clara quando se tem, no mínimo, uma série de 2 anos para poder interpretar melhor os efeitos ambientais entre as estações.

A similaridade entre os pontos na Lagoa Itapeva foi comparada em termos de comunidade fitoplanctônica e zooplanctônica sazonalmente (Fig. 7.35). Em termos de fitoplâncton, Norte e Centro foram mais semelhantes durante o inverno/98, verão e outono, enquanto que, Centro e Sul, durante a primavera e inverno/99. Por outro lado, Norte e Sul geralmente apresentaram as menores similaridades na comunidade fitoplanctônica sazonalmente. Para a comunidade zooplanctônica, Centro e Sul foram mais semelhantes do inverno/98 até o verão, porém, durante o outono e inverno/99 uma maior semelhança entre Norte e Centro foi estabelecida, sendo levemente superior à similaridade entre Centro e Sul. A similaridade entre Norte e Sul foi mais baixa nestas estações frias do ano de 1999, contudo, estiveram bastante próximas das similaridades entre Norte e Centro nas outras estações do ano. Somente para as estações do ano intermediárias (primavera e outono), os índices máximos de similaridade foram coincidentes para os mesmos pontos em ambas comunidades planctônicas. Estes resultados obtidos pelo índice de Sørensen mostram mais uma vez o quanto os pontos extremos da lagoa diferem entre si também em termos de comunidade planctônica, e o quanto o ponto Centro é realmente um lugar de mistura entre estes.

Comparando a composição fitoplanctônica da Lagoa Itapeva com a de outras lagoas costeiras no RS nota-se um baixo valor (inferior a 50), tanto para a comunidade total quanto para os grupos dominantes (Fig. 7.36). Entretanto, as outras divisões constituídas por um número menor de espécies (Cryptophyta, Dinophyta, Euglenophyta e Crysophyta) mostraram uma maior similaridade, onde as espécies pertencentes a estas é que realmente serviriam como espécies indicadoras para efeitos de comparação entre estas lagoas. Talvez esta similaridade aumentasse à medida que somente as espécies mais abundantes fossem incluídas no cálculo do índice.

Em termos de comunidade zooplanctônica ficou mais difícil estabelecer comparações, pois os trabalhos existentes não abordaram todos os grupos do zooplâncton. Nenhum trabalho em lagoas costeiras do RS, até o momento, abordou a comunidade planctônica como um todo. Também o grupo dos protistas era totalmente desconhecido; com exceção das tecamebas registradas para a Laguna de Tramandaí (Closs & Madeira, 1967), contudo as espécies ocorrentes na Lagoa Itapeva foram a maior número. Desta forma, a similaridade para as tecamebas foi bastante baixa (Fig. 7.37), talvez a influência de águas salgadas na laguna

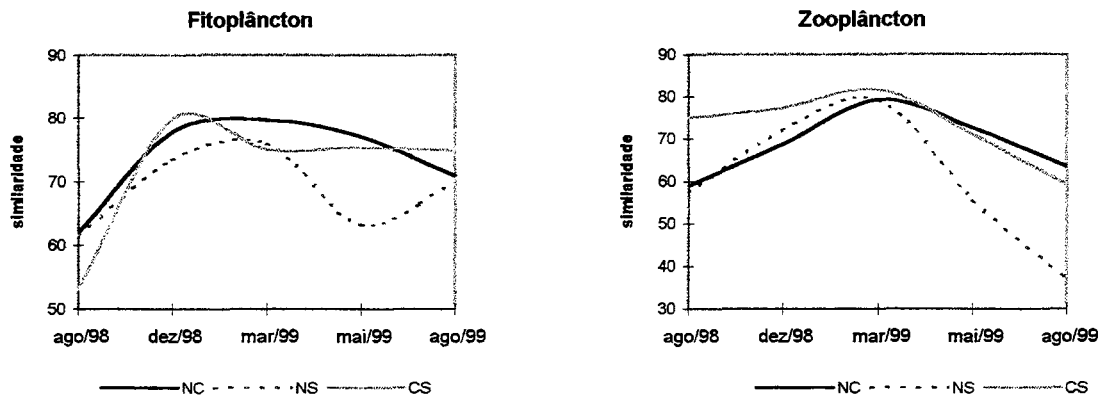


Figura 7.35 - Similaridade (índice de Sørensen) da comunidade de fitoplâncton e zooplâncton, entre os pontos de amostragem sazonalmente na Lagoa Itapeva. N= Norte, C= Centro e S= Sul, ago/98=inverno/98, dez/98=primavera, mar/99=verão, mai/99=outono, ago/99=inverno/99

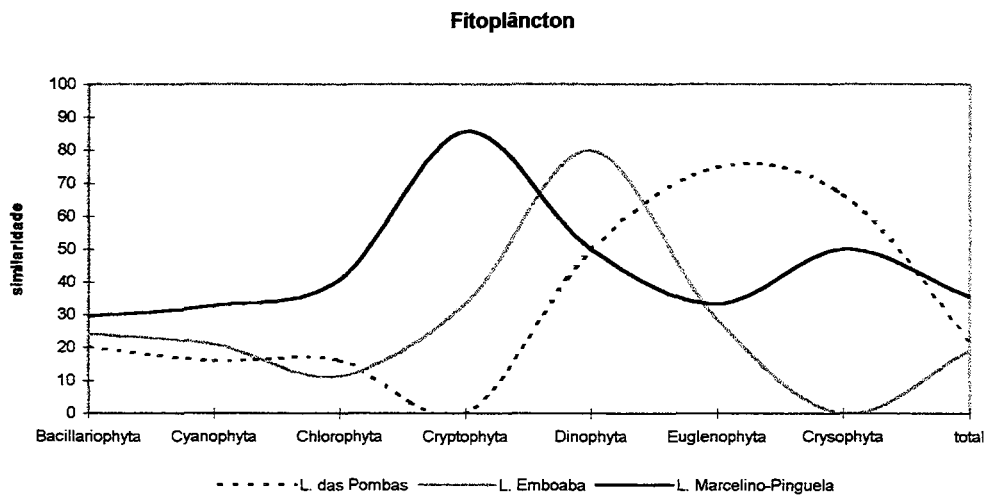


Figura 7.36- Similaridade (índice de Sørensen) na comunidade de fitoplâncton entre a Lagoa Itapeva e outras lagoas costeiras do Rio Grande do Sul

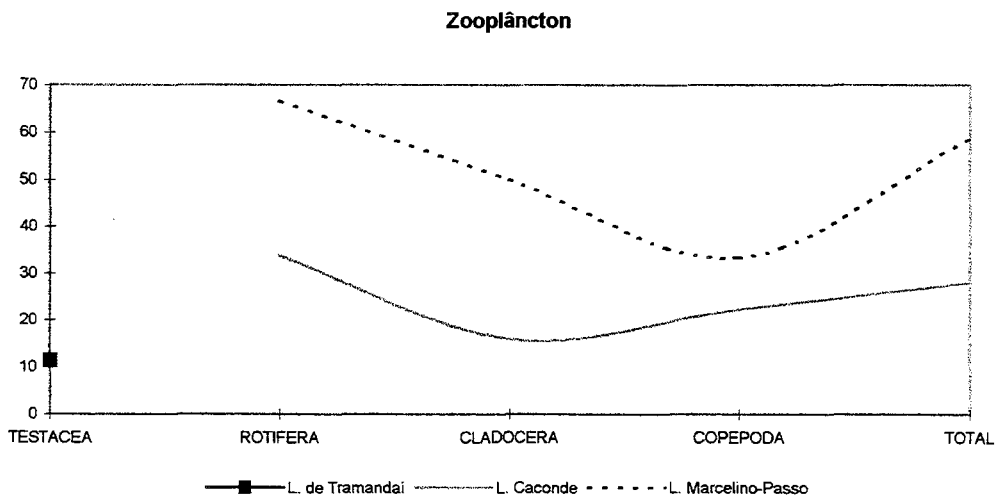


Figura 7.37- Similaridade (índice de Sørensen) na comunidade de zooplâncton entre a Lagoa Itapeva e outras lagoas costeiras do Rio Grande do Sul

(marcando a presença de espécies mixohalinas) aliada a um maior impacto por despejos urbanos tenha diminuído a riqueza neste ambiente. Por outro lado, falta um estudo mais recente para este sistema lagunar do litoral norte do RS para efeitos comparativos. O trabalho mais atual foi o realizado por Pedrozo (2000) para algumas lagoas deste sistema, onde a similaridade da comunidade zooplanctônica com a da Lagoa Itapeva foi bastante elevada, principalmente para os rotíferos (Fig. 7.37). Para a Lagoa Caconde (Güntzel, 1995) esta similaridade foi mais baixa em todos os grupos zooplanctônicos.

Embora as lagoas pertencentes ao sistema lagunar do litoral norte do RS tivessem sido praticamente as mesmas para o fitoplâncton (Salomoni, 1997) e zooplâncton (Pedrozo, 2000), o zooplâncton foi muito mais semelhante que o fitoplâncton (praticamente o dobro) em relação à comunidade da Lagoa Itapeva. Estes resultados mostram que o zooplâncton seria um bioindicador mais eficaz para monitorar os impactos ambientais decorrentes de ações culturais nesta região. O trabalho de Cardoso et al. (1997) já havia estabelecido relações entre o zooplâncton e a qualidade da água nas lagoas deste sistema. Mais recentemente, Pedrozo (2000) concluiu que o gradiente de poluição destas lagoas atuou sobre a diversidade da comunidade zooplanctônica, salientando quais as espécies foram tolerantes, beneficiadas, indiferentes ou sensíveis à contaminação orgânica.

O Rio de Janeiro é o Estado brasileiro onde existe um maior conhecimento sobre a dinâmica de lagoas costeiras. Porém, grande parte destas são na realidade lagunas (ou foram assim transformadas pela abertura de canais), com grau de salinidade diferente entre si e sazonalmente. Além disso, o impacto por ação antrópica é muito maior nestas no que o registrado aqui no RS para o sistema lagunar costeiro (exceção para L. Marcelino em Osório e L. de Tramandaí em Tramandaí, que se equiparam). Contudo, a característica em comum é que em ambos sistemas as lagoas são ambientes rasos e expostos à ação de ventos. Assim, algumas respostas em termos de comunidade planctônica tornam-se semelhantes. Por exemplo, a Lagoa de Saquarema (Domingos, 1991) foi também dominada predominantemente por Cyanophyceae, porém o gradiente de densidade populacional foi uma resposta direta ao gradiente de salinidade. Além disso, estas cianofíceas pertencem a formas nanoplanctônicas ($<20\mu\text{m}$) caracterizadas por apresentarem alta relação superfície/volume, influenciando positivamente na capacidade de absorção de luz, nutrientes e liberação de resíduos. Contudo, esta dominância de também esteve provavelmente relacionada ao estresse e instabilidade, pois ocorreu o aumento de 2 a 3x em média da densidade populacional após o período de ventos (ventos dominantes=NE, 2,3 a 6,2 m.s^{-1}). Para a Lagoa Urussanga (Domingos, 1991) os grupos que demonstraram respostas mais rápidas e maior crescimento

foram Chrysophyceae e Cyanophyceae. Tanto a densidade populacional, quanto à contribuição de organismos de maior volume celular aumentaram em direção a menor salinidade. O estudo em outras três lagoas com características diferentes (Lagoas Imboassica, Cabiúnas e Comprida) evidenciou que em duas destas as Cyanophyceae foram também mais abundantes, chegando a desenvolver florações em determinadas ocasiões (Melo & Suzuki, 1998).

Conclusões

Com relação à estrutura da comunidade planctônica na Lagoa Itapeva, no fitoplâncton a maior riqueza de espécies foi para Bacillariophyta, contudo a maior densidade geralmente esteve associada a Cyanophyta. Porém, para o zooplâncton, riqueza e densidades foram ambas atribuídas para Protista. Assim, o microplâncton foi a classe de tamanho dominante para a lagoa no período de estudo.

A diversidade da comunidade fitoplanctônica e zooplanctônica exibiu seus valores extremos (máximo e mínimo) de forma oposta sazonalmente.

A distribuição sazonal revelou que as estações frias do ano contribuíram para um aumento de densidade média na comunidade fitoplanctônica, embora tivesse sido registrado o pico primaveril. *Aulacoseira granulata* foi a espécie de diatomácea dominante durante a primavera, enquanto que a cianobactéria *Anabaena circinalis* dominou a comunidade fitoplanctônica nas outras estações do ano, especialmente durante o outono (floração). Por outro lado, o verão foi a estação do ano com maior densidade média zooplanctônica, com pico máximo de densidade registrado durante o outono. *Codonella* sp. foi a única espécie zooplanctônica dominante para a lagoa em todas as estações do ano.

A distribuição espacial horizontal evidenciou a existência, geralmente, de um gradiente decrescente de densidade planctônica do N→S na lagoa. Onde este gradiente foi alterado quando condições ambientais adversas atuaram na concentração horizontal destes organismos (vento ou precipitação) de uma outra forma espacialmente.

A distribuição espacial vertical mostrou que, embora as densidades médias sazonalmente tivessem sido bastante semelhantes entre as profundidades, variâncias significativas no perfil ocorreram no verão (zooplâncton) e outono (fitoplâncton). Além disso, a maior concentração temporária de organismos planctônicos em uma dada profundidade, desestabilizando a aparente homogeneidade no sistema, foi uma resposta imediata à ação do vento.

Diatomáceas e protistas foram os grupos indicadores de resposta ao *fetch* provocado pela ação do vento, com respostas instantâneas na distribuição espacial. Assim, o vento age diretamente sobre a comunidade planctônica, ressuspensando espécies de hábitos bentônicos instantaneamente. Como o fitoplâncton foi caracterizado pelo domínio de cianobactérias em quase todas as campanhas sazonais, a ressuspensão de diatomáceas epipélicas proporcionava um maior equilíbrio nas densidades relativas desta comunidade, aumentando diversidade e/ou riqueza. Porém, para o zooplâncton o efeito era o oposto, pois a ressuspensão de protistas com hábitos bentônicos ocasionava o seu total domínio na comunidade, fazendo com que formas maiores e dotadas de movimento evitassem permanecer em um ambiente tão turbulento. Como consequência disto, uma diminuição em diversidade e/ou riqueza era rapidamente sentida.

As taxas de sucessão diárias na comunidade planctônica estiveram fortemente vinculadas à ação hidrodinâmica provocada pelo vento, a qual foi decisiva para as respostas imediatas na composição e densidade destas espécies. Quanto mais intenso era o *fetch* em um dado ponto e estação do ano, mais intensos eram os picos ou decréscimos nestas taxas. Os picos máximos na taxa de sucessão de ambas comunidades durante a primavera foram os registros máximos para este estudo, mostrando uma resposta imediata às freqüentes mudanças de direção do vento.

A taxa de sucessão planctônica sazonal revelou que as maiores mudanças ocorreram entre o verão e o outono. Esta taxa também foi elevada para o fitoplâncton nos pontos Centro e Sul durante a passagem entre as estações frias (outono-inverno/99), onde a floração de *Anabaena circinalis* não voltou a se repetir nestes locais. Tendência a gradientes espaciais na lagoa foi constada para estas taxas de sucessão.

Assim, a taxa de sucessão foi um índice fundamental para comprovar o efeito do vento sobre as comunidades planctônicas na Lagoa Itapeva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES-DA-SILVA, S.M. & TORGAN, L. 1981. Nota sobre Euglenofíceas (Euglenaceae) de um açude no Morro Santana, Porto Alegre, RS, Brasil. *Iheringia*, Sér. Botânica, (28): 95-106.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1992. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 18. ed. Washington. 1268 p.
- ATTAYDE, J.L. & BOZELLI, R.L. 1998. Assessing the indicator properties of zooplankton assemblages to disturbance gradients by canonical correspondence analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55: 1789-1797.
- BOLTOVSKOY, E. & LENA, H. 1971. Contribution à l'Etude des Thecamoebiens de la Province de Buenos aires. *Hydrobiologia*, 38:441-451.
- BOURRELLY, P. 1968. **Les Algues d'eau douce – algues jaunes et brunes** Paris, Ed. N. Boubée & Cie. 438p.
- BOURRELLY, P. 1970. **Les Algues d'eau douce – algues bleues et rouges** Paris, Ed. N. Boubée & Cie. 512p.

- BROOKS, J.L. 1959. Cladocera. In: **Freshwater Biology**. EDMONDSON, W.T., ed.. New York, John Wiley & Son. p. 587-656.
- CALLEGARO, V.L.M.; ROSA, Z.M. & WERNER, V.R. 1981. Comunidades fitoplanctônicas das Lagoas Tramandaí e do Armazém, Tramandaí, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia** (28), 3-16.
- CALLEGARO, V.L.M.; SILVA, K.R.L.M. & SALOMONI, S.E. 1993. Flórula diatomológica de ambientes lênticos e lóticos do Parque Florestal Estadual do Turvo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Sér. Botânica, (43): 89-134.
- CAMPOS, I.F.P. & SENNA, P.A.C. 1988. Nostocophyceae (Cyanophyceae) da Lagoa Bonita, Distrito Federal, Brasil. Parte 1. **Acta Bot. Bras.**, 2 (1-2): 7-30.
- CARDOSO, L. de S.; BECKER, V. & MOTTA MARQUES, D.M.L. da. (em preparação). Desenvolvimento de florações de *Anabaena* Bory (Cyanobacteria) na Lagoa Itapeva (Rio Grande do Sul) e suas relações com variáveis ambientais.
- CARDOSO, L. de S. & VALER, R. M. 1996. Crescimento populacional de *Daphnia similis* (cladocera) em relação a dieta alimentar como instrumento básico para o monitoramento ambiental. In: **Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**, Porto Alegre, p. 172-175.
- CARDOSO, L. de S.; LAYBAUER, L. & MOTTA MARQUES, D.M.L. da. 1997. Gradientes espaciais e sazonais de IQA e suas relações com o zooplâncton em sistema lagunar costeiro (Tramandaí-RS). In: **XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Vitória-ES, v. 3, p. 37-44.
- CLOSS, D. & MADEIRA, M. 1967. Foraminíferos e tecamebas aglutinantes da Lagoa de Tramandaí, no Rio Grande do Sul. **Iheringia**, ser. Zool., (35): 7-31.
- COSTA, J.C.F. da. 1995. Diatomáceas (Bacillariophyceae) da Reserva Biológica de Poço das Antas, município de Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia**, Sér. Botânica, (46): 57-143.
- DEFLANDRE, G. 1928. La genre *Arcella* Ehrenberg morphologie-biologie. Essai phylogénétique et systématique. **Arch. Protistenk.**, 64: 152-287.
- DEFLANDRE, G. 1929. La genre *Centropyxis* Stein. **Arch. Protistenk.**, 67: 323-375.
- DEMERS, S.; THERRIAULT, J.-C.; BOURGET, E. & BAH, A. 1987. Resuspension in the shallow sublittoral zone of a macrotidal estuarine environment: wind influence. **Limnol. Oceanogr.**, 32 (2): 327-339.
- DESIKACHARY, T.V. 1959. **Cyanophyta**. New Delhi, Indian Council of Agricultural Research. 686p.
- DOMINGOS, P. 1991. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica e produção primária na Lagoa de Saquarema, RJ**. Niterói, CPG Geociências / UFF. 154 p. (dissertação).
- DUSSART, B.H. 1965. Les différentes catégories de plancton. **Hydrobiologia**, 26 (1-2): 72-74.
- DONNER, J. 1966. **Rotifers**. Trad. H.G.S. Wright. London, Frederick Warne & Co. Ltd. 80p.
- ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. 1997. **Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil**. Brasília, Universa. 156p.
- FALAVENA, M.A.B. 1985. Composição e variações sazonal e espacial dos copépodes planctônicos (Crustácea, Copepoda) na Lagoa negra. Município de Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Ser. Zool., (65): 3-30.
- FERRARIO, M.E.; SAR, E.A. & SALA, S.E. 1995. Metodologia básica para el estudio del fitoplancton com especial referencia a las diatomas. In: **Manual de Métodos Ficológicos**. K. Alveal, M.E. Ferrario, E.C. Oliveira & E. Sar (eds.). Concepcion, Universidad de Concepcion. C. 1, p.1-23.
- FERREIRA, D.L., KIRST, I.B., VALER, R.M. & CARDOSO, L. de S. 1998a. Culturas de chlorophytas sob o efeito do herbicida roundup: inibição x estimulação do crescimento. In: **V ECOTOX e I COBAN**, Itajai-SC, 05 a 08 de outubro.
- FERREIRA, D.L.; VALER, R.M. & CARDOSO, L. de S. 1998b. Efeito do herbicida roundup em culturas de microalgas: uma ferramenta para avaliação da toxicidade em ambientes aquáticos. In: **II Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**, Porto Alegre-RS, p. 505-509.
- FRANCESCHINI, I.M. 1992. **Algues d'eau douce de Porto Alegre, Brésil (les Diatomophycees exclues)**. Berlin, J. Cramer. 73p.
- GARCIA-BAPTISTA, M. 1992. **Contribuição ao conhecimento das algas psâmicas de Praia Azul (Rio Grande do Sul, Brasil)**. Porto Alegre, CPG Botânica/UFRGS. 294 p. (dissertação)

- GAUTHIER-LIÈVRE, L. & THOMAS, R. 1958. Les genres *Diffflugia*, *Pentagonia*, *Maghtebia* et *Hoogenraadia* (Rhizopodes testacés) en Afrique. *Arch. Protistenk.*, **103**: 241-370.
- GEITLER, L. 1932. Cyanophyceae. In: RABENHORST, L. **Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz**. 2ed. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1196p.
- GEORGE, D.G. & EDWARDS, R.W. 1976. The effect of wind on the distribution of chlorophyll *a* and crustacean plankton in a shallow eutrophic reservoir. *J. appl. Ecol.*, **13**: 667-690.
- GERMAIN, H. 1981. **Flore des Diatomées-Diatomophycées**. Paris, Société Nouvelle des Éditions Boubée. 444p.
- GOULDEN, C.E. 1968. The systematics and evolution of the Moinidae. *Transactions of the American Philosophical Society*, new series, **58**: 1-101.
- GÜNTZEL, A.M. 1995. **Estrutura e variação espaço-temporais da comunidade zooplânctônica na Lagoa Caconde, Osório, RS**. Porto Alegre, CPG Ecologia/UFRGS. 128p. (dissertação)
- HARRING, H. K. 1917. A revision of the rotatorian genera *Lepadella* and *Lophocharis* with descriptions of five new species. *Proceedings U. S. National Museum*, **51** (2164): 527-568.
- HARRIS, G.P. 1986. **Phytoplankton ecology: structure, function and fluctuation**. New York, Champman and Hall. 500 p.
- HEBERT, P.D.N. 1977. A revision of the taxonomy of the genus *Daphnia* in southeastern Australia. *Australian Journal of Zoology*, **25**: 371-398.
- HUISMAN, J.; COSTVEEN, P. VAN & WEISSING, F.J. 1999. Critical depth and critical turbulence: two different mechanisms for the development of phytoplankton blooms. *Limnol. Oceanogr.*, **44**(7): 1781-1787.
- HUSZAR, V.L. de M. & REYNOLDS, C.S. 1997. Phytoplankton periodicity and sequences of dominance in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Pará, Brazil): responses to gradual environmental change. *Hydrobiologia*, **346**: 169-181.
- JAUME, D. 1991. The genus *Diaphanosoma* (Ctenopoda: Sididae) in Spain. *Hydrobiologia*, **225**: 23-35.
- KOMÁREK, J. & FOTT, B. 1983. Chlorophyceae-Chlorococcales. In: HUBER-PESTALOZZI, G. **Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie**. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. pt.7, 1044p. (Die Binnengewässer, v.16).
- KOMÁREK, J. & KLING, H. 1991. Variation in six planctonic cyanophyte genera in Lake Victoria (East Africa). *Algological Studies*, **6**: 21-45.
- KNOPPERS B.A. 1994. Aquatic primary production in coastal lagoons. In: **Costal lagoon processes**. B. Kjerfve (ed.). Amsterdam, Elsevier. p. 243-286. (Elsevier Oceanography series, 60).
- KONRATH, J. 1995. **Flutuação temporal da taxa de fixação de carbono particulado, estrutura do fitoplâncton e fatores ambientais em uma lagoa costeira eutrófica (Lagoa Caconde, Osório, RS)**. Porto Alegre, CPG Ecologia / UFRGS. 146 p. (dissertação).
- KOROVCHINSKY, N. M. 1981. Taxonomic and faunistic revision of Australian *Diaphanosoma* (Cladocera: Sinididae). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **32**: 813-831.
- KOSTE, W. 1978. **Rotatoria**. II Tafelband. Berlin, Stuttgart, Gebrüder Borntraeger. 234p.
- KOZLOWSKY-SUZUKI, B. & BOZELLI, R.L. 1998. Avaliação da eficiência de três amostradores na estimativa da abundância de organismos zooplânctônicos na Lagoa Cabiúnas. In: **Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. F. de A. Esteves (ed.), NUPEM, UFRJ. p. 273-281.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1986. Bacillariophyceae: Naviculaceae. In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H.; Mollehnauer, D. **Süßwasserflora von Mitteleuropa**. Stuttgart, G. Fischer Verlag. v.2, pt.1. 1876p.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1988. Bacillariophyceae: Bacillariophyceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Ettl, H.; Gerloff, J. Heyning, H.; Mollehnauer, D. **Süßwasserflora von Mitteleuropa**. Stuttgart, G. Fischer Verlag. v.2, pt.2. 596p.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1991. Bacillariophyceae: Centrales, Fragillariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H.; Mollehnauer, D. **Süßwasserflora von Mitteleuropa**. Stuttgart, G. Fischer Verlag. v.2, pt.3. 576p.

- KREBS, C.J. 1978. **Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance**. 2.ed. ew York, Harper & Row. 678p.
- KREMER, L.M. 1985. **Produção primária do fitoplâncton na Lagoa das Pombas Tramandaí, Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, CPG Ecologia / UFRGS. 149p. (dissertação).
- LACROIX, G. & LESCHER-MOUTOUE, F. 1995. Spatial patterns of planktonic microcrustaceans in a small shallow lake. **Hydrobiologia**, **300/301**: 205-217.
- LEITÃO, S.N. 1986. **Sistemática e ecologia dos rotíferos (Rotatoria) planctônicos da área estuarina lagunar de Suape Pernambuco (Brasil)**. Recife, UFPE. 261p. (Dissertação).
- LEWIS, W.M., Jr. 1976. Surface/volume ratio: implications for phytoplankton morphology. **Science**, **192**: 885-887.
- LEWIS, W.M., Jr. 1978. Analysis of succession in a tropical phytoplankton community and a new measure of succession rate. **Amer. Natur.**, **112** (984): 401-414.
- LOBO, E.A. & LEIGHTON, G. 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios Y esteros de la zona central de Chile. **Rev. Biol. Mar.**, **22** (1): 1-29.
- LOUREIRO, L.M.AE-M. 1988. O gênero *Bosmina* (Cladocera) na região do distrito federal. **Acta Limnol. Brasil.**, **2**: 501-512.
- LUND, J.W.G.; KILPLING, C.; LE CREN, E.D. 1959. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. **Hydrobiologia**, **11** (2): 143-170.
- MAGURRAN, A.E. 1991. **Ecological diversity and its measurement**. New York, Chapman and Hall. 179p.
- MATSUMURA-TUNDISI, T. & ROCHA, O. 1983. Ocurrência of copepod (Calanoida Cyclopoida and Harpaticoida) from "Broa" reservoir (São Carlos, São Paulo, Brazil). **Rev. Brasil. Biol.**, **43**(1):1-17.
- MELLO, S de & SUZUKI, M.S. 1998. Variações temporais e espaciais do fitoplâncton das lagoas Imboassica, Cabiúnas e Comprida. In: **Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. F. de A. Esteves (ed.), NUPEM, UFRJ. p. 177-203.
- MILLET, B. & CECCHI, P. 1992. Wind-induced hydrodynamic control of the phytoplankton biomass in a lagoon ecosystem. **Limnol. Oceanogr.**, **37** (1): 140-146.
- MONTÚ, M. 1973a. Crecimiento e desarrollo de algunas especies de cladoceros dulceacuicolas. I. *Diaphanosoma brachyurum* (LIEVIN, 1848). **Physis sección B**, **32** (84): 51-59.
- MONTÚ, M. 1973b. Crecimiento e desarrollo de algunas especies de cladoceros dulceacuicolas. II. *Moina micrura* Kurz, 1874. **Physis sección B**, **32** (84): 93-104.
- MONTÚ, M. 1973c. Crecimiento e desarrollo de algunas especies de cladoceros dulceacuicolas. IV. *Ceriodaphnia cornuta* Sars, 1886. **Physis sección B**, **32** (84): 215-222.
- MONTÚ, M. & GOEDEN, I.M. 1986. Atlas dos Cladocera e Copepoda (Crustacea) do estuário da Lagoa dos Patos (Rio Grande, Brasil). **Nerítica**, **1** (2): 1-134.
- OGDEN, C.G. & HEDLEY, R.H. 1980. **An atlas of freshwater testate amoebae**. Oxford, British Museum (Natural History), Oxford University. 222p.
- OLIVIER, S. R. 1965. Rotíferos planctonicos de Argentina com claves de las principales especies, datos biológicos y distribución geográfica. **Revista del museo de La Plata**, **VIII**, (63), 176-260.
- PACE, M.L. & ORCUTT Jr., J.D. 1981. The relative importance of protozoans, rotifers, and crustaceans in a freshwater zooplankton community. **Limnol. Oceanogr.**, **26**, (5), 822-830.
- PADISÁK, J. 1993. The influence of different disturbance frequencies on the species richness, diversity and equitability of phytoplankton in shallow lakes. **Hydrobiologia**, **249**: 135-156.
- PADISÁK, J. & DOKULIL, M. 1994. Meroplankton dynamics in a saline, turbulent, turbid shallow lake (Neusiedlersee, Austria and Hungary). **Hydrobiologia**, **289** (1-3): 23-42.
- PAGGI, J. C. 1973. Contribucion al conocimiento de la fauna de cladoceros dulceacuicolas argentinos. **Physis**, Sec. B, **32** (84): 105-114.
- PAGGI, J. C. 1979. Revision de las especies argentinas del genero *Bosmina* Baird agrupadas em el subgenero *Neobosmina* Lieder (Crustacea: Cladocera). **Acta Zool. Lill.**, **35**: 137-162.
- PAGGI, S.J. de. 1995. Rotifera. In: **Ecosistemas de Águas Continentais. Metodologias para su estudio**. LOPREDO, E.C. & TELL, G. eds. La Plata, Ediciones SUR. v. 2. 643-667 p.

- PAPPAS, J.L. & STOERMER, E.F. 1996. Quantitative method for determining a representative algal sample count. *J. Phycol.*, **32**: 693-696.
- PARRA, O.O. & BICUDO, C.E.M. 1995. **Introducción a la biología y sistemática de las algas de aguas continentales**. Santiago, Ed. Universidad de Concepción. 268p.
- PEDROZO, C. da S. 2000. **Avaliação da qualidade ambiental das lagoas da planície costeira do Rio Grande do Sul com ênfase na comunidade zooplânctônica**. São Carlos, PPG Ecologia e Recursos Naturais/UFSCar. 241 p. (tese).
- PENNAK, R. W. 1953. **Fresh-water invertebrates of United States**. New York, Ronald Press Company. 769p.
- PENNAK, R. W. 1991. **Fresh-water invertebrates of United States**. Protozoa to Mollusca. 3.ed. New York, John Wiley & Sons. C. 17, p. 410-442.
- REYNOLDS, C.S. 1993. Scales of disturbance and their role in plankton ecology. *Hydrobiologia*, **249**: 157-171.
- REYNOLDS, C.S.; PADISÁK, J. & SOMMER, U. 1993. Intermediate disturbance in the ecology of phytoplankton and the maintenance of species diversity: a synthesis. *Hydrobiologia*, **249** : 183-188.
- ROUND, F.E. 1983. **Biologia das algas**. 2. ed. Trad. F.Perlingeiro Neto. Rio de Janeiro, Guanabara Dois. 263 p.
- RUTTNER-KOLISKO, A. 1989. Problems in taxonomy of rotifers, exemplified by the *Filinia longisetat-terminalis* complex. *Hydrobiologia*, **186/187**, 291-298.
- SALENÇON, M.-J. & THÉBAULT, J.-M. 1996. Simulation model of a mesotrophic reservoir (Lac de Pareloup, France): MELODIA, an ecosystem reservoir management model. *Ecological Modelling*, **84** (1-3): 163-187.
- SALOMONI, E.S. 1997. **Aspectos da limnologia e poluição das Lagoas costeiras Marcelino, Peixoto e pinguela (Osório, RS): uma abordagem baseada no fitoplâncton**. Porto Alegre, CPG Ecologia/UFRGS. 141 p. (dissertação).
- SCHILLER, J. 1937. Dinoflagellatae (Peridineae) in monographischer Behandlung. In: RABENHORST, L. **Kryptogamen-Flora**. Leipzig, Academic Verlag. teil 2, 617p.
- SCHWARZBOLD, A. & SCHÄFER, A. 1984. Gênese e morfologia das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul - Brasil. *Amazoniana*, **9** (1): 87-104.
- SENDACZ, S. & KUBO, E. 1982. Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatórios do Estado de São Paulo. *B. Inst. Pesca*, **9**: 51-89.
- SMIRNOV, N.N. & TIMMS, B.V. 1983. A revision of the Australian Cladocera (Crustacea). *Records of the Australian Museum*, **1**: 1-132.
- SOURNIA, A. (ed.). 1978. **Phytoplankton Manual**. Paris, UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). 337 p.
- SOUTO, S. 1973. Contribucion al conocimiento de los tintinnidos de agua dulce de la Republica Argentina. I Rio de la Plata y Delta del Parana. *Physis Sección B*, **32** (85): 249-254.
- TORGAN, L. C. & AGUIAR, L. W. 1978. Diatomáceas do "rio" Guaíba, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia*, Sér. Botânica, (23): 19-63.
- TORGAN, L. C. 1985. Estudo taxonômico de diatomáceas (Bacillariophyceae) da represa de Águas Belas, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia*, Sér. Botânica, (33): 17-104.
- TORGAN, L.C. 1997. **Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil, em um ciclo anual**. São Carlos, PPG Ecologia e Recursos Naturais / UFSCar. 284 p. (tese)
- TUNDISI, J.G. 1990. Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Rev. Brasil. Biol.*, **50** (4): 937-955.
- VALER, R.M. 1997. Ocorrência de Ciliophora (Protista) em solos do Rio Grande do Sul: aspectos morfológicos, taxonômicos e ecológicos das classes Kinetofragminophora e Oligohymenophora. *Biociências*, **5**(2): 71-107.
- VALER, R.M, KIRST, I. & CARDOSO, L. de S 1999. Efeito do herbicida roundup no desenvolvimento de cladóceros (*Daphnia similis* e *Ceriodaphnia cornuta*). In: **VII Congresso Brasileiro de Limnologia**, Florianópolis-SC, 18 a 22 julho.
- VÉLEZ, E.. 1990. **Variação sazonal da produção primária, biomassa e composição do fitoplâncton da Lagoa Emboaba, Osório, RS**. Porto Alegre, Inst. Biociências / UFRGS. 121 p. (bacharelado-monografia).

- VELHO, L.F.M.; LANSAC-TÔHA, F.A. & BINI, L.M. 1999. Spatial and temporal variation in densities of testate amoebae in the plankton of the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Hydrobiologia*, **411**: 441-451.
- VOLLENWEIDER, R.A. (ed.). 1974. **A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments**. 2. ed. Oxford, Blackwell scientific publications (IBP Handbook n. 12). 196 p.
- VÖRÖS, L. & PADISÁK, J. 1991. Phytoplankton biomass and chlorophyll-*a* in some shallow lakes in central Europe. *Hydrobiologia*, **215**: 111-119.
- VUCETICH, M. C. 1973. Tecamoebas muscicolas de la selva marginal de Punta Lara (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Physis Sección B*, **32** (84): 61-66.
- WALLACE, R.L. & SNELL, T.W. 1991. Rotifera. In: **Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates**. J.H. Thorp & A.P. Covich (eds.). San Diego, Academic Press. C.8, p.187-248.
- ZAGARESE, H.E.; CRAVERO, W.; GONZALEZ, P. & PEDROZO, F. 1998. Copepod mortality induced by fluctuating levels of natural ultraviolet radiation simulating vertical water mixing. *Limnol. Oceanogr.*, **43** (1): 169-174 .

8. AVALIAÇÃO DE GRADIENTES

RESUMO

Análise baseada em grupos taxonômicos maiores muitas vezes mascara o comportamento de determinadas espécies, que tanto pode ser sinérgico como antagônico, devido a generalizações nos padrões. A unidade específica em muitas ocasiões divergiu das tendências de padrão adotadas pela unidade maior que a rege. Porém, na maioria das vezes uma forte correlação positiva entre protistas e diatomáceas com variáveis ambientais, influenciadas pelo vento, foram constatadas sazonalmente. Por outro lado, correlações negativas destas variáveis com cianobactérias e os outros grupos do zooplâncton não foram raras de ocorrerem. Relações entre diatomáceas e cianobactérias exibiram fortes tendências sazonais, tanto em nível de espécies quanto em grupos. Espécies de *Aulacoseira* exibiram correlações negativas entre si durante as estações quentes do ano (primavera e verão), quando as densidades de diatomáceas geralmente foram maiores, apontando para uma maior competição entre as mesmas. Porém, nas estações frias do ano (outono e inverno/99) as correlações entre as mesmas foram mais elevadas e positivas, evidenciando um maior sinergismo no sentido de competir com as espécies do estágio final da sucessão fitoplanctônica, as cianobactérias. Em termos de clorofila *a*, correlações mais elevadas e freqüentes com espécies da comunidade zooplanctônica mostrou uma tendência de aumento em direção às estações frias (outono e inverno/99). Talvez a maior mineralização de nutrientes provocada por ventos mais intensos de um lado, e/ou um aumento na atividade de pastejamento do zooplâncton do outro tenham contribuído para este aumento de biomassa fitoplanctônica. A análise TWINSPAN apontou para 12 espécies fitoplanctônicas e 9 espécies zooplanctônicas como indicadoras das alterações sazonais da comunidade ocorridas na Lagoa Itapeva. As espécies assinaladas na análise como indicadoras foram características para as amostras separadas também por esta, onde o grupo planctônico à que pertenciam, geralmente, apresentou uma maior representatividade (densidade relativa) correspondente às amostras em questão. Cabe salientar que *Surirella* sp2. foi registrada como espécie indicadora do verão ao inverno/99, sugerindo que entre as diatomáceas esta é uma espécie potencial para monitoramento nesta lagoa. Grande parte das diatomáceas vivem na superfície do sedimento, ou permanecem na maior parte do tempo em contato com o fundo. Assim, estas se tornam potencialmente indicadoras dos eventos de ressuspensão, especialmente quando causados pelo vento em lagoas rasas. Com exceção do outono, espécies de protistas foram indicadoras da distribuição sazonal na comunidade zooplanctônica da lagoa. Isto enfatiza a importância deste grupo zooplanctônico neste sistema, embora os mesmos raramente sejam incluídos nos

estudos de comunidade zooplanctônica de água doce. É fundamental conhecer muito bem as relações existentes entre as comunidades planctônicas, produtores e consumidores, para melhor poder avaliar as alterações ocorridas sazonalmente entre estas. As análises de agrupamento apontaram para o fitoplâncton como o componente da comunidade planctônica responsável pela separação das amostras sazonalmente. Neste, as cianobactérias, especialmente *Anabaena circinalis*, ocuparam um lugar de destaque. As diatomáceas ficaram em segundo plano, interferindo no rearranjo das amostras especialmente nas análises com os dados de espécies. O zooplâncton, com exceção do inverno/98, parece pouco ter interferido nos agrupamentos das amostras, onde a sua participação mais efetiva foi somente com relação as mais similares (distâncias menores). A análise ACC indicou que as variáveis ambientais mais freqüentes e fortemente correlacionadas com a formação de gradientes espaciais sazonalmente na Lagoa Itapeva foram aquelas que responderam diretamente à ação do vento, como: turbidez, sólidos suspensos e nível d'água. Como a composição da comunidade planctônica, tanto em nível de grupos como espécies, não diferiu enormemente entre os pontos amostrados, os gradientes foram mais facilmente notados entre as amostras (pontos e turnos), por influência maior das variáveis ambientais. Salvo algumas exceções, quando a densidade de uma dada espécie ou grupo respondeu, em todos os pontos e turnos, à oscilação também experimentada pela respectiva variável ambiental. Os resultados desta análise comprovaram os gradientes espaciais e temporais experimentado pelos descritores físicos, químicos e biológicos deste estudo, mostrando ser uma ferramenta bastante poderosa para este tipo de discriminação ambiental. Além disso, a ACC comprovou, que a hidrodinâmica rege um imenso poder sobre a comunidade planctônica da Lagoa Itapeva.

ABSTRACT

Analysis based on taxonomic groups a lot of larger times chews the behavior certain species, that so much can be synergic as antagonistic, due to generalizations in patterns. Specific unit in a lot of occasions diverged of pattern tendencies adopted by the largest unit than governs it. However, most of the time a strong positive correlation between protists and diatoms with environmental variables influenced seasonally by the wind were verified. On the other hand, negative correlations of these varied with cyanobacterias and the other zooplankton groups were not rare of they happen. Relationships between diatoms species and cyanobacterias exhibited strong seasonal tendencies, so much inside of the same group as it enters these. *Aulacoseira* species exhibited negative correlations amongst themselves during hot stations of the year (spring and summer), where the diatoms densities were usually larger, appearing for a larger competition among the same ones. However, in the cold stations of the

year (autumn and winter'99) the correlations among the same ones were higher and positive, evidencing a larger synergism in the competition sense with species of the final apprenticeship on phytoplankton succession, the cyanobacteria. In chlorophyll *a* terms, higher and frequent correlations with zooplankton community species showed a tendency to increase towards the cold stations (autumn and winter'99). Maybe the largest mineralization of nutrients provoked by more intense winds of a side and/or an increase in the zooplankton grazing activity of the another have contributed for this increase of phytoplankton biomass. TWINSPAN appeared for 12 phytoplankton and 9 zooplankton species as indicative of the community's seasonal alterations happened at the Itapeva lake. The species marked in the analysis as indicative they also went characteristics to separate samples for this, where plankton group to the one that belonged, usually, it presented a larger representative (relative density) corresponding to samples in subject. It fits to point out that *Surirella* sp2. was registered as indicative species from summer to winter'99, suggesting that it enters the diatoms this is a potential species for monitoring in this lake. Great part of the diatoms lives in the sediment surface, or they spend in most of time in contact with the bottom. Like this, these if they turn potentially indicative of stirred up events, especially when caused by the wind in shallow lakes. Except for autumn, protists species were indicative of the seasonal distribution in the zooplankton community of the lake. This emphasizes the importance of this zooplankton group in this system, although the same ones are rarely included in community's zooplankton of freshwater studies. Still, it is fundamental to know the existent relationships very well among the plankton communities, producers and consumers, for best to evaluate alterations happened seasonally among these. Cluster analyses appeared for the phytoplankton as the community's responsible plankton component for separation of the samples seasonally. In this, the cyanobacterias, especially *Anabaena circinalis*, occupied a prominence place. The diatoms were in second plan, interfering in especially rearrange it of these in the analyses with species data. Zooplankton, except for winter'98, seems little to have interfered in the samples groupings, where it more effective participation was only with relationship the most similar (smaller distances). CCA indicated that the more frequent environmental variables and strongly correlated with the formation of gradients space-temporal in the Itapeva lake those that answered directly to the wind action, as: turbidity, solids suspended and water level. As the composition of the plankton community, so much at level of groups as species, it didn't differ vastly among the sampled points, gradients were more important of being noticed among the samples (points and shifts), for larger influence of the environmental variables. Safe some exceptions, when the density of a given species or group answered in all of the points and shifts the oscillation also experienced for the respective environmental variable. The results of this analysis proved

the space and temporary gradients experienced for the physical, chemical and biological descriptors of this study, showing to be a quite powerful tool for this type of environmental discrimination. Besides, CCA proved, that the hydrodynamic governs an immense power on Itapeva's plankton community.

INTRODUÇÃO

Estudos que enfocam o efeito de um conjunto particular de variáveis ambientais na composição de espécies de um dado ecossistema é o interesse maior em pesquisas ecológicas. A nova proposição que agrupa estudos biológicos com processos hidrodinâmicos tem progressivamente emergido tanto nas áreas de oceanografia quanto limnologia. A hidrodinâmica é reconhecida como uma força modeladora de ecossistemas aquáticos, onde os vários fatores físicos, químicos e biológicos do ambiente são considerados como agentes proximais através dos quais a variabilidade hidrodinâmica é transmitida aos organismos vivos. A idéia central na dinâmica biológica limnológica é que diferentes processos hidrodinâmicos e diferentes respostas biológicas ocorrem em escalas espacial e temporal diferentes. Isto gera, por um lado, uma discussão sobre escala espaço-temporal em ambos eixos (horizontal e vertical) e relações entre escalas físicas e biológicas, e, por outro lado, discussões sobre escala de amostragem (Legendre & Demers, 1984).

Organismos planctônicos são conhecidos por seu potencial como bioindicadores ambientais, assim, é fundamental a escolha adequada de um método analítico para estabelecer este tipo de relação entre fatores bióticos e abióticos. Vários métodos em estatística multivariada vêm sendo empregados (Jongman et al., 1987), com este objetivo. Porém, é necessário primeiro um delineamento experimental adequado para determinado tipo de análise. Conhecer a natureza e qualidade dos dados, através de análise de consistência destes, constitui o segundo passo necessário para então estabelecer o tipo de análise (ou análises) a ser realizada.

Se a ordenação dos dados das espécies pode ser prontamente interpretada com as variáveis ambientais, estas são aparentemente suficientes para explicarem a principal variação na composição das espécies. Mas, se as variáveis ambientais não podem explicar a principal variação, elas ainda podem explicar alguma variação residual, a qual pode ser substancial, especialmente em um grande conjunto de amostras. Técnicas de ordenação canônica permitem detectar os padrões de variação nas espécies que podem melhor ser explicados através das variáveis ambientais medidas. O diagrama de ordenação resultante expressa não somente um modelo de variação na composição de espécies, mas também as principais

relações entre as espécies e cada uma das variáveis ambientais. Além disso, ordenação canônica combina aspectos de ordenação regular com aspectos de regressão (Jongman et al., 1987).

Análise de correspondência canônica (ACC) é uma técnica de análise multivariada direta de gradiente, onde um conjunto de espécies está diretamente relacionado a um conjunto de variáveis ambientais. A técnica desenvolvida por Ter Braak (1986) identifica uma base ambiental para ordenação da comunidade, detectando os padrões de variação na composição da comunidade que podem ser mais bem explicados através de variáveis ambientais. Estes gradientes são assumidos a serem combinações lineares de variáveis ambientais. A análise permite uma rápida avaliação/estimativa de como varia a composição da comunidade com o ambiente. Os dados na composição de espécies são explicados pela ACC através de um modelo de resposta Gaussiana em que a variável explicatória é uma combinação linear de variáveis ambientais, representando assim um caso especial de regressão multivariada (Ter Braak, 1986; Jongman et al., 1987). Palmer (1993) ressaltou as vantagens da ACC, tais como: é aplicável também em dados de distribuições assimétricas de espécies, em amostras tomadas de delineamentos amostrais incomuns, com variáveis ambientais altamente intercorrelacionadas, e em situações onde nem todos os fatores determinantes da composição das espécies são conhecidos.

ACC é uma técnica de análise de gradiente que está rapidamente tornando-se a mais amplamente utilizada em ecologia (Palmer, 1993), e também com relação às comunidades planctônicas. Sei et al. (1996) utilizaram ACC como ferramenta para verificar a variabilidade do zooplâncton (particularmente copépodos), em uma lagoa costeira do Delta Po, em relação a mudanças ambientais em suas características hidrodinâmicas e hidrológicas. No Lago Lomond (Escócia), fatores sazonais, particularmente o regime termal e variáveis associadas, permaneceram mais importantes que as variáveis ambientais não-sazonais no prognóstico de mudanças na composição da comunidade fitoplanctônica (Habib et al., 1997). A análise revelou diferenças na estrutura da comunidade de microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) entre áreas pantanosas relacionadas com a turbidez, biomassa fitoplanctônica e concentração de fósforo solúvel reativo (Hann & Zrum, 1997). Attayde & Bozelli (1998) avaliaram as propriedades indicadoras de agrupamentos de zooplâncton para mudanças ambientais resultantes de atividades humanas, através do uso de ACC, com relação a gradientes de estado trófico e influência marinha em uma lagoa costeira brasileira. Também ressaltaram que esta proposição é amplamente aplicável para outros táxons, gradientes ambientais e escalas espacial ou temporal. A ordenação espacial na distribuição de amostras e táxons da

comunidade fitoplanctônica, em lagos do parque nacional North Cascades (Washington), esteve correlacionada com um gradiente de decréscimo na altitude do lago e aumento na temperatura da água, alcalinidade e concentração de nitrogênio (Larson et al., 1998). Esta análise foi capaz de indicar que a distribuição das espécies fitoplanctônicas esteve significativamente correlacionada com a turbidez, durante a estação seca, e com a sílica, durante a estação chuvosa, em águas do Kenya, Lago Victoria (Lung' Ayia et al., 2000).

O objetivo principal deste estudo foi o de estabelecer se o sistema é homogêneo no espaço e tempo com base nas relações entre variáveis bióticas e abióticas medidas, o grau em que estes fatores estão ligados, e, principalmente, as variáveis ambientais que interferem/governam a distribuição da comunidade planctônica na Lagoa Itapeva.

MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir o objetivo proposto neste trabalho, as matrizes dos dados foram pareadas em intervalos de tempo e espaço similares. Assim, os dados de densidade da comunidade planctônica utilizados foram a média na coluna d'água para cada turno de amostragem dentro do respectivo ponto. As variáveis hidrometeorológicas foram obtidas apenas pontualmente em cada turno, e a repetição desta, bem como de outras variáveis químicas (obtidas a partir de amostra composta no perfil) causariam interferências indesejáveis nas análises.

Foram utilizados três tipos de matrizes dos dados de densidade da comunidade planctônica: (1) todas as espécies de fitoplâncton e zooplâncton ocorrentes sazonalmente; (2) espécies abundantes e dominantes com frequência de ocorrência superior a 50%; e (3) densidade das espécies por grupos do fitoplâncton e zooplâncton.

Para determinar a distribuição e estrutura da comunidade planctônica, dados de densidade destas espécies (matrizes do tipo 1) foram submetidas à análise de espécie indicadora de dois fatores ("Two-Way INdicator SPecies ANalysis" - TWINSPAN), usando dados do fitoplâncton e zooplâncton separadamente. Esta é uma análise baseada em uma técnica de classificação com dicotomias subseqüentes, expressando as ocorrências dos organismos em uma tabela arrumada em duas direções, e construída da matriz de amostras-espécies. Os resultados podem ser visualizados como um dendograma mostrando "clusters" das estações com composição similar de espécies. A espécie indicadora identificada não é necessariamente a dominante, mas demarca as condições em que os outros táxons do grupo são prováveis de serem encontrados (Lung' Ayia et al., 2000).

Para estabelecer relações entre a comunidade planctônica e variáveis ambientais foram utilizadas análises de correlação, de agrupamento (“cluster”) e análise de correspondência canônica (ACC).

O coeficiente de correlação de Pearson ($p < 0,05$) foi utilizado para a respectiva análise. A análise de agrupamento utilizou a técnica de ligação simples e distância euclidiana. O objetivo desta análise de agrupamento foi verificar o comportamento dos dados bióticos e abióticos sazonalmente, a fim de constatar a existência de similaridade entre os turnos, dias ou pontos de amostragem na lagoa, bem como verificar a interferência das demais variáveis nos agrupamentos destas amostras.

A análise de correspondência canônica (ACC) permite a ordenação de um conjunto de amostras, cada uma definida por uma lista de abundância das espécies, sobre a coação que eixos de ordenação são combinações lineares de variáveis ambientais medidas em cada amostra. Proporciona ordenação de amostras e espécies, apontando a importância de espécies em determinar a composição da amostra. A descrição detalhada desta técnica está em Ter Braak (1986).

Matrizes dos tipos 2 e 3 da comunidade planctônica foram utilizadas para estas análises. As variáveis ambientais utilizadas em cada análise nem sempre foram as mesmas, devido à restrição existente na ACC somente para estas (n° de variáveis $\leq n^\circ$ de pontos - 1), e/ou a ausência de algum tipo de dado, como: inverno/98 (campanha piloto) apenas dados obtidos da sonda YSI e da transparência Secchi; primavera sem dados procedentes do linígrafo; verão ao inverno/99 com dados completos. Além disso, uma boa escolha de variáveis ambientais minimizaria o número de espécies com distribuições mais complexas (Hill, 1977 *apud* Ter Braak, 1986). Assim, as variáveis ambientais selecionadas foram priorizadas em termos de hidrodinâmica, ou seja, aquelas responsáveis diretamente pelo movimento (hidrometeorológicas) e aquelas que responderam mais efetivamente a este (vinculadas a ressuspensão).

Para as análises de correlação e agrupamento não existiram restrições quanto ao número de variáveis utilizadas, porém, conforme a redução no número de amostras em algum dia de campanha sazonal, teve que ser realizada uma seleção entre estas variáveis para a ACC. A metodologia utilizada na coleta e/ou análise destas variáveis ambientais utilizadas já foram descritas anteriormente (*capítulos 2 a 7*). Assim, as variáveis ambientais utilizadas na ACC para cada campanha sazonal foram as seguintes:

★ Inverno/98 – temperatura da água, condutividade, percentual de saturação do oxigênio dissolvido, pH, potencial de óxido-redução, profundidade, transparência Secchi e coeficiente de atenuação vertical;

★ Primavera – turbidez, coeficiente de atenuação vertical, velocidade média e direção do vento, sólidos suspensos, nitrogênio total Kjeldahl, fósforo total, clorofila *a*, feopigmentos, produção primária líquida, respiração;

★ Verão ao inverno/99 - turbidez, velocidade média e direção do vento, nível e velocidade d'água, sólidos suspensos, nitrogênio total Kjeldahl, fósforo total, clorofila *a*, produção primária líquida, respiração.

Nas análises de agrupamento também foram incluídos dados de riqueza específica e diversidade (Shanon-Wiener) tanto do fitoplâncton como do zooplâncton, devido à existência de boas correlações com os grupos da comunidade planctônica (*capítulo 7*).

As variáveis físico-químicas da água foram selecionadas por terem estado correlacionadas com aspectos hidrodinâmicos provocados pelo vento, apresentando respostas imediatas à ação do mesmo, ou por serem fundamentais para a biota. Aspectos do metabolismo e estado fisiológico da comunidade planctônica também foram contemplados (dados de produção primária e pigmentos fitoplanctônicos).

Na análise de correspondência algum tipo de transformação dos dados de abundância das espécies pode influenciar os resultados na ACC. Quando os dados de abundância têm uma distribuição muito assimétrica é recomendado transformá-los através da raiz quadrada ou logaritmo (Ter Braak, 1986). Assim, os dados de densidade das espécies e dos grupos planctônicos foram transformados para logaritmos, usando $\log_{10}(x+1)$, antes da ACC para estabilizar as variâncias. Este processo foi também empregado por Sei et al. (1996), Hann & Zrum (1997) e Lung'ayia et al. (2000).

As variáveis foram padronizadas para média zero e variância um antes da análise (centralização e normalização). Esta padronização remove arbitrariedades nas unidades de medidas das variáveis e produzem coeficientes canônicos comparáveis entre si, mas não influenciam outros aspectos da análise. O escalonamento na ordenação dos escores foi feito para as espécies (colunas), onde as distâncias entre estas se aproximam de suas distâncias χ^2 (qui-quadrado). Esta escolha permite uma interpretação direta espacial da relação entre espécies e ambiente (Ter Braak, 1986).

Todas as técnicas de ordenação são por sua própria natureza explorativas, assim um teste de significância dos resultados tem um valor puramente indicativo. No caso de ACC, o

propósito crucial é que os dados das espécies são totalmente ou parcialmente explicados pelas variáveis ambientais consideradas (Sei et al., 1996). Por meio do teste Monte Carlo pode-se também avaliar a significância das propriedades indicadoras de um agrupamento particular de espécies com relação a variáveis ambientais de interesse. Finalmente, comparando ordenações ACC de diferentes agrupamentos de espécies e o agrupamento de um táxon em particular, em sua habilidade indicativa de gradientes ambientais, pode-se avaliar táxon alvo potencial para monitoramento ambiental e plano de conservação (Kremen, 1994 *apud* Attayde & Bozelli, 1998).

Assim, para acessar a significância dos eixos de ordenação para propósitos explorativos, um teste de permutação Monte Carlo é usualmente realizado, onde para cada uma das ACCs a ordem dos valores das variáveis ambientais é aleatoriamente permutada (Sei et al., 1996; Hann & Zrum, 1997; Attayde & Bozelli, 1998; Larson et al., 1998; Lung'ayia et al., 2000). Teste de permutação Monte Carlo para uma seleção avançada de variáveis ambientais foi realizado para ajudar a determinar um conjunto mínimo de variáveis que explicassem os dados de abundância nas espécies (Larson et al., 1998). A significância dos eixos da ACC foi testada correndo 999 permutações irrestritas em testes Monte Carlo, usando os autovalores dos eixos como testes estatísticos. Comparações entre ordenações ACC foram quantificadas pelo tamanho e significância do autovalor, e o tamanho de um autovalor significativo foi examinado como uma medida do conteúdo de informação, conforme recomendação de Ter Braak (1986).

Para as análises de correlação, e agrupamento foi utilizado o programa Statistica ® versão 4.0, enquanto que, ACC foi processada usando o programa PC ORD ® versão 4.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de Correlação

Grupos da Comunidade Planctônica

No inverno/98 (Tabela 8.1), nenhuma correlação foi registrada entre os grupos fitoplanctônicos e entre estes e o zooplâncton. Contudo, correlações positivas e elevadas ocorreram dentro dos grupos zooplanctônicos. Temperatura da água foi um fator que esteve negativamente relacionado com o zooplâncton, com exceção dos cladóceros. Isto mostra que estas espécies assim correlacionadas estiveram mais adaptadas à redução de temperatura, pois a diminuição desta acompanhou um aumento na densidade zooplanctônica. Contudo, condutividade esteve diretamente relacionada com o fitoplâncton, e, fortemente, com os cladóceros. As outras divisões de algas com baixa densidade (Cryptophyta, Dinophyta e

Tabela 8.1 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de variáveis físico-químicas e dos grupos planctônicos durante o inverno/98 na Lagoa Itapeva

ago/98	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	BACI	CYANO	CHLORO	OUTRAS
PROTI	1							
ROTI	0,61	1						
CLADO		0,78	1					
COPE	0,82	0,87		1				
BACI					1			
CYANO						1		
CHLORO							1	
OUTRAS								1
TEMP	-0,70	-0,62		-0,72				
COND			0,93		0,67	0,59		
OD%		-0,79	-0,92	-0,65	-0,61			
PH								0,62
ORP		0,85	0,89	0,73				
Z	0,67	0,67		0,74				
ZDS						0,66		
K	0,63					-0,59		0,60

TEMP= temperatura, COND= condutividade, OD%= percentual de saturação do oxigênio dissolvido, ORP= potencial de óxido-redução, Z= profundidade, ZDS= profundidade do disco de Secchi, k= coeficiente de atenuação vertical

Tabela 8.2 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 33$) de variáveis físico-químicas, meteorológicas e dos grupos planctônicos durante a primavera na Lagoa Itapeva

dez/98	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	BACI	CYANO	CHLORO	OUTRAS
PROTI	1							
ROTI		1						
CLADO			1					
COPE		0,57	0,82	1				
BACI					1			
CYANO		0,47				1		
CHLORO					0,50		1	
OUTRAS		0,53						1
SS	0,41	-0,36	-0,48	-0,55			-0,51	
NT					0,49			
PT							-0,46	
TURB		-0,56	-0,43	-0,65			-0,45	
VMED	0,60		-0,55	-0,42				
VMAX	0,69		-0,48	-0,39				
DIR								
K			-0,39	-0,52				
PPL						-0,39		
RESP								
Cl a						0,42		
FEO							0,60	
SIL								

SS = sólido suspenso, NT= nitrogênio total, PT= fósforo total, TURB = turbidez, VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, k= coeficiente de atenuação vertical, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, Cl a = clorofila a, FEO= feopigmento, SIL= sílica

Euglenophyta) estiveram correlacionadas somente com pH e coeficiente de atenuação luminosa. O coeficiente de atenuação luminosa tem relação inversa com a transparência Secchi e está nitidamente associado com a turbidez do sistema. Assim, era provável que as cianofitas estivessem relacionadas inversamente com este coeficiente, pois necessitam de uma maior estabilidade no sistema para o seu pleno desenvolvimento (*capítulo 7*). Como também era esperado que os protistas apresentassem correlação direta com este coeficiente, já que o aumento da densidade destes na coluna d'água é propiciado por eventos de ressuspensão do sedimento, que, por sua vez, interfere nas propriedades ópticas da água. A profundidade e potencial de óxido-redução estiveram correlacionados somente com o zooplâncton. O aumento do percentual de saturação do oxigênio dissolvido está vinculado à ação dos ventos, que promove a oxigenação do sistema. Assim, era esperado encontrar correlações positivas com os organismos indicadores deste efeito, porém este fato não se concretizou.

Este fato também foi registrado para outro estudo, onde em algumas situações, coeficiente de correlação não indicou relação significativa, embora a biota fosse parte atuante no ambiente (McGowan & Walker, 1979).

Durante a primavera (Tabela 8.2), relações diretas entre grupos planctônicos ocorreram, onde os rotíferos estiveram correlacionados com o fitoplâncton. Para o fitoplâncton, ocorreu relação somente entre bacilariofitas e clorofitas, sendo que nesta estação estes grupos atingiram densidades médias mais elevadas (*capítulo 7*, Tabela 7.1). Em termos de zooplâncton, os copépodos estiveram mais fortemente relacionados com os cladóceros do que com os rotíferos, especialmente porque as curvas de densidade exibiram padrão bastante semelhante. A correlação positiva dos sólidos suspensos com os protistas enfatiza a associação do aumento na densidade destes zooplanctontes com eventos de ressuspensão do sedimento, sendo corroborado com maiores correlações dos protistas com velocidades do vento. Por outro lado, os demais grupos do zooplâncton exibiram correlações inversas com estas variáveis (sólidos suspensos, velocidades de vento e turbidez), enfatizando o decréscimo da diversidade em função da grande dominância dos protistas durante distúrbios provocados pelo vento. Para o fitoplâncton, apenas as clorofitas comportaram-se de tal forma durante estes eventos. Quanto aos nutrientes, somente as diatomáceas acompanharam as oscilações na concentração do nitrogênio total e as clorofitas estiveram inversamente relacionadas com o conteúdo de fósforo total. Em termos de fisiologia fitoplanctônica, cianobactérias correlacionaram-se inversamente com a produção primária líquida e diretamente com o conteúdo de clorofila α , indicando que ambos estimadores de biomassa exibiram respostas em

direções opostas. Feopigmentos estiveram relacionados com clorofitas, indicando que este grupo foi responsável por uma maior senescência nesta época do ano.

Durante o verão (Tabela 8.3), correlações no zooplâncton ocorreram somente dentro da mesma classe de tamanho, ou seja, rotíferos com protistas (microzooplâncton) e cladóceros com copépodos (macrozooplâncton). Os padrões de distribuição da densidade nos pontos foram bastante similares entre estes agrupamentos por estrutura de tamanho (*capítulo 7*, Fig. 7.30). Rotíferos estiveram negativamente correlacionados com as diatomáceas e positivamente com as cianobactérias. Esta relação foi mais evidente para o ponto Norte onde cianobactérias e rotíferos obtiveram maiores densidades que nos demais pontos da lagoa, ocorrendo o inverso para as diatomáceas (*capítulo 7*, Figs. 7.11 e 7.27). Já os copépodos estiveram fracamente e inversamente relacionados com as outras divisões de algas, porém estas estiveram positivamente correlacionadas com cianobactérias. A transparência da água foi maior durante o verão em relação às demais estações do ano na lagoa, onde turbidez e sólidos suspensos obtiveram os menores valores. Assim, correlações negativas entre estes fatores e rotíferos foram estabelecidas, ressaltando que o aumento da abundância destes está vinculado com a redução dos valores destas variáveis. Assim como foram para clorofitas e outras divisões de algas em relação a turbidez. Por outro lado, correlações positivas foram registradas para as diatomáceas, enfatizando que a densidade destas está intimamente associada à ressuspensão, por grande parte delas serem meroplanctônicas. A relação entre protistas e diatomáceas com efeitos provocados pelo vento tornaram-se evidentes aqui. Quanto aos nutrientes, somente o nitrogênio total manteve relação com a comunidade planctônica, diretamente para o fitoplâncton (clorofitas) e inversamente para o zooplâncton (protistas). A velocidade da água foi um aspecto importante que acompanhou o aumento na densidade de copépodos e, especialmente, dos cladóceros. Por outro lado, nível d'água esteve inversamente relacionado com cianobactérias, pois estas foram mais abundantes no Norte, onde o nível esteve mais baixo devido ao *fetch* de NE. Conteúdo de sílica não esteve relacionado com as diatomáceas, como seria esperado de encontrar (por ser o elemento constituinte da parede celular destas algas), mas esteve estranhamente relacionado aos copépodos.

No outono (Tabela 8.3), quando foi registrada a ocorrência de floração de cianobactérias em toda a lagoa, não houve relação significativa com as variáveis testadas. Certamente a manutenção de elevadas densidades, durante todo o período, não possibilitou flutuações marcantes e acompanhantes de alteração com as demais variáveis ambientais e bióticas. Entretanto, os grupos zooplanctônicos estiveram mais freqüentemente

Tabela 8.3 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 33, 36$ e 34) de variáveis físico-químicas, hidrometeorológicas e dos grupos planctônicos durante o verão, outono e inverno⁹⁹ na Lagoa Itapeva

mar/99	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	BACI	CYANO	CHLORO	OUTRAS	mai/99	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	BACI	CYANO	CHLORO	OUTRAS	ago/99	PROTI	ROTI	CLADO	COPE	BACI	CYANO	CHLORO	OUTRAS	
PROTI	1								PROTI	1								PROTI	1								
ROTI	0,46	1							ROTI		1							ROTI		1							
CLADO			1						CLADO	0,36	0,74	1						CLADO		0,77	1						
COPE			0,77	1					COPE	-0,37	0,54	0,45	1					COPE		0,76	0,67	1					
BACI	-0,46				1				BACI	0,61		0,37		1				BACI	0,89				1				
CYANO	0,39					1			CYANO						1			CYANO		0,87	0,76	0,59		1			
CHLORO							1		CHLORO			0,41	0,68			1		CHLORO					0,37		1		
OUTRAS				-0,35		0,58		1	OUTRAS	0,35			0,83			0,70	1	OUTRAS								1	
SS	-0,44				0,62				SS	0,76		0,53	0,58			0,39		SS	0,76				0,62			-0,43	
NT	-0,42						0,36		NT	0,59	0,36	0,49	0,57			0,40	0,40	NT	0,65				0,51				
PT									PT	0,68		0,36	0,38					PT	0,55	0,38			0,46				
TURB	-0,36				0,45		-0,36	-0,34	TURB	0,75	0,36	0,58		0,48		0,34		TURB	0,78				0,61			-0,45	
VMED	0,40				0,52				VMED				-0,49					VMED	0,45							-0,35	
VMAX	0,38				0,47				VMAX	0,35			-0,53					VMAX	0,49								
DIR									DIR									DIR	0,32				0,41				
K					0,46				K	0,82		0,38	0,71		0,46	0,54		K	0,47				0,63		0,45		
NIVEL						-0,38			NIVEL	0,50			0,71		0,48	0,55		NIVEL	0,58				0,62				
VELH ₂ O			0,69	0,42					VELH ₂ O	0,36			-0,35					VELH ₂ O									
PPL									PPL	-0,60		-0,53	-0,50		-0,46			PPL									
RESP									RESP	0,41			0,46		0,52	0,34		RESP	0,35				0,51				
CL _a									CL _a		0,46		0,44					CL _a	0,62	0,78	0,61	0,49		0,58			
FEO									FEO									FEO									
SIL				-0,40					SIL				-0,36					SIL	-0,39				-0,36				

SS = sólido suspenso, NT= nitrogênio total, PT= fósforo total, TURB = turbidez, VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, k= coeficiente de atenuação vertical,

NIV = nível d'água, VELH₂O = velocidade d'água, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, Cl_a = clorofila a, FEO= feopigmento, SIL= sílica

correlacionados uns com os outros, bem como os demais grupos fitoplanctônicos entre si. Relações entre produtores (algas) e consumidores (zooplâncton) também mostraram tendências de crescimento direcional. Para esta campanha uma maior relação entre a comunidade planctônica e nutrientes (nitrogênio e fósforo) ocorreu com relação às demais estações do ano. O vento por si só esteve fracamente relacionado com os protistas, pois eventos de ressuspensão foram concentrados especialmente no primeiro dia de campanha. Relação inversa foi estabelecida com os copépodos, que apresentaram forte redução na abundância relativa exatamente no ponto Norte, onde o efeito do *fetch* de SW foi marcante. Contudo, as demais variáveis que são dependentes do vento (como turbidez, sólidos suspensos e coeficiente de atenuação luminosa) estiveram positivamente correlacionadas com a comunidade planctônica, mostrando um beneficiamento destas com os processos de ressuspensão. Certamente esta correlação esteve vinculada a uma maior mineralização do sistema provocada por tal evento, visto as relações estabelecidas com os nutrientes e comunidade planctônica terem sido intensas. Um aumento do nível d'água no Norte, provocado pelo deslocamento de massas d'água devido ao *fetch*, deslocou e/ou ressuspenhou organismos planctônicos concentrando-os neste local, evidenciado pelas relações deste com os protistas, diatomáceas, clorofitas e outras divisões de algas. Já a velocidade da água esteve fracamente relacionada com o zooplâncton. Taxas de produção primária líquida estiveram negativamente relacionadas, tanto com o zooplâncton como com o fitoplâncton. Por outro lado, taxas respiratórias estiveram positivamente correlacionadas com a comunidade planctônica, mostrando em quais grupos o aumento da densidade contribuiu para um maior consumo de oxigênio do meio. Clorofila *a* esteve positivamente correlacionada com o zooplâncton, onde correlações com o fitoplâncton não foram significativas. Novamente correlação fraca e negativa foi estabelecida entre copépodos e sílica.

Já no inverno/99 (Tabela 8.3), a floração da cianobactéria *Anabaena circinalis* voltou a ocorrer somente no ponto Norte. Diferentemente do outono, correlações deste grupo algal com grupos zooplanctônicos e clorofila *a* foram elevadas e positivas. Os protistas, em termos de comunidade planctônica, apenas estiveram correlacionados com as diatomáceas e com a maioria das variáveis ambientais, salientando a íntima relação destes com eventos hidrodinâmicos causados pelo vento. O mesmo pode ser estabelecido para as diatomáceas que apresentaram praticamente as mesmas relações com a maioria das variáveis ambientais. Isto porque o vento durante a campanha ocorreu em dois momentos e sentidos distintos: 1º dia de WSW, mais forte e atingindo os pontos Centro e Norte, e 3º dia de NE, mais ameno, com efeitos no Centro e principalmente no Sul. Com isso, gradientes em sentidos opostos na distribuição da comunidade planctônica, bem como nas demais variáveis ambientais, foram

nitidamente caracterizados, com relações bem estabelecidas entre estes. Clorofila *a* esteve também relacionada com os outros grupos zooplantônicos, evidenciando que a oferta maior de alimento é acompanhada por uma resposta no crescimento dos consumidores. Pela primeira vez relação entre diatomáceas e sílica foi estabelecida, porém fraca e negativamente, bem como com os protistas, onde muitas tecamebas utilizam deste material para formar suas carapaças.

Espécies Dominantes e/ou Abundantes

Muitas das relações anteriormente estabelecidas em nível de grupo ficaram agora mais estreitamente e diretamente correlacionadas, através da separação em nível específico. Esta análise foi mais útil para a compreensão dos agrupamentos formados entre as espécies nos “clusters”, uma vez que correlações mais elevadas assinalaram uma maior semelhança na distribuição das densidades entre estas. Assim sendo, para não se tornar muito repetitivo, apenas foi ressaltado as espécies que mais contribuíram para as principais relações, bem como a ocorrência de correlações que antes não haviam sido significativas. Além disso, análise baseada em grupos taxonômicos maiores muitas vezes mascara o comportamento de determinadas espécies, que tanto pode ser sinérgico como antagônico, devido a generalizações nos padrões. A unidade específica em muitas ocasiões divergiu das tendências de padrão adotadas pela unidade maior que a rege. Isto ressalta a importância de estudos em autoecologia para poder conhecer a amplitude de resposta de uma determinada espécie à variação ambiental.

No inverno/98 (Tabela 8.4) nenhuma relação havia sido estabelecida entre os grupos fitoplanctônicos, nem entre estes e o zooplâncton. Porém agora ficou evidente que espécies de protistas estiveram bem correlacionados com diatomáceas e cianobactérias. Rotíferos e copépodos correlacionaram-se positivamente com diatomáceas e negativamente com a cianobactéria *Cyanodiction imperfectum*. Relações entre as espécies do fitoplâncton de grupos diferentes foram estabelecidas, principalmente com as diatomáceas. Cabe salientar que *C. imperfectum* exibiu um comportamento totalmente oposto às correlações estabelecidas com as variáveis ambientais, em relação às obtidas entre estas e as demais espécies da comunidade planctônica.

Na primavera (Tabela 8.5) os protistas não haviam exibido correlações com a comunidade planctônica, porém agora estiveram correlacionados entre si e com a comunidade fitoplanctônica. Rotíferos haviam estado correlacionados com cianobactérias e outras divisões de algas, onde diferentes correlações foram estabelecidas com as cianobactérias, porém foram mais elevadas com as espécies de *Anabaena*. *Polyarthra* spp. e a criptofita (*Cryptomonas*

Tabela 8.4 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 12$) de variáveis físico-químicas e das espécies abundantes da comunidade planctônica durante o inverno/98 na Lagoa Itapeva

ago/98	ADISTANS	AUGRANU	AULACO	NITZSCH	ANACIR	ANASPIR	ADELICA	CIMPER	MERISMO	PLIMNETI	CEROSA	CPYRENO	CODONELL	VORTIMI	AROTUNDA	DTUBER	CUNICOR	KCOCHLEA	POLYARTH	NOTODIAP	NAUPLIO	
ADISTANS	1																					
AUGRANU		1																				
AULACO			1																			
NITZSCH	0,80			1																		
ANACIR					1																	
ANASPIR					0,99	1																
ADELICA			0,82		0,70	0,72	1															
CIMPER								1														
MERISMO									1													
PLIMNETI	0,92			0,79						1												
CEROSA	0,63			0,64						0,68	1											
CPYRENO											0,71	1										
CODONELL	0,82			0,71						0,79			1									
VORTIMI			0,64											1								
AROTUNDA															1							
DTUBER														0,97	1							
CUNICOR								-0,69					0,60				1					
KCOCHLEA				0,60				-0,75									0,82	1				
POLYARTH								-0,60						0,61			0,82	0,70	1			
NOTODIAP				0,61														0,64		1		
NAUPLIO				0,60				-0,68					0,78				0,78	0,74	0,83		1	
TEMP	-0,76			-0,79				0,64		-0,84			-0,71					-0,60		-0,72	-0,66	
COND			0,86		0,64		0,75	-0,60						0,65					0,67	0,66		
OD%			-0,70				-0,60	0,83										-0,67	-0,85	-0,73	-0,59	-0,68
pH	0,75			0,78						0,89	0,77										0,63	
ORP			0,63					-0,80									0,71	0,89	0,73	0,68	0,74	
Z	0,75			0,88				-0,59		0,83			0,69			-0,58		0,67		0,79	0,68	
ZDS	-0,71		0,71				0,78			-0,73												
K	0,82		-0,64				-0,68			0,87	0,66		0,63									

TEMP= temperatura, COND= condutividade, OD%= percentual de saturação do oxigênio dissolvido, ORP= potencial de óxido-redução, Z= profundidade, ZDS= profundidade do disco de Secchi, k= coeficiente de atenuação vertical

erosa) apresentaram a maior correlação entre estes grupos. A velocidade do vento esteve correlacionada com a maioria das espécies de protistas, sendo que agora a direção do vento foi significativa para duas destas espécies. O aumento da turbidez foi acompanhado da redução na densidade em algumas espécies de rotíferos, cladóceros e copépodos, evidenciando quais destas que tendem a evitar um ambiente turbulento. Para o fitoplâncton, a diatomácea *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* mostrou que nem sempre um ambiente turbulento propicia um aumento na densidade destas, embora algumas cianobactérias podem beneficiar-se com tal evento. Sílica esteve positivamente correlacionada com a diatomácea *Aulacoseira distans*.

No verão (Tabela 8.6), relações entre protistas e algas não haviam sido significativas, agora estas ocorreram e de forma bastante distinta entre os gêneros, mostrando que nem sempre a correlação entre estas espécies zooplanctônicas e diatomáceas foram positivas e nem sempre negativas com cianobactérias, contrariando as generalizações. Para a correlação negativa assinalada entre rotíferos e diatomáceas agora ficou evidente que foi com respeito à diatomácea *Aulacoseira distans*. Contudo, em termos de cianobactérias as 3 espécies (*Anabaena circinalis*, *A. spiroides*, *Planktolyngbya limnetica*) exibiram correlação positiva com as espécies de rotíferos (exceção para o rotífero *Trichocerca capuccina*). A relação entre copépodos e outras divisões de algas, na realidade, foi estabelecida com base na correlação entre o calanoida (*Notodiaptomus incompositus*) e a clorofita (*Closterium acutum* var. *variabile*). A relação entre velocidade do vento e diatomáceas apontou para duas espécies (*Aulacoseira granulata* e *Surirella tenera*) como as que se beneficiaram com a ressuspensão. Contudo, para os protistas, nenhuma espécie foi significativamente correlacionada com o vento, mas sim o comportamento do grupo, o qual apontou para esta direção. Turbidez e sólidos suspensos apontaram para duas espécies de diatomáceas (*A. granulata* e *A. distans*) e especialmente uma de protista (*Arcella rotundata*) como indicadoras destas variáveis ambientais durante o verão. Espécies do fitoplâncton que apresentaram relações com nível d'água, não exibiram relações com a velocidade do movimento desta e vice-versa. Porém, para os protistas a relação com estas variáveis foi oposta para a mesma espécie. A velocidade d'água, na maioria das vezes, apresentou relação direta com o aumento da densidade dos indivíduos, mostrando que geralmente estas espécies planctônicas não ofereceram resistência e acompanharam o fluxo de deslocamento da água. Feopigmento esteve correlacionado com *A. distans* mostrando que a senescência desta espécie pode ter sido maior e que o rotífero *Euchlanis dilatata* pode ter tido influência, por pastejamento, sobre esta. A atividade de pastejamento, especialmente sobre espécies maiores ou formadoras de cadeia/filamentos, libera uma quantidade de fósforo prontamente assimilável pela biota, constituindo uma

Tabela 8.6 - Matriz de correlação (r - Pearson $p < 0,05$, $n = 33$) de variáveis físico-químicas, hidrometeorológicas e das espécies abundantes da comunidade planctônica durante o verão na Lagoa Itapeva

VAR	ADISTANS	AUGRANU	AUANGUS	NFRUTICO	NPALAE	STAUROSI	STENERA	ANACIR	ANASPIR	CLIMNE	CIMPER	PLIMNETI	CACUTUM	OOCYSTIS	CODONELL	TINTINN1	TINTINO1	VORTIMI	VORTIPQ	AROTUNDA	DTUBER	EDILATA	HINTERME	KCOCHLEA	KTROPICA	POLYARTH	POMPHOLI	TCAPUCCI	TCYLIN	BLONGIRO	BHAGMA	CCORNUTA	DIAPHANO	MOINA	NOTODIAP	NAUPLIO						
ADISTANS	1																																									
AUGRANU		1																																								
AUANGUS	-0,58		1																																							
NFRUTICO				1																																						
NPALAE					1																																					
STAUROSI		0,47				1																																				
STENERA							1																																			
ANACIR	-0,41		0,65					1																																		
ANASPIR	-0,47		0,67						1																																	
CLIMNE		-0,45	-0,43							1																																
CIMPER			-0,40					-0,35	-0,38	0,48	1																															
PLIMNETI												1																														
CACUTUM													1																													
OOCYSTIS														1																												
CODONELL	-0,40		0,37							-0,36					1																											
TINTINN1	-0,45		0,53						0,40	-0,38	-0,41					1																										
TINTINO1	0,64																1																									
VORTIMI	-0,34		0,63															1																								
VORTIPQ						0,44			0,71	0,56									1																							
AROTUNDA	0,43							-0,38	-0,41					-0,40																												
DTUBER	-0,36													0,35																												
EDILATA																																										
HINTERME	-0,55		0,49												0,58	0,41	0,51	-0,41																								
KCOCHLEA	-0,52		0,63					0,46	0,52				0,52	0,35	0,38	0,66	0,53	-0,40	0,55																							
KTROPICA	-0,47		0,75					0,52	0,58				0,53	0,35	0,35	0,51	0,46		0,64																							
POLYARTH																																										
POMPHOLI	-0,41												0,55	0,43	0,42	0,44		-0,38																								
TCAPUCCI			0,38	0,72		0,43		-0,37																																		
TCYLIN	-0,39		0,46	0,39		0,51	0,57																																			
BLONGIRO				0,35																																						
BHAGMA				0,49	0,38	0,38	-0,36	-0,40																																		
CCORNUTA				0,41		0,70																																				
DIAPHANO		-0,58				0,44	-0,37	-0,39																																		
MOINA			0,37			0,70																																				
NOTODIAP									0,61				0,58																													
NAUPLIO						0,49																																				
SS	0,48	0,43													-0,38			0,35	-0,36																							
NT		-0,44								0,40																																
PT		0,47																																								
TURB	0,48		-0,35													-0,49																										
VMED		0,54					0,42									-0,40																										
VMAX		0,51					0,38									-0,39																										
DIR																																										
K	0,40																	0,67																								
NIVEL	0,56	-0,55	-0,48					-0,39	-0,54							-0,42	-0,65	0,57																								
VELH2O				0,38	0,49	0,37	0,67									0,37	-0,40																									
PPL										-0,45																																
RESP																																										
CL a																		0,39																								
FEO	0,42																	0,61																								
SIL			-0,39															0,39																								

SS = sólido suspenso, NT= nitrogênio total, PT= fósforo total, TURB = turbidez, VMED = velocidade média do vento, VMAX = velocidade máxima do vento, DIR = direção do vento, k= coeficiente de atenuação vertical, NIV = nível d'água, VELH₂O = velocidade d'água, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, Cl a = clorofila a, FEO= feopigmento, SIL= sílica

importante fração na dinâmica do fosfato em alguns ambientes (Esteves, 1998). Talvez, isto também justifique a elevada correlação desta espécie de rotífero com a clorofila *a*. Correlações mais baixas neste sentido foram constatadas também para o protista *Tintinnopsis* sp1. Com relação aos nutrientes, *A. granulata* relacionou-se negativamente com o nitrogênio e positivamente com o fósforo, mostrando um maior consumo (ou menor oferta) de nitrogênio para o desenvolvimento desta.

No outono (Tabela 8.7), as duas espécies de diatomáceas abundantes estiveram correlacionadas com a maioria das espécies de protistas, porém com nenhuma espécie de cladóceros como havia ocorrido em nível de grupo, mostrando mais uma vez que, nem sempre o grupo como um todo é que dita tendências. As mesmas espécies de protistas relacionadas com as diatomáceas também apresentaram correlações positivas com as cianobactérias que não exibiram floração nesta estação. Correlação com *Anabaena circinalis* foi obtida com o rotífero *Polyarthra* spp. e, em menor extensão, com estágio náuplio de copépodo, indicando que estes zooplantontes se beneficiaram de alguma forma desta floração. Fora isto, *A. circinalis* somente esteve correlacionada com outra cianobactéria (*Anabaena spiroides*), que também exibiu alguns instantes de floração simultânea a esta, não sendo significativa a relação com nenhuma das variáveis ambientais analisadas. De fato, florações somente são fáceis de serem prognosticadas em situações de eutrofização. Fora isto, fatores mais complexos que envolvem a compreensão de eventos ambientais prévios, metabolismo e relação com demais organismos da biota, seriam de grande valia para sucessão fitoplanctônica. O forte efeito do *fetch* de SW foi responsável pelas correlações positivas entre vento e algumas espécies de protistas, principalmente em termos de velocidade máxima deste. Larvas de rotíferos também se beneficiaram desta ação, porém todos os copépodos exibiram relação inversa ao efeito deste. As variáveis ambientais influenciadas pela ação do vento (sólidos suspensos, turbidez, coeficiente de atenuação vertical e nutrientes) correlacionaram-se positivamente com a maioria das espécies de protistas, com as diatomáceas, com o estágio larval de rotífero e com as espécies de cianobactérias não formadoras de floração, mostrando que estas espécies foram beneficiadas por estas alterações nas características físico-químicas da água. Tanto que, nível d'água também esteve correlacionado com estas comunidades planctônicas e velocidade do movimento d'água em menor extensão. A produção primária e respiração mostraram relações inversas com estas espécies anteriormente apontadas. Isto porque o aumento da densidade, tanto do fitoplâncton quanto do zooplâncton, contribuiu para um maior consumo de oxigênio no sistema, além do que foi produzido via atividade fotossintética. Espécies zooplanctônicas maiores (rotíferos, cladóceros e copépodos) estiveram mais envolvidas com o aumento de clorofila *a*, enquanto que a senescência e/ou

herbivoria nestas foi principalmente relacionada a pequenos ciliados (vorticelídeos) e ao grande calanoida *Notodiptomus incompositus*.

No inverno/99 (Tabela 8.8), a relação entre espécies de protistas e de diatomáceas geralmente foram positivas, com exceção do ciliado *Vorticella microstoma*. As cianobactérias estiveram fortemente correlacionadas com os outros grupos zooplanctônicos, sendo que estas relações ocorreram para a grande maioria das espécies destes e, especialmente, com as espécies de *Anabaena*. Apenas a espécie de calanoida não exibiu correlações significantes com nenhuma espécie fitoplanctônica. Velocidade do vento novamente esteve correlacionada positivamente com a maioria das espécies de protistas (negativamente com *V. microstoma*) e com a diatomácea *Aulacoseira granulata*. A direção do vento de NNE para W acompanhou, em menor escala, o aumento da densidade de duas espécies de diatomáceas e uma tecameba. Variáveis ambientais decorrentes da ação do vento estiveram fortemente e positivamente correlacionadas com diatomáceas (*A. granulata* e *Surirella tenera*), com a cianobactéria (*Cyanodiction imperfectum*) e com os protistas (excetuando os vorticelídeos). O aumento do nível d'água apontou para as espécies que não acompanharam em densidade este comportamento, como também as que se beneficiaram deste efeito. Não somente espécies do zooplâncton, especialmente protistas, estiveram relacionadas com o maior consumo de oxigênio, mas a correlação com a diatomácea *A. granulata* foi maior, tanto que parece ter interferido inclusive nas taxas de produção primária líquida. Por outro lado, um aumento de biomassa em termos de clorofila *a* esteve mais fortemente relacionado com espécies de cianobactérias e, em menor extensão, com a diatomácea *S. tenera*. Conteúdo de sílica esteve negativamente e fracamente relacionado com as duas espécies de diatomáceas mais correlacionadas com a maioria das variáveis ambientais.

Relações das espécies de diatomáceas e cianobactérias exibiram fortes tendências sazonais, tanto dentro do mesmo grupo quanto entre estes (Tabelas 8.5 a 8.8). Espécies de *Aulacoseira* exibiram correlações negativas entre si durante as estações quentes do ano (primavera e verão), onde as densidades de diatomáceas geralmente foram maiores, apontando para uma maior competição entre estas. Porém, nas estações frias do ano (outono e inverno/99) as correlações entre as mesmas foram mais elevadas e positivas, evidenciando um maior sinergismo no sentido de competir com as espécies do estágio final da sucessão fitoplanctônica, as cianobactérias.

Em termos de clorofila *a*, correlações mais elevadas e frequentes com espécies da comunidade zooplanctônica mostraram uma tendência a aumentar em direção às estações frias (outono e inverno/99) (Tabelas 8.5 a 8.8). Talvez a maior mineralização de nutrientes

provocada por ventos mais intensos de um lado e/ou um aumento na atividade de pastejamento do zooplâncton do outro tenham contribuído para este aumento de biomassa fitoplanctônica.

Análise de Agrupamento (*cluster*)

Os resultados aqui apresentados foram discutidos em relação aos grupos (1ª análise) e espécies dominantes/abundantes (2ª análise) da comunidade planctônica. Assim, tornou-se mais nítido a interferência de determinadas espécies nos agrupamentos formados com nível taxonômico mais elevado. Também foi possível visualizar a influência sazonal destes organismos nos agrupamentos das amostras.

Assim, dados do inverno/98 baseado nos grupos planctônicos (Fig. 8.1) revelaram que a amostra do ponto Centro no final do dia (18h) esteve distanciada das demais, sendo que a segunda divisão separou os turnos do ponto Norte dos restantes. Com relação aos dados das espécies planctônicas, uma inversão entre estas divisões foi constatada (Fig. 8.6). Isto porque na 1ª análise, as cianobactérias juntamente com as diatomáceas foram os grupos planctônicos mais distintos, onde no turno da tarde no Centro picos sucessivos entre estas foram nitidamente representados (*capítulo 7*, Fig. 7.11). Contudo na 2ª análise, a diatomácea abundante no Centro (*Aulacoseira cf. italica*) esteve na divisão abaixo de *Codonella* sp. (protista), mostrando que as alterações ocorrentes foram vinculadas à densidade deste zooplantonte. Um fator que foi determinante em distanciar o ponto Norte dos demais foi o potencial de oxidação-redução (ORP), por apresentar valores sempre negativos no Norte e positivos nos demais pontos (*capítulo 4*). Aqui ficou claro que algumas relações podem ficar mascaradas ou ampliadas quando a discriminação é feita em termos de grupos ou espécies.

Contudo, na primavera ambas análises exibiram divisões nos *clusters* bastante semelhantes, pelo menos nas maiores distâncias (Figs. 8.2 e 8.7). A separação das amostras do Norte no meio do turno da manhã (10h), no 3º e 2º dias respectivamente, das demais esteve intimamente relacionada com alta densidade relativa de cianobactérias, mais precisamente *Anabaena circinalis* (*capítulo 7*, Fig. 7.13). As diatomáceas, especialmente *Aulacoseira granulata*, foram responsáveis pelas demais divisões, devido à dominância desta espécie em alguns turnos na lagoa (*capítulo 7*, Fig. 7.13).

No verão ambas análises exibiram bastante semelhança nas divisões quanto à composição planctônica, porém com pequenas alterações no arranjo das amostras (Figs. 8.3 e 8.8). Estas pequenas alterações foram devido à análise de grupos ter separado as cianobactérias do restante, sendo que estas apresentaram densidades relativas maiores nas

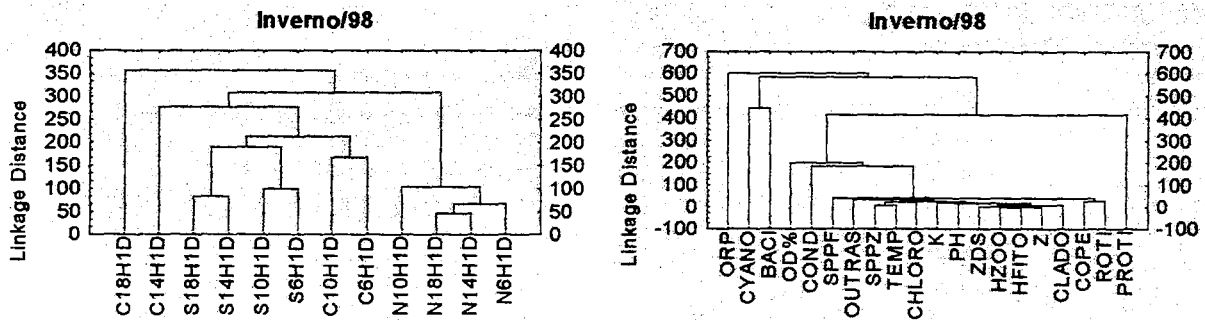


Figura 8.1- Agrupamento dos dados da comunidade plancônica e variáveis ambientais durante o inverno/98 (Ago/98) na Lagoa Itapeva (grupos). N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, BACI= Bacillariophyta, CYANO= Cyanophyta, CHLORO=Chlorophyta, OUTRAS= outras divisões de algas, PROTI= Protistas, ROTI= Rotifera, CLADO= Cladocera, COPE= Copepoda, SPPF= riqueza fitoplanctônica, SPPZ= riqueza zooplanctônica, HFITO= diversidade do fitoplâncton, HZOO= diversidade do zooplâncton, ORP= potencial de óxido-redução, OD%= percentual de saturação do oxigênio dissolvido, COND= condutividade, TEMP= temperatura, K= coeficiente de atenuação vertical, PH= pH, Z= profundidade, ZDS= transparência Secchi

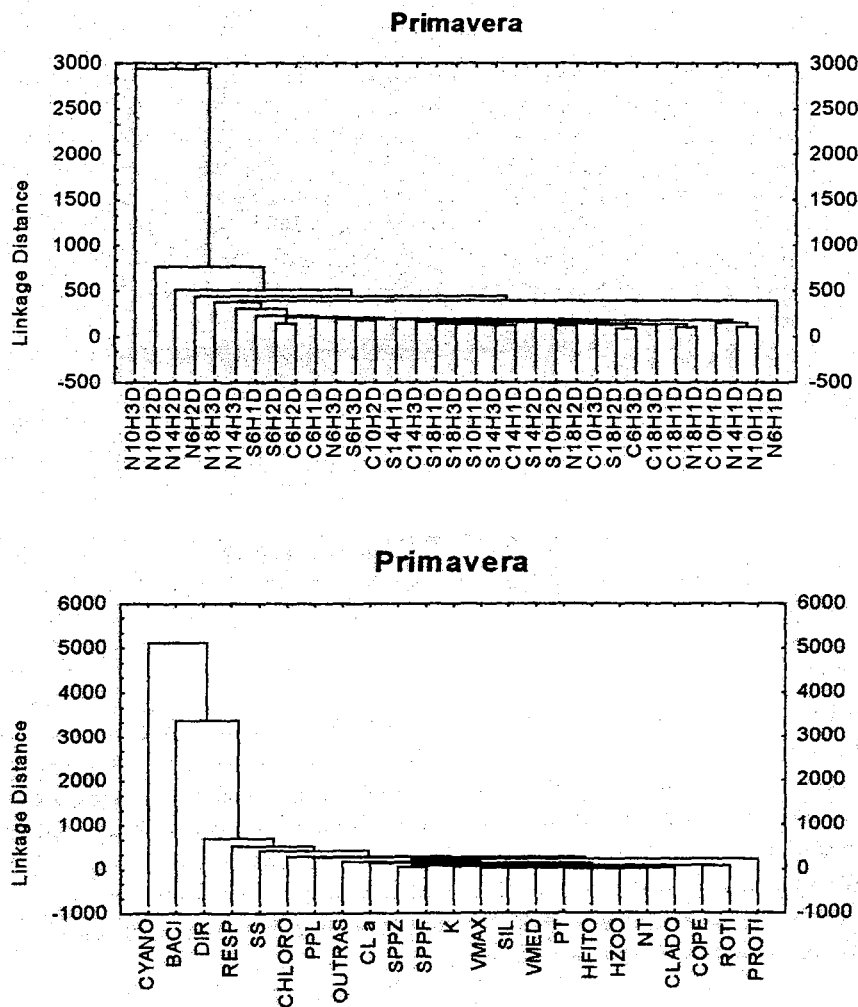


Figura 8.2- Agrupamento dos dados da comunidade plancônica e variáveis ambientais durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva. (grupos) N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia, BACI= Bacillariophyta, CYANO= Cyanophyta, CHLORO= Chlorophyta, OUTRAS= outras divisões de algas, PROTI= Protistas, ROTI= Rotifera, CLADO= Cladocera, COPE= Copepoda, SPPF= riqueza fitoplanctônica, SPPZ= riqueza zooplanctônica, HFITO= diversidade do fitoplâncton, HZOO= diversidade do zooplâncton, VMED= velocidade média do vento, VMAX= velocidade máxima do vento, DIR= direção do vento, SS= sólidos suspensos, TURB= turbidez, NT= nitrogênio total, PT= fósforo total, SIL= sílica, CL a= clorofila a, FEO= feopigmentos, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, K= coeficiente de atenuação vertical

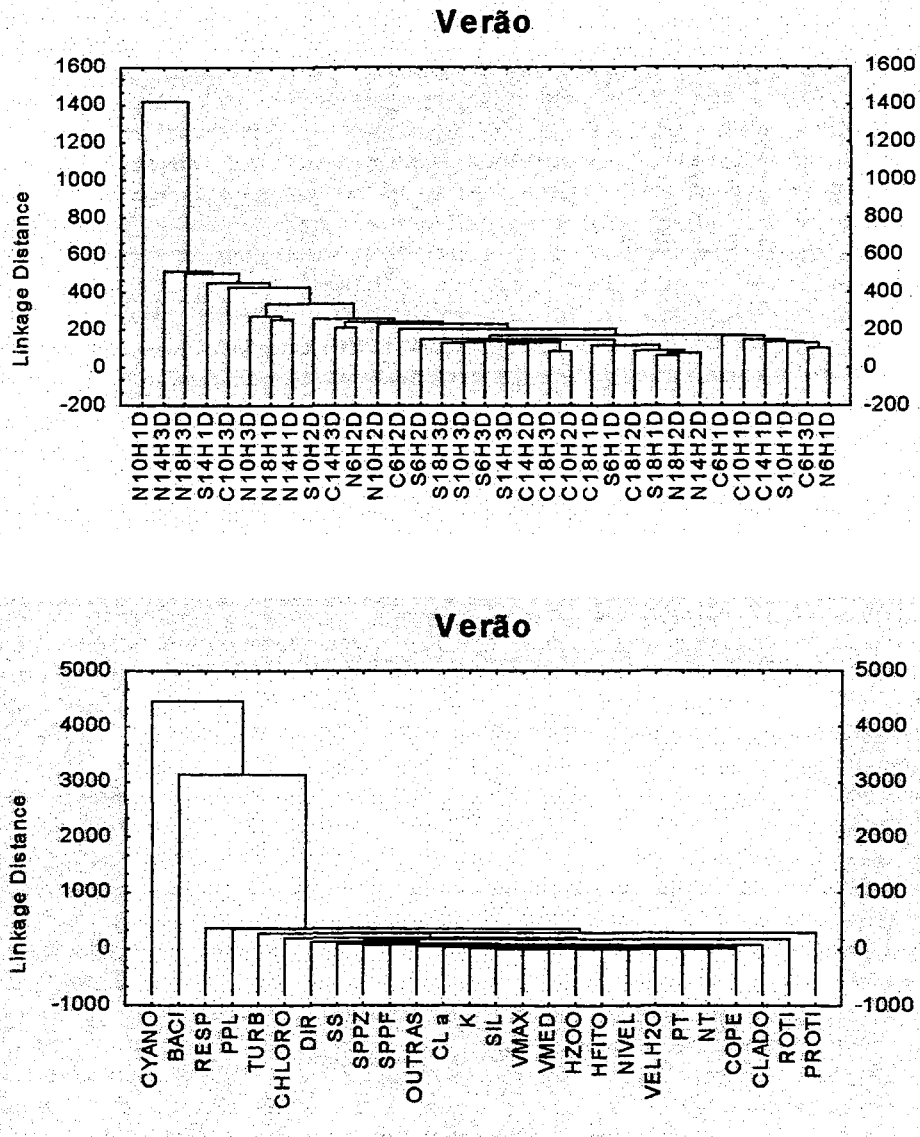


Figura 8.3- Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva. (grupos) N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia, BACI= Bacillariophyta, CYANO= Cyanophyta, CHLORO= Chlorophyta, OUTRAS= outras divisões de algas, PROTI= Protistas, ROTI= Rotifera, CLADO= Cladocera, COPE= Copepoda, SPPF= riqueza fitoplanctônica, SPPZ= riqueza zooplanctônica, HFITO= diversidade do fitoplâncton, HZOO= diversidade do zooplâncton, VMED= velocidade média do vento, VMAX= velocidade máxima do vento, DIR= direção do vento, SS= sólidos suspensos, TURB= turbidez, NT= nitrogênio total, PT= fósforo total, SIL= sílica, CL a= clorofila a, FEO= feopigmentos, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, K= coeficiente de atenuação vertical, NIVEL= nível d'água, VELH2O= velocidade do movimento d'água

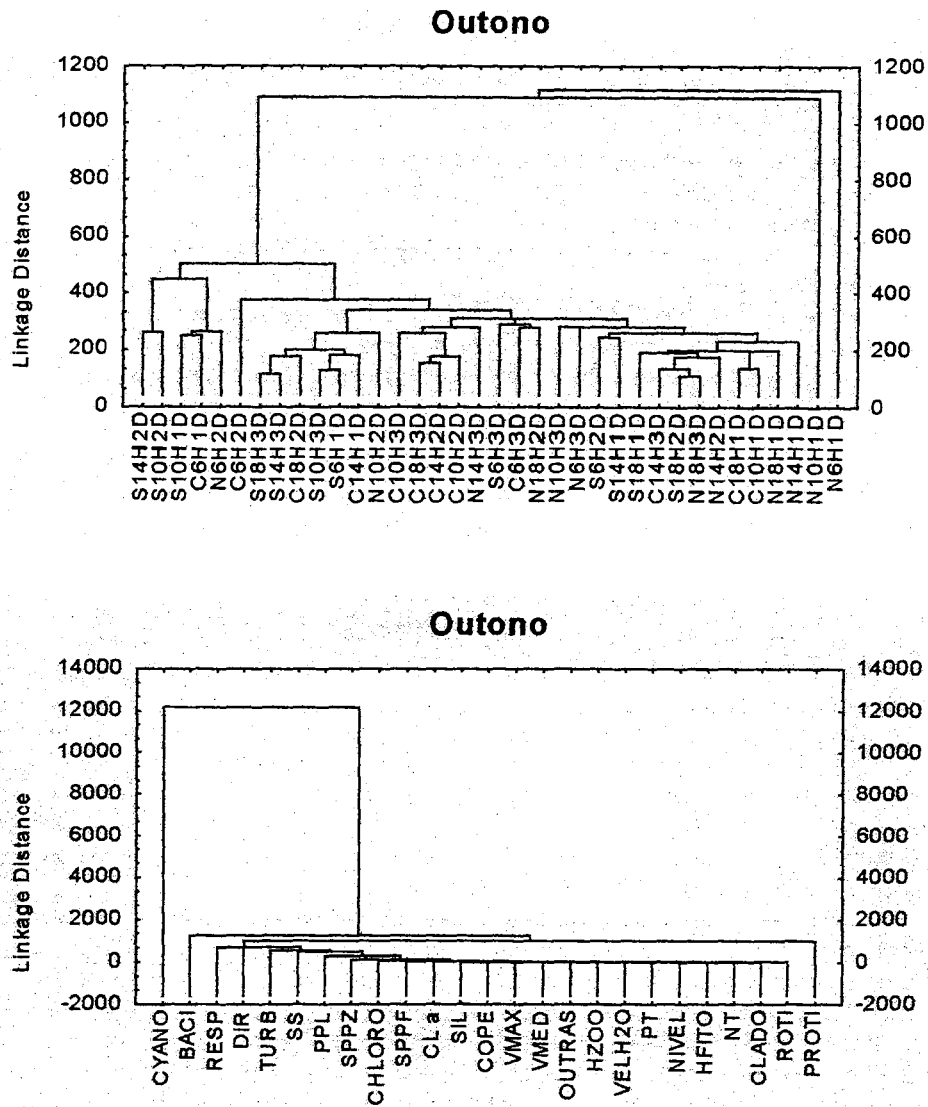


Figura 8.4- Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva. (grupos) N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia, BACI= Bacillariophyta, CYANO= Cyanophyta, CHLORO= Chlorophyta, OUTRAS= outras divisões de algas, PROTI= Protistas, ROTI= Rotifera, CLADO= Cladocera, COPE= Copepoda, SPPF= riqueza fitoplanctônica, SPPZ= riqueza zooplanctônica, HFITO= diversidade do fitoplâncton, HZOO= diversidade do zooplâncton, VMED= velocidade média do vento, VMAX= velocidade máxima do vento, DIR= direção do vento, SS= sólidos suspensos, TURB= turbidez, NT= nitrogênio total, PT= fósforo total, SIL= sílica, CL a= clorofila a, FEO= feopigmentos, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, K= coeficiente de atenuação vertical, NIVEL= nível d'água, VELH2O= velocidade do movimento d'água

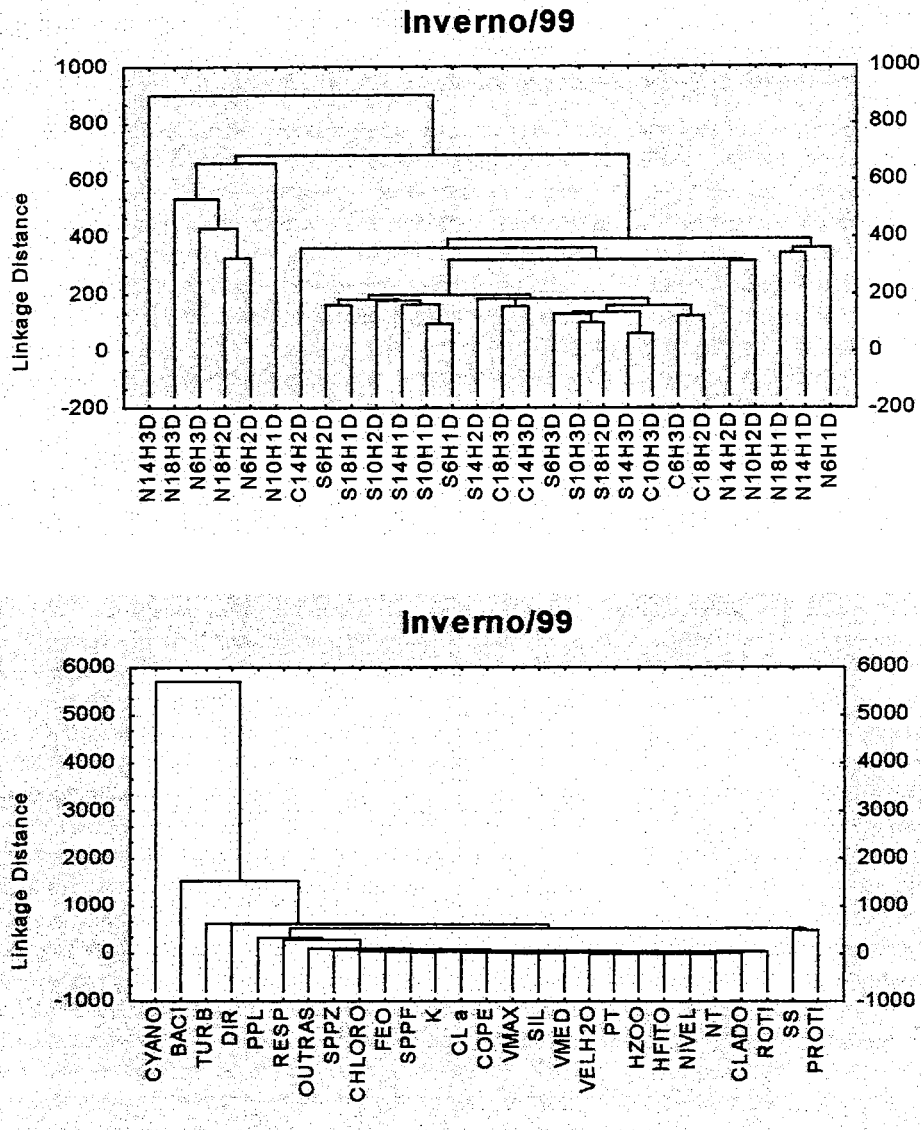


Figura 8.5- Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante o inverno/99 (Ago/99) na Lagoa Itapeva. (grupos) N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia, BACI= Bacillariophyta, CYANO= Cyanophyta, CHLORO= Chlorophyta, OUTRAS= outras divisões de algas, PROTI= Protistas, ROTI= Rotifera, CLADO= Cladocera, COPE= Copepoda, SPPF= riqueza fitoplanctônica, SPPZ= riqueza zooplanctônica, HFITO= diversidade do fitoplâncton, HZOO= diversidade do zooplâncton, VMED= velocidade média do vento, VMAX= velocidade máxima do vento, DIR= direção do vento, SS= sólidos suspensos, TURB= turbidez, NT= nitrogênio total, PT= fósforo total, SIL= sílica, CL a= clorofila a, FEO= feopigmentos, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, K= coeficiente de atenuação vertical, NIVEL= nível d'água, VELH2O= velocidade do movimento d'água

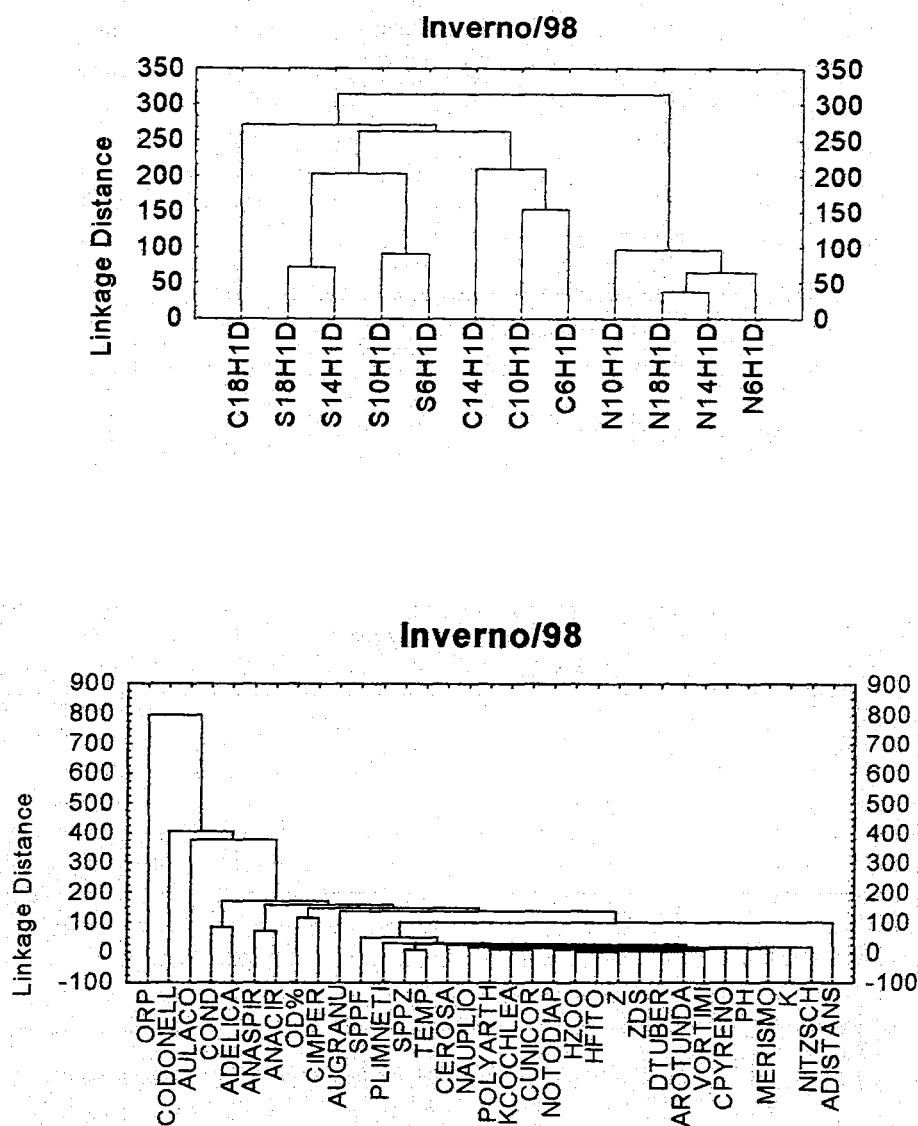


Figura 8.6- Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante o inverno/98 (Ago/98) na Lagoa Itapeva (espécies). N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, SPPF= riqueza fitoplanctônica, SPPZ= riqueza zooplanctônica, HFITO= diversidade do fitoplâncton, HZOO= diversidade do zooplâncton, ORP= potencial de óxido-redução, OD%= percentual de saturação do oxigênio dissolvido, COND= condutividade, TEMP= temperatura, K= coeficiente de atenuação vertical, PH= pH, Z= profundidade, ZDS= transparência Secchi (obs.: código para espécies na lista de abreviaturas)

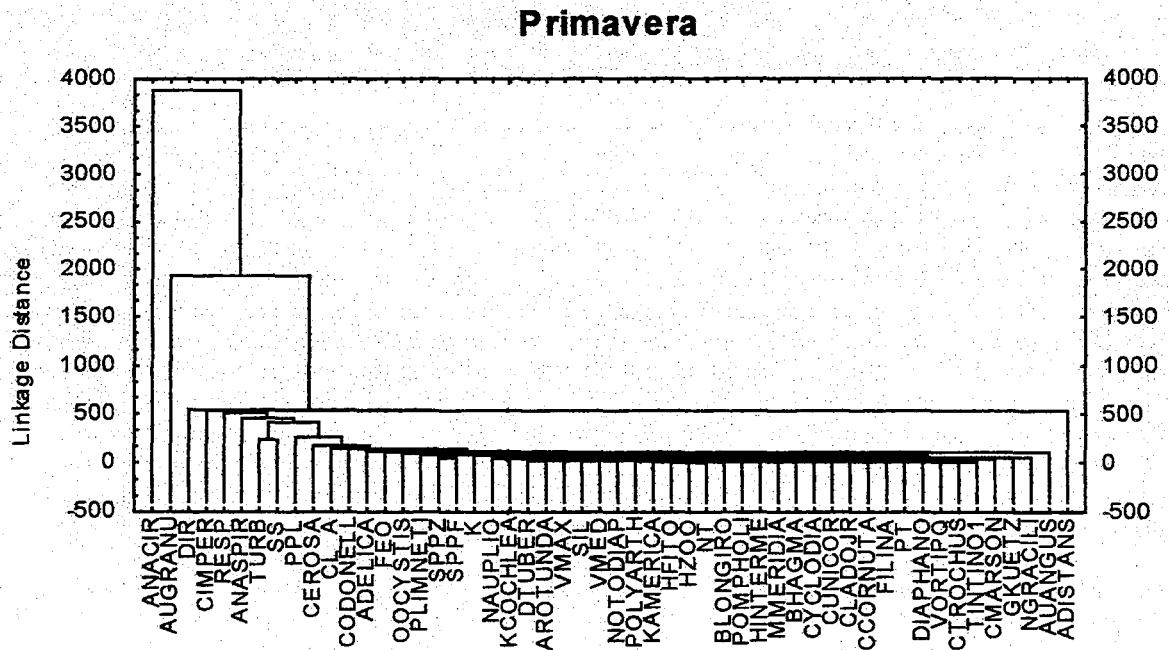
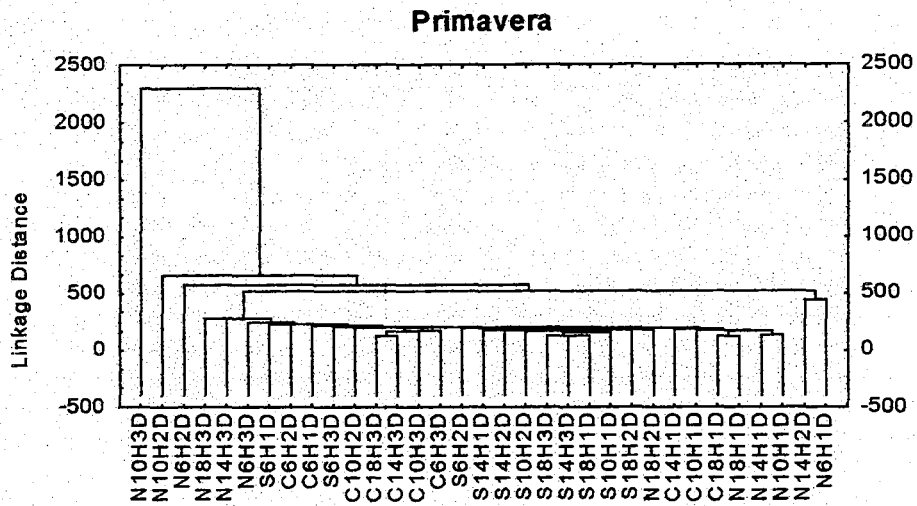


Figura 8.7- Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante a primavera (Dez/98) na Lagoa Itapeva (espécies). N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia, SPPF= riqueza fitoplanctônica, SPPZ= riqueza zooplanctônica, HFITO= diversidade do fitoplâncton, HZOO= diversidade do zooplâncton, VMED= velocidade média do vento, VMAX= velocidade máxima do vento, DIR= direção do vento, SS= sólidos suspensos, TURB= turbidez, NT= nitrogênio total, PT= fósforo total, SiL= sílica, CL a= clorofila a, FEO= feopigmentos, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, K= coeficiente de atenuação vertical (obs.: código para espécies na lista de abreviaturas)

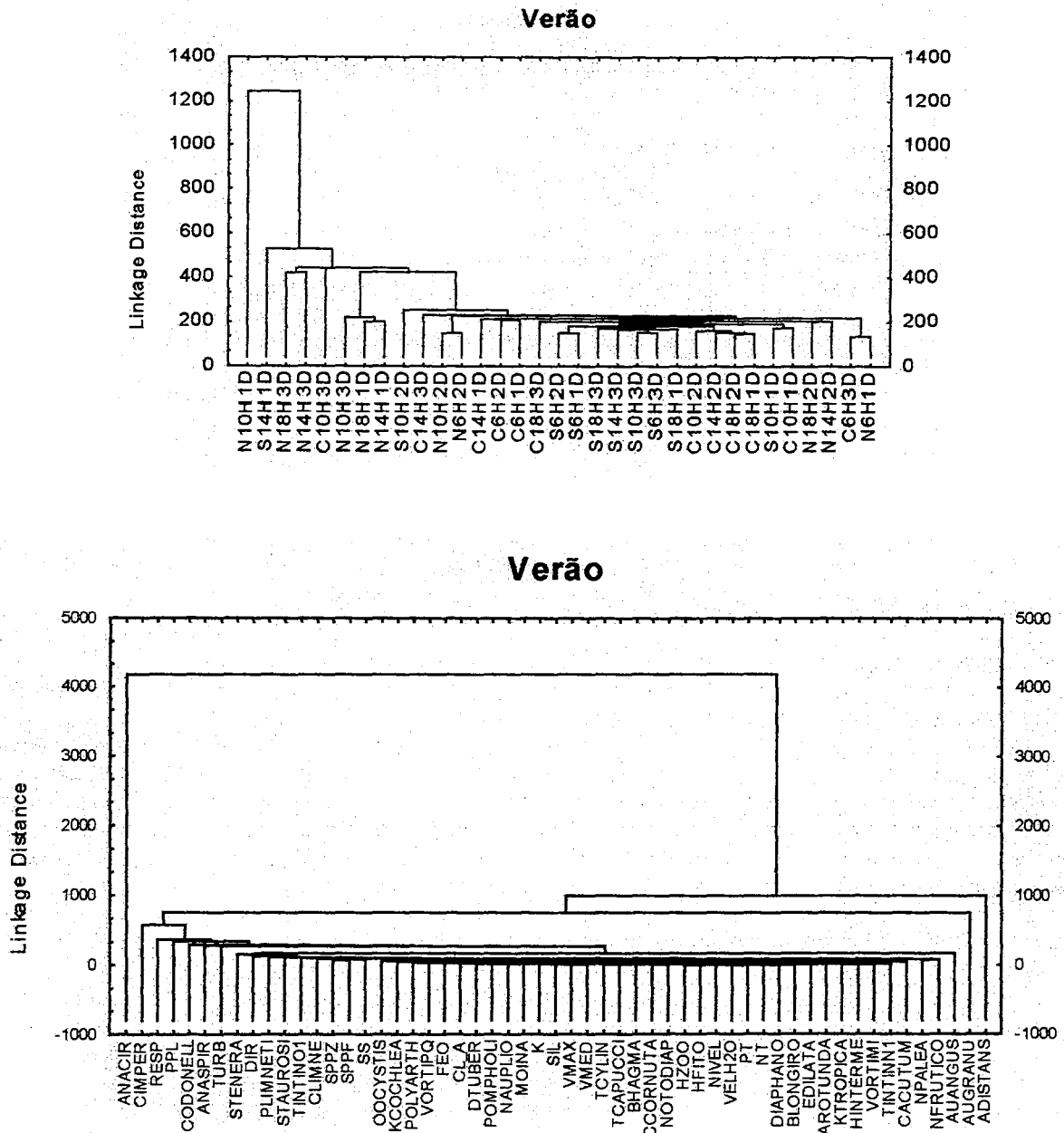


Figura 8.8- Agrupamento dos dados da comunidade plânctônica e variáveis ambientais durante o verão (Mar/99) na Lagoa Itapeva (espécies). N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia, SPPF= riqueza fitoplânctônica, SPPZ= riqueza zooplânctônica, HFITO= diversidade do fitoplâncton, HZOO= diversidade do zooplâncton, VMED= velocidade média do vento, VMAX= velocidade máxima do vento, DIR= direção do vento, SS= sólidos suspensos, TURB= turbidez, NT= nitrogênio total, PT= fósforo total, SIL= sílica, CL= clorofila a, FEO= feopigmentos, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, K= coeficiente de atenuação vertical, NIVEL= nível d'água, VELH2O= velocidade do movimento d'água (obs.: código para espécies na lista de abreviaturas)

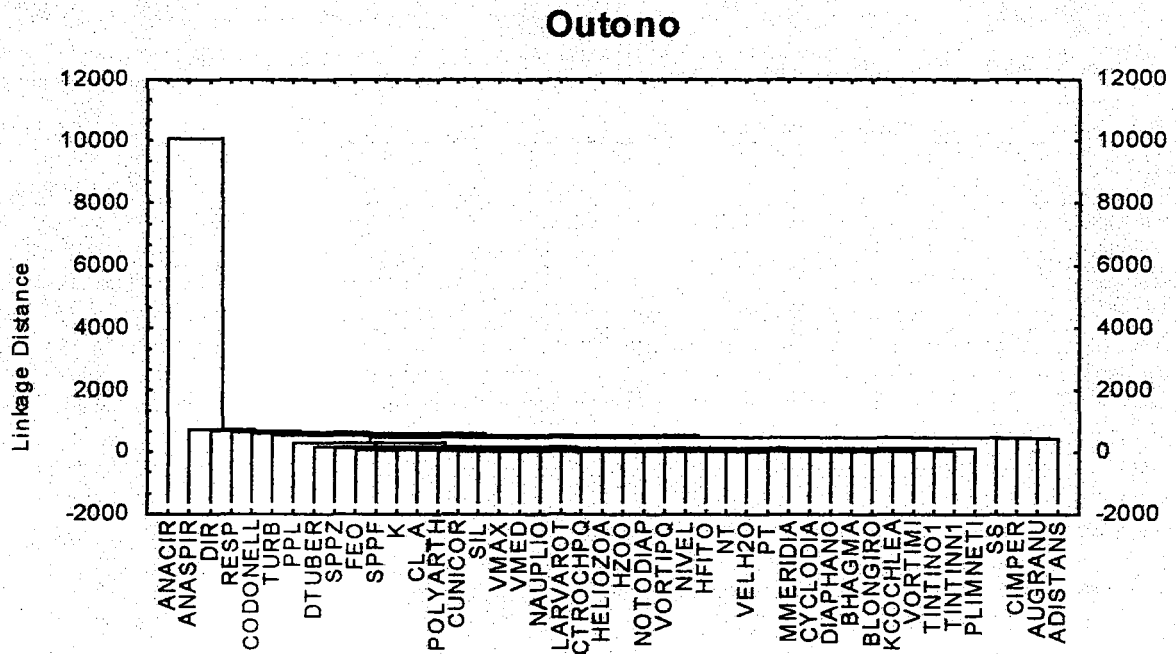
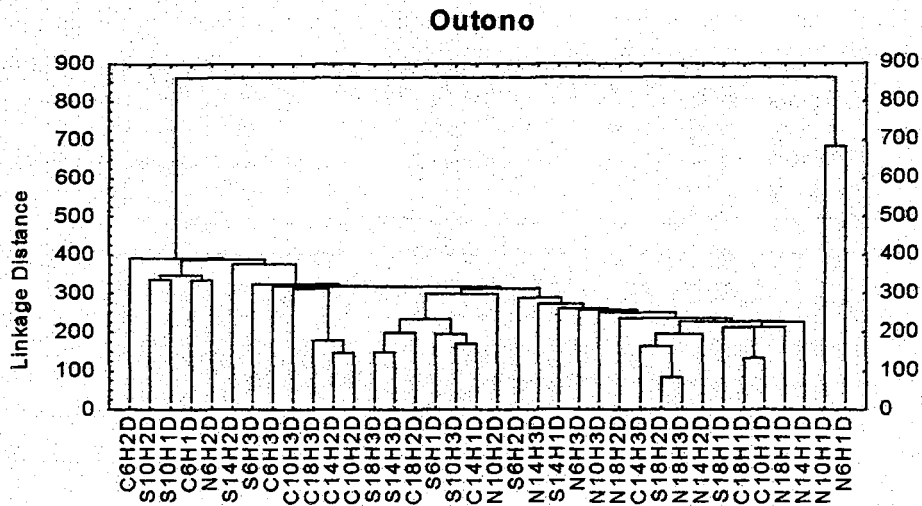


Figura 8.9- Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante o outono (Mai/99) na Lagoa Itapeva (espécies). N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia, SPPF= riqueza fitoplanctônica, SPPZ= riqueza zooplanctônica, HFITO= diversidade do fitoplâncton, HZOO= diversidade do zooplâncton, VMED= velocidade média do vento, VMAX= velocidade máxima do vento, DIR= direção do vento, SS= sólidos suspensos, TURB= turbidez, NT= nitrogênio total, PT= fósforo total, SIL= sílica, CL a= clorofila a, FEO= feopigmentos, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, K= coeficiente de atenuação vertical, NIVEL= nível d'água, VELH2O= velocidade do movimento d'água (obs.: código para espécies na lista de abreviaturas)

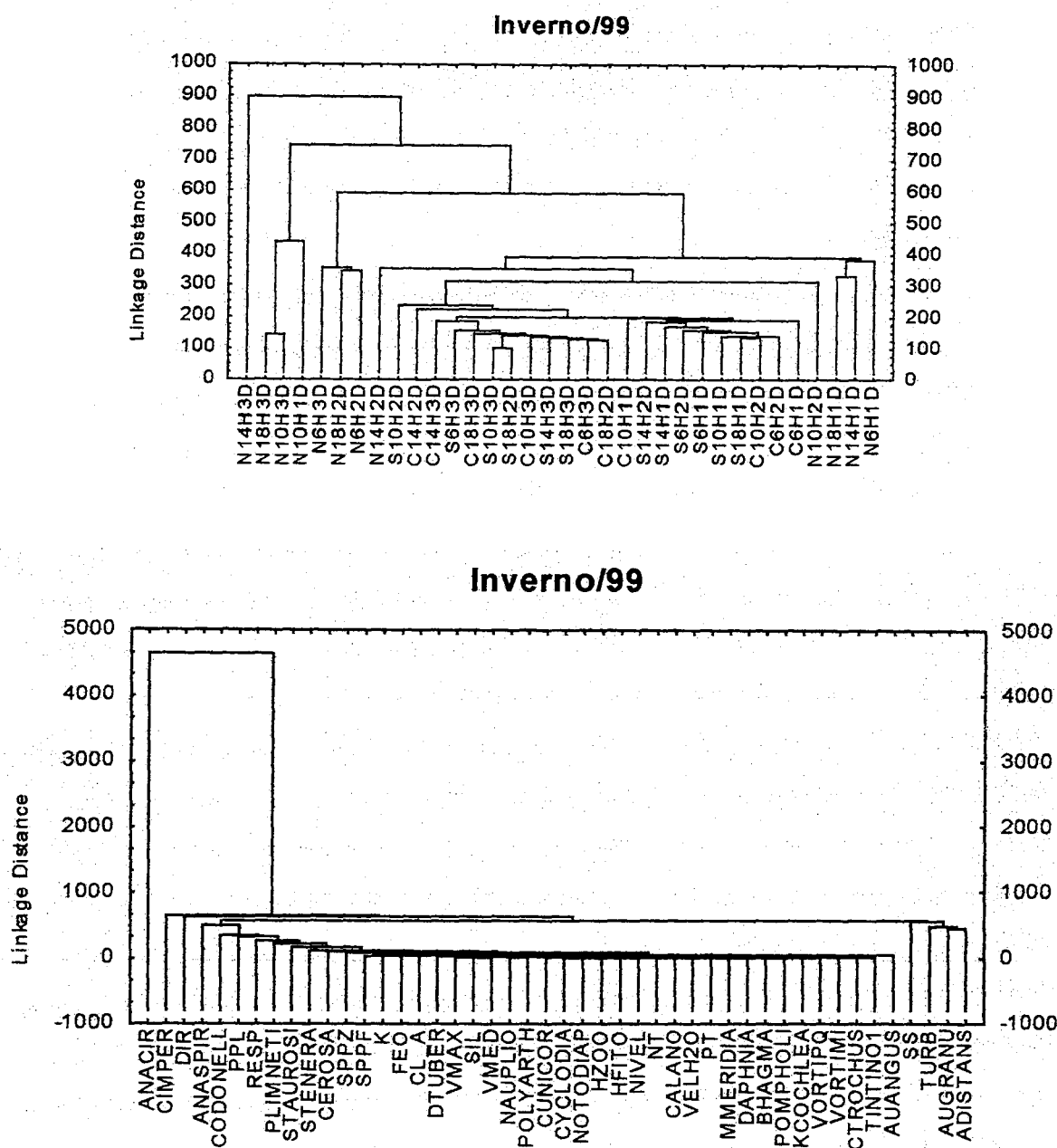


Figura 8.10- Agrupamento dos dados da comunidade planctônica e variáveis ambientais durante o inverno/99 (ago/99) na Lagoa Itapeva (espécies). N= Norte, C= Centro, S= Sul, 1= 1º dia, 2= 2º dia, 3= 3º dia, SPPF= riqueza fitoplanctônica, SPPZ= riqueza zooplanctônica, HFITO= diversidade do fitoplâncton, HZOO= diversidade do zooplâncton, VMED= velocidade média do vento, VMAX= velocidade máxima do vento, DIR= direção do vento, SS= sólidos suspensos, TURB= turbidez, NT= nitrogênio total, PT= fósforo total, SIL= sílica, CL a= clorofila a, FEO= feopigmentos, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, K= coeficiente de atenuação vertical, NIVEL= nível d'água, VELH2O= velocidade do movimento d'água (obs.: código para espécies na lista de abreviaturas)

amostras do ponto Norte (10h 1º dia e 14-18h 3º dia). Embora *Anabaena circinalis* (cianobactéria) tivesse estado distanciada das demais, a interferência da espécie subsequente na segunda divisão, *Aulacoseira distans* (diatomácea), impôs a sua importância no rearranjo dos pontos de amostragem. Com isso, o turno do Sul (14h 1º dia) foi separado imediatamente após o Norte (10h 1º dia), por ter sido registrado a maior densidade de *A. circinalis* no Sul durante esta campanha.

No outono a semelhança entre ambas análises (grupos e spp.) voltou a ocorrer, estando esta relacionada diretamente à floração de cianobactérias na lagoa (Figs. 8.4 e 8.9). A maior aproximação dos turnos da manhã no Norte entre si (6-10h 1º dia), distanciando-os dos demais, esteve vinculado ao forte efeito do *fetch* de SW conforme já havia sido constatado (*capítulo 7*). Neste instante, picos de diatomáceas (*capítulo 7*, Fig. 7.12) e de protistas (*capítulo 7*, Fig. 7.28) ocorreram neste local como resultado da ressuspensão. Por isso, estes grupos estiveram separados das demais variáveis na segunda divisão. Quanto às espécies, *Anabaena spiroides* esteve levemente destacada na segunda divisão, por ter sido registrada florações esporádicas desta acompanhando a de *A. circinalis*.

No inverno os agrupamentos de ambas análises também apresentaram pequenas alterações devido ao efeito sinérgico das espécies de cianobactérias no grupo (Figs. 8.5 e 8.10). Estes pequenos rearranjos nas amostras mais distantes do Norte na 2ª análise estiveram diretamente vinculados a uma maior contribuição de *Cyanodiction imperfectum* nestes momentos. Visto que o momento máximo da floração de *Anabaena circinalis* no Norte (14h 3º dia), registrada no inverno somente neste ponto da lagoa, propiciou a separação na primeira divisão de ambas análises. Além disso, ficou mais nítido que a separação dos turnos do 1º dia no Norte foi fortemente influenciado por efeitos hidrodinâmicos na água ressuspendendo partículas (SS e turbidez), inclusive diatomáceas (Fig. 8.10).

Estas análises de agrupamento apontaram para o fitoplâncton como o componente da comunidade planctônica responsável pela separação sazonal das amostras. Neste, as cianobactérias, especialmente *Anabaena circinalis*, ocuparam um lugar de destaque. As diatomáceas ficaram em segundo plano, interferindo no rearranjo destas especialmente nas análises com os dados de espécies. O zooplâncton, com exceção do inverno/98, parece pouco ter interferido nos agrupamentos das amostras, onde a sua participação mais efetiva foi somente com relação às mais similares (distâncias menores).

Análise de espécie indicadora (TWINSPAN)

A inadequação de critérios aplicada para lagoas brasileiras tem sido enfatizada por Esteves (1988 *apud* Huszar et al., 1998), verificando que indicadores usados amplamente na tipologia de lagos temperados não servem para águas tropicais. Huszar et al. (1998) sugeriram

que espécies fitoplanctônicas podem ser mais úteis que estes índices tróficos para a classificação de condições em lagoas tropicais.

A análise classifica simultaneamente espécies e amostras, onde apontou para 12 espécies fitoplanctônicas e 9 espécies zooplanctônicas como indicadoras das alterações sazonais da comunidade ocorridas na Lagoa Itapeva. De fato, as espécies indicadoras identificadas não foram dominantes em nenhuma situação, conforme já havia alertado Lung'Ayia et al. (2000). Talvez, devido às espécies dominantes e/ou abundantes serem normalmente residentes na lagoa, de pouco serviriam como indicadoras das mudanças sazonais na distribuição planctônica. Porém, as espécies assinaladas na análise como indicadoras foram características para as amostras separadas também por esta, onde o grupo planctônico à que pertenciam, geralmente, apresentou uma maior representatividade (densidade relativa) correspondente às amostras em questão (*capítulo 7*).

Quanto à comunidade fitoplanctônica (Tabela 8.9), durante o inverno/98 uma espécie foi responsável pela separação da comunidade no primeiro nível, *Monoraphidium tortile*, uma clorofita que foi registrada somente para o ponto Sul nesta estação do ano. Como esta análise classifica simultaneamente as amostras, os turnos de amostragem do Sul estiveram separados dos demais. Embora a maior densidade fitoplanctônica tivesse sido registrada no Centro, a maior diversidade e riqueza nesta estação do ano foram obtidas no Sul (*capítulo 7*). Além disso, das 24 espécies registradas exclusivamente para o Sul no inverno/98, apenas *M. tortile* obteve registro em todos os turnos de amostragem, sendo, portanto a espécie mais representativa.

Tabela 8.9- Espécies indicadoras (TWINSPAN) do fitoplâncton nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva

FITOPLÂNCTON	inverno/98	primavera	verão	outono	inverno/99
nº spp	103	106	93	69	80
nº amostras	12	34	36	36	35
spp indicadoras	Mtortile	Lagerhe Anaspir Anabae1	Surirel2 Staurosi Sovata Stenera Marcuatu	Trylevi Surirel2	Adelica Staurosi Stenera Surirell Surirel2

Mtortile= *Monoraphidium tortile*, Lagerhe= *Lagerheimia ciliata*, Anaspir= *Anabaena spiroides*, Anabae1= *Anabaena sp1.*, Surirel2= *Surirella sp2.*, Staurosi= *Staurosira construens*, Sovata= *Surirella ovata var. minuta*, Stenera= *Surirella tenera*, Marcuatu= *Monoraphidium arcuatum*, Trylevi= *Tryblionella levidensis*, Adelica= *Aphanocapsa delicatissima*, Surirell= *Surirella sp1.*

Durante a primavera, duas espécies de cianobactérias e uma clorofita foram apontadas como indicadoras, permanecendo cada grupo em lados opostos na dicotomia (Tabela 8.9). O 2º e 3º dias do Norte, com os turnos da tarde no 3º dia dos demais pontos, também estiveram

separados dos demais, sendo que destes, o 3º dia no Norte às 10h foi o ponto mais distante. Justamente nesta posição as cianobactérias indicadoras (*Anabaena spiroides* e *Anabaena* sp1.) obtiveram as maiores densidades. Por outro lado, a espécie de clorofita (*Lagerheimia ciliata*) esteve ausente nestes dois dias no Norte, onde a sua maior densidade foi registrada para o 1º dia de campanha em todos os pontos, justificando a sua posição no outro lado da dicotomia.

No verão, quatro espécies de diatomáceas foram indicadoras pela primeira vez na lagoa estando juntas de um lado da dicotomia, enquanto que, a clorofita (*Monoraphidium arcuatum*) representou a outra parte (Tabela 8.9). As amostras separaram, principalmente, o 1º dia em toda a lagoa dos demais. A clorofita caracterizou este agrupamento de amostras, por ter ocorrido somente nestas situações, por outro lado, as diatomáceas foram mais características nos demais dias de campanha para todos os pontos.

As duas diatomáceas indicadoras no outono estiveram do mesmo lado da dicotomia (Tabela 8.9), onde as amostras que foram caracterizadas por esta na separação foram o 1º dia (6-14h) e 3º dia (6-10h) no Norte. O outono havia sido caracterizado por uma floração de cianobactéria (*Anabaena circinalis*) em toda a lagoa. Além disso, uma acentuada característica climática havia sido registrada por conta do forte efeito do *fetch* de SW, especialmente no ponto Norte no início da campanha. Assim, estas diatomáceas que vivem geralmente na superfície do sedimento (epipélicas) tornam-se presentes na coluna d'água em situações de turbulência, causada principalmente pelo vento em lagoas rasas. Embora outras espécies de diatomáceas tivessem obtido densidades elevadas neste momento inicial do *fetch*, estas não repetiram uma maior representatividade somente no final da campanha no Norte, como *Tryblionella levidensis* e *Surirella* sp2. fizeram.

Cianobactérias que tendem a monopolizar o ambiente durante as florações, conseguem tal efeito através da produção de substâncias que decrescem o desenvolvimento de outros grupos de algas (Dumont, 1977). É provável que este efeito tenha ocorrido, uma vez que se verificou diminuição na diversidade média registrada neste período ($H= 1,07$), como também ocorreu em relação à riqueza (média de 15 spp.). Assim, os grupos de algas que não competem diretamente pelos níveis superficiais da coluna d'água, como as cianobactérias fazem, especialmente durante florações, apresentam uma maior capacidade de adaptação e sobrevivência em tal condição, como as diatomáceas por exemplo.

No inverno, três espécies de diatomáceas indicadoras (*Surirella tenera*, *Surirella* sp1. e *Surirella* sp2.) separaram-se da cianobactéria (*Aphanocapsa delicatissima*) e da diatomácea (*Staurosira construens*) por caracterizarem o ponto Norte, que esteve separado dos outros pontos com relação às amostras. Assim, o primeiro grupo fitoplanctônico, onde as três

espécies de diatomáceas foram indicadoras, melhor caracterizaram o efeito do *fetch* que novamente teve efeito no Norte no início da campanha. Contudo, o outro grupo, caracterizado pela cianobactéria e diatomácea foram indicadoras do efeito do *fetch* inverso (NE) que teve reflexos mais intensos nos outros pontos da lagoa.

Curiosamente, invernos de anos sucessivos separaram pontos extremos da lagoa. O inverno chuvoso (ago/98) distanciou a comunidade fitoplanctônica do Sul com relação ao restante da lagoa. Por outro lado, o rigoroso inverno do ano seguinte (ago/99) separou a comunidade do outro extremo, ponto Norte, das demais. Como alterações climáticas estão ocorrendo a cada ano, torna-se cada vez mais difícil estabelecer um padrão unimodal sazonal, sendo possível associar estes padrões a determinados eventos ambientais em escala de tempo diferente. Assim, a adoção dos termos de estações do ano aqui efetuada é meramente indicativa da escala temporal anual, podendo ocorrer flutuações nestas em função das condições climáticas. Para represas, já é fato que o ciclo sazonal do fitoplâncton acompanha as alterações hidrodinâmicas do sistema, permitindo uma manipulação efetiva no controle de florações e de eutrofização (Tundisi, 1990).

Cabe salientar que *Surirella* sp2. foi registrada como espécie indicadora do verão ao inverno/99, sugerindo que entre as diatomáceas residentes esta é uma espécie potencial para monitoramento nesta lagoa. Grande parte das diatomáceas vive na superfície do sedimento, ou permanece na maior parte do tempo em contato com o fundo. Assim, estas se tornam potencialmente indicadoras dos eventos de ressuspensão, especialmente quando causados pelo vento em lagoas rasas. Como a primavera é caracteristicamente conhecida como a estação das diatomáceas para muitos sistemas no mundo (Temponeras et al., 2000), como foi para a Lagoa Itapeva também, o seu potencial como indicadoras pode ficar mascarado, devido à competição e altas taxas de reprodução entre estas espécies. Contudo, o decréscimo em sua densidade relativa nesta época pode acusar um indício de uma mudança na sucessão fitoplanctônica. Desta forma é mais provável que espécies de outros grupos, além das diatomáceas, sirvam como indicadoras de tais fenômenos como ocorreu neste caso.

Em condições de precipitação, como as obtidas no inverno/98, é mais provável a ocorrência de micro-ambientes (transporte e acúmulo de nutrientes) que favorecem o desenvolvimento de determinadas espécies em detrimento de outras. A seleção por maior capacidade de adaptação às condições de baixa luminosidade, provocada pela enorme quantidade de sólidos em suspensão, além da mais rápida absorção dos nutrientes, que se tornam disponíveis em tais eventos, fazem com que espécies de pequeno tamanho e rápida taxa de reprodução (estrategista *r*) sejam beneficiadas neste sentido (Harris, 1986).

Certamente este foi o motivo para o registro de uma pequena clorofita como espécie indicadora de tal situação.

Com relação ao zooplâncton (Tabela 8.10), a tecameba *Diffugia oblonga* foi a espécie indicadora do padrão de distribuição da comunidade na lagoa durante o inverno/98. Contrariamente ao encontrado para o fitoplâncton, os dados de distribuição da comunidade zooplânctônica separaram o ponto Norte dos demais. Esta espécie foi registrada somente no primeiro turno do dia (6h) para o Norte, porém mais três espécies de tecamebas também exibiram este padrão. Porém, a maior densidade relativa de *Diffugia oblonga* é que foi decisiva para a indicação na análise.

Tabela 8.10 - Espécies indicadoras (TWINSPAN) do zooplâncton nas campanhas sazonais na Lagoa Itapeva

ZOOPLÂNCTON	inverno/98	primavera	verão	outono	inverno/99
nº spp	25	49	58	59	61
nº amostras	12	33	36	36	34
spp indicadoras	Doblonga	Trinema Arotunda Mmeridia	Dacumina Hinterme Kamerica	Pomphol	Tintino1

Doblonga= *Diffugia oblonga*, Trinema= *Trinema* sp., Arotunda= *Arcella rotundata*, Mmeridia= *Mesocyclops meridianus*, Dacumina= *Diffugia acuminata*, Hinterme= *Hexarthra cf. intermedia intermedia*, Kamerica= *Keratella americana*, Pomphol= *Pompholix complanata*, Tintino1= *Tintinnopsis* sp1.

Na primavera (Tabela 8.10), duas espécies de tecamebas indicadoras (*Trinema* sp. e *Arcella rotundata*) estiveram de um lado da dicotomia, enquanto que, uma espécie de calanoida (*Mesocyclops meridianus*), esteve do outro lado. Quanto às amostras, turnos diversos do 1º e 3º dias, principalmente do Norte, estiveram de um lado da dicotomia, estando caracterizados pelo calanoida por ter obtido maior densidade nestas situações. Por outro lado, as maiores densidades destas espécies de tecamebas foram registradas para o 2º dia em toda a lagoa, caracterizando o outro lado da dicotomia. Tecamebas são organismos que vivem preferencialmente em contato com o sedimento ou associado as macrófitas aquáticas (Ogden & Hedley, 1980), sendo zooplânctontes indicadores no mesmo sentido que as diatomáceas são para o fitoplâncton. Por outro lado, calanoidas exibem uma seletividade no tamanho e tipo de alga ingerida (Pennak, 1991). Além disso, na primavera a diversidade média zooplânctônica foi tão elevada quanto no outono ($H= 2,36$), sugerindo uma maior competição entre as espécies pelo alimento, quando espécies mais aptas, como os calanoidas, geralmente exibem melhor performance.

No verão (Tabela 8.10), a divisão da comunidade foi separada por uma espécie de tecameba de um lado (*Diffugia acuminata*) e por duas de rotíferos do outro (*Hexarthra cf.*

intermedia intermedia e Keratella americana). Quanto as amostras, o 1º dia de campanha em toda a lagoa e o 2º dia no Norte estiveram separados dos demais, sendo caracterizadas pelos rotíferos. O aumento da velocidade do vento de NE, especialmente no 2º dia (entre 6 e 8 m.s⁻¹), ocasionou um aumento na densidade de protistas, especialmente no Centro e Sul, onde o efeito do *fetch* é mais intenso. As condições meteorológicas mais amenas no 1º dia propiciaram um ambiente menos turbulento, portanto, mais propício para o desenvolvimento de rotíferos.

No outono (Tabela 8.10), apenas o rotífero *Pompholix complanata* foi a espécie indicadora da distribuição zooplancônica nesta estação do ano, e as amostras dos turnos da manhã no 1º dia no Norte estiveram enormemente separadas das demais. Cabe lembrar que este momento foi caracterizado pelo efeito mais intenso do *fetch* de SW causado no sistema para todo o período de estudo. Logo, a presença deste rotífero indica a ausência de eventos extremos, servindo então como espécie indicadora. Além disso, a oferta de diversidade e qualidade de alimento foi bastante reduzida, devido à floração de *Anabaena circinalis* em toda a lagoa.

Intensas florações de cianobactérias têm propriedades específicas e gerais. A propriedade específica destas colônias algais grandes, esféricas ou aglomeradas, é a criação de substrato suspenso utilizado por pequenos nadadores (espécies litorâneas que invadem o ambiente pelágico) como estações de descanso. Além disso, o valor nutritivo das cianobactérias é aberto à controvérsia. Filtradores, como os cladóceros, têm dificuldades no consumo de grandes filamentos, devido à obstrução do mecanismo alimentar devido ao tamanho destes. Porém, isto não é regra para os rotíferos, pois um comportamento especializado em triturar partes do filamento de algas filamentosas já foi observado. Não obstante, o aumento excessivo de cianobactérias de um lado é compensado pelo aumento da senescência desta em um dado intervalo de tempo. Porém, durante o desenvolvimento da floração, apenas partes do filamento (células) morrem, sendo então constituídas de partículas de pequeno tamanho e material detritico relativamente fresco. Assim, constituem uma fonte de alimento facilmente assimilável pelos filtradores, justificando o aumento destes zooplanctontes durante florações de algas aparentemente indigestas (Dumont, 1977).

No inverno, apenas um protista foi responsável por indicar as alterações na comunidade nesta época do ano (Tabela 8.10), quando as suas maiores densidades ocorreram exatamente nas amostras que estiveram distanciadas das demais (Norte e Centro no 1º dia). Relembrando que neste momento um forte efeito do *fetch* de WSW (ventos com velocidades

médias entre 8 e 10 m.s⁻¹) atingiu mais intensamente os pontos Centro e Norte, ressuspendendo organismos de hábitos bentônicos.

Com exceção do outono, espécies de protistas foram indicadoras da distribuição sazonal na comunidade zooplanctônica da lagoa. Isto enfatiza a importância deste grupo zooplanctônico neste sistema, embora os mesmos raramente sejam incluídos nos estudos de comunidade zooplanctônica de água doce (Pace & Orcutt, 1981).

Ainda é fundamental conhecer muito bem as relações existentes entre as comunidades planctônicas, produtores e consumidores, para melhor poder avaliar as alterações ocorridas sazonalmente entre estas.

Rotíferos são amplamente conhecidos por serem bioindicadores de qualidade d'água, através de índice sapróbico (Sládecek, 1983). De fato, ótimas correlações entre estes organismos zooplanctônicos e um índice de qualidade de água de lagoas do litoral norte do RS foram estabelecidas (Cardoso et al., 1997). Mais recentemente, Pedrozo (2000) também ressaltou a importância de rotíferos como indicadores de contaminação orgânica para algumas destas lagoas, especialmente espécies de *Brachionus*. Este gênero *Brachionus* também demonstrou ser o melhor organismo indicador de gradientes ambientais (estado trófico e salinidade) do que o agrupamento inteiro de zooplâncton. Este táxon também foi considerado um táxon alvo para monitoramento mais intensivo e plano de conservação na lagoa Carapebus/RJ (Attayde & Bozelli, 1998). Porém, o objetivo aqui não foi o de estabelecer relações com estado trófico, mas sim determinar quais os indicadores planctônicos de hidrodinâmica, gerada pelo vento, em uma ambiente raso. Para a Lagoa Itapeva ficou nítido que aumento em densidades de diatomáceas e de protistas responderam ao efeito do *fetch* (capítulo 7). Assim, espécies mais sensíveis à estas situações foram assinaladas como indicadoras pela técnica TWINSPAN.

Análise de Correspondência Canônica (ACC)

Esta análise busca respostas para três questões fundamentais: (1) Quais aspectos da estrutura da comunidade estão relacionados com as variáveis ambientais medidas?; (2) Como a estrutura da comunidade está relacionada com estas variáveis ambientais? e (3) Qual é a relação entre amostras ou espécies neste espaço ambiental particular? (Manual do programa)

ACC é uma técnica que seleciona a combinação linear de variáveis ambientais que maximizam a dispersão dos escores das espécies. Em outras palavras, ACC escolhe o melhor peso para as variáveis ambientais, fornecendo o primeiro eixo da ACC. O segundo e demais eixos da ACC também selecionam combinações lineares de variáveis ambientais que maximizam a dispersão dos escores de espécies, mas sujeitos à força/coação de estarem não correlacionados com prévios eixos ACC (Jongman et al., 1987).

Os principais resultados da ACC, tanto para a análise com a matriz dos grupos da comunidade planctônica quanto para a matriz de espécies dominantes/abundantes, são apresentados na Tabela 8.11 para cada dia de campanha sazonal. A análise foi efetuada para cada dia separadamente devido a dois motivos: (1) grande número de amostras ($n=36$) que ficavam sobrepostas na plotagem quando foram utilizados dados de toda a campanha (3 dias), e (2) para melhor avaliar as variáveis ambientais atuantes em cada ponto e turno de amostragem diariamente, já que muitas respostas ocorreram em intervalos curto de tempo (horas). A significância estatística dos efeitos destas variáveis ambientais também foi testada através do procedimento de permutação Monte Carlo para cada eixo da ordenação. Níveis de significância mais baixos ($p<0,05$) foram registrados para o inverno/98 somente para os dois primeiros eixos, pois o terceiro não foi significativo ($p>0,05$). Geralmente, a significância foi maior para os dados dos grupos planctônicos em relação aos dados das espécies, e normalmente bastante elevados ($p<0,01$) (Tabela 8.11).

Interpretando porcentagens de variâncias explicadas, deve ser mantido em mente que o alvo não é 100%, uma vez que parte da variância total é devido ao “ruído” nos dados. Mesmo um diagrama de ordenação que explica somente uma baixa porcentagem pode ser bastante informativo (Ter Braak, 1986). Normalmente, o primeiro eixo da ordenação foi responsável por mais que 50% da variância explicada (Tabela 8.11), chegando a atingir 80% para os grupos planctônicos (06/mar/99) e 90,7% para as espécies (21/mai/99). Com isso, o diagrama dos dois primeiros eixos acumulou uma grande quantidade de informação sobre o gradiente ambiental.

Os parâmetros da regressão final no processo de interação são os melhores pesos, também chamados de coeficientes canônicos, e a correlação múltipla desta regressão é chamada de correlação espécie-ambiente. Esta é a correlação entre os escores das amostras que são médias ponderadas dos escores das espécies e das amostras, que, por sua vez, é uma combinação linear de variáveis ambientais. A correlação espécie-ambiente é uma medida de associação entre espécies e ambiente, mas não algo ideal; eixos com pequenos autovalores podem ter erroneamente altas correlações espécie-ambiente. A importância da associação é mais bem expressa pelo autovalor porque este mede o quanto de variação nos dados das espécies é explicado pelo eixo e, portanto, pelas variáveis ambientais (Jongman et al., 1987). Para interpretar os eixos de ordenação foi calculado o coeficiente de correlação entre cada variável ambiental e cada eixo de ordenação. Através dos sinais e magnitudes relativas destes coeficientes de correlação, pode-se inferir a importância relativa de cada variável ambiental para o prognóstico da comunidade (Ter Braak & Prentice, 1988 *apud* Palmer, 1993).

Tabela 8.11- Comparação das ordenações ACC (3 eixos) da comunidade planctônica a nível de grupos e de espécies dominantes/abundantes sazonalmente na Lagoa Itapeva.

		ago/98			15/dez/98			17/dez/98			19/dez/98			02/mar/99			04/mar/99			06/mar/99		
		Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
GRUPOS	autovalor	0,042	0,014	0,004	0,034	0,026	0,008	0,031	0,010	0,005	0,018	0,008	0,006	0,021	0,005	0,004	0,041	0,012	0,005	0,046	0,007	0,002
	% de variância explicada	64,6	20,9	5,4	47,8	36,9	10,7	60,9	19,8	10,4	50,4	21,7	15,7	62,5	16,4	12,0	69,2	20,4	8,9	80,0	11,4	3,7
	% acumulado de variância	64,6	85,4	90,8	47,8	84,7	95,4	60,9	80,7	91,0	50,4	72,1	87,8	62,5	78,9	90,9	69,2	89,6	98,5	80,0	91,4	95,1
	correlação Pearson*	0,98	0,979	0,836	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	p (Monte Carlo)	0,038	0,042	0,46	0,005	0,004	0,003	0,005	0,004	0,002	0,002	0,002	0,004	0,007	0,002	0,003	0,001	0,003	0,007	0,011	0,007	0,003
ESPÉCIES	autovalor	0,009	0,006	0,000	0,029	0,007	0,002	0,017	0,005	0,003	0,015	0,012	0,002	0,007	0,006	0,003	0,003	0,003	0,001	0,01	0,003	0,001
	% de variância explicada	57,3	36	2,4	71,8	18,3	5,7	64,6	20,1	11,7	47,1	37,8	7,2	39,5	32,3	18,9	41,2	33,8	13,3	64,5	18,9	7,5
	% acumulado de variância	57,3	93,3	95,7	71,8	90,1	95,9	64,6	84,7	96,4	47,1	84,9	92,1	39,5	71,9	90,8	41,2	75	88,4	64,5	83,4	90,9
	correlação Pearson*	0,995	0,992	0,887	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	p (Monte Carlo)	0,014	0,008	0,382	0,023	0,001	0,030	0,001	0,002	0,010	0,001	0,002	0,004	0,002	0,002	0,011	0,019	0,004	0,011	0,002	0,016	0,004

		21/mar/99			23/mar/99			25/mar/99			14/ago/99			16/ago/99			18/ago/99		
		Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
GRUPOS	autovalor	0,081	0,028	0,011	0,060	0,013	0,010	0,077	0,028	0,009	0,054	0,028	0,015	0,057	0,021	0,007	0,005	0,017	0,008
	% de variância explicada	64,6	22,1	8,5	70,3	15,8	11,9	62,3	22,7	7,6	51,1	26,6	14,5	62,6	23,5	7,6	61,2	22,8	10,4
	% acumulado de variância	64,6	86,8	95,2	70,3	86,1	98,0	62,3	85,0	92,6	51,1	77,7	92,2	62,3	86,1	93,7	61,2	84,0	94,3
	correlação Pearson*	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	p (Monte Carlo)	0,001	0,001	0,007	0,001	0,002	0,001	0,004	0,001	0,003	0,001	0,004	0,001	0,003	0,005	0,001	0,002	0,001	0,001
ESPÉCIES	autovalor	0,03	0,002	0,001	0,007	0,001	0,001	0,013	0,009	0,000	0,019	0,003	0,001	0,018	0,004	0,002	0,037	0,007	0,002
	% de variância explicada	90,7	7,2	1,9	76,5	13,9	8,1	57,5	40,6	1,6	76,3	12	6,1	68,7	17,6	9,2	79	14	4,3
	% acumulado de variância	90,7	97,9	99,7	76,5	90,4	98,5	57,5	98,1	99,8	76,3	88,4	94,4	68,7	86,3	95,6	79	92,9	97,2
	correlação Pearson*	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	p (Monte Carlo)	0,011	0,008	0,003	0,001	0,02	0,001	0,001	0,004	0,010	0,001	0,002	0,001	0,002	0,009	0,003	0,02	0,004	0,004

ago/98= inverno/98; 15/dez/98 a 19/dez/98= primavera; 02/mar/99 a 06/mar/99= verão; 21/mar/99 a 25/mar/99= outono; 14/ago/99 a 18/ago/99= inverno/99

p (Monte Carlo)= nível de significância

* correlação entre escores das amostras para um eixo derivada de escores dos dados de espécies e amostras que são combinações lineares de variáveis ambientais

Tabela 8.13 - Coeficientes de correlação (intra-amostra) entre as variáveis ambientais e os eixos da ACC sazonalmente na Lagoa Itapeva.

	15/dez/98			17/dez/98			19/dez/98			02/mar/99			04/mar/99			08/mar/99			21/mai/99			23/mai/99			25/mai/99			14/ago/99			16/ago/99			18/ago/99			
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3							
g r u p o s	SS	0,82	0,41	0,07	-0,57	-0,33	0,13	0,40	0,48	0,64	-0,36	0,28	-0,81	0,36	0,01	-0,50	-0,23	0,76	0,12	0,59	0,69	-0,20	-0,69	0,24	0,50	-0,25	-0,54	-0,63	-0,87	0,13	0,43	-0,75	0,12	0,16	-0,16	0,02	0,12
	NT	0,03	-0,12	-0,11	0,36	-0,45	-0,75	-0,04	0,37	0,83	0,31	0,37	0,34	-0,26	0,05	0,55	0,33	-0,26	0,12	0,48	-0,01	-0,33	0,17	0,75	0,22	-0,35	-0,57	-0,46	-0,74	0,29	0,35	0,09	0,43	-0,28	0,35	0,41	-0,22
	PT	0,27	0,08	0,17	-0,34	0,03	0,27	0,04	0,01	-0,48	-0,08	0,45	-0,23	0,11	-0,35	-0,03	0,08	0,68	-0,18	0,49	0,61	-0,41	-0,38	0,35	0,18	0,09	-0,25	0,08	-0,64	-0,05	0,72	-0,69	0,05	0,22	-0,01	0,16	0,03
	TURB	0,19	0,63	-0,54	0,43	-0,38	0,27	0,53	-0,04	0,71	0,41	-0,49	-0,40	-0,73	0,06	-0,30	-0,38	0,77	0,28	0,52	0,69	-0,29	-0,72	0,35	0,29	-0,22	-0,60	-0,50	-0,85	0,14	0,45	-0,68	0,14	0,08	-0,10	-0,22	0,03
	VMED	0,44	0,46	0,05	-0,44	-0,12	-0,03	-0,31	-0,65	0,15	0,01	-0,18	-0,10	-0,39	0,00	0,02	-0,04	0,50	-0,34	0,50	-0,21	0,09	-0,20	-0,39	0,05	0,50	-0,12	-0,44	-0,52	-0,02	-0,67	0,09	0,39	-0,22	0,05	0,53	-0,10
	DIR	-0,58	-0,44	0,01	-0,43	-0,17	-0,03	0,47	0,73	-0,16	0,36	-0,22	-0,23	-0,52	-0,19	-0,02	0,09	0,37	-0,28	-0,26	0,30	-0,49	0,06	-0,15	-0,25	-0,41	0,27	0,35	-0,29	0,42	-0,35	0,15	0,49	0,07	-0,02	0,42	-0,15
	NÍVEL										0,31	0,71	-0,32	-0,53	0,15	-0,50	-0,39	0,25	0,70	0,66	0,00	-0,12	0,38	0,11	-0,39	-0,20	0,56	-0,28	-0,81	0,01	0,33	-0,73	0,36	0,23	-0,93	0,11	0,00
	VELH ₂ O										0,28	0,25	0,21	0,27	-0,35	-0,59	0,15	-0,36	-0,26	0,45	-0,50	0,08	0,19	-0,55	0,17	0,25	0,01	0,26	-0,06	-0,04	-0,73	0,27	0,40	-0,04	0,16	-0,08	-0,30
	PPL	-0,02	0,01	0,06	-0,02	-0,11	0,66	-0,01	0,55	-0,28	0,20	0,35	-0,11				0,46	0,07	0,42	0,54	0,21	-0,38	0,38	0,48	0,35	0,04	-0,08	-0,29	0,83	0,13	0,48	-0,19	-0,06	0,33	-0,40	-0,15	0,28
	RESP	0,25	-0,07	0,03				0,13	0,74	-0,46	0,15	0,29	0,62	0,77	0,06	0,00				0,61	0,34	-0,14	0,05	0,49	0,25	0,21	0,49	0,18			0,08	0,34	0,05	0,19	-0,02	0,59	
CL a	0,29	-0,30	-0,11	-0,25	-0,28	0,06	-0,33	0,34	0,05	-0,34	0,19	-0,42				0,39	0,01	0,18	0,58	0,37	-0,12	-0,74	-0,22	-0,02	-0,56	-0,57	-0,16			-0,61	-0,10	0,45	0,88	-0,22	-0,07		
FEO	0,07	-0,42	-0,63	0,06	-0,65	-0,01	-0,22	0,14	-0,02																												
K	0,11	0,65	-0,60																																		
e s p é c i e s	SS	0,69	0,06	-0,07	-0,23	0,55	0,59	0,66	-0,59	-0,11	-0,07	0,05	0,16	0,11	-0,26	0,66	-0,68	-0,58	-0,03	0,86	-0,30	-0,13	-0,78	0,12	0,08	0,79	0,45	-0,09	-0,92	0,25	0,08	-0,80	-0,40	0,48	0,23	-0,24	-0,07
	NT	0,01	0,00	-0,22	0,29	-0,80	0,39	0,63	-0,54	0,21	-0,08	0,40	0,19	-0,48	-0,14	-0,59	0,21	0,58	0,19	0,40	-0,17	-0,12	-0,04	0,37	-0,08	0,62	0,50	0,12	-0,81	0,12	0,09	0,09	-0,29	-0,31	-0,25	0,05	-0,27
	PT	0,32	0,23	-0,23	-0,17	0,66	0,45	-0,23	0,42	0,32	0,12	0,32	0,29	0,18	0,16	-0,11	-0,48	-0,28	0,56	0,84	-0,14	-0,06	-0,41	0,32	0,18	0,26	0,28	-0,53	-0,91	0,14	0,25	-0,65	-0,36	0,48	-0,03	-0,30	-0,29
	TURB	0,51	-0,68	0,17	0,54	0,25	0,48	0,21	-0,91	-0,12	0,06	-0,36	0,28	0,15	-0,69	0,20	-0,84	-0,14	0,03	0,85	-0,30	-0,14	-0,71	0,31	-0,15	0,78	0,48	-0,14	-0,95	0,20	0,08	-0,59	-0,46	0,36	0,20	0,01	-0,36
	VMED	0,58	0,05	-0,39	-0,31	0,40	0,54	-0,37	0,02	-0,38	-0,13	-0,15	-0,11	0,18	0,06	-0,28	-0,30	-0,48	0,65	0,19	0,62	0,17	-0,11	-0,65	-0,40	0,50	-0,39	0,01	-0,05	-0,08	-0,30	0,21	-0,01	-0,36	0,05	-0,17	0,19
	DIR	-0,70	-0,02	0,39	-0,30	0,38	0,56	0,47	-0,06	0,13	-0,32	-0,12	0,05	0,40	0,24	-0,14	-0,14	-0,54	0,73	0,17	-0,24	0,36	0,21	0,35	0,48	-0,57	0,50	-0,05	-0,07	0,15	-0,32	-0,03	0,23	-0,08	0,10	-0,15	0,05
	NÍVEL										-0,17	0,57	0,69	0,14	-0,66	0,30	-0,56	-0,05	-0,68	0,63	-0,16	-0,36	0,36	0,47	0,10	-0,03	-0,38	-0,19	-0,91	-0,08	0,11	-0,35	0,40	0,53	0,73	-0,53	0,16
	VELH ₂ O										-0,67	0,07	-0,01	0,79	0,19	0,00	0,41	-0,05	0,36	-0,05	0,46	0,28	0,15	-0,69	0,14	-0,14	0,01	-0,26	0,27	-0,38	-0,60	0,06	-0,35	-0,16	-0,08	0,24	0,53
	PPL	-0,09	0,04	0,12	0,26	0,49	-0,35	0,36	0,46	-0,03	-0,21	-0,02	0,49				-0,04	0,25	-0,14	0,58	-0,21	0,22	0,17	-0,03	0,05	0,08	0,56	0,02	0,45	0,31	0,15	0,17	-0,51	0,55	0,44	0,07	-0,37
	RESP	0,05	0,14	-0,52				0,43	0,48	0,23	-0,21	0,46	-0,22	-0,34	0,09	0,38				0,67	-0,08	-0,05	-0,22	0,26	-0,15	-0,31	0,00	-0,54			0,48	0,05	0,13	0,03	0,14	-0,43	
CL a	0,10	0,05	-0,21	-0,04	0,02	0,00	0,42	0,32	-0,31	0,11	-0,07	0,21				0,13	0,36	-0,15	0,63	-0,25	-0,10	-0,64	0,25	-0,13	0,48	0,41	-0,01			-0,27	-0,35	0,64	-0,65	0,59	0,01		
FEO	-0,25	-0,45	-0,39	0,40	-0,24	-0,11	0,23	0,32	-0,46																												
K	0,53	-0,66	-0,01																																		

SS= sólidos suspensos, NT= nitrogênio total Kjeldahl, PT= fósforo total, TURB= turbidez, VMED= velocidade média do vento, DIR= direção do vento, NÍVEL= nível d'água, VELH₂O= velocidade do movimento d'água, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, CL a= clorofila a, FEO= feopigmentos, K= coeficiente de atenuação vertical

Estes coeficientes canônicos que definem os eixos e as correlações são denominados correlações intra-amostras, que podem ser úteis como indicadores de quais variáveis ambientais foram mais importantes na estrutura da ordenação, mas não podem ser vistas como medidas independentes da intensidade de relação entre comunidades e estas variáveis ambientais (Jongman et al., 1987). Portanto, estas correlações também são apresentadas para cada variável ambiental utilizada na análise em relação aos dias de campanha (Tabelas 8.12 e 8.13).

Tabela 8.12 - Coeficientes de correlação (intra-amostra) entre as variáveis ambientais e os eixos da ACC durante inverno/98 na Lagoa Itapeva.

	grupos			espécies		
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
TEMP	-0,42	-0,81	-0,06	-0,89	0,11	-0,11
COND	0,82	-0,44	-0,23	0,20	0,95	0,17
OD%	-0,92	-0,01	0,11	-0,61	-0,70	-0,21
pH	-0,12	0,89	-0,12	0,56	-0,60	-0,19
ORP	0,83	0,47	-0,14	0,85	0,41	0,04
Z	0,48	0,80	-0,06	0,89	-0,08	0,01
ZDS	0,25	-0,63	-0,52	-0,39	0,83	-0,23
K	-0,24	0,71	0,46	0,45	-0,83	0,18

TEMP= temperatura, COND= condutividade, OD%= percentual de saturação do oxigênio dissolvido, ORP= potencial de óxido-redução, Z= profundidade, ZDS= transparência Secchi, K= coeficiente de atenuação vertical

Usando técnicas de análise direta de gradiente como a ACC, pode-se facilmente avaliar as propriedades indicadoras de agrupamentos de espécies, através do exame das distribuições destas e suas relações com variáveis ambientais. Espécies cujo ótimo de distribuição cai em pontos referência para gradiente ambiental de interesse são selecionadas como indicadoras. Com isso, uma simples representação gráfica (biplot ou triplot) pode ser feita, onde variáveis ambientais são representadas por setas na ordenação espacial. Então, as amostras (e/ou espécies) plotadas e variáveis ambientais apontadas nas projeções das setas são estimadas a partir do escore de cada ponto em relação às variáveis ambientais. No caso das espécies, este escore pode ser considerado no sentido de como a performance de determinada espécie estima o gradiente ambiental correspondente. Quanto mais longo o vetor, maior será a correlação entre a variável e o eixo de ordenação, e maior a influência desta variável no padrão de variação da comunidade. O diagrama de ordenação resultante expressa não somente um padrão de variação na composição de espécies, mas também as principais relações entre as espécies e cada variável ambiental (Jongman et al., 1987). Pontos das amostras caem em um centróide de pontos das espécies que ocorrem nestas. Amostras que ficam próximas a ponto de uma espécie é provável ter uma alta abundância desta. Pontos de amostras que estão muito próximos entre si correspondem a amostras que são similares na composição de espécies e abundância relativa; por outro lado, pontos que estão longe correspondem às amostras que

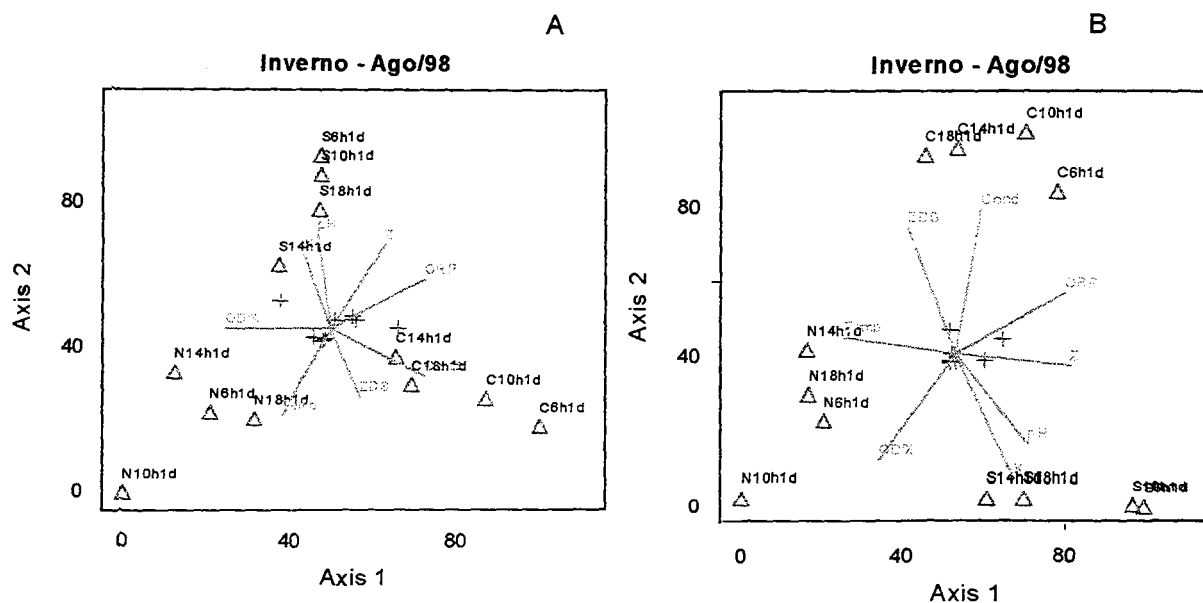


Figura 8.11- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o inverno/98 na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais. Temp= temperatura, Cond= condutividade, OD%= percentual de saturação do oxigênio dissolvido, ORP= potencial de óxido-redução, Z= profundidade, ZDS= transparência Secchi, K= coeficiente de atenuação vertical (grupos e espécies simbolizadas por cruz)

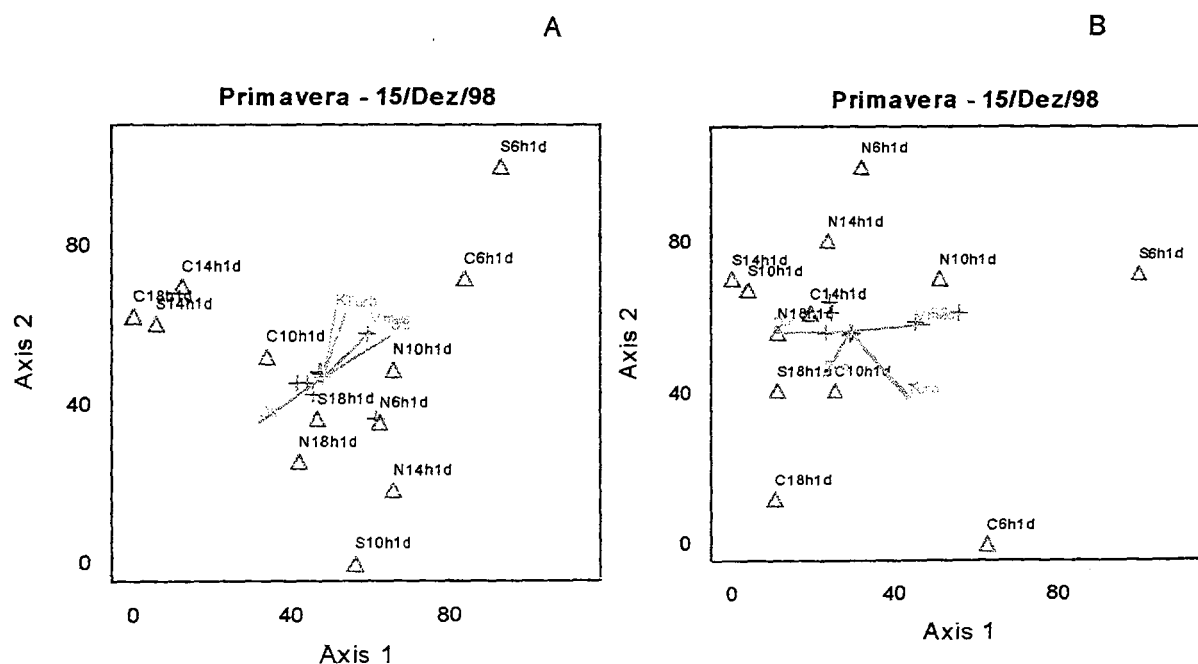


Figura 8.12- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante a primavera (1º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais: SS= sólidos suspensos, Nt= nitrogênio total Kjeldahl, Pt= fósforo total, Turb= turbidez, Vmed= velocidade média do vento, Dir= direção do vento, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, Cl a= clorofila a, Feo= feopigmentos, K= coeficiente de atenuação vertical (grupos e espécies simbolizadas por cruz)

diferem grandemente na abundância relativa de um conjunto de espécies similares. Pontos de espécies são localizados próximos para seus ótimos quando estimados por média ponderada dos escores das amostras. A esperada abundância de uma espécie decresce com a distância de sua posição na plotagem (Ter Braak, 1986; Jongman et al., 1987; Hann & Zrum, 1997).

Durante o inverno/98 (Fig. 8.11), tanto para grupos planctônicos como para as espécies, as principais variáveis ambientais responsáveis pela caracterização dos pontos de amostragem foram as mesmas, com alterações entre os eixos. Estas alterações provocaram um aumento na variância explicada nos dois primeiros eixos de 85,4% (grupos) para 93,3% (espécies), e também nos coeficientes de correlação destas variáveis (Tabela 8.12). Este aumento nos coeficientes de correlação das variáveis ambientais pôde ser nitidamente percebido no diagrama, onde o comprimento das setas para a análise em nível de espécies foi maior que para os grupos (Fig. 8.11). Porém, em ambos diagramas, temperatura e percentual de saturação do oxigênio dissolvido foram as variáveis ambientais que mais interferiram na distribuição da comunidade planctônica no Norte. Contudo, para o Sul estas variáveis foram pH, coeficiente de atenuação vertical e profundidade, enquanto que, no Centro, condutividade e transparência Secchi. Cabe ressaltar que o potencial de óxido-redução foi uma variável responsável por separar bem os pontos Centro e Sul do Norte, conforme já havia ficado evidente na análise de agrupamento (Figs. 8.1 e 8.6). Todas estas variáveis que caracterizaram estes pontos exibiram os maiores valores médios nestes, apontando assim de onde partiu (qual ponto de amostragem) o gradiente espacial nesta estação do ano para cada uma destas (*capítulo 4*). O diagrama dos grupos destacou os cladóceros para o Centro (maior densidade) e as outras divisões de algas para o Sul (maior densidade, especialmente para as criptofitas). Embora os demais grupos tenham ficado muito próximos, a proximidade dos protistas foi determinada pela variável profundidade, confirmando o gradiente crescente de N→S para ambas variáveis. Quanto ao diagrama das espécies, a diatomácea *Aulacoseira cf. italica* foi característica para o Centro, por isso ela esteve sobreposta na variável transparência Secchi. Como a abundância de náuplio foi elevada para os pontos Centro e Sul, este esteve coincidente com a variável potencial de óxido-redução, indicando preferência por ambientes oxidantes. O principal representante dos protistas (em termos de abundância) foi *Codonella* sp., durante todas as campanhas sazonais, por isso esteve fortemente associado à variável profundidade.

Na primavera, o percentual de variância explicada pelos eixos 1 e 2 acumulados foi também superior para a análise com as espécies do que com os grupos planctônicos (Tabela 8.11). No 1º dia de primavera (15/dez/98), as variáveis ambientais responsáveis pela

distribuição da comunidade planctônica foram as mesmas para ambos dados bióticos, porém feopigmentos foi uma variável explicativa para as espécies (Fig. 8.12). Para os grupos, velocidade média e direção do vento foram fatores bem correlacionados em ambos eixos; já para as espécies, turbidez e coeficiente de atenuação vertical foram as variáveis que exibiram este comportamento (Tabela 8.13). Protista foi o grupo zooplanctônico mais fortemente influenciado pela velocidade média do vento, por estar situado no vetor correspondente a essa variável. Sendo que o mais nítido gradiente envolvendo estes aspectos ocorreu no início do dia (6h), crescente de N→S (*capítulo 7*, Fig. 7.27), estando também muito bem representado no diagrama (Fig. 8.12). As oscilações na direção do vento (NE-S) durante este dia contribuíram para um aumento na densidade relativa dos outros grupos zooplanctônicos (*capítulo 7*, Fig. 7.28), tanto que os mesmos estiveram próximos à base deste vetor (Fig. 8.12). Os grupos fitoplanctônicos estiveram relacionados com todas estas variáveis ambientais, pois se situaram exatamente no centróide. As outras divisões de algas foram coincidentes com o Norte (6h), devido a maior densidade de criptofitas neste. Com relação às espécies, *Codonella* sp. e *Arcella rotundata* foram os protistas mais diretamente influenciados pela velocidade média do vento e sólidos suspensos, ressaltando o potencial como espécies indicadoras de respostas diretas no processo de ressuspensão. Esta relação foi mais nítida exatamente nos turnos com maior densidade (*capítulo 7*, Fig. 7.29) nas amostras do Sul (6h), Norte (10h) e, especialmente no Centro (6h), devido a estas duas espécies terem sido abundantes. Por isso esta amostra foi plotada muito próximo ao eixo1, sendo que também foi fortemente influenciada pela turbidez e coeficiente de atenuação vertical (maiores vetores). As espécies dos outros grupos zooplanctônicos que estiveram influenciadas pela direção do vento foram: o rotífero *Keratella cochlearis*, o estágio larval de copépodos (náuplio) e o calanóide *Notodiaptomus incompositus*. As amostras que retrataram bem este comportamento foram o Norte (18h) e Centro (14h) (*capítulo 7*, Fig. 7.29; e Fig. 8.12).

Para o 2º dia de primavera (17/dez/98), duas variáveis a mais foram responsáveis pela estrutura da comunidade planctônica em termos de espécies do que para grupos. Fósforo total e produção primária líquida foram estas variáveis. Comparando com o 1º dia, direção do vento e coeficiente de atenuação vertical não foram mais determinantes, sendo substituídos por nitrogênio total e feopigmentos. As variáveis ambientais neste dia estiveram muito mais vinculadas aos aspectos fisiológicos da comunidade planctônica, mostrando que existiu uma resposta direta aos efeitos provocados pelo distúrbio ambiental. Quanto aos grupos, feopigmento foi a variável com maior correlação no eixo 2 (Tabela 8.13), logo as amostras do Norte (10-14h) e Sul (18h) apresentaram os maiores valores. Esta maior senescência de algas nestas amostras esteve diretamente vinculada com a ação da velocidade média do vento e dos

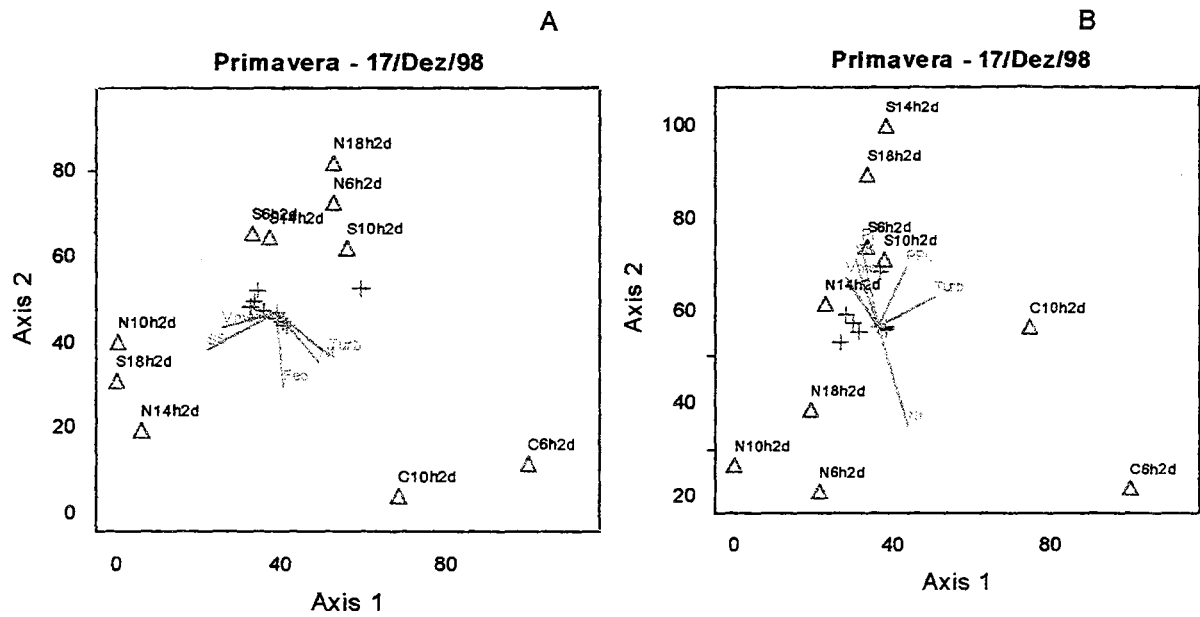


Figura 8.13- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante a primavera (2º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais. SS= sólidos suspensos, Nt= nitrogênio total Kjeldahl, Pt= fósforo total, Turb= turbidez, Vmed= velocidade média do vento, Dir= direção do vento, PPL= produção primária líquida, Cl a= clorofila a, Feo= feopigmentos (grupos e espécies simbolizadas por cruz)

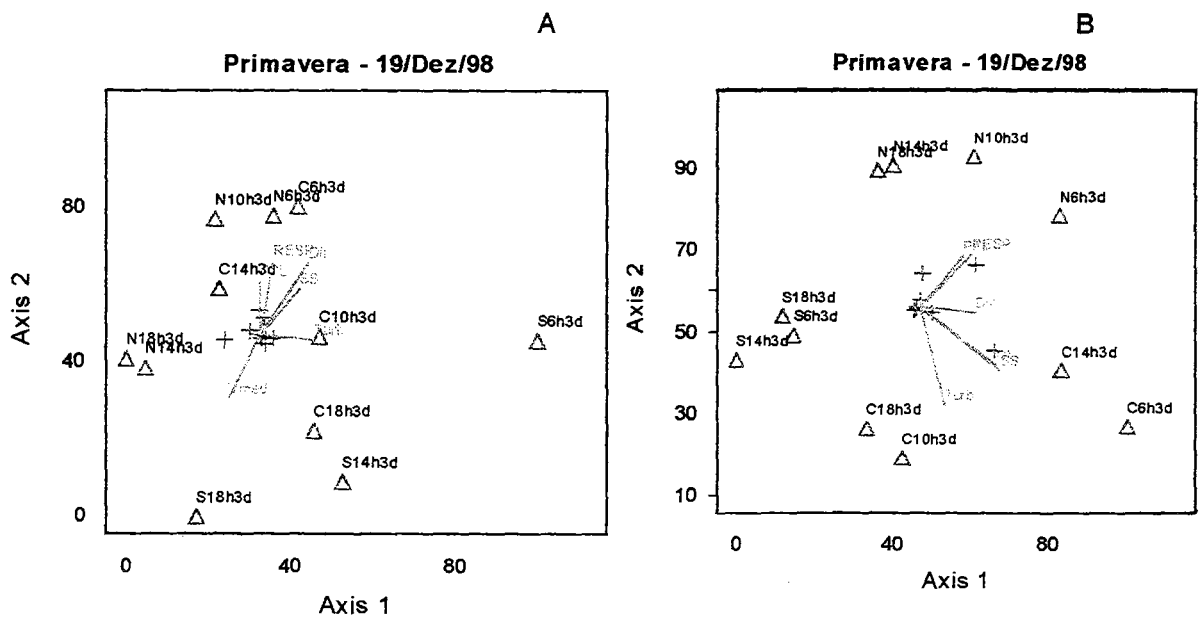


Figura 8.14- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante a primavera (3º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais: SS= sólidos suspensos, Nt= nitrogênio total Kjeldahl, Pt= fósforo total, Turb= turbidez, Vmed= velocidade média do vento, Dir= direção do vento, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, Cl a= clorofila a, Feo= feopigmentos (grupos e espécies simbolizadas por cruz)

sólidos suspensos (Fig. 8.13). Isto mostra que a alta velocidade média do vento ($>8\text{m.s}^{-1}$), iniciando as 10h e aliada à direção S-W, causou um aumento imediato na turbidez no ponto Centro com respostas fisiológicas simultâneas do fitoplâncton (feopigmento). Norte e posteriormente o Sul foram atingidos pela ressuspensão de partículas, com respostas através da inativação do fitoplâncton (feopigmento). Provavelmente, o turno da tarde do Centro também esteve junto com estas amostras, porém o efeito do *fetch* era tão intenso que impossibilitou a amostragem neste período do dia. Os grupos zooplancctônicos foram mais afetados pela velocidade média do vento, porém as outras divisões de algas (excetuando cianobactérias e diatomáceas) apresentaram resposta contrária à ação destas variáveis. Com relação às espécies, mais uma vez ficou nítido o quanto a turbidez influenciou o ponto Centro. Porém, quanto aos nutrientes uma forte variação espacial foi refletida. Enquanto o nitrogênio total influenciava a distribuição do plâncton no Norte, fósforo total desempenhava este papel no Sul, tanto que obteve resposta imediata com aumento da produção primária líquida (Fig. 8.13). A oferta de alimento era tão propícia que o grande calanoida, *Notodiatomus incompositus*, esteve vinculado a esta relação. De fato, no Sul a densidade de copépodos foi maior que nos outros pontos (*capítulo 7*, Fig. 7.27). Assim, dentro de um mesmo ambiente foi possível detectar uma variação espacial da comunidade planctônica em função dos nutrientes.

No 3º dia da primavera (19/dez/98) as variáveis que influenciaram a comunidade planctônica foram praticamente as mesmas em nível de grupos e espécies. A única alteração constatada foi entre a velocidade média do vento (grupos) e o nutriente nitrogênio total (espécies). Para os grupos as variáveis mais fortemente correlacionadas foram respiração e direção do vento, por outro lado, a turbidez teve destaque para a distribuição das espécies (Tabela 8.13, Fig. 8.14). Para os grupos, turbidez foi extremamente forte e coincidente com o Centro (10h). Respiração, produção primária líquida, direção do vento e sólidos suspensos atuaram praticamente no mesmo sentido, gerando um gradiente N→S com o decorrer do dia. Velocidade média do vento atuou mais forte no turno da tarde na lagoa, sendo uma variável determinante no gradiente temporal assinalado antes. Para as espécies, uma maior separação entre os pontos foi obtida com relação às variáveis ambientais. Turbidez foi a variável com maior correlação (Tabela 8.13), que juntamente com nitrogênio total e sólidos suspensos atuaram diretamente na distribuição das espécies planctônicas no Centro (Fig. 8.14). Especialmente para o protista *Arcella rotundata*, que foi mais abundante neste ponto (*capítulo 7*, Fig. 7.29). Produção primária líquida e respiração foram mais determinantes no Norte (Fig. 8.14), onde o protista *Codonella* sp. e, principalmente, o rotífero *Keratella cochlearis* obtiveram maior representatividade (*capítulo 7*, Fig. 7.29). O ponto Sul foi o extremo final do gradiente gerado por estas variáveis ambientais (Fig. 8.14).

Assim, a constante oscilação diária na comunidade planctônica foi uma resposta direta às mudanças freqüentes na direção do vento, que atuaram gerando gradientes espaciais de variáveis ambientais relacionadas a esse fenômeno.

Para o verão, a maior variância explicada pelos eixos foi para as análises em nível de grupo (Tabela 8.11), ocorrendo de forma oposta à primavera, quando na análise com as espécies esta variância foi maior. Durante o 1º dia (02/mar/99), três variáveis foram responsáveis pela estrutura da comunidade planctônica, porém apenas o nível d'água foi comum para ambas análises (grupos e espécies) (Tabela 8.13), indicando esta variável como fator principal nesta análise. Para os grupos, o nível d'água foi a variável ambiental determinante na separação dos pontos, distanciando bastante o Norte dos demais (Fig. 8.15), conforme já havia sido constatado (*capítulo 3*, Fig. 3.18). Fósforo total voltou a ser um nutriente importante para o Sul, especialmente para as outras divisões de algas (excetuando cianobactérias e diatomáceas). Picos de turbidez ocorreram nos turnos da tarde do Norte (*capítulo 4*, Fig. 4.12), estando no Sul os valores mais baixos. Assim, a turbidez também agiu na distribuição espacial da comunidade planctônica na lagoa (Fig. 8.15). Para as espécies, nível e velocidade d'água exibiram as mesmas correlações, porém exercendo sua ação em eixos distintos (Tabela 8.13). Ambas foram importantes em separar o ponto Centro dos demais, com exceção do Sul no final do dia (18h) (Fig. 8.15). A respiração foi um fator que contribuiu neste sentido, demonstrando ser uma variável resposta/explicativa. Velocidade da água foi bastante atuante no Centro (10h).

Durante o 2º dia de verão (04/mar/99), quatro variáveis ambientais foram responsáveis pela distribuição da comunidade planctônica, porém apenas nível e turbidez foram comuns para grupos e espécies. Respiração foi mais determinante para os grupos, enquanto que, velocidade da água para as espécies (Tabela 8.13). Para os grupos, respiração foi mais elevada nos turnos da manhã do Centro (6h) e Norte (6-10h) (Fig. 8.16), onde as outras divisões de algas obtiveram maior densidade (*capítulo 7*, Fig. 7.12). Por outro lado, nível d'água, turbidez e direção do vento foram mais atuantes durante à tarde nestes pontos (Fig. 8.16). O ponto Sul, no início do dia (6h), esteve bastante afastado dos demais (Fig. 8.16) por ter exibido um valor elevado de nível d'água e turbidez neste instante e baixa respiração (*capítulos 3, 4 e 6*, Figs. 3.14, 4.12, 6.8, respectivamente). Para as espécies, velocidade d'água foi bastante determinante na distribuição destas (Tabela 8.13), principalmente por atuar diretamente no Centro (Fig. 8.16). Turbidez, juntamente com o nível d'água, também contribuíram para o gradiente crescente de S→N. A ordenação dos turnos nos pontos parecem ter refletido mais as mudanças na densidade zooplanctônica total entre estes (*capítulo 7*, Fig. 7.27).

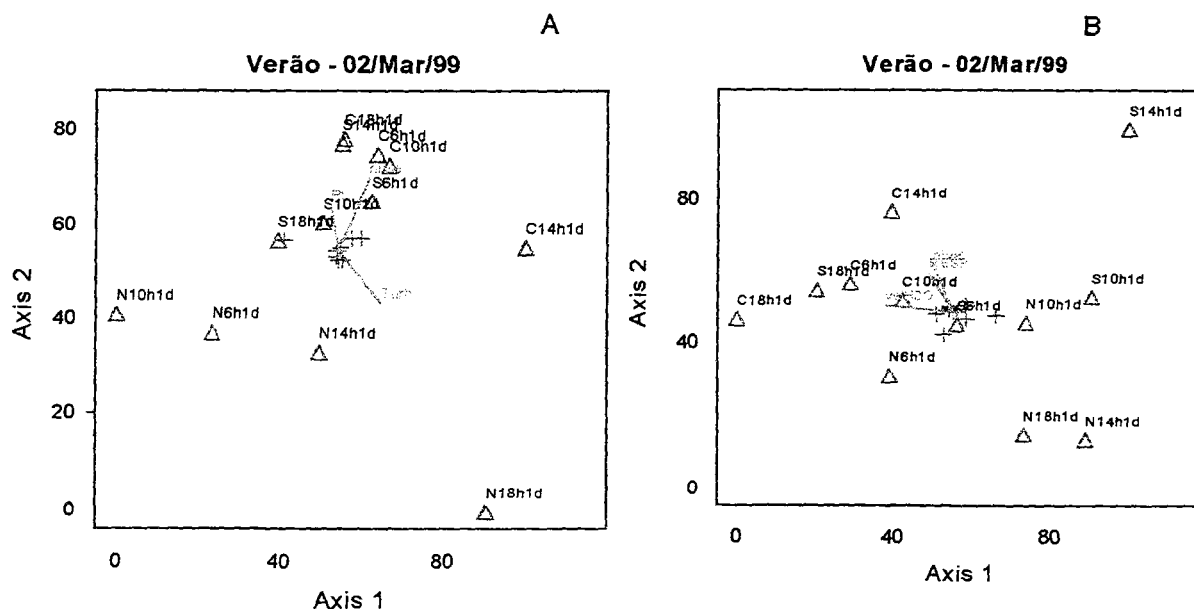


Figura 8.15- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o verão (1º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais. SS= sólidos suspensos, Nt= nitrogênio total Kjeldahl, Pt= fósforo total, Turb= turbidez, Vmed= velocidade média do vento, Dir= direção do vento, nível= nível d'água, velH2O= velocidade do movimento d'água, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, Cl a= clorofila a (grupos e espécies simbolizadas por cruz)

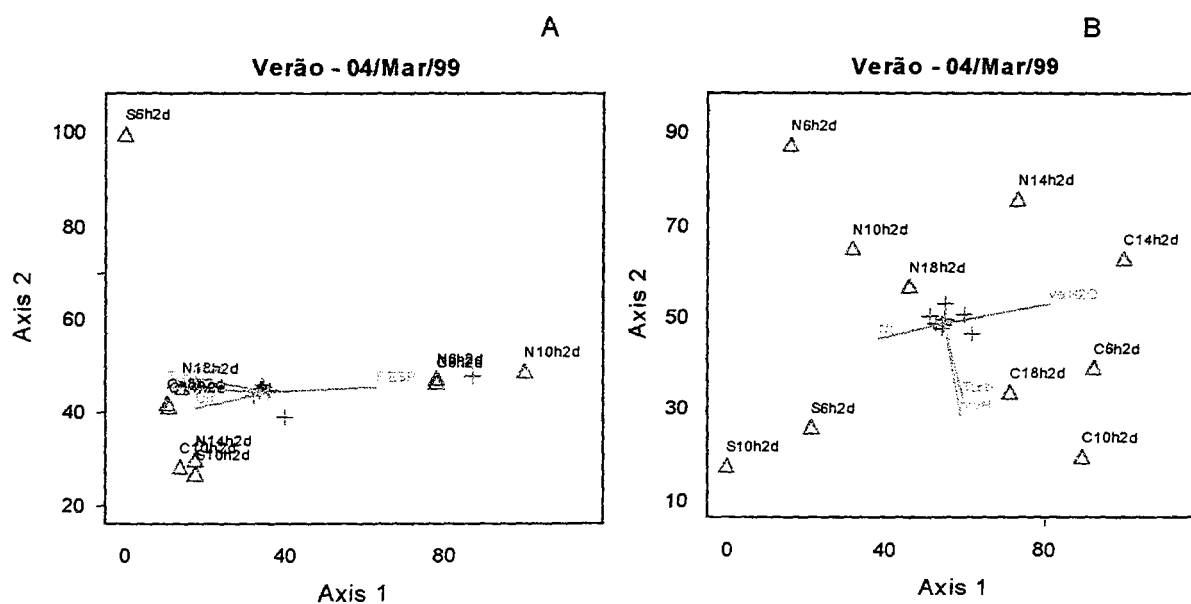


Figura 8.16- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o verão (2º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais: SS= sólidos suspensos, Nt= nitrogênio total Kjeldahl, Pt= fósforo total, Turb= turbidez, Vmed= velocidade média do vento, Dir= direção do vento, nível= nível d'água, velH2O= velocidade do movimento d'água, RESP= respiração (grupos e espécies simbolizadas por cruz)

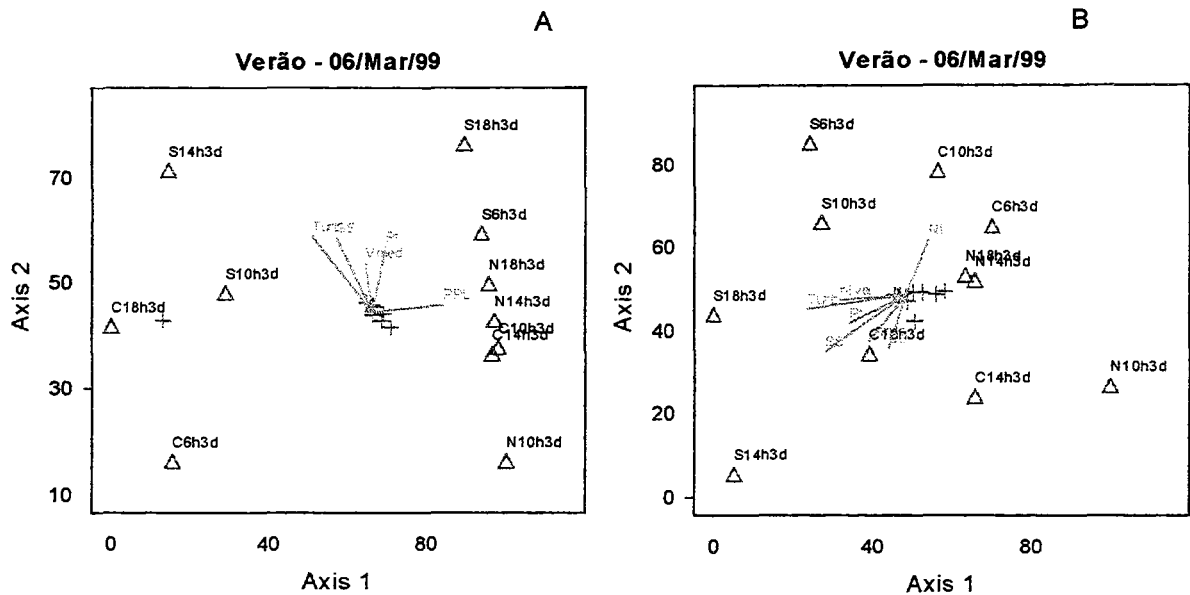


Figura 8.17- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o verão (3º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais. SS= sólidos suspensos, Nt= nitrogênio total Kjeldahl, Pt= fósforo total, Turb= turbidez, Vmed= velocidade média do vento, Dir= direção do vento, nível= nível d'água, velH2O= velocidade do movimento d'água, PPL= produção primária líquida, Cl a= clorofila a (grupos e espécies simbolizadas por cruz)

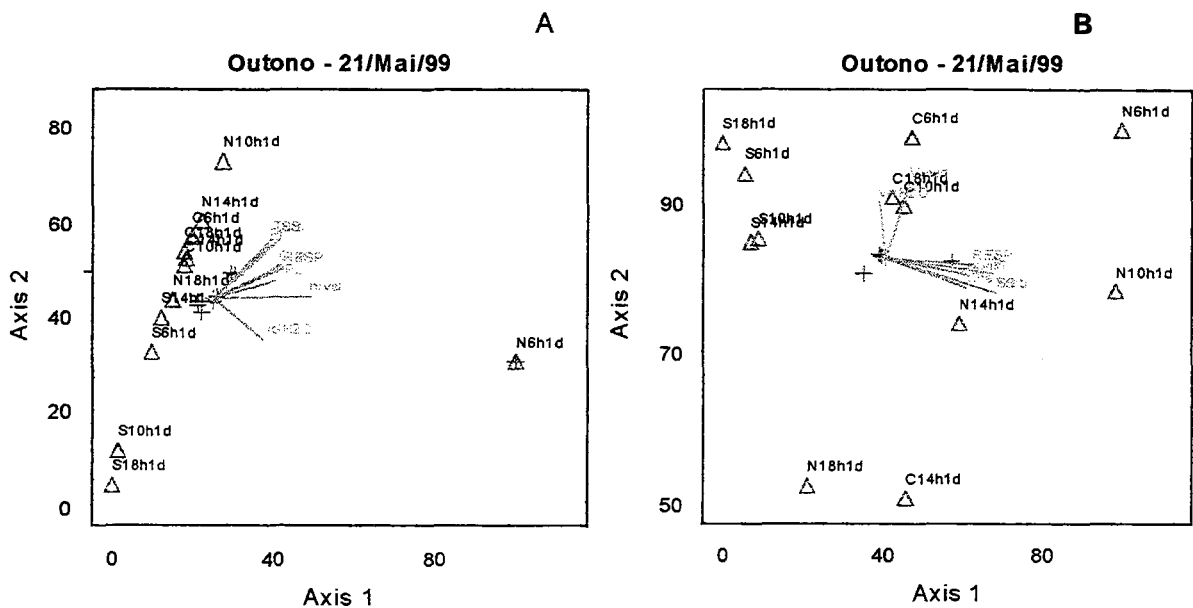


Figura 8.18- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o outono (1º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais: SS= sólidos suspensos, Nt= nitrogênio total Kjeldahl, Pt= fósforo total, Turb= turbidez, Vmed= velocidade média do vento, Dir= direção do vento, nível= nível d'água, velH2O= velocidade do movimento d'água, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, Cl a= clorofila a (grupos e espécies simbolizadas por cruz)

No 3º dia de verão (06/mar/99), um maior número de variáveis ambientais foram responsáveis pela estrutura da comunidade planctônica em nível de espécies. Porém, turbidez foi a variável que mais contribuiu neste sentido, tanto para grupos quanto para espécies (Tabela 8.13). Para os grupos, turbidez e sólidos suspensos foram responsáveis diretamente pelas mudanças ocorridas nos pontos Sul (10-14h) e Centro (18h) (Fig. 8.17), principalmente pelos picos de turbidez nestes (*capítulo 4*, Fig. 4.12). Nos momentos em que foram registradas quedas na turbidez no Centro (6h) e Norte (10h), a análise separou bastante estes dos demais. Velocidade média do vento aumentou no final do dia (18h), aliada à direção ENE, causou um forte efeito de *fetch* no Sul, com resposta no aumento da concentração de fósforo total (provavelmente pela ressuspensão) (Fig. 8.17). Produção primária líquida foi maior no início do dia (6h) no Sul (*capítulo 6*, Fig. 6.4), por isso a ordenação apontou este ponto como o início do gradiente. Para as espécies, os turnos no Norte e Centro que haviam se distanciado pela turbidez com relação aos grupos planctônicos, voltaram a repetir este comportamento, só que agora intimamente relacionados com o nitrogênio total (Fig. 8.17). No final do dia (18h), o Centro foi o local onde velocidade média e direção do vento atuaram mais diretamente na densidade planctônica, especialmente para o protista *Diffugia tuberculata*. O ponto Sul apresentou um gradiente de densidade zooplanctônica especialmente no sentido da ordenação no diagrama, estando estes influenciados pelas variáveis ambientais indicadas (Fig. 8.17).

Com isso, o verão foi caracterizado por apresentar baixo nível d'água na lagoa, maior incidência luminosa na coluna com conseqüências diretas na atividade metabólica planctônica, maior rapidez na disponibilidade de nutrientes (coluna mais rasa) e ventos de direção constantes. Estas variáveis atuando interligadas foram responsáveis pelos gradientes espaciais e temporais experimentados pela comunidade planctônica.

No outono, o percentual de variância explicada para os eixos da ordenação foi superior para as espécies nos dois primeiros dias da campanha sazonal, sendo que no terceiro dia, esta foi maior para os grupos (Tabela 8.11). Muitas variáveis ambientais estiveram envolvidas e bem correlacionadas para a distribuição da comunidade planctônica, porém o nível d'água obteve a maior correlação para os grupos, enquanto que, sólidos suspensos e turbidez, para as espécies (Tabela 8.13). No 1º dia desta estação (21/mai/99) um maior número de variáveis ambientais foram somadas para separar nitidamente o início da manhã no Norte dos demais pontos e turnos do dia (Fig. 8.18). Nível d'água foi a que mais contribuiu diretamente, transportando organismos planctônicos em direção a este local (*capítulo 7*, Figs. 7.11 e 7.27). Com relação às espécies, turbidez e sólidos suspensos obtiveram maiores registros no Norte

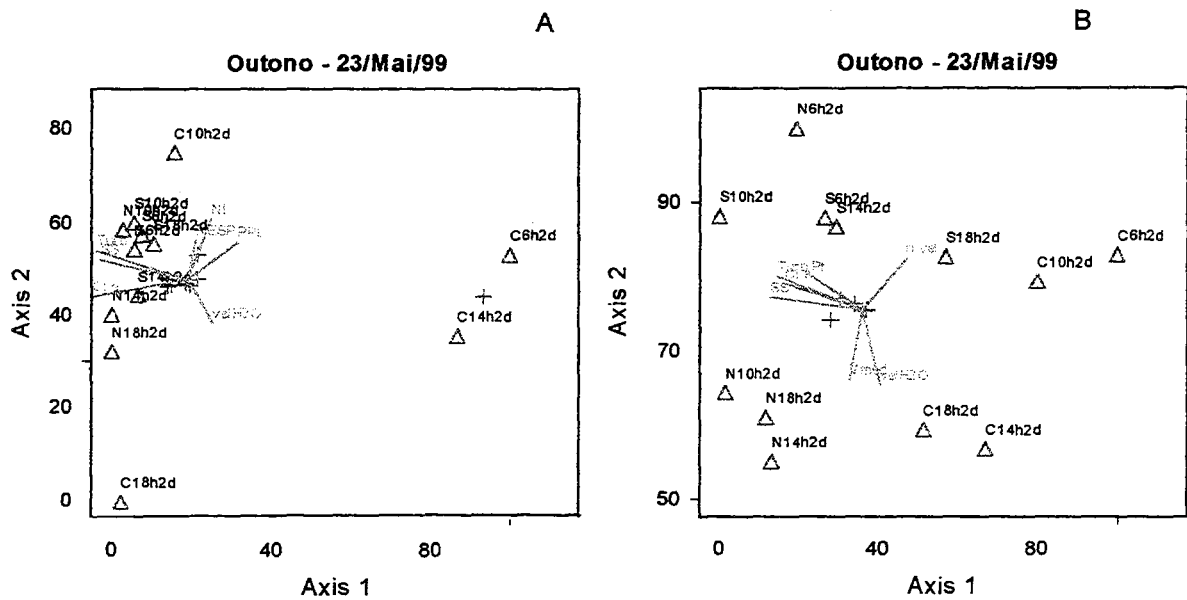


Figura 8.19- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o outono (2º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S= Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais. SS= sólidos suspensos, Nt= nitrogênio total Kjeldahl, Pt= fósforo total, Turb= turbidez, Vmed= velocidade média do vento, Dir= direção do vento, nível= nível d'água, velH2O= velocidade do movimento d'água, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, Cl a= clorofila a (grupos e espécies simbolizadas por cruz)

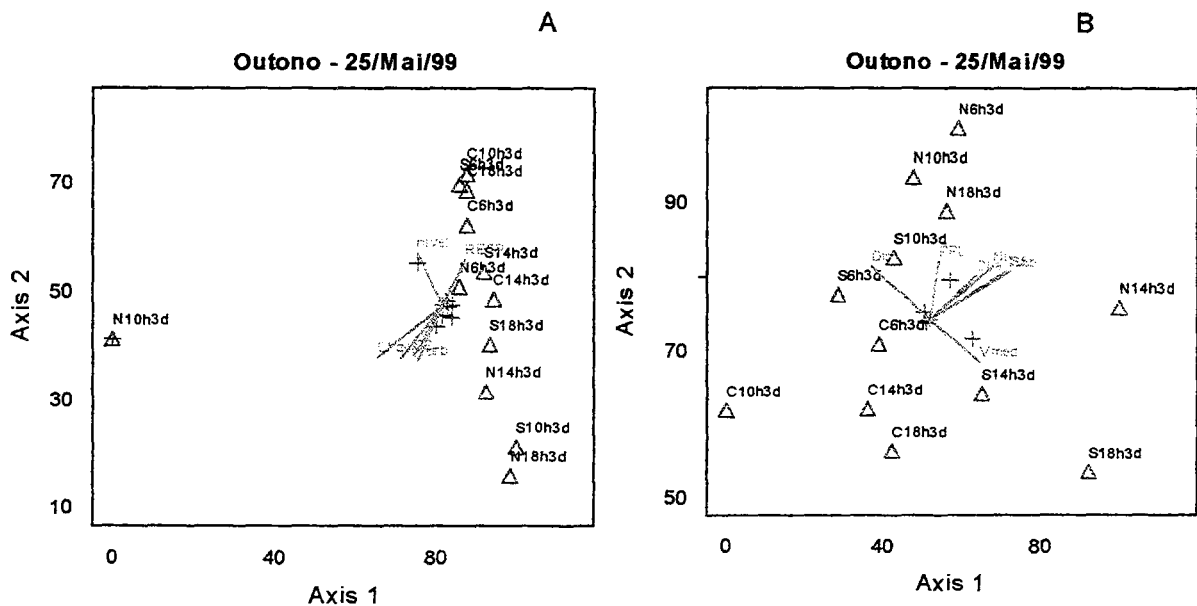


Figura 8.20- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o outono (3º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S= Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais: SS= sólidos suspensos, Nt= nitrogênio total Kjeldahl, Pt= fósforo total, Turb= turbidez, Vmed= velocidade média do vento, Dir= direção do vento, nível= nível d'água, velH2O= velocidade do movimento d'água, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, Cl a= clorofila a (grupos e espécies simbolizadas por cruz)

(10-14h), enquanto que velocidade d'água foi determinante para separar o ponto Sul dos demais, devido aos valores mais elevados (*capítulo 3*, Fig. 3.15). Velocidade média do vento foi maior no início da manhã, que aliada à direção SW-W atingiu os pontos Centro e Norte mais intensamente nestes momentos (Fig. 8.18).

Para o 2º dia no outono (23/mai/99), novamente muitas variáveis estiveram atuando na comunidade planctônica, porém nitrogênio total esteve mais correlacionado com os grupos, enquanto que, sólidos suspensos, com as espécies (Tabela 8.13). As clorofitas foram o grupo que mais se beneficiaram com este nutriente (Fig. 8.19). Todas as demais variáveis apontaram na direção das amostras com as maiores concentrações, apenas o final do dia (18h) no Centro esteve distanciado de todas, devido aos menores valores registrados neste. Estranhamente para as espécies, os vetores apontaram para os menores valores, ou seja, para o crescente do gradiente e não para o seu máximo como geralmente ocorreu (Fig. 8.19). Talvez a floração de *Anabaena circinalis* tenha contribuído para este arranjo, pois quanto mais estáveis foram as condições ambientais mais intensas foi a resposta desta (*capítulo 7*, Figs. 7.11 e 7.13).

Para o 3º dia no outono (25/mai/99), turbidez foi a variável ambiental com maior correlação para os grupos, assim como sólidos suspensos foram para as espécies (Tabela 8.13). Para os grupos, as variáveis ambientais apontaram para as amostras com maior valor nestas, sendo que o nível d'água foi a única que apontou para os menores valores, ordenando as amostras de forma crescente (Fig. 8.20). Para as espécies, algumas variáveis apontaram para os gradientes ocorridos. No caso, a direção do vento (W) atuou mais moderadamente durante a manhã no Sul com seu efeito aumentando bastante no decorrer do dia, estando potencializado pelo aumento da velocidade média do vento (Fig. 8.20).

A floração de cianobactérias no outono foi uma resposta direta à variação espacial experimentada pelas variáveis ambientais, tanto que clorofila *a* esteve sempre intimamente associada a estas (Figs. 8.18 a 8.20).

Durante o inverno/99, as variâncias explicadas voltaram a ser superiores nas análises com as espécies do que com os grupos (Tabela 8.11). O forte efeito do *fetch* no 1º dia nesta estação (14/ago/99) foi decisivo para a potencialização das variáveis ambientais vinculadas a este. Com isso, uma maior correlação para estas variáveis foi registrada, especialmente para a análise com espécies (Tabela 8.13). Assim, ambas análises, tanto com grupos quanto com espécies, apontaram para fortes gradientes (Fig. 8.21). Produção primária foi maior no Sul, decrescendo para o Norte, por outro lado, as variáveis vinculadas ao efeito do *fetch*, especialmente turbidez e sólidos suspensos, exibiram o gradiente oposto (Fig. 8.21). A análise

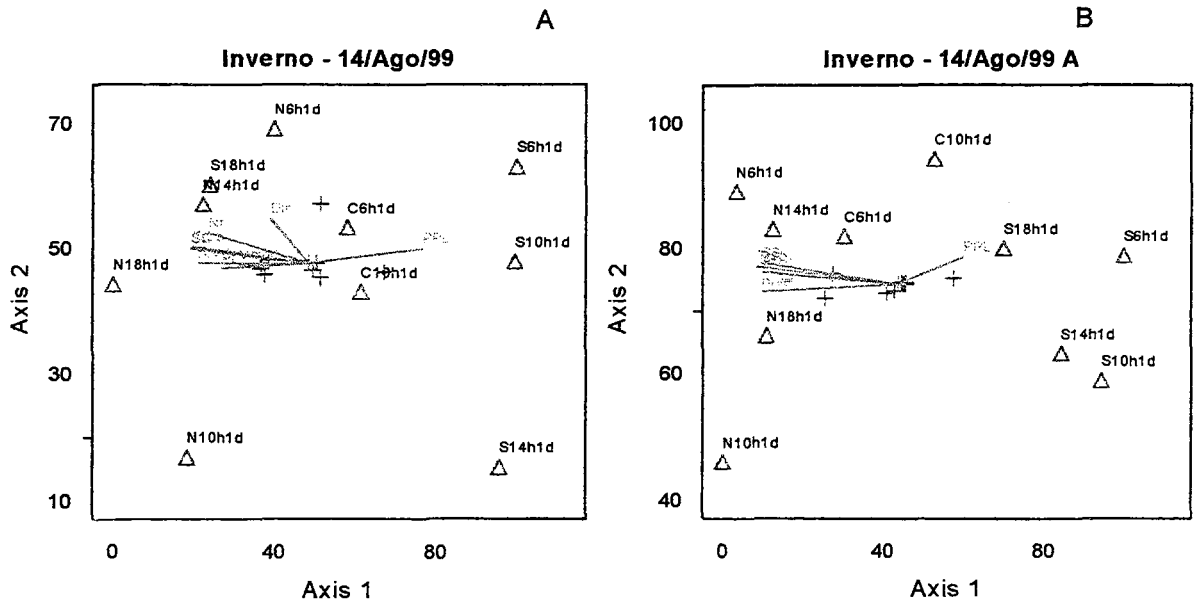


Figura 8.21- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o inverno/99 (1º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais. SS= sólidos suspensos, Nt= nitrogênio total Kjeldahl, Pt= fósforo total, Turb= turbidez, Vmed= velocidade média do vento, Dir= direção do vento, nível= nível d'água, velH2O= velocidade do movimento d'água, PPL= produção primária líquida (grupos e espécies simbolizadas por cruz)

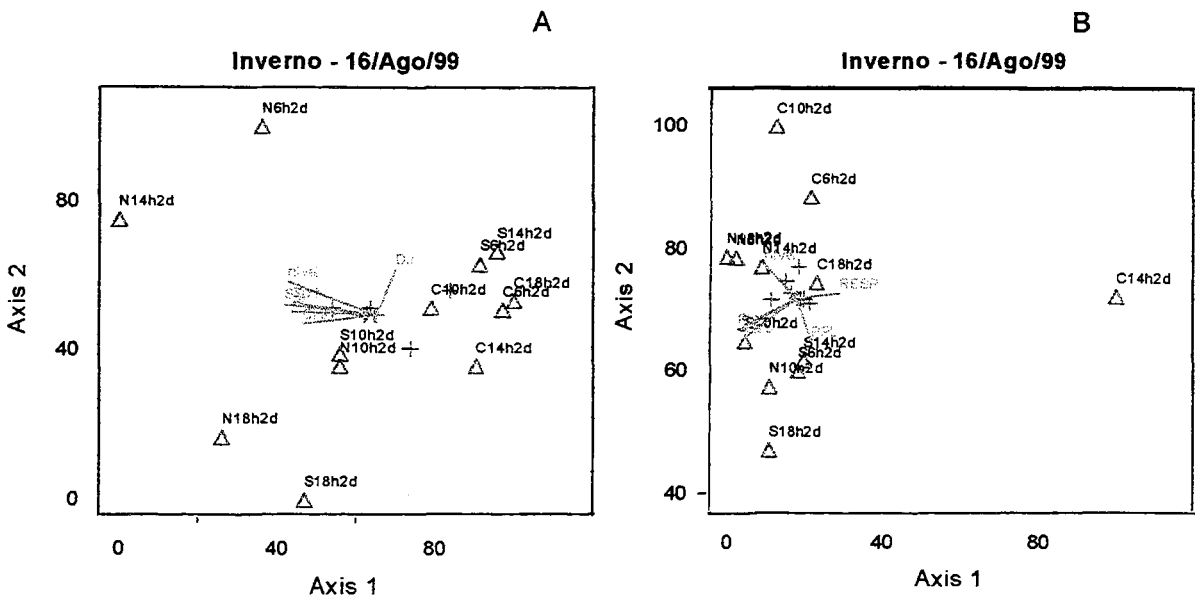


Figura 8.22- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o inverno/99 (2º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais: SS= sólidos suspensos, Nt= nitrogênio total Kjeldahl, Pt= fósforo total, Turb= turbidez, Vmed= velocidade média do vento, Dir= direção do vento, nível= nível d'água, velH2O= velocidade do movimento d'água, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, Cl a= clorofila a (grupos e espécies simbolizadas por cruz)

dos grupos aproximou os do fitoplâncton para a variável produção primária líquida, distanciando o zooplâncton desta variável.

No 2º dia do inverno (16/ago/99), as variáveis ambientais também apontaram para os gradientes ocorridos na lagoa, onde a correlação para sólidos suspensos (grupos) e fósforo total (espécies) foram maiores (Tabela 8.13). Para os grupos, as amostras da direita do diagrama de ordenação mostraram os gradientes provocados pela direção do vento, a qual oscilou de W pela manhã para NE à tarde, gerando um gradiente espacial do Centro para o Sul nesta escala temporal (Fig. 8.22). Contudo, no lado esquerdo do diagrama os pontos ao longo do eixo 2 exibiram um gradiente crescente de nível d'água, turbidez e sólidos suspensos (Fig. 8.22). Para as espécies, tendências de ordenação das amostras em função dos gradientes também foram evidentes, especialmente respiração para os turnos do Centro, produção primária líquida para o Sul e nível d'água para o Norte (Fig. 8.22).

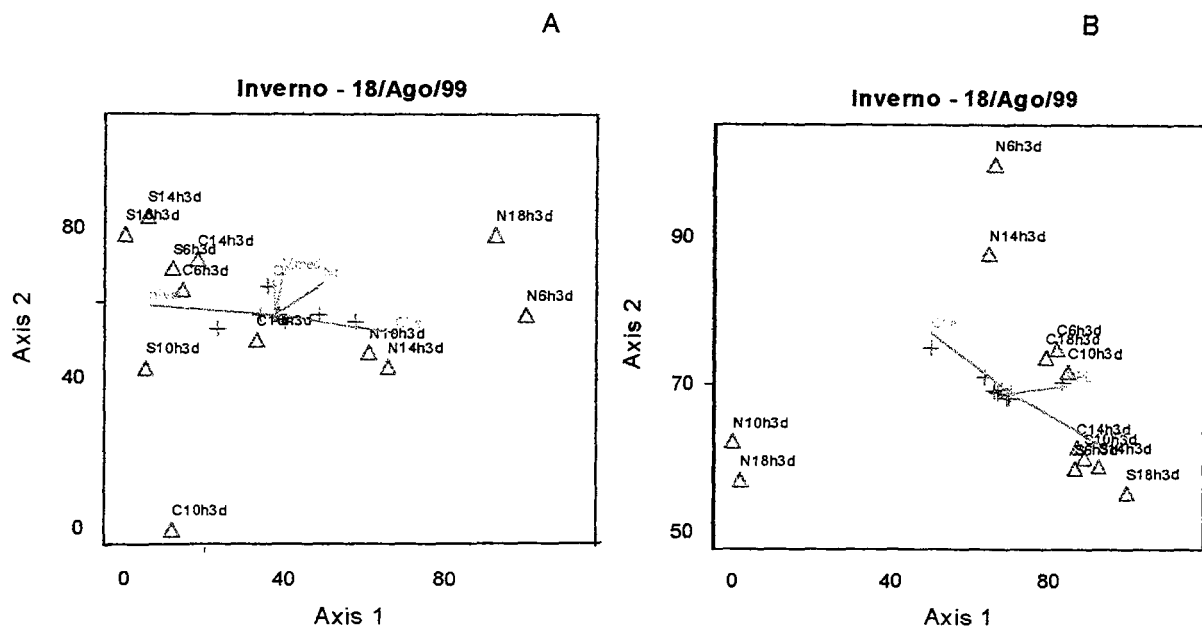


Figura 8.23- Diagrama de ordenação ACC para grupos (A) e espécies planctônicas (B) durante o inverno/99 (3º dia) na Lagoa Itapeva, nos pontos (N=Norte, C=Centro e S=Sul) e turnos de amostragem (6h, 10h, 14h, 18h), em função das variáveis ambientais. SS= sólidos suspensos, Nt= nitrogênio total Kjeldahl, Pt= fósforo total, Turb= turbidez, Vmed= velocidade média do vento, Dir= direção do vento, nível= nível d'água, velH2O= velocidade do movimento d'água, PPL= produção primária líquida, RESP= respiração, Cl a= clorofila a (grupos e espécies simbolizadas por cruz)

No 3º dia do inverno (18/ago/99), nível d'água obteve a mais alta correlação em ambas análises (Tabela 8.13). De fato, uma alteração nesta variável hidrológica durante o decorrer da campanha entre os pontos foi notável (Fig. 3.14), especialmente por ter respondido na mesma direção do *fetch* causado pelo vento. Assim, um gradiente decrescente do S→N foi notável em ambas análises para o nível d'água, bem como um gradiente oposto foi gerado pelo pigmento clorofila α (Fig. 8.23). Para as espécies, uma separação intermediária foi feita em termos de produção primária líquida, que embora tenha apresentado comportamento diário semelhante ao Sul, seus valores foram levemente superiores (*capítulo 6*, Fig. 6.4), ressaltando assim o gradiente para estas três variáveis. Ainda em termos de grupos, os rotíferos e copépodos apresentaram uma maior representatividade no Norte (*capítulo 7*, Fig. 7.28), relacionando-se com as taxas de clorofila α neste; enquanto que, as clorofitas estiveram mais relacionadas ao nível d'água (Fig. 8.23).

No inverno gradientes espaciais gerados pelo efeito hidrodinâmico foram bastante determinantes nas respostas fisiológicas da comunidade planctônica, em nível de abundância, composição, biomassa (clorofila α) e atividade metabólica (produção primária líquida e respiração).

Trabalhos efetuados em outras regiões também apontaram para uma maior importância de gradientes temporais em pequena escala do que os experimentados sazonalmente. Isto é esperado, principalmente, em ambientes rasos propensos a distúrbios frequentes pela ação do vento. Segue abaixo alguns exemplos destas relações obtidos para outras localidades.

Os efeitos da hidrodinâmica operam através de uma variedade de controles diretos e indiretos, e podem modificar substancialmente a ritmicidade diária do crescimento fitoplanctônico. Dependendo do regime hidrodinâmico, células fitoplanctônicas podem experimentar maiores flutuações em luz e nutrientes a escalas de tempo muito menores que um ciclo de 24h. Na camada superficial de lagos e oceanos ocorre mistura turbulenta em resposta ao *stress* do vento, troca de calor na superfície e entradas advectivas. Estes fatores estão eles próprios sujeitos a forças periódicas, por exemplo, através do ciclo solar diurno ou ciclo de maré semidiurno. Em muitos ambientes aquáticos estes efeitos hidrodinâmicos resultam em um padrão de mistura e estratificação de 24h, que, por sua vez, modela o sinal luz-escuro no crescimento fototrófico diariamente. Em muitos ambientes aquáticos a camada superficial atinge um ciclo de 24h de mistura e estabilidade. O padrão diário de estratificação e mistura pode continuar a repetir-se por vários dias, mas isto está também sujeito a grandes variações associadas com mudanças nas condições meteorológicas. Tais efeitos são prováveis

a impor novas condições ambientais no fitoplâncton os quais por sua vez afetarão a dinâmica diária (24h) da tomada do nitrogênio. No ambiente natural o tempo de energia e suprimento de nutriente não depende somente da alteração do dia e noite, mas também da hidrodinâmica da coluna d'água sobre um ciclo de 24h. Cada sistema planctônico tem sua combinação única e própria de exposição de luz periódica e o potencial celular para responder a este sinal. Uma vez colocado, o padrão 24h pode continuar a repetir por si só através de ciclos subsequentes, mas este padrão está sujeito a variações contínuas e descontínuas em fase e amplitude associadas com mudanças nas características endógenas da população e no ambiente externo (Vincent, 1992).

A natureza contínua ou aos saltos da sucessão fitoplanctônica é fortemente dependente de fatores meteorológicos. Tempestades ocorrendo após 5-15 dias de tempo calmo podem causar mudanças rápidas e aos saltos na estrutura da comunidade planctônica, enquanto que em outros anos, quando tempestades ocorreram frequentemente, mudanças contínuas foram características. Este resultado deriva de um estudo muito detalhado de análise de diversidade e de agrupamentos, no qual dois tipos básicos de formação de agrupamentos foram observados: (1) algas pequenas formam densos agrupamentos somente após tempestades, e estes grupos desintegram-se entre o 4º e 5º dia após as tempestades; (2) algas grandes iniciando o agrupamento entre o 3º e 6º dia após as tempestades, e seu agrupamento continua até a próxima tempestade. Este estudo prévio indicou a regra básica das tempestades na sucessão fitoplanctônica de verão em lagos rasos (Padisák et al., 1990). Um aumento na biomassa (em termos de C) de diatomáceas e microplâncton nas águas superficiais do *Lago Apopka* esteve associado com médias diárias mais elevadas de velocidade do vento ($r=0,87$ e $0,86$, respectivamente). Em condições de vento fraco, diatomáceas constituíram uma fração menor da biomassa fitoplanctônica (usualmente $< 10\%$), enquanto que a contribuição das diatomáceas para a biomassa algal duplicou em condições de ventos fortes ($>20\%$ do C algal total). As espécies de diatomáceas que ocorreram são formas grandes estando incluídas dentro do tamanho da classe do microplâncton (>20 e $<200 \mu\text{m}$) (Carrick et al., 1993).

Com relação ao zooplâncton, o confronto entre padrões físicos e biológicos na *Lagoa Thau* (França) (dados no contexto hidroclimático em associação com resultados de uma simulação numérica de circulação hidrodinâmica na lagoa) mostrou que: (1) padrão espacial de comunidade zooplanctônica teve uma significância em curto prazo (poucos dias), não revelando nenhuma característica sazonal; (2) inversão do fluxo d'água entre lagoa e mar colocaram uma regra maior na estruturação e desestruturação do sistema biológico, onde o compartimento zooplanctônico parece ter sido particularmente sensível a esta força

hidrodinâmica mesmo quando muito suave; (3) independentemente destes eventos hidroclimáticos de curto prazo, o padrão geral de distribuição zooplanctônica pareceu muito bem correlacionado à energia de dispersão hidrodinâmica deduzida de um modelo numérico de simulação da circulação de água dentro da lagoa. De acordo com outros estudos planctônicos, estes resultados encorajam a introdução de descritores físicos na modelagem de processos biológicos em ambientes aquáticos. Parece também verdade que, especialmente nestes tipos de ecossistemas (lagoas), a biologia é fortemente controlada pelo sistema físico (Joufre et al., 1991).

No Brasil, as lagoas fluminenses também são rasas, sistemas efêmeros que respondem às mudanças em curto prazo de forças meteorológicas, descargas de rios, marés, oscilações de temperatura, com variações de advecção lateral e mistura vertical de massas de água, freqüente ressuspensão de sedimentos superficiais, gradientes de turbidez e regimes de luminosidade (Knoppers & Moreira, 1988 e 1990; Domingos, 1991). Nestas, o outono também demonstrou ser a estação mais crítica, marcada por mudanças na composição de espécies fitoplanctônicas e taxas de produção primária nas lagoas (Knoppers & Moreira, 1990; Moreira & Knoppers, 1990; Domingos, 1991; Carmouze et al., 1991). Porém, os ventos foram mais suaves nas lagoas do Rio de Janeiro (RJ) em relação à Itapeva, pois tipicamente estavam na faixa de 3-4 m.s⁻¹. Contudo, a ação do vento também contribuiu para a mistura constante da coluna d'água, onde a intrusão de maré foi de menor importância por causa da eficiência desta na desobstrução do canal de entrada (Kjerfve et al., 1990; Kjerfve & Knoppers, 1991). A passagem de frentes fria no RJ também induziu mudanças drásticas no nível de água de lagoas externas. Porém, esta gera uma intrusão súbita, indicada por um rápido aumento de salinidade de 30 ppt. Variações no nível de água e salinidade dentro da lagoa mudaram em escalas de tempo diárias a semanais, de acordo com a intensidade e duração de frentes frias, precipitação, e o tempo em que o canal de maré permanece aberto. O vento induziu mistura durante uma passagem de frente fria e mistura de águas de advecção de baixa salinidade durante fluxo de maré de lagoas interiores (Domingos, 1991; Knoppers & Moreira, 1988). Este fenômeno de intrusão salina distanciou a resposta entre as comunidades planctônicas da Lagoa Itapeva e dessas lagoas costeiras do RJ.

Dinâmica planctônica da Lagoa Itapeva parece estar regulada por materiais suspensos. Assim, uma análise mais detalhada da composição destes e dos ciclos biogeoquímicos nesta lagoa fazem-se necessários para uma melhor compreensão dos mecanismos regulatórios do sistema. Segundo Carrick et al. (1993), ciclos biogeoquímicos atuando no fitoplâncton são importantes especialmente em lagos rasos, que são suscetíveis a mudanças nos campos de luz

devido à mistura de fundo. Nestes sistemas globalmente comuns, eventos de mistura podem produzir grandes aumentos na produção fitoplanctônica e mudanças na composição da comunidade. Contudo, não é claro se mudanças na biomassa fitoplanctônica são associadas com pulsos de liberação de nutrientes do sedimento nas camadas superiores da água durante eventos de ressuspensão ou direta inoculação de alga no fundo do lago. Alguns ciclos sazonais no fitoplâncton podem ser explicados através da desestratificação da coluna d'água associada com turbulência do vento, que mistura o meroplâncton na zona fótica para iniciar nova fase de crescimento. Entretanto, embora a ocorrência do meroplâncton ter sido documentada em vários ecossistemas aquáticos, sua influência na dinâmica da comunidade de um lago raso não é bem compreendida.

Em lagos rasos, várias condições morfométricas e climáticas interferem com a relação entre estado trófico e luz ambiente. Então, ventos freqüentes podem causar um decréscimo da transparência da água através da ressuspensão do sedimento e pela regeneração interna do *pool* de nutrientes. A dinâmica de detritos suspensos na água foi principalmente explicada pela variação da biomassa fitoplanctônica (69%) e turbulência da água (24%). A intensidade crítica de vento gerando esta turbulência variou de 3,2 a 5,4 m.s⁻¹ para uma profundidade entre 1 e 3 m. O efeito do vento no regime de transparência no *Danube Delta* foi importante devido ao fato de que, na maior parte do tempo (68 a 80% dos dias ao ano), o vento soprou nesta velocidade (Cristofor et al., 1994). No caso da Lagoa Itapeva, a forma alongada e paralela ao principal eixo da direção de ventos predominantes (NE-SW) contribuiu decisivamente para a formação de gradientes planctônicos/ambientais em resposta à ação destes (*capítulo 3*, Figs. 3.5 e 3.6). O *Lago Neusiedlersee* (Austria/Hungary) apresenta características semelhantes à Lagoa Itapeva, pois também o eixo longitudinal está posicionado mais ou menos paralelamente com a principal direção do vento. Grandes massas de água são transportadas horizontalmente no lago durante ventos fortes persistentes/duradouros e afeta o gradiente horizontal atual no lago. Na maior baía deste lago, nível da água pôde alterar \pm 15cm em horas e a composição do fitoplâncton diferiu marcadamente em casos de direção diferente de ventos. Análise *cluster* dos dados quantitativos do fitoplâncton mostrou que a base de agrupamento mais importante foi a direção do vento no dia anterior à amostragem (Padisák & Dokulil, 1994). Um tempo de retardo similar entre a ação do vento e resposta do fitoplâncton foi encontrado também em uma lagoa rasa (Millet & Cecchi, 1992). Este tempo de retardo, aproximadamente 24h, entre o evento ambiental e a resposta na comunidade apenas foi constatado na Lagoa Itapeva durante o outono, sendo a alavanca impulsionadora da floração registrada. Nas demais estações do ano, as mudanças na comunidade planctônica

ocorreram quase que simultaneamente à ação dos ventos (*capítulo 7*), especialmente quando efeitos do *fetch* foram mais intensos.

Conclusões

Variáveis hidrológicas (nível d'água e velocidade do fluxo) foram determinantes de gradientes espaciais na lagoa em todas as estações do ano (exceção para inverno/98 e primavera por não terem sido computadas). As variáveis ambientais mais frequentes e fortemente correlacionadas com a formação de gradientes espaciais sazonais na Lagoa Itapeva foram aquelas que responderam diretamente à ação do vento, como: turbidez, sólidos suspensos e nível d'água (Tabela 8.13). Quanto mais forte o efeito do *fetch*, maior o gradiente espacial experimentado pelas variáveis ambientais e comunidade planctônica.

Como a composição da comunidade planctônica, tanto em nível de grupos como espécies, não diferiu enormemente entre os pontos amostrados, os gradientes foram mais visivelmente notados entre as amostras (pontos e turnos). Salvo algumas exceções, quando a densidade de uma dada espécie ou grupo respondeu em todos os pontos e turnos à oscilação também experimentada pela respectiva variável ambiental. A sobreposição da plotagem de espécies/grupos em muitos momentos da análise é justificada em função da ampla e forte gama de correlações estabelecidas entre estes.

A resposta da comunidade planctônica em curto intervalo de tempo somente foi possível de ser comprovada devido ao delineamento amostral empregado neste trabalho. Por isso, é importante sempre levar em conta, além da escala horizontal, as dimensões verticais e temporais. A idéia central em estudos de dinâmica biológica limnológica é que diferentes processos hidrodinâmicos e diferentes respostas biológicas ocorrem em diferentes escalas espaciais e temporais.

Os resultados da ACC ratificam os gradientes espaciais e temporais apresentados em cada capítulo desta tese separadamente, mostrando seu potencial como ferramenta bastante poderosa para verificar gradientes ambientais. Além disso, a comprovação que a hidrodinâmica rege um imenso poder sobre a comunidade planctônica da Lagoa Itapeva foi extremamente valiosa para o tema proposto nesta tese.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATTAYDE, J.L. & BOZELLI, R.L. 1998. Assessing the indicator properties of zooplankton assemblages to disturbance gradients by canonical correspondence analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **55**: 1789-1797.
- CARDOSO, L. de S.; LAYBAUER, L. & MOTTA MARQUES, D.M.L. da. 1997. Gradientes espaciais e sazonais de IQA e suas relações com o zooplâncton em sistema lagunar costeiro (Tramandai-RS). In: **XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Vitória-ES, v. 3, p. 37-44.
- CARMOUZE, J.P.; KNOPPERS, B. & VASCONCELOS, P. 1991. Metabolism of a subtropical Brazilian lagoon. *Biogeochemistry*, **14**: 129-148.
- CARRICK, H.J.; ALDRIDGE, F.J. & SCHELSKE, C.L. 1993. Wind influences phytoplankton biomass and composition in a shallow, productive lake. *Limnol. Oceanogr.*, **38** (6): 1179-1192.
- CRISTOFOR, S.; VADINEANU, A.; IGNAT, G. & CIUBUC, C. 1994. Factors affecting light penetration in shallow lakes. *Hydrobiologia*, **275/276**: 493-498.
- DEMERS, S.; THERRIault, J-C.; BOURGET, E. & BAH, A. 1987. Resuspension in the shallow sublittoral zone of a macrotidal estuarine environment: wind influence. *Limnol. Oceanogr.*, **32** (2): 327-339.
- DOMINGOS, P. 1991. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica e produção primária na Lagoa de Saquarema, RJ**. Niterói, CPG Geociências / UFF. 154 p. (dissertação).
- DUMONT, H. J. 1977. Biotic factors in the population dynamics of rotifers. *Archiv fur Hydrobiologie. Beiheft. Ergebnisse der Limnologie*, **8**: 98-122.
- ESTEVES, F. de A. 1998. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro, Interciência. xviii+602 p.
- FRENETTE, J.J.; VINCENT, W.F.; LEGENDRE, L. & NAGATA, T. 1996. Size-dependent changes in phytoplankton C and N uptake in the dynamic mixed layer of Lake Biwa. *Freshwater Biology*, **36**(2): 221-236.
- HABIB, O.A.; TIPPETT, R. & MURPHY, K.J. 1997. Seasonal changes in phytoplankton community structure in relation to physico-chemical factors in Loch Lomond, Scotland. *Hydrobiologia*, **350**: 63-79.
- HANN, B.J. & ZRUM, L. 1997. Littoral microcrustaceans (Cladocera, Copepoda) in a prairie coastal wetland; seasonal abundance and community structure. *Hydrobiologia*, **357**: 37-52.
- HARRIS, G.P. 1986. **Phytoplankton ecology: structure, function and fluctuation**. New York, Chapman and Hall. 500 p.
- HOAI, T.L. 1991. Zooplankton counted by image analysis and size-frequency distributions in a coastal lagoon. *Arch. Hydrobiol.*, **121** (2): 147-159.
- HUSZAR, V.L.M.; SILVA, L.H.S.; DOMINGOS, P.; MARINHO, M. & MELO, S. 1998. Phytoplankton species composition is more sensitive than OECD criteria to the trophic status of three Brazilian tropical lakes. *Hydrobiologia*, **369/370**: 59-71.
- JONGMAN, R.H; TER BRAAK, C.J.F. & van TONGEREN, O.F.R. 1987. **Data analysis in community and landscape ecology**. Pudoc, Wageningen. 303 p.
- JOUFRE, D.; LAM-HOAI, T.; MILLET, B. & AMANIEU, M. 1991. Structuration spatiale des peuplements zooplanctoniques et fonctionnement hydrodynamique en milieu lagunaire. *Oceanologica Acta*, **14** (5): 489-504.
- KJERFVE, B. & KNOPPERS B.A. 1991. Tidal choking in a coastal lagoon. In: **Tidal phenomena on shelves and in embayments tidal hydrodynamics**. B.B. Parker (ed.). New York, John Wiley & Sons. c. 9, p. 169-181.
- KJERFVE, B.; KNOPPERS B.A.; MOREIRA, P.F. & TURCQ, B.J. 1990. Hydrological regimes in Lagoa de Guarapina, a shallow brazilian coastal lagoon. *Acta Limnol. Brasil.*, **3**: 931-949.
- KNOPPERS B.A & MOREIRA, P.F. 1988. The short term effect of physical processes upon nutrients, primary production and sedimentation in Guarapina lagoon (RJ), Brazil. *Acta Limnol. Brasil.*, **2**: 405-430.
- KNOPPERS B.A & MOREIRA, P.F. 1990. Material em suspensão e sucessão fitoplanctônica na Lagoa de Guarapina-RJ. *Acta Limnol. Brasil.*, **3**: 291-317.

- LARSON, G.L.; McINTIRE, C.D.; TRUITT, R.E.; LISS, W.J.; HOFFMAN, R.; DEIMLING, E. & LOMNICKY, G. 1998. Phytoplankton assemblages in high-elevation lakes in the northern Cascade mountains, Washington state USA. *Arch. Hydrobiol.*, **142** (1): 71-93.
- LEGENDRE, L. & DEMERS, S. 1984. Towards dynamic biological oceanography and limnology. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **41**:2-19.
- LUNG'AYIA, H.B.O.; M'HARZI, A.; TACKX, M.; GICHUKI, J. & SYMOENS, J.J. 2000. Phytoplankton community structure and environment in the Kenyan waters of Lake Victoria. *Freshwater Biology*, **43**: 529-543.
- McGOWAN, J.A. & WALKER, P.W. 1979. Structure in the copepod community of the North Pacific Central gyre. *Ecological monographs*, **49** (2): 195-226.
- MILLET, B. & CECCHI, P. 1992. Wind-induced hydrodynamic control of the phytoplankton biomass in a lagoon ecosystem. *Limnol. Oceanogr.*, **37** (1): 140-146.
- MOREIRA, P.F. & KNOPPERS, B.A. 1990. Ciclo anual de produção primária e nutrientes na lagoa de Guarapina, RJ. *Acta Limnol. Brasil.*, **3** (1): 275-290.
- OGDEN, C.G. & HEDLEY, R.H. 1980. *An atlas of freshwater testate amoebae*. Oxford, British Museum (Natural History), Oxford University. 222p.
- PACE, M.L. & ORCUTT Jr., J.D. 1981. The relative importance of protozoans, rotifers, and crustaceans in a freshwater zooplankton community. *Limnol. Oceanogr.*, **26**, (5), 822-830.
- PADISÁK, J. & DOKULIL, M. 1994. Meroplankton dynamics in a saline, turbulent, turbid shallow lake (Neusiedlersee, Austria and Hungary). *Hydrobiologia*, **289** (1-3): 23-42.
- PADISÁK, J.; TÓTH, L.G. & RAJCZY, M. 1990. Stir-up effect of wind on a more-or-less stratified shallow lake phytoplankton community, Lake Balaton, Hungary. *Hydrobiologia*, **191**: 249-254.
- PALMER, M.W. 1993. Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology*, **74** (8): 2215-2230.
- PEDROZO, C. da S. 2000. *Avaliação da qualidade ambiental das lagoas da planície costeira do Rio Grande do Sul com ênfase na comunidade zooplânctônica*. São Carlos, PPG Ecologia e Recursos Naturais/UFSCar. 241 p. (tese).
- PENNAK, R. W. 1991. *Fresh-water invertebrates of United States*. Protozoa to Mollusca. 3.ed. New York, John Wiley & Sons. C. 17, p. 410-442.
- SEI, S.; ROSSETTI, G.; VILLA, F. & FERRARI, I. 1996. Zooplankton variability related to environmental changes in a eutrophic coastal lagoon in the Po Delta. *Hydrobiologia*, **329**: 45-55.
- SLÁDECEK, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, **100**: 169-201.
- TEMPONERAS, M.; KRISTIANSEN, J. & MOUSTAKA-GOUNI, M. 2000. Seasonal variation in phytoplankton composition and physical-chemical features of the shallow Lake Doirani, Macedonia, Greece. *Hydrobiologia*, **424**: 109-122.
- TER BRAAK, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, **67** (5): 1167-1179.
- TUNDISI, J.G. 1990. Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Rev. Brasil. Biol.*, **50** (4): 937-955.
- VINCENT, W.F. 1992. The daily pattern of nitrogen uptake by phytoplankton in dynamic mixed layer environments. *Hydrobiologia*, **238**:37-52.