

Amenônia Maria Ferreira Pinto

**Aplicação de Medidas Contínuas da Fluorescência para Determinação
da Clorofila *a* Emitida pela Comunidade Fitoplanctônica**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da
Escola de Engenharia da Universidade Federal
de Minas Gerais, como requisito parcial
à obtenção do título de Mestre em Saneamento,
Meio Ambiente, e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Eduardo von Sperling
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
1998

**“Aplicação de Medidas Contínuas da Fluorescência para Determinação da
Clorofila a emitida pela Comunidade Fitoplanctônica”**

Amenônia Maria Ferreira Pinto

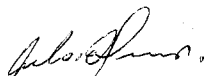
Dissertação de Mestrado submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos -Área de Concentração: Meio Ambiente

Aprovada em 19 de junho de 1998.

Por:



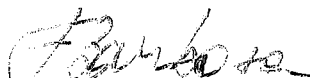
Prof. Eduardo von Sperling



Prof. Carlos Augusto de Lemos Chernicharo



Pesq. Willer Pos



Prof. Francisco Barbosa



Prof. Aristides Almeida Rocha

Mesmo que tardiamente, gostaria de dedicar este meu trabalho aos meus pais, Jairo, *in memoriam* e Waldett, que carinhosamente me acolheram, possibilitando este desfecho.

Mais que aqueles que conceberam, são aqueles que durante a sua existência, estiveram e sempre estarão ao meu lado, acreditando no meu empenho, na minha capacidade. Ajudando a construir este meu futuro.

AGRADECIMENTOS

Como não poderia deixar de ser, durante todo o desenvolvimento deste trabalho necessitei do auxílio de terceiros, quer na área técnica quer na área administrativa.

Um estudo deste porte, jamais poderia ter sido feito por um único indivíduo e foi com muito prazer que vi as pessoas tomarem para si este nosso trabalho.

Trabalhar com técnicos de alto nível de competência e conhecimento, nas suas áreas específicas, é sem sombra de dúvida muito prazeroso, é fazer do tempo de duração da pesquisa uma fonte de aprendizado, de vivência e convivência que por si só justificam o estudo proposto.

Assim jamais poderia deixar de agradecer àqueles que possibilitaram a conclusão desta dissertação.

Agradeço à Universidade Federal do Estado de Minas Gerais - UFMG que através de seu corpo técnico e administrativo, contribuiu para a minha formação. Em particular ao Dr. Eduardo von Sperling, meu orientador, pelo incentivo e dedicação.

Agradeço à Centrais Elétricas de Minas Gerais - CEMIG cuja Gerência Executiva de Porto Estrela, na pessoa do seu gerente, o Engenheiro Guilherme Committi, gentilmente cedeu os equipamentos de posicionamento, a infra-estrutura necessária para sua operação e indicou como responsável por este apoio, o técnico Fausto Lorenzato de Mendonça e sua equipe, que tomaram para si, com muito profissionalismo e competência, esta tarefa.

Agradeço, ainda, à Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA-MG, que através da sua política de cooperação técnica, esteve presente nas diversas etapas do desenvolvimento desta pesquisa.

Em particular agradeço ao biólogo Tales Heliodoro Viana, chefe da seção de controle e recursos hídricos que viabilizou os locais a serem estudados, além de colocar à disposição informações referentes a Vargem das Flores.

Agradeço o Laboratório Metropolitano, também pertencente à COPASA-MG, que, através do setor de mananciais e efluentes e do setor de hidrobiologia, foram os responsáveis por algumas das análises apresentadas aqui.

Agradeço imensamente ao colega Fernando Jardim, biólogo, chefe do setor de hidrobiologia, pela sua contribuição técnica, nas questões relacionadas com a biologia sanitária, reconhecidamente uma autoridade nesta área.

Agradeço o apoio recebido do Centro de Arqueologia Annette Laming Emperaire ligado à Prefeitura de Lagoa Santa que através da Arqueóloga Rosângela Albano Siva cedeu os mapas disponíveis da área em estudo.

Agradeço à Direção do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN que, através de sua política de formação e treinamento de pessoal, viabilizou esta pesquisa fornecendo os recursos humanos e materiais necessários.

Gostaria de agradecer, ainda a todos os servidores do CDTN que ao longo de todos estes anos, incentivaram a conclusão deste projeto.

A Supervisão de Química e Mineralogia - AT2, cujos técnicos Marta Maria Avelar, Lúcia Maria Laboissere Alencar Auler e Oliene dos Reis Fagundes, foram os responsáveis pelas análises químicas, aqui apresentadas.

Ao chefe da Supervisão de Aplicação de Técnicas Nucleares - CT7, Virgílio Lopardi Bomtempo que soube compreender e apoiar todos estes momentos.

A toda a equipe da CT7 e em particular a todos que participaram dos trabalhos de campo, cuja ajuda inestimável possibilitou o desfecho deste estudo. Foram companheiros, amigos e considero ainda, co-autores nesta pesquisa.

Antônio Fioravante Neto, Duarte Augusto Costa, Geraldo Godinho Pinto, Namir de Souza Vieira e Marta Maria Avelar.

A Maria Léa Machado e Maurício Vieira de Carvalho, pela contribuição no trabalho de processamento dos dados, e George Uemura pela edição.

Agradeço também à equipe de apoio: Nayron Cosme de Lemos - CT7, Antônio Queiroz de Melo, Augusto Francisco Lúcio, Geraldo Moreira Braga, Jorge Nunes Filho e José Geraldo de Souza Filho todos da Divisão de Serviços Gerais - AL5.

Ao pesquisador Guilherme Roedel, que se dispôs pacientemente a fazer a revisão dos textos, e à bibliotecária Lenira Lúcia Santos Passos Ferreira da Divisão de Computação e Serviços Gerais - AL3 pela revisão das referências.

Finalmente agradeço ao meu Companheiro Rubens Martins Moreira, mentor deste trabalho, e peço desculpas às nossas filhas Ana Luiza e Barbara pelos momentos em que foram preteridas, mas sem sombra de dúvidas, foram a força impulsionadora desta dissertação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Estrutura molecular das clorofilas <i>a</i> e <i>b</i>	19
Figura 3.1 - Espectro de absorção das clorofilas <i>a</i> , <i>b</i> e dos carotenóides nos cloroplastos.....	36
Figura 4.1 – Vargem das Flores e Lagoa Santa, locais escolhidos para a realização dos estudos de campo.....	53
Figura 5.1 – Pontos de coleta e de posicionamento da embarcação durante os trabalhos de campo em Vargem das Flores.....	73
Figura 5.2 - Gráfico das concentrações de clorofila <i>a</i> e das temperaturas registradas em Vargem das Flores.....	80
Figura 5.3 - Registros das profundidades para a Represa de Vargem das Flores.....	82
Figura 5.4 – Pontos de coleta e de posicionamento da embarcação durante os trabalhos de campo em Lagoa Santa.....	83
Figura 5.5 - Gráfico das concentrações de clorofila <i>a</i> e das temperaturas registradas em Lagoa Santa.....	88
Figura 5.6 - Registros das profundidades em Lagoa Santa.....	89
Figura 6.1 – Distribuição da clorofila <i>a</i> ao longo da Represa de Vargem das Flores....	108
Figura 6.2 – Curvas batimétricas para a Represa Vargem das Flores.....	109
Figura 6.3 – Gráficos das concentrações de clorofila <i>a</i> registradas durante o experimento em Vargem das Flores.....	110

Figura 6.4 – Comparação entre o nitrogênio total e os teores de clorofila a obtidos pelos métodos espectrofotométricos para Vargem das Flores	116
Figura 6.5 – Comparação entre o fosfato reativo e os teores de clorofila a obtidos pelos métodos espectrofotométricos para Vargem das Flores	116
Figura 6.6 – Correlação entre os dados fluorimétricos e os dados espectrofotométricos obtidos em Vargem das Flores para a profundidade de 1,3 m.....	117
Figura 6.7 – Correlação entre os dados fluorimétricos e os dados espectrofotométricos obtidos em Vargem das Flores para a profundidade de 1,8 m.....	118
Figura 6.8 – Distribuição da clorofila a em Lagoa Santa.....	119
Figura 6.9 – Curvas batimétricas da Lagoa Santa	120
Figura 6.10 – Comparação entre o nitrogênio total e os teores de clorofila a obtidos pelos métodos espectrofotométricos em Lagoa Santa	124
Figura 6.11 – Comparação entre o fosfato reativo e os teores de clorofila a obtidos pelos métodos espectrofotométricos em Lagoa Santa	124
Figura 6.12 – Correlação entre os dados fluorimétricos e os dados espectrofotométricos obtidos em Lagoa Santa	125

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 4.1 - Vargem das Flores.....	54
Foto 4.2 – Lagoa Santa.....	55
Foto 4.3 – Fluorímetro TURNER modelo 10-AU-005	57
Foto 4.4 - Ecobatímetro SENBONDENKI modelo PDR-130	58
Foto 4.5 - Tanque utilizado na calibração preliminar do fluorímetro	61
Foto 4.6 – Equipamentos portáteis para determinação de pH, OD, e condutividade/STD	64
Foto 4.7 – Distanciômetro DI 3000 composto por um conjunto de prismas.....	65
Foto 4.8 – Estação de posicionamento total marca WILD, composta por um teodolito T2000 e um coletor de dados marca GRE3	66
Foto 4.9 – Embarcação usada pela equipe responsável pela coleta das amostras a serem encaminhadas aos laboratórios da COPASA-MG e do CDTN	67
Foto 4.10 – Amostrador de poço, utilizado nas coletas acima de 2 m de profundidade .	71

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 - Distribuição dos pigmentos clorofílicos nos diversos grupos de algas ...	37
TABELA 5.1 - Coordenadas UTM dos pontos de amostragem em Vargem das Flores.	74
TABELA 5.2 - Resultados das análises físico-químicas para Vargem das Flores.....	75
TABELA 5.3 - Resultados das análises químicas para Vargem das Flores	76
TABELA 5.4 - Resultados das análises hidrobiológicas referentes às profundidades de 1,3 m e 0,8 m para Vargem das Flores.....	77
TABELA 5.5 - Resultados das análises hidrobiológicas referentes às profundidades de 1,7 m e 1,8 m e 2,3 m para Vargem das Flores	78
TABELA 5.6 - Coordenadas UTM das bases de referência usadas em Vargem das Flores	79
TABELA 5.7 - Resultados determinados para a clorofila <i>a</i> pelo método fluorimétrico e pelos métodos espectrofotométricos de Strickland e de Lorenzen em Vargem das Flores.....	81
TABELA 5.8- Coordenadas UTM dos pontos de amostragem em Lagoa Santa	84
TABELA 5.9 - Resultados das análises físico-químicas para Lagoa Santa	84
TABELA 5.10 - Resultados das análises químicas para Lagoa Santa.....	85
TABELA 5.11 - Resultados das análises hidrobiológicas referentes às profundidades de 1 m para Lagoa Santa.....	86
TABELA 5.12 - Resultados das análises hidrobiológicas referentes às profundidades de 2 e 3 m para Lagoa Santa.....	87

TABELA 5.13 - Coordenadas UTM das bases de referência usadas em Lagoa Santa ...	88
TABELA 5.14 - Resultados determinados para a clorofila <i>a</i> pelo método fluorimétrico e pelos métodos espectrofotométricos de Strickland e de Lorenzen em Lagoa Santa	89
TABELA 6.1 - Teores de nitrogênio determinados em Vargem das Flores	96
TABELA 6.2 - Teores de nitrogênio determinados em Lagoa Santa.....	96
TABELA 6.3 - Comparação entre os teores registrados para os parâmetros nitrogênio e fosfato reativo no período de 1994 até 1997 pela COPASA-MG e os valores determinados em 06/97, pelo presente estudo, para a Represa Vargem das Flores	97
TABELA 6.4 - Índice de diversidade calculado para Vargem das Flores	99
TABELA 6.5 - Índice de diversidade calculado para Lagoa Santa	99
TABELA 6.6 - Porcentagem de cada grupo calculada a partir do número total de espécimens encontradas nas diferentes profundidades em Vargem das Flores.....	100
TABELA 6.7- Porcentagem de cada grupo calculada a partir do número total de espécimens encontradas nas diferentes profundidades em Lagoa Santa	101
TABELA 6.8 - Porcentagem de organismos identificados nas profundidade de 0,8 m no ponto 7 e 1,3 m nos demais pontos - Vargem das Flores.....	102
TABELA 6.9 - Porcentagem de organismos identificados nas profundidades de 1,7 1,8 e 2,3 metros – Vargem das Flores	103
TABELA 6.10 - Porcentagem de organismos identificados a 1 metro da superfície, em Lagoa Santa.....	105
TABELA 6.11 - Porcentagem de organismos identificados a 1, 2, e 3 metros a partir da superfície em Lagoa Santa.....	106

TABELA 6.12 - Desvios relativos do método fluorimétrico com referência aos métodos Strickland e Lorenzen para Vargem das Flores	112
TABELA 6.13 - Teores encontrados para a feofitina <i>a</i> e a relação entre a clorofila <i>a</i> e a feofitina <i>a</i> (razão de absorção) para Vargem das Flores	113
TABELA 6.14 - Índice de Diversidade de Pigmentos calculados para Vargem da Flores	115
TABELA 6.15 - Desvios relativos do método fluorimétrico com referência aos métodos Strickland e Lorenzen para lagoa santa.....	121
TABELA 6.16 - Teores encontrados para a feofitina <i>a</i> e a relação entre a clorofila <i>a</i> e a feofitina <i>a</i> (razão de absorção) para Lagoa Santa.....	122
TABELA 6.17- Índice de Diversidade de Pigmentos calculados para Lagoa Santa	123
TABELA 6.18 – Valores médios, máximos e mínimos determinados para a clorofila <i>a</i> e profundidades e as áreas e os volumes calculados para os dois ambientes estudados.	126

Aplicação de Medidas Contínuas da Fluorescência para Determinação da Clorofila *a* Emitida pela Comunidade Fitoplanctônica

Amenônia Maria Ferreira Pinto

SUMÁRIO

RESUMO.....	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	23
3 METODOLOGIA.....	36
3.1 Introdução	36
3.2 O método espectrofotométrico.....	38
3.2.1 Concentração da amostra por filtração.....	40
3.2.2 Extração dos pigmentos.....	40
3.2.3 Leituras do espectrofotômetro.....	41
3.2.4 Vantagens e desvantagens do método espectrofotométrico.....	43
3.3 O método fluorimétrico.....	44
3.3.1 Vantagens e desvantagens do método fluorimétrico.....	46
3.4 Método fluorimétrico - <i>in situ</i> e <i>in vivo</i>	47
3.4.1 Vantagens e desvantagens do método fluorimétrico <i>in situ</i> e <i>in vivo</i>	48
3.4.2 Calibração do método.....	49
3.4.3 Interferências ao método.....	50
3.4.4 Campos possíveis de aplicação.....	51
3.5 Limite de detecção.....	52

4	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA FLUORIMÉTRICA <i>IN SITU</i> E <i>IN VIVO</i>	53
4.1	Escolha do local	53
4.1.1	Vargem das Flores	54
4.1.2	Lagoa Santa	55
4.2	Descrição dos estudos	57
4.3	Configuração do fluorímetro	59
4.4	Calibração do fluorímetro	60
4.5	Aplicação da metodologia à represa Vargem das Flores	63
4.6	Aplicação da metodologia à Lagoa Santa	70
5	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	72
5.1	Considerações iniciais	72
5.2	Resultados obtidos em Vargem das Flores	73
5.3	Resultados obtidos em Lagoa Santa	83
6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	90
6.1	Considerações iniciais	90
6.2	Avaliação dos resultados físico-químicos	91
6.3	Avaliação dos resultados hidrobiológicos	98
6.4	Avaliação dos resultados de clorofila <i>a</i>	107
6.4.1	Avaliação dos resultados de clorofila <i>a</i> para a represa Vargem das Flores	107
6.4.2	Avaliação dos resultados de clorofila <i>a</i> para Lagoa Santa	119
7	CONCLUSÕES	127

8	ANEXOS.....	129
8.1	Anexo A - Resultados das análises para os parâmetros químicos.....	129
8.1.1	Certificados de análises fornecidos para Vargem das Flores	129
8.1.2	Certificados de análises fornecidos para Lagoa Santa.....	135
8.2	Anexo B - Resultados das análises para os parâmetros biológicos.....	140
8.2.1	Certificados de análises fornecidos para Vargem das Flores	140
8.2.2	Certificados de análises fornecidos para Lagoa Santa.....	162
	SUMMARY	178
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	180

Aplicação de Medidas Contínuas da Fluorescência para Determinação da Clorofila *a* Emitida pela Comunidade Fitoplanctônica

Amenônia Maria Ferreira Pinto

RESUMO

Foi desenvolvida uma metodologia para determinar a concentração de clorofila *a* na comunidade fitoplanctônica de diferentes corpos d'água. Nesta metodologia o fluorímetro deve estar configurado com a lâmpada F4T5.B2/BP (*blue lamp*), o filtro de excitação equivalente ao Cs 5-60 (340 – 500 nm) e o filtro de emissão de 680 nm. Esta configuração minimiza as interferências próprias do método espectrofotométrico e permite que a clorofila *a* seja determinada *in vivo* e *in situ*, através da medida da fluorescência dos pigmentos.

A metodologia foi testada em dois ambientes distintos: no reservatório de Vargem das Flores, localizado em Betim/MG e na Lagoa Santa, localizada na região paleo-cárstica do município de Lagoa Santa/MG.

No trabalho de campo foi aplicado o sistema de medidas contínuas por varreduras, fazendo uso de uma pequena embarcação. O equipamento empregado durante os testes foi um fluorímetro Turner modelo 10-AU.

Foram determinados outros parâmetros de interesse limnológico como os nutrientes nitrogênio e fósforo, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, padrão de distribuição qualitativa e quantitativa do fitoplâncton, penetração da luz pelo disco de Secchi e em ambos os ambientes ainda foi realizada uma batimetria expedita.

Durante os testes foram coletadas amostras para a determinação de clorofila *a* pelo método de espectrofotometria, para efeito de comparação e calibração dos resultados obtidos.

Em Vargem das Flores as concentrações de clorofila *a*, após a calibração do fluorímetro variaram entre 0,5 e 3,4 mg/m³ enquanto que em Lagoa Santa os valores máximos encontrados foram da ordem de 20 mg/m³.

O grupo de algas predominante em Vargem das Flores foi o das *Cryptophytas*, seguido pelas *Cyanophytas*, representadas pelos gêneros *Cryptomonas* e *Dactylococcopsis*, já em Lagoa Santa houve a predominância das *Cyanophytas*. O gênero dominante foi o *Raphidiopsis*, que variou entre 58% e 72% dos organismos identificados.

A simplicidade, versatilidade e economia aliada à grande massa de dados obtidas em uma única campanha demonstram ser o método plenamente justificado em estudos ambientais.

1 INTRODUÇÃO

Neste fim de século estamos vendo cada vez mais aumentar a preocupação da sociedade com as questões ambientais. Legislações e incentivos estão sendo criados por parte do governo. Preservar, não poluir, otimizar a gestão dos recursos hídricos, são hoje condições para um desenvolvimento sustentável e que permite a sobrevivência do homem.

Mais de dois terços do planeta Terra encontram-se coberto por água; 99% deste total são representados pelas águas salgadas dos oceanos e pelos depósitos de gelo polar, restando desta forma, uma quantidade relativamente pequena para garantir a manutenção da vida de organismos dependentes de água doce (WETZEL, 1993).

A água, além de ser essencial para as formas de vida que se desenvolvem na Terra, é o composto mais abundante na constituição química de todos os organismos. É sabido hoje que a água doce representa um recurso limitado cujas reservas são passíveis de se esgotarem.

Um fenômeno que vem comprometendo os ecossistemas aquáticos é a eutrofização. Eutrofizar significa tornar-se enriquecido em nutrientes. Existem dois tipos de eutrofização; a natural, que ocorre muito lentamente, em função dos fatores naturais, como características físicas e morfológicas dos corpos d'água, e a artificial, que é causada pelas atividades humanas, através do lançamento de nutrientes nos corpos d'água.

Em Limnologia o termo eutrofizar se aplica à fertilização excessiva, permanente e contínua de um corpo d'água. Causada muitas das vezes pelo desenvolvimento tecnológico, pela urbanização e por práticas agrícolas, a eutrofização, desde que limitada, constitui um importante fator para o sistema ecológico, pois permite o aumento do seu potencial produtivo. Porém, em níveis excessivos, acarreta desequilíbrio, ocasionando proliferação de algas, que podem gerar problemas de cheiro e sabor, alterar

a cor e a turbidez, reduzir os teores de oxigênio, modificar a biota e causar conseqüentemente a deterioração da qualidade das águas.

As algas juntamente com as bactérias, protozoários, microcrustáceos e rotíferos são os organismos mais representativos da comunidade planctônica.

O termo plâncton refere-se àquelas formas de microorganismos aquáticos que têm pouca ou nenhuma resistência às correntes. Vivem em águas naturais, flutuando ao sabor dos movimentos das massas d'água ou em suspensão, com muito pouca capacidade de locomoção. São ligeiramente mais densos que a água, por isto afundam-se ou sedimentam. Geralmente constituem a unidade básica da produção de matéria orgânica dos ecossistemas aquáticos e podem ser classificados como: bacterioplâncton, fitoplâncton e zooplâncton.

O fitoplâncton ocorre como formas unicelulares, filamentosas ou em colônia, estando sua distribuição vertical restrita ao interior da zona eufótica, onde, graças à presença de energia luminosa, promove o processo fotossintético. Esta característica fotossintetizante, confere ao fitoplâncton a capacidade de fabricar seu próprio alimento, a partir de substâncias inorgânicas simples (autotrófico), tornando-o responsável pela base da cadeia alimentar no meio aquático.

A transformação de substâncias de estrutura simples em compostos orgânicos, com o aproveitamento da energia luminosa (fotossíntese), é característica de todos os vegetais clorofilados, que têm nas algas microscópicas o seu principal representante.

O pigmento verde denominado clorofila, desempenha papel fundamental na realização deste processo. É uma substância complexa derivada da porfirina, de peso molecular ao redor de 900 u.m.a, de estrutura semelhante à da hemoglobina do sangue e consiste de um anel tetrapirrólico ligado a um núcleo de magnésio e a uma cadeia formada por um álcool (fitol) cuja composição varia segundo a classe de clorofila.

Nas algas em geral a clorofila é encontrada em todas as células e está localizada em estruturas especiais, situadas no citoplasma, denominadas plastos, ou mais especificamente cloroplastos. Frequentemente nas células, o pigmento verde não se

a cor e a turbidez, reduzir os teores de oxigênio, modificar a biota e causar conseqüentemente a deterioração da qualidade das águas.

As algas juntamente com as bactérias, protozoários, microcrustáceos e rotíferos são os organismos mais representativos da comunidade planctônica.

O termo plâncton refere-se àquelas formas de microorganismos aquáticos que têm pouca ou nenhuma resistência às correntes. Vivem em águas naturais, flutuando ao sabor dos movimentos das massas d'água ou em suspensão, com muito pouca capacidade de locomoção. São ligeiramente mais densos que a água, por isto afundam-se ou sedimentam. Geralmente constituem a unidade básica da produção de matéria orgânica dos ecossistemas aquáticos e podem ser classificados como: bacterioplâncton, fitoplâncton e zooplâncton.

O fitoplâncton ocorre como formas unicelulares, filamentosas ou em colônia, estando sua distribuição vertical restrita ao interior da zona eufótica, onde, graças à presença de energia luminosa, promove o processo fotossintético. Esta característica fotossintetizante, confere ao fitoplâncton a capacidade de fabricar seu próprio alimento, a partir de substâncias inorgânicas simples (autotrófico), tornando-o responsável pela base da cadeia alimentar no meio aquático.

A transformação de substâncias de estrutura simples em compostos orgânicos, com o aproveitamento da energia luminosa (fotossíntese), é característica de todos os vegetais clorofilados, que têm nas algas microscópicas o seu principal representante.

O pigmento verde denominado clorofila, desempenha papel fundamental na realização deste processo. É uma substância complexa derivada da porfirina, de peso molecular ao redor de 900 u.m.a., de estrutura semelhante à da hemoglobina do sangue e consiste de um anel tetrapirrólico ligado a um núcleo de magnésio e a uma cadeia formada por um álcool (fitol) cuja composição varia segundo a classe de clorofila.

Nas algas em geral a clorofila é encontrada em todas as células e está localizada em estruturas especiais, situadas no citoplasma, denominadas plastos, ou mais especificamente cloroplastos. Freqüentemente nas células, o pigmento verde não se

encontra só, mas ao lado de outros pigmentos de cores diferentes como: azul (ficocianina), vermelho (ficoeritrina), alaranjado (caroteno) e amarelo (xantofila), etc. O papel da clorofila, como também de outros pigmentos auxiliares da fotossíntese, consiste principalmente em absorver a luz que será aproveitada no processo e transformá-la em outra forma de energia que possa ser utilizada na síntese (BRANCO, 1986).

O aumento da carga de nutrientes freqüentemente resulta no aumento da biomassa de fitoplâncton. A determinação de fitoplâncton em corpos d'água é mais comumente feita

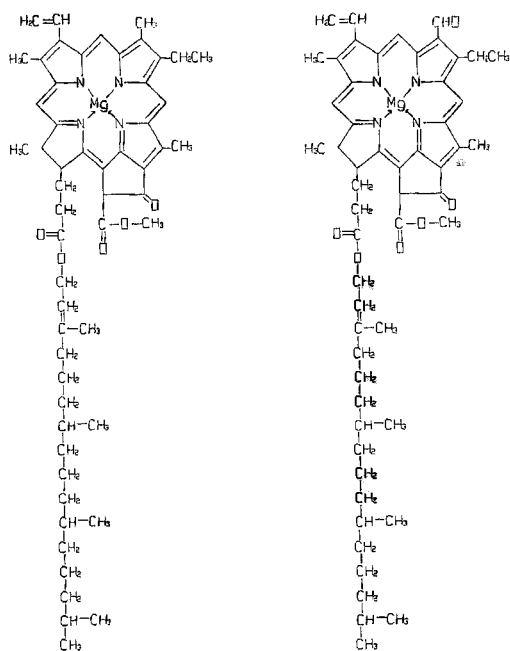


Figura 1.1 - Estrutura molecular das clorofilas *a* e *b*

FONTE - RAVEN et al., 1985, p. 95

pela medida da clorofila *a*. Isto porque a clorofila *a* é o principal pigmento fotossintético de todos os organismos que realizam a fotossíntese e encontra-se presente em todas as algas (Figura 1.1). Entretanto existem outros pigmentos clorofilicos de menor importância como as clorofilas *b* e *c*.

A clorofila *b* difere da clorofila *a*, por apresentar um grupo $-CHO$ no lugar do grupo $-CH_3$, como pode ser visto na região em destaque.

A quantificação de tais pigmentos aplica-se a programas de monitoramento e

levantamento ecológico, permitindo demonstrar o potencial orgânico local, em termos de biomassa algal por clorofila *a*.

A clorofila *a* constitui aproximadamente 1,0 a 2,0 % em peso do material orgânico seco, em todo fitoplâncton, sendo por isso representativa da concentração total de pigmentos.

As moléculas de clorofila não são estáveis; dependendo das condições do meio, tais como mudanças de pH, temperatura ou luminosidade excessiva, elas podem sofrer degradação, originando produtos conhecidos como feopigmentos. A feofitina *a*,

resultado da perda do átomo de magnésio por parte da clorofila, é um produto da degradação da clorofila a que pode interferir grandemente na sua medida, por absorver luz na mesma região do espectro deste pigmento.

A determinação da clorofila a tem sido usada, nos estudos de poluição orgânica ou industrial, na interpretação de várias análises físico-químicas e como um importante indicador de produtividade primária, do estado trófico dos corpos d'água e do estado fisiológico do fitoplâncton, através da relação clorofila a / feofitina a .

A avaliação da biomassa pelo teor de clorofila a , uma estimativa tanto útil como simples, apesar de ser aproximativa, continua sendo a melhor opção. Os outros constituintes celulares como: glicídios, lipídios, proteínas, ATP etc., envolvem técnicas analíticas mais sofisticadas nas suas determinações e apresentam as mesmas limitações que aquelas comentadas na avaliação da biomassa pelos teores de clorofila a (CARMOUZE, 1994).

A concentração de clorofila a pode ser determinada, em laboratório, por medida da fluorescência, por extração através de solventes orgânicos ou por medida da absorção da luz, onde são medidos os valores absorvidos de um determinado comprimento de onda.

A medida da clorofila a por fluorescência, com análises em laboratório, exige que um número grande de amostras sejam coletadas em campo. É um procedimento que requer disponibilidade de pessoal, laboratórios, material e tempo, fazendo com que o custo por análise seja elevado. A diminuição do número de amostras em nada favorece o conjunto dos resultados, muitas vezes sacrificando a qualidade do trabalho.

A proposta desta dissertação é o desenvolvimento de uma metodologia para análise da clorofila a através de medidas contínuas da fluorescência *in situ*. Esta metodologia acarreta em uma significativa diminuição no tempo de execução dos estudos, na equipe envolvida e no uso de laboratórios, além de proporcionar um aumento considerável no número de dados pelo sistema de *varredura* do corpo d'água em estudo e conseqüentemente uma melhoria da avaliação global do grau de eutrofização do sistema estudado.

resultado da perda do átomo de magnésio por parte da clorofila, é um produto da degradação da clorofila *a* que pode interferir grandemente na sua medida, por absorver luz na mesma região do espectro deste pigmento.

A determinação da clorofila *a* tem sido usada, nos estudos de poluição orgânica ou industrial, na interpretação de várias análises físico-químicas e como um importante indicador de produtividade primária, do estado trófico dos corpos d'água e do estado fisiológico do fitoplâncton, através da relação clorofila *a* / feofitina *a*.

A avaliação da biomassa pelo teor de clorofila *a*, uma estimativa tanto útil como simples, apesar de ser aproximativa, continua sendo a melhor opção. Os outros constituintes celulares como: glicídios, lipídios, proteínas, ATP etc., envolvem técnicas analíticas mais sofisticadas nas suas determinações e apresentam as mesmas limitações que aquelas comentadas na avaliação da biomassa pelos teores de clorofila *a* (CARMOUZE, 1994).

A concentração de clorofila *a* pode ser determinada, em laboratório, por medida da fluorescência, por extração através de solventes orgânicos ou por medida da absorção da luz, onde são medidos os valores absorvidos de um determinado comprimento de onda.

A medida da clorofila *a* por fluorescência, com análises em laboratório, exige que um número grande de amostras sejam coletadas em campo. É um procedimento que requer disponibilidade de pessoal, laboratórios, material e tempo, fazendo com que o custo por análise seja elevado. A diminuição do número de amostras em nada favorece o conjunto dos resultados, muitas vezes sacrificando a qualidade do trabalho.

A proposta desta dissertação é o desenvolvimento de uma metodologia para análise da clorofila *a* através de medidas contínuas da fluorescência *in situ*. Esta metodologia acarreta em uma significativa diminuição no tempo de execução dos estudos, na equipe envolvida e no uso de laboratórios, além de proporcionar um aumento considerável no número de dados pelo sistema de *varredura* do corpo d'água em estudo e conseqüentemente uma melhoria da avaliação global do grau de eutrofização do sistema estudado.

No CAPÍTULO 2 são apresentados, de maneira resumida, os resultados de estudos feitos por outros autores, que nortearam esta dissertação.

O desenvolvimento da metodologia é apresentado no CAPÍTULO 3 e no CAPÍTULO 4 é feita uma descrição do trabalho de campo.

No CAPÍTULO 5 são apresentados os resultados dos parâmetros analisados, e no CAPÍTULO 6 uma avaliação crítica da situação destes corpos d'água no que se refere ao seu grau de eutrofização.

Finalmente no CAPÍTULO 7 encontram-se as conclusões sobre a metodologia desenvolvida.

Estes estudos foram proporcionados pelo Centro de Desenvolvimento da Tecnologia NUCLEAR - CDTN, localizado em Belo Horizonte, Minas Gerais, que é um dos quatro institutos de pesquisa e desenvolvimento da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN.

A Supervisão de Técnicas Nucleares, uma das supervisões do Centro, é um grupo dedicado à aplicação de técnicas isotópicas e de traçadores em engenharia do meio ambiente e indústria, que começou suas atividades em 1962, no antigo Instituto de Pesquisas Radioativas - IPR.

No final dos anos 60 o então Laboratório de Radioisótopos recebeu peritos da Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA para diversas missões técnicas e científicas, daí brotando sua verdadeira vocação como estudioso dos fenômenos hidrológicos e sedimentológicos.

A partir de 1972 a Divisão de Radioisótopos formou especialistas nas áreas de engenharia costeira e hidráulica marítima, hidráulica fluvial, sedimentologia dinâmica, hidrologia subterrânea, dinâmica de processos, modelagem matemática.

No momento a Supervisão de Técnicas Nucleares desenvolve vários projetos nas áreas de engenharia ambiental e de aplicações industriais de técnicas nucleares.

O grupo possui todo o equipamento básico necessário para trabalhos de campo, tais como instrumentação para detecção e contagem radioativa, correntógrafos, ondógrafos, marégrafos, anemógrafos, instrumentos para medição de parâmetros físico-químicos (temperatura, condutividade elétrica, salinidade, turbidez, OD, pH), eletrodos de íons específicos, espectrômetro de campo, ecobatímetros, sistemas de posicionamento eletrônico, fluorímetros, além de equipamentos de apoio como barcos de pequeno porte, motores de popa, geradores e guinchos.

Esta pesquisa pôde ser realizada, portanto, graças à infra-estrutura existente e à metodologia usada nos estudos com traçadores radioativos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A técnica de análise por fluorescência começou a ser desenvolvida em meados da década de 30. O uso desta técnica cresceu vagarosamente, mas de maneira contínua até que, no final dos anos de 1940, o uso dos tubos fotomultiplicadores permitiu que a intensidade da luz pudesse ser medida para valores extremamente baixos, generalizando o emprego desta técnica.

Em 1963 foi apresentada pela primeira vez, por YENTSCH e MENZEL, a necessidade de se rever a metodologia até então empregada para a determinação de clorofila *a* em fitoplâncton. Esta metodologia, a espectrometria de absorção, apresentava-se ineficiente, principalmente quando a intenção era medir a concentração de clorofila *a* em águas oceânicas, geralmente com teores muito baixos ($< 1\mu\text{g/l}$) de pigmentos.

A espectrofotometria convencional necessitava que se concentrasse de 4 a 6 l de amostras de água, para obter volumes, nunca inferiores a 10 ml, exigidos pelo equipamento no momento da leitura. Quando a determinação da clorofila *a* não era o único parâmetro de interesse ou se pretendia amostrar um número maior de pontos, o volume amostrado durante um experimento, acompanhado pela quantidade de frascos e caixas necessárias, adquiriam proporções tais que os estudos ficavam inviabilizados, por serem feitos normalmente em embarcações pequenas, que não comportavam tamanha dimensão.

O estudo por fluorescência parecia assim uma opção natural a ser seguida. Segundo aqueles autores, o método de determinação da clorofila por fluorescência já havia sido proposto por outros pesquisadores como GOODWIN em 1947, KALLE em 1951, e KREY em 1958.

Ainda YENTSCH e MENZEL em 1963 apresentaram, ao desenvolver a sua metodologia, algumas alterações no método originalmente empregado por CREITZ e RICHARDS em 1955. Foram basicamente três as alterações:

1. substituição dos filtros de membranas por filtros de fibra de vidro,
2. uso de uma solução de 85% de acetona na extração no lugar de soluções a 90% e
3. aplicação da moagem convencional dos tecidos para facilitar a extração imediata dos pigmentos.

Finalmente YENTSCH e MENZEL (1963) concluíram que o método era bastante sensível e altamente apropriado para análises de rotina, no mar e em laboratórios.

Em 1965 HOLM-HANSEN et al. descreveram os resultados das investigações dos fatores que poderiam influenciar a razão entre a fluorescência e a absorção da luz pelos pigmentos algais. Os autores chamaram a atenção para a variação dos valores obtidos para a concentração da clorofila a , quando determinada por fluorescência, com aqueles valores obtidos com a espectrofotometria. Tais desvios chegavam a quase 20% e estavam muito realçados nos resultados apresentados por YENTSCH e MENZEL (1963).

HOLM-HANSEN et al. (1965) concluíram que existiam várias fontes de erros, inerentes ao método de determinação de clorofila por fluorescência:

1. A reabsorção da luz emitida pelo processo de fluorescência de um ou mais dos pigmentos fotossintéticos poderia resultar em uma alta estimativa da clorofila a . Este efeito seria pronunciado em extratos ricos em pigmentos.
2. A alomerização da clorofila (oxidação do carbono 10 do anel do ciclo pentanona) que ocorre quando a clorofila em solução é exposta ao oxigênio, pode ser acelerada pela presença de certos íons inorgânicos e certos agente oxidantes. O seu efeito sobre a fluorescência difere em magnitude para várias clorofilas, e poderia ser o responsável pelas mudanças nas quantidades de fluorescência por unidade de clorofila.
3. O fator de conversão - relação entre a fluorescência e a quantidade de clorofila a - não levava em conta a presença de pigmentos que absorvem a luz azul e fluorescem na luz vermelha, o que resultava em um aumento artificial na concentração de clorofila a .

Com o uso de diferentes filtros os erros introduzidos pelos diferentes pigmentos, tais como a clorofila *c*, poderiam ser amplamente eliminados. Isto entretanto diminuiria a sensibilidade da determinação de clorofila *a*. Foram ainda ressaltadas, pelos autores acima, a importância da determinação da clorofila por fluorescência e suas inúmeras vantagens sobre o método de absorção da luz: A alta sensibilidade, a rapidez e o fato do instrumento requerido para medir a fluorescência não depender de maneira crítica do alinhamento do comprimento de onda, como é o caso em medidas com o espectrofotômetro, apresentaram o método como de grande utilidade nos trabalhos de campo, principalmente para os estudos de produtividade.

LORENZEN (1966) pela primeira vez fez uso da metodologia da fluorescência para medidas da concentração de clorofila *a*, *in situ*, de maneira contínua, em águas oceânicas. Para que este estudo fosse possível, um fluorímetro TURNER modelo III foi modificado. O tubo fotomultiplicador padrão S-4 foi substituído por outro sensível à luz vermelha, estendendo desta forma a resposta do instrumento para 750 nm.

O tubo fotomultiplicador normalmente usado, até então, não responderia a comprimentos de ondas superiores a 650 nm, e como a clorofila *a*, *in vivo*, tem o seu máximo de fluorescência em 685 nm, foi necessário um tubo fotomultiplicador mais sensível a comprimentos de ondas maiores. Estas modificações aumentaram a sensibilidade do instrumento em quase 10 vezes.

LORENZEN usou para excitar a amostra uma lâmpada fluorescente azul. Os filtros usados foram: um filtro primário azul de transmissão máxima em 430 nm, e um filtro secundário, vermelho, opaco à luz de comprimento de onda menor que 645 nm, alcançando a transmissão máxima em 650 nm.

Além disso o seu estudo considerou que a combinação de filtros praticamente eliminava o efeito provocado pela presença da clorofila *c*, que floresce abaixo de 650 nm, e quanto à clorofila *b*, que poderia ser esperada como um agente a mais de interferência, é muito pouco encontrada nos grupos predominantes de fitoplâncton em águas oceânicas.

LORENZEN conclui que as medidas contínuas de clorofila *a*, *in vivo*, consistem em uma ferramenta extremamente útil em programas ecológicos amplos em águas oceânicas.

STRICKLAND (1968) chamou a atenção para a não linearidade entre a fluorescência e a concentração de clorofila. Esta observação veio de encontro àquelas observadas por LORENZEN em seus estudos. A relação deixava de ser linear quando a concentração de clorofila aumentava para valores superiores a 4-5 $\mu\text{g/l}$. Uma explicação encontrada pelo autor foi o efeito de dispersão, causado pelas partículas em suspensão, e a diferença na fluorescência das várias espécies que compõem a população de fitoplâncton.

Segundo STRICKLAND, quando a população natural de fitoplâncton excede a concentração representada por 5 $\mu\text{g/l}$ de clorofila *a*, um aumento na concentração celular resulta não somente em um aumento na fluorescência como também em um aumento significativo da dispersão da luz, causada pelas partículas em suspensão. Assim a fluorescência aumenta muito mais que o aumento correspondente da concentração de clorofila.

O fator de conversão entre fluorescência e concentração de clorofila é sempre maior perto da superfície, visto que o aumento da intensidade luminosa e da temperatura afetam o seu metabolismo e desenvolvimento. STRICKLAND sugere particular atenção durante os levantamentos de perfis de pigmentos, através da zona eufótica.

Além destes inconvenientes a serem considerados quando no uso da técnica descrita por LORENZEN, STRICKLAND acrescentou a necessidade de constantes padronizações, e coletas de amostras para análises químicas, se valores exatos forem requeridos.

Em 1967, o método fluorimétrico para determinação de clorofila *a in vivo*, desenvolvido por LORENZEN (1966), é aplicado nos estudos da Baía de Chesapeake em Maryland (USA) durante uma proliferação de Dinoflagelados. Este estudo é apresentado por FLEMER (1969), que ressaltou como principal vantagem do método os registros contínuos obtidos durante todo o estudo. A amostragem discreta obrigaria uma integração no espaço e no tempo e não seria viável em um número reduzido de amostras, prejudicando o estudo proposto.

Em 1971 CAPERON, CATTELL e KRASNICK apresentaram um estudo desenvolvido na Baía de Kaneohe, no Havá, pelo *Marine Biology Institute*. Mais uma vez o método desenvolvido por LORENZEN para determinação de clorofila *a in vivo* foi aplicado.

Amostras foram bombeadas continuamente, de uma profundidade de 1 metro, através de um fluorímetro TURNER modelo III. Foram coletadas amostras discretas onde foram determinados os teores dos nutrientes (nitrogênio e fósforo), dos pigmentos (método tricromático), e a produtividade primária (método do ^{14}C). Os dados coletados foram comparados com os dados coletados na década anterior, para que pudesse ser investigado o efeito sobre o enriquecimento provocado pelo aumento de descargas de esgoto nesta baía.

KIEFER (1973), pela primeira vez, discutiu a variabilidade na fluorescência das comunidades fitoplanctônicas e tentou relacionar esta variação com as mudanças de alguns parâmetros como a temperatura, a luz do sol, a concentração de nutrientes e as espécies presentes. Este estudo foi também um primeiro passo para determinar que a medida da fluorescência da clorofila *a in vivo* é de grande utilidade como um parâmetro ecológico e fisiológico.

Para atingir seus objetivos foram feitas cinco campanhas na costa da Califórnia. KIEFER, em seus estudos, fez uso da técnica desenvolvida por LORENZEN (1966). Uma bomba submersa foi colocada a uma determinada profundidade, e abaixada a uma velocidade constante, e a água então bombeada até o fluorímetro TURNER 111. O perfil de clorofila *a* foi assim conhecido para toda a coluna d'água.

Amostras de água foram coletadas na saída do fluorímetro e o valor da fluorescência *in situ* foi registrado; a concentração de clorofila *a* foi determinada pelo método espectrofotométrico de STRICKLAND e PARSONS, 1968. A razão entre a fluorescência *in situ* e a clorofila *a* foi computada para cada amostra e foi denominada por KIEFER de número de fluorescência.

Foi determinada, ainda, a composição das espécies de fitoplâncton presentes em algumas das amostras coletadas na saída do fluorímetro. Parâmetros adicionais como temperatura

da água e a concentração de nutrientes inorgânicos (nitrato, amônia, fosfato e silicatos) foram medidos.

Em seus estudos KIEFER tirou algumas conclusões importantes que vieram enriquecer os estudos desenvolvidos até então. Estações de amostragem próximas no espaço e no tempo apresentavam características de fluorescência bastante diferentes. Variações no número de fluorescência dentro da própria coluna d'água, em estudo, foram também muito comuns. Desta forma o autor concluiu haver dois tipos de variação bem evidentes.

Um primeiro tipo chamado por ele de dependente da luz é, caracterizado por estar limitado à zona eufótica, durante o tempo de intensa luz solar. Nesta situação existe uma foto-inibição da célula fluorescente. A uma profundidade de 10 metros a intensidade de fluorescência foi maior que a intensidade registrada a 1 metro.

Um segundo tipo de variação foi chamado por KIEFER de independente da luz. Em algumas situações de estudo, as variações ocorridas no número de fluorescência não foram relacionadas à foto-inibição. Foram observadas variações do número de fluorescência ao se afastar da costa, as quais KIEFER sugeriu como sendo devidas às mudanças do estado fisiológico das células ou a mudanças nas espécies produtivas.

A tentativa de relacionar as variações não dependentes da luz com outros parâmetros ecológicos nos estudos desenvolvido por KIEFER tiveram sucesso limitado.

Variações na fluorescência celular foram comparadas com variações na temperatura, na concentração de nutrientes orgânicos e das espécies. Somente as comparações com variações na temperatura apresentaram resultados conclusivos, isto é: variações na temperatura não tiveram nenhum efeito sobre a fluorescência da clorofila *a in vivo*. Dados incompletos e resultados ambíguos impossibilitaram o autor de considerar as variações nos teores de nutrientes e das espécies presentes.

KIEFER tentou explicar as variações no número de fluorescência quando não dependentes da luz como sendo devidas à contribuição na fluorescência dos produtos de degradação da clorofila *a* (clorofide *a*, feofitina *a* e feoforbide *a*). Foi avaliado o efeito

para variações dos feopigmentos, feofitina *a* e feoforbide *a*. Não foi feita nenhuma avaliação quanto à variação nas concentrações da clorofide *a*.

KIEFER concluiu que as variações não foram causadas pelas mudanças nas concentrações relativas dos produtos de degradação da clorofila *a*. Variações na fluorescência celular ocorrem independente da intensidade da luz e são muito evidentes em águas costeiras. Estas variações pouco entendidas foram consideradas por ele como um grande obstáculo nas aplicações de determinações contínuas de clorofila *a in situ*.

Em 1974 a revista *Water Research* publicou um estudo comparativo sobre as técnicas de medidas: fluorescência *in vivo*, fluorescência por extração e concentração de clorofila *a* nas determinações da biomassa (TUNZI, CHU e BAIN JR, 1974).

A fluorescência da clorofila da célula algal é um método conveniente de se medir a concentração de clorofila. O principal problema em se usar a concentração da clorofila para determinar a massa algal são as mudanças que ocorrem dentro das células e na razão entre a massa e a clorofila. Estas mudanças são causadas pela exaustão de nutrientes e por diferentes intensidade de luz.

Neste estudo os autores também aplicaram a técnica de determinação da concentração de clorofila por fluorescência *in vivo* no laboratório e no campo. Verificaram, no laboratório, que durante o crescimento da biomassa a razão entre a fluorescência *in vivo* e a concentração de clorofila *a* sofria variações.

Concluíram, em seus estudos, que o fator de conversão da fluorescência *in vivo* para concentrações de clorofila *a* deve ser calculado no início e no fim de cada bioensaio. A razão entre a concentração de clorofila *a* e fluorescência *in vivo* é variável para determinações locais e o aumento da medida da fluorescência *in vivo* não pareceu ser grandemente influenciado pelo material suspenso, sendo antes um reflexo do aumento do número de células algais. A razão entre a concentração de clorofila *a* e a medida da fluorescência pareceu ser também influenciada pela profundidade da amostragem.

Segundo os autores a fluorescência por extração pode ser usada para medir clorofila quando as concentrações se encontram abaixo do limite de detecção da fluorescência *in vivo*.

Ao contrário do encontrado para a variabilidade da relação entre a clorofila α e a fluorescência *in vivo*, a relação entre a clorofila α e a fluorescência medida por extração foi linear, significando que, uma vez que a razão tenha sido estabelecida para um fluorímetro específico, os teores de clorofila α podem ser estimados aplicando-se um fator de correção à leitura indicada pelo aparelho.

Finalmente os autores concluíram que o procedimento para medida da fluorescência *in vivo* é expedito e possível de ser adaptado para medidas em campo. O pequeno porte dos equipamentos envolvidos permitem mobilidade (através de um barco) na operação e o procedimento permite medidas regulares da concentração de algas em grandes corpos d'água.

Nas décadas que se sucederam, os estudos envolvendo determinação de clorofila α foram cada vez mais sendo ampliados por diversos pesquisadores.

Em 1974, DILLON e RIGLER apresentaram um estudo onde relacionaram a biomassa representada pelos dados de clorofila α com dados de fósforo determinados em 19 lagos canadenses, combinados com dados registrados na literatura para outros lagos norte-americanos.

Em 1975 POWELL et al. fizeram um estudo de análise espectral de dados de corrente e de medidas de clorofila α em lagos da Califórnia, Nevada e no Lago Tahoe na divisa entre estes dois estados norte-americanos. Os dados de clorofila foram determinados de maneira contínua, *in situ*, usando um fluorímetro TURNER.

Em 1977 CARLSON propôs a construção de um índice indicativo do estado trófico de lagos. Em seu artigo ele compara entre si os parâmetros transparência, fósforo total e clorofila α . Como os valores de clorofila α são aparentemente livres de interferência, especialmente se corrigidos quanto à feofitina, CARLSON sugere o uso da clorofila α

para uma melhor estimativa da biomassa em muitos lagos e que uma prioridade poderia ser dada para seu uso como indicador de estado trófico.

SLOVACEK e HANNAN escreveram, também em 1977, um artigo onde comentam sobre as possíveis interferências nas medidas da fluorescência e o uso do herbicida DCMU (3-(3,4 diclorofenil)-1,1 dimetilurea) como uma forma de eliminar estas interferências.

A molécula excitada de clorofila α emite energia que pode ser convertida em energia química ou dissipada como fluorescência. A adição de DCMU inibe a excitação da clorofila, e portanto a conversão da energia radiante absorvida em energia química, tendo como resultado a maximização da fluorescência produzida por muitas espécies de fitoplâncton.

Os autores concluíram ser evidente a necessidade de uma calibração contínua em medidas de fluorescência, pela própria variabilidade da emissão da fluorescência por unidade de clorofila α .

Os resultados indicaram que variações na produtividade foram reguladas pela combinação de fatores ambientais, do estado metabólico dos organismos presentes e das respostas individuais das várias espécies de fitoplâncton. Estas variações ficam minimizadas quando a clorofila α é determinada por métodos que usualmente necessitam extrair a clorofila α por solvente.

Ficou ressaltado ainda que a estimativa da produtividade, pela fluorescência *in vivo*, no campo, requer contínuas avaliações do conteúdo de clorofila α , através de seleção de poucas amostras que devem ser analisadas pela espectrometria complementar ou por determinações fluorimétricas usando as técnicas de extração.

Finalmente, as medidas com DCMU não eliminaram completamente os problemas e os autores reconheceram serem obrigados a distinguir, em amostras naturais, entre a clorofila celular e a detrital.

GIBBS (1979) observou que as determinações de rotina de clorofila *a* pelo método fluorescente, na Baía Vitória (Austrália) e em águas costeiras, apresentavam-se na maioria das vezes anormais e que as concentrações dos feopigmentos algumas vezes eram excepcionalmente elevadas.

Neste artigo o autor descreve a interferência da clorofila *b* e dos feopigmentos nas determinações fluorimétricas da clorofila *a*. Baseou-se em observações de que, as concentrações de clorofila *a* não degradada, nos testes efetuados, eram subestimadas por uma quantidade igual às concentrações de clorofila *b* presentes nas amostras e que valores medidos de clorofila *a*, não corrigidos pelos feopigmentos estavam aumentados de uma porcentagem de 30% dos valores das concentrações de clorofila *b*.

Ainda neste artigo ele discutiu as causas destas interferências, discorreu sobre a sensibilidade do comprimento de onda de excitação quando em presença de clorofila *b* e testou o efeito da relação acetona /água sobre a extinção antes e depois da acidificação (vide § 3.2).

O fator de acidificação ou razão ácida (relação entre a fluorescência antes e depois da acidificação) demonstrou ser crítico na determinação da razão entre a clorofila *a* das células vivas e os feopigmentos. GIBBS apresentou o fator de acidificação como sendo fortemente dependente do comprimento de onda de excitação, implicando com isto em sua padronização cuidadosa para evitar erros grosseiros na determinação da clorofila *a* e dos feopigmentos.

No seu estudo, mais uma vez ficou evidente que as variações entre instrumentos necessitam de calibrações individuais. Finalmente concluiu que, apesar do desenvolvimento do métodos *in vivo*, que se apresentaram como uma alternativa conveniente à extração com acetona, seria necessário encontrar um método analítico simples, de rotina, livre das interferências.

BAKER et al. em 1983 chamaram a atenção sobre a importância na escolha dos filtros e das lâmpadas usadas nos fluorímetros, de tal forma a minimizar os erros decorrentes de

um baixo valor do fator de acidificação, o que geraria uma grande incerteza na determinação da concentração de clorofila *a*.

O fator de acidificação é específico para cada instrumento e deve ser determinado no momento em que o instrumento está sendo calibrado. No seu artigo BAKER et al. (1983) concluíram que deve-se usar uma lâmpada que forneça um fator igual ou maior que dois, para que não ocorra nenhuma ampliação do erro ao se fazer as medidas.

Em 1983 MONTOURA e LLEWELLYN publicaram um artigo onde descreveram um método sensível para a determinação de mais de trinta pigmentos clorofílicos e carotênicos em águas marinhas e de estuários usando o sistema de cromatografia líquida de alta resolução de fase reversa.

Neste artigo ressaltaram a importância da determinação da clorofila *a* como um método de se estimar a biomassa fitoplanctônica e a produtividade. Mencionaram as dificuldades encontradas pelos métodos empregados: espectrofotometria, espectrofluorimetria, cromatografia em camada delgada (TLC) e cromatografia líquida de alta eficiência - CLAE (HPLC) de fase normal.

Ainda em 1983 a firma TURNER publicou um boletim, onde fez um resumo da técnica de determinação de clorofila *a in vivo, in situ* e por extração, até aquela data. Neste artigo mostrou as vantagens, desvantagens, interferências, calibração e padronização do método. Discorreu sobre a seleção dos filtros, da fonte de luz e do tubo fotomultiplicador.

Em 1984 WRIGHT e SHEARER descreveram um procedimento que apurou o método de análise por cromatografia (HPLC). As principais alterações foram quanto ao processo de extração dos pigmentos.

Em 1985 BIDIGARE, KENNICUTT e BROOKS descreveram um sistema HPLC para determinações de clorofila *a, b, c* e seus produtos de degradação, para ser usado a bordo de uma embarcação. A técnica foi dita, pelos autores, como sendo precisa, rápida e com limites de detecção bem baixos (13 pg / injeção).

A presença de clorofila *b* já vinha sendo discutida por diversos autores como um fator limitante no uso do método convencional de medida da fluorescência com acidificação, diminuindo conseqüentemente a sua popularidade em trabalhos limnológicos .

Ao contrário do que se dizia, a concentração de clorofila *b* nem sempre é baixa em ambientes marinhos, aumentando as dúvidas no emprego do método da forma como vinha sendo feita.

O método de determinação de pigmentos por cromatografia líquida (HPLC) parecia então como sendo a única alternativa capaz de separar os diversos pigmentos presentes. Entretanto os custos iniciais apresentavam-se proibitivos e estavam associados com o processamento das amostras de rotina, calibração e manutenção dos instrumentos.

Assim, foi necessário o desenvolvimento de um procedimento simples, barato, para pesquisas em ambos os sistemas de águas, marinhas e doce, capaz de diminuir os problemas referentes à clorofila *b*.

WELSCHMEYER (1994), através de seus estudos, contribuiu para o avanço da técnica de determinação fluorimétrica de clorofila *a*, principalmente em sistemas de água doce.

Sua pesquisa buscou uma combinação ótima de lâmpadas e filtros, para os instrumentos de fluorescência existentes, que elevou a sensibilidade dos mesmos para a determinação da clorofila *a*, mantendo a sensibilidade baixa para as determinações da clorofila *b* e da feofitina *a*.

Em seu trabalho ele descreveu as modificações necessárias das características óticas dos filtros usados nos fluorímetros. O critério para a seleção da melhor lâmpada e combinação de filtros foi baseado no balanço entre a seletividade e a sensibilidade total; a sensibilidade total foi julgada de importância secundária na avaliação deste trabalho.

Como resultado WELSCHMEYER apresentou um método simples para determinação da clorofila *a* em presença de clorofila *b* e feopigmentos, usando a lâmpada F4T41/2B2 (hoje substituída pela *blue lamp* com idênticas características espectrais) e a combinação entre a excitação e a emissão do par de filtros 436/680 nm. Neste método proposto não é

necessária a acidificação da amostra, entretanto deve ser aplicado em análises *in vitro* ou onde é necessária a extração da clorofila.

Como pode ser observado todos os artigos expostos acima têm em comum o fato de representarem pesquisas desenvolvidas em países de clima frio ou temperado. Ambientes tropicais foram muito pouco estudados e os dados disponíveis nem sempre representam as nossas condições ambientais.

Se em nível mundial encontramos tão poucos dados, em nível nacional não temos nenhuma pesquisa nesta área. Encontramos, sim, alguns estudos limnológicos envolvendo levantamento de parâmetros, dos quais a clorofila faz parte, mas estes estudos utilizam a técnica de determinação de pigmentos por espectrofotometria; para determinações *in vivo* e *in situ* não encontramos infelizmente nenhuma referência.

3 METODOLOGIA

3.1 Introdução

Praticamente toda energia eletromagnética que flui através dos ecossistemas nele entra na forma de fótons, segundo comprimentos de onda definidos que, além de promover uma série de reações fotoquímicas, são capturados por moléculas de pigmentos de tipos diversos. Alguns destes pigmentos, como clorofilas, carotenóides e xantofilas formam parte dos cloroplastos encontrados nas células vegetais e são os pigmentos característicos das algas.

Da energia que chega à superfície da Terra, apenas a faixa compreendida entre os comprimentos de onda de 390 a 760 nm corresponde à luz visível, (ODUM, 1988). É o chamado espectro luminoso ou visível. Cada pigmento presente nas algas tem diferente capacidade de absorção da energia luminosa, em função dos comprimentos de onda, como pode ser observado na Figura 3.1, cujas cores originais foram alteradas, para melhor visualização.

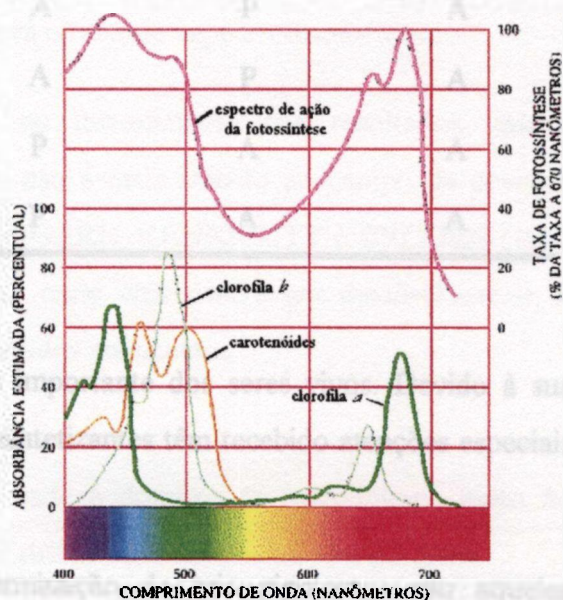


Figura 3.1 - Espectro de absorção das clorofilas *a*, *b* e dos carotenóides nos cloroplastos
FONTE - RAVEN et al., 1985, p. 96

Cada grupo vegetal apresenta pigmentos típicos, tabela 3.1, sendo três as clorofilas mais comumente encontradas: *a*, *b* e *c*. As moléculas de clorofila *a* são comuns a todos os vegetais; absorvem as radiações que chamamos luminosas e as convertem em energia química, mediante a redução de compostos de carbono (fotossíntese).

TABELA 3.1 - Distribuição dos pigmentos clorofilicos nos diversos grupos de algas
P - presente / A - Ausente

Tipos de Pigmentos	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila <i>c</i>	Clorofila <i>d</i>
Cyanophyceae	P	A	A	A
Rodophyceae	P	A	A	P
Criptophyceae	P	A	P	A
Dinophyceae	P	A	P	A
Crisophyceae	P	A	P	A
Bacillariophyceae	P	A	P	A
Phaeophyceae	P	A	P	A
Xantophyceae	P	A	P	A
Euglenophyceae	P	P	A	A
Clorophyceae	P	P	A	A

FONTE - WETZEL, 1993. p.411

A fotossíntese é o processo nutritivo mais importante dos seres vivos. Devido à sua importância, as medidas de pigmentos fotossintetizantes têm recebido atenções especiais nos últimos tempos.

Os métodos comumente usados na determinação de tais pigmentos são aqueles conhecidos como métodos óticos, que são os métodos baseados nos fenômenos óticos clássicos, tais como os métodos por absorção.

Os métodos discutidos aqui têm na absorção o processo mais significativo. Nele as amostras absorvem a radiação emitida por uma fonte externa, cujas moléculas captam, seletivamente, fótons de comprimentos de onda definidos e utilizam essa energia para desencadear o processo fotossintético.

Parte da radiação absorvida pela amostra pode ser convertida em energia térmica, e parte da energia pode ainda sofrer espalhamento ou ser reemitida com ou sem mudança no comprimento de onda.

As medidas da fração da radiação que está sendo absorvida são a base das análises espectrais.

Nos estudos de rotina os pigmentos são determinados por espectrofotometria ou por fluorimetria, que são os dois métodos mais comumente usados na determinação da clorofila α no fitoplâncton. O princípio destas técnicas baseia-se nas propriedades espectrais de cada grupo de pigmentos.

Um método analítico mais elaborado e exato para determinar as concentrações de clorofila é o método de análise por cromatografia líquida de alta eficiência - CLAE (HPLC). Este método possivelmente sucederá o método espectrofotométrico.

Por ser um método caro e demorado no fornecimento dos resultados, quando comparado com os outros métodos, o seu uso é mais restrito ao campo da pesquisa. Esta preocupação foi demonstrada por BIDIGARE, KENNICUTT e BROOKS (1985) em seu artigo, mencionado anteriormente, onde eles descrevem detalhadamente os procedimentos usados para alcançar os resultados anunciados .

Neste estudo vamos nos ater unicamente aos métodos espectrofotométrico e fluorimétrico, pela simplicidade, disponibilidade e domínio da metodologia junto aos órgãos (COPASA-MG e CDTN) que deram sustentação analítica a esta pesquisa.

3.2 O método espectrofotométrico.

Existem dois métodos básicos para determinar a clorofila α por espectrofotometria, que se diferenciam quanto às correções das interferências dos outros pigmentos presentes na amostra.

O método espectrofotométrico foi desenvolvido inicialmente por RICHARDS e THOMPSON em 1952 e modificado por CREITZ RICHARDS em 1955, Este método envolve a medida da absorbância, também chamada densidade ótica (DO), em três comprimentos de onda, para estimar a clorofila *a*, *b*, e *c*, e é conhecido como método tricromático.

Algumas modificações nas equações usadas foram posteriormente propostas por STRICKLAND e PARSONS em 1968, com base nos coeficientes de absorção específica ficando então o método conhecido como o método de Strickland & Parsons. Este método corrige as interferências das clorofilas *b* e *c* na medição da clorofila *a* e avalia o teor das primeiras.

As equações desenvolvidas nestes métodos dependem, para a sua validade, da ausência ou presença de feopigmentos.

Para contornar este problema, LORENZEN em 1967 propôs um método eficiente para estimar as concentrações de feofitina *a* e clorofila *a* através de leituras espectrofotométricas antes e após acidificação da amostra. A clorofila *a* pode ser rapidamente convertida em feofitina pela simples adição de um ácido fraco (ou diluído) à amostra. Quando a reação é completada, em aproximadamente 3 minutos, a absorbância da solução é reduzida, devido a remoção da ligação do átomo de magnésio do anel.

O método de Lorenzen, ou método monocromático (por usar um só comprimento de onda), mede a quantidade total de clorofila *a*, mais os feopigmentos representados pela feofitina *a* e pela feoforbide *a*. Ele não determina os feopigmentos derivados das clorofilas *b* e *c*.

As maiores interferências na determinação da clorofila *a* em populações naturais são provenientes dos feopigmentos. Estas interferências diminuem as vantagens do método tricromático, que não permite uma diferenciação satisfatória entre a clorofila *a* e seus feopigmentos. Além disto, este método avalia de maneira muito aproximada as concentrações das clorofilas *b* e *c*, enquanto que o método monocromático, embora não forneça os teores de clorofila *b* e *c*, possibilita uma avaliação dos feopigmentos, muito

importante nos estudos de ecossistemas. Por todas estas razões, é o método mais aconselhável (CARMOUZE, 1994).

Como pode ser visto, a diferença dos dois métodos de avaliação de clorofila α por espectrofotometria está na acidulação da amostra antes e depois da extração, como proposto por LORENZEN (1967).

Os procedimentos de análise são os mesmos para ambos os métodos e se resumem no processo de concentração da amostra por filtração seguido da extração dos pigmentos e leituras no espectrofotômetro.

3.2.1 Concentração da amostra por filtração

A escolha da porosidade do filtro está na relação entre a necessidade de se filtrar um volume suficiente de água, antes que o filtro esteja colmatado (capacidade de filtração), e a de reter a maior parte do fitoplâncton a ser concentrado (eficiência de retenção). Os filtros de membrana entopem rapidamente fazendo com que os filtros de fibra de vidro, com porosidade média de 0,7 μm se tornem a melhor escolha na maioria dos casos (CARMOUZE, 1994).

3.2.2 Extração dos pigmentos

O solvente mais utilizado é a acetona a 90%. Sua concentração cai para 80 a 90% supondo que se hidrate com a água que está contida nos organismos. Em algas com membranas celulósicas e também em cianofíceas, a acetona fornece resultados incompletos e irregulares, possivelmente por desidratar as membranas que desta forma não deixam passar os pigmentos. Em consequência, para o plâncton de águas doces é preferível usar como solvente o metanol puro ou uma mistura de metanol e acetona em partes iguais (MARGALEF, 1983).

Os solventes alcoólicos (principalmente o metanol) são mais eficientes. No entanto o metanol apresenta uma desvantagem quando se utiliza o método monocromático. Neste método, acidifica-se a clorofila α para ser convertida em feofitina. Em condições ácidas, o espectro da feofitina modifica-se no extrato metanólico, enquanto que não se altera na

acetona. Por isto o uso de metanol necessita da neutralização do extrato por uma base (MgCO_3) antes de se fazer as medições (CARMOUZE, 1994).

Outros solventes como o metanol e N,N-dimetilformamida em partes iguais e o sulfóxido de dimetil têm sido propostos. A maior parte dos autores estima que o metanol é superior para as clorofíceas e até permite discriminar melhor entre a clorofila e a feofitina (MARGALEF, 1983).

Os solventes orgânicos mencionados extraem clorofilas e carotenóides. As clorofilas estão sujeitas a diferentes processo de alteração havendo uma síntese e decomposição contínua das clorofilas. Assim todos estes processos podem afetar a magnitude do fator de conversão.

3.2.3 Leituras do espectrofotômetro

A utilização de um espectrofotômetro de alta precisão é essencial para a definição do comprimento de ondas; sendo recomendada a calibração repetida do aparelho.

A densidade ótica (DO) da solução é lida a 750, 664, 647, 630, e 430 nm. Em seguida a amostra é acidificada e novas leituras são feitas a 750 e 665 nm.

Todos os valores lidos devem ser subtraídos da leitura feita a 750 nm, corrigindo desta forma as leituras quanto a turbidez da amostra.

A razão de absorção (DO 664/ DO 665), é utilizada para corrigir a concentração aparente de clorofila a por feofitina a pelo método monocromático. Amostras com uma razão de absorção igual a 1,7 são consideradas como não contendo feofitina a , enquanto soluções de feofitina a pura apresentam uma razão de absorção igual a 1,0 (valores baseados no uso de acetona a 90% como solvente).

A partir destas leituras, pode-se determinar os teores de clorofila a e feofitina a (em mg/m^3). Então

$$\text{Clorofila } a = \frac{A \times K (\text{DO } 664_a - \text{DO } 665_a) \times V_1}{V_2 \times L}$$

$$\text{Feofitina } a = \frac{A \times K [R (\text{DO } 665_a - \text{DO } 664_a) \times V_1]}{V_2 \times L}$$

Onde :

A = coeficiente de absorção da clorofila a para 664 nm = 11,0

V₁ = volume do extrato, l

V₂ = volume da amostra, m³

L = largura da cubeta ou caminho ótico, cm

DO 665_a = leitura da densidade ótica a 665 nm, antes da acidificação

DO 664_d = leitura da densidade ótica a 664 nm, depois da acidificação

K = fator de correção da redução na absorbância da amostra depois de acidificada = 2,43

K é calculado da seguinte forma.

$$K = R_1 / (R_1 - R_2) = 1,7 / (1,7 - 1,0) = 2,43$$

R₁ = a razão entre a densidade ótica medida a 664 nm (antes da acidificação), e a 665 nm (depois da acidificação) para a clorofila a pura.

R₂ = a razão entre a densidade ótica medida a 664 nm (antes da acidificação), e a 665 nm (depois da acidificação) para a feofitina a pura.

A leitura a 430 nm é feita para que se calcule o Índice de Diversidade de Pigmentos - IDP fornecido pela relação DO 430/ DO 664.

As demais leituras permitem as determinações dos teores de clorofila *a*, *b* e *c* pelo método tricromático. Os comprimentos de onda de 664, 647 e 630 nm correspondem aos comprimentos para a determinação das clorofilas *a*, *b* e *c* respectivamente.

Após as leituras do espectrofotômetro os teores dos pigmentos são calculados, através das equações que acompanham os métodos padronizados, disponíveis na literatura como o método 10200 H da AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION, 1995

Neste método as concentrações dos pigmentos podem ser calculadas do seguinte modo:

$$\text{Clorofila } \varphi \text{ (mg/m}^3\text{)} = \text{clorofila } \varphi \times V_1 / (V_2 \times L),$$

Onde φ é substituído por *a*, *b* ou *c* conforme o pigmento cuja concentração está sendo calculada. Sendo:

$$\text{clorofila } a = 11,85 (\text{DO } 664) - 1,54 (\text{DO } 647) - 0,08 (\text{DO } 630)$$

$$\text{clorofila } b = 21,03 (\text{DO } 647) - 5,43 (\text{DO } 664) - 2,66 (\text{DO } 630)$$

$$\text{clorofila } c = 24,52 (\text{DO } 630) - 7,60 (\text{DO } 647) - 1,67 (\text{DO } 664)$$

3.2.4 Vantagens e desvantagens do método espectrofotométrico

1. O método por espectrofotometria fornece resultados mais precisos para a clorofila *a* e feofitina *a*.
2. A determinação da fluorescência por extração com solvente é mais confiável neste método porque neste caso não se tem o problema que ocorre no método fluorimétrico, no qual o rendimento da fluorescência depende de uma competição com os processos fotoquímicos.
3. Ele é útil onde pequenas quantidades da amostra são avaliadas e a sensibilidade é importante.

4. A determinação espectrofotométrica da clorofila, entretanto envolve filtração, ruptura da célula e extração da clorofila seguida por medidas da absorbância, todos tidos como processos tediosos e demorados.

3.3 O método fluorimétrico.

Fluorescência é a emissão imediata de energia radiante por certas moléculas ativáveis opticamente.

Este processo ocorre sempre que a molécula que exhibe o fenômeno tiver absorvido um feixe de luz de um comprimento de onda específico. Esta energia absorvida pela molécula eleva os elétrons a um estado excitado. Quando estes elétrons retornam ao seu estado original a energia absorvida é então emitida como energia fluorescente. A quantidade de energia luminescente emitida entretanto é muito menor que a energia absorvida e conseqüentemente de maior comprimento de onda.

$$E = hv = hc/\lambda$$

Onde:

h = constante de Planck

c = velocidade da luz

v = frequência

λ = comprimento de onda

Muitas moléculas orgânicas exibem a fluorescência, incluindo a clorofila e seus derivados. Por isso ela pode ser determinada por fluorimetria. Em muitas aplicações este método tem substituído o método espectrofotométrico tradicional e tem possibilitado análises práticas no campo.

O máximo da excitação da clorofila ocorre entre 430 e 450 nm, com emissão em torno de 670 nm para a clorofila *a* e 632 nm para a clorofila *c* (TUNZI et al., 1974).

Na maioria dos extratos clorofílicos a excitação ótima é conseguida em 430 nm, onde a luz azul e a luz ultra violeta são as mais indicadas como fonte de excitação. A emissão é medida entre 650 e 680 nm (MARGALEF, 1983).

A metodologia para determinação de clorofila α por fluorimetria é bastante simples. A luz fluorescente emitida pela amostra é filtrada seletivamente para se obter um pico, que é detectado por um tubo fotomultiplicador.

Os procedimentos de extração dos pigmentos são idênticos àqueles descritos anteriormente para o método espectrofotométrico. Filtros de fibra de vidros são usados por este método. O sinal de saída, medido pela fotocélula de um fluorímetro é arbitrário, portanto deve ser calibrado usando uma solução cuja concentração de clorofila α é conhecida.

No método fluorimétrico a escolha do filtro é de grande importância, já que ela vai proporcionar a repetitividade dos resultados. Neste tipo de instrumento o comprimento de onda de excitação e emissão são selecionados pela cor do filtro, e vão permitir a comparação entre a intensidade relativa da fluorescência do padrão e a intensidade da amostra.

Os fluorímetros disponíveis comercialmente variam com relação à fonte de luz, à disponibilidade dos filtros, à sensibilidade do aparelho e ao tipo de amostra a ser usado. Consistem de uma fonte contínua de luz, um tubo fotomultiplicador com amplificação associada e dois monocromadores. Normalmente um monocromador está localizado entre a fonte de luz e a amostra (excitação) e o outro entre a amostra e o tubo fotomultiplicador (emissão).

O método fluorimétrico tem sido adaptado para medidas *in vivo*. A proposta desta dissertação é o desenvolvimento de uma metodologia para análise da clorofila α através de medidas da fluorescência *in situ* e *in vivo*.

3.3.1 Vantagens e desvantagens do método fluorimétrico

Este método tem muitas vantagens sobre o método espectrofotométrico (TURNER DESIGNS, 1983).

1. A fluorimetria é 20 vezes mais sensível que a técnica espectrofotométrica. Mais de 10 litros de água do mar podem ser necessários para uma simples determinação espectrofotométrica de clorofila, enquanto que por fluorimetria, para se obter o mesmo resultado, são necessários 500 ml da amostra ou menos.
2. Determinações pelo método espectrofotométrico exigem que a densidade ótica seja medida em muitos comprimentos de onda, enquanto na fluorimetria um único ajuste é necessário.
3. O método fluorimétrico fornece bons resultados por não depender de um ajuste crítico do comprimento de onda.
4. O instrumento requerido para medir a fluorescência não depende de maneira crítica do alinhamento do comprimento de onda, como é o caso em medidas com o espectrofotômetro.
5. Medidas de fluorescência são muito mais rápidas que determinações de valores de extinção de muitos comprimentos de ondas.

Por outro lado existem varias fontes de erros inerentes ao método fluorescente de determinações de clorofilas:

1. A reabsorção da luz fluorescida de um ou mais dos pigmentos fotossintéticos pode resultar em uma baixa estimativa da clorofila a ; este efeito poderia ser pronunciado em extratos ricos em pigmentos.
2. A concentração de clorofila a determinada por fluorescência difere em quase 20% do valor determinado por espectrofotometria (HOLM-HANSEN et. al, 1965).

Muitas das variações na determinação da clorofila *a* por fluorescência são devidas a outros pigmentos algais que poderiam fluorescer na luz vermelha quando excitados com a luz azul. Com o uso de diferentes filtros, os erros introduzidos por estes pigmentos (tais como a clorofila *c*) poderiam ser eliminados. Entretanto isto diminuiria a sensibilidade das determinações da clorofila *a*.

3.4 Método fluorimétrico - *in situ* e *in vivo*

Medidas de fluorescência direta em células vivas têm sido mais frequentes nos últimos tempos.

Pelo fato dos pigmentos extraídos serem fluorescentes resulta ser mais rápido e mais sensível medir a fluorescência do que a absorção. Assim, torna-se mais prático medir diretamente a fluorescência da água com o plâncton natural, quando o objetivo é avaliar a quantidade presente de clorofilas.

Um novo método para medir clorofila *a* foi desenvolvido por WELSCHMEYER (1994). Este método não requer que as amostras sejam acidificadas, permite avaliar a clorofila *a* em presença de clorofila *b* e de feopigmentos e nenhum cálculo precisa ser feito. Não dispensa entretanto a etapa de filtração e extração. Requer filtragem de menos de 200 ml com suficiente sensibilidade para o mais oligotrófico dos meios ambiente e uma única leitura da fluorescência. Entretanto, sobrestima em cerca de 10% o valor verdadeiro da clorofila *a* (TURNER DESIGNS, 1994).

Este método foi desenvolvido para o fluorímetro TURNER serie 10, modelo 10 AU. Este fluorímetro deve estar configurado com filtros ópticos especiais: um filtro de excitação (436 nm) um filtro de emissão (680 nm) e usar como fonte de excitação, a lâmpada F4T5D para teores de clorofila *a* mais altos, ou a *blue lamp* - F4T5.B2/BP em caso dos teores serem muito baixos (ambas facilmente disponíveis no mercado).

Para aplicações *in situ* e *in vivo*, com base no fluxo contínuo, eliminando a espera devida à extração, processamento e medidas em laboratório, o filtro de excitação deve ser

substituído por outro equivalente ao Cs 5-60 (340 - 500 nm), conforme sugestão do fornecedor (TURNER DESIGNS, 1993).

Atualmente tem sido generalizado o uso de fluorímetros que permitem medidas contínuas sobre o fluxo de água, com o plâncton natural em suspensão passando durante todo o experimento pelo equipamento. Os resultados são excelentes mesmo em presença da clorofila *b*.

O fluorímetro de campo pode ser operado com a energia de uma bateria em um pequeno barco aberto. As informações são contínuas e podem ser imediatamente avaliadas. Assim, mudanças no planejamento operacional podem ser feitas de acordo com os resultados obtidos, sem necessidade de se esperar os resultados de laboratório e evitando novas viagens ao campo para coletas adicionais.

3.4.1 Vantagens e desvantagens do método fluorimétrico *in situ* e *in vivo*

Alem das vantagens citadas anteriormente para o método fluorimétrico tradicional, este método apresenta outras vantagens importantes sobre os métodos de absorção de luz (TURNER DESIGNS, 1983):

1. A Clorofila *a* é o único índice de abundância fitoplanctônica atualmente avaliado e que pode ser medido pela técnica de medidas contínuas *in situ*. A simplicidade relativa desta técnica fornece informações que podem ser rapidamente processadas, favorecendo o seu uso.
2. Para muitas espécies de trabalhos qualitativos, medidas *in vivo* e *in situ* são suficientes para responder às questões experimentais. Para determinações quantitativas, os dados *in vivo* são calibrados por correlação com medidas por outros métodos.
3. Estas medidas de fluorescência podem ser feitas tanto de maneira contínua como por amostragens discretas. O fluorímetro TURNER modelo 10 vem normalmente equipado com uma cubeta para grandes volumes e fluxo contínuo. A água pode ser bombeada diretamente através de suas cubetas para determinação de clorofila.

4. A fluorescência de organismos clorofilados, suficientemente pequenos, como o fitoplâncton, pode ser medida diretamente, sem extração ou tratamento químico.
5. Este método é viável onde a espectrofotometria é problemática, porque somente aqueles materiais que são fluorescentes e cuja emissão da fluorescência cai dentro da banda de emissão selecionada serão medidos. Todos os outros serão rejeitados.

Como principais desvantagens podemos citar (SLOVACEK e HANNAN, 1977):

1. Uma calibração contínua em medidas de fluorescência é necessária, pela variabilidade da emissão da fluorescência por unidade de clorofila *a*.
2. A estimativa da clorofila *a* por medidas *in vivo* no campo requer avaliações contínuas do coeficiente de rendimento, através da seleção de poucas amostras que são analisadas por medidas espectrofotométricas complementares.
3. Espécies em locais com diferentes condições de luz e de nutrientes implicam em mudanças do coeficiente de rendimento da fluorescência e a aplicação do coeficiente de uma amostra para outra amostra pode distorcer grandemente a análise.

3.4.2 Calibração do método

Em estudos com populações naturais, as calibrações devem ser feitas com amostras do local. Não se deve usar clorofila *a* pura para calibrar estudos *in vivo* lembrando que a clorofila *a* fluoresce com intensidade diferente da intensidade da clorofila *a* de dentro da célula viva.

Por este motivo, neste método não é usual calibrar o instrumento com um padrão de concentração conhecido antes de se iniciar os estudos; isto é feito durante os testes, coletando um determinado número de amostras, que devem ser encaminhadas a um laboratório para analisadas por espectrofotometria ou por cromatografia líquida de alta eficiência. Os resultados são então comparados e as correções feitas.

Esta forma de calibração proposta tem o seguinte fundamento (TURNER DESIGNS, 1983):

1. As quantidades de substâncias orgânicas associadas a uma dada quantidade de pigmentos das plantas variam largamente, dependendo da classe e da saúde dos organismos no ambiente que está sendo estudado.
2. A presença de material húmico, detritos ou compostos fluorescentes dissolvidos pode ou não interferir na fluorescência do meio, de acordo com a natureza dos estudos.
3. A eficiência da fluorescência *in vivo* da clorofila depende das espécies presentes, da idade da cultura, da história da exposição dos organismos à luz e de uma avaliação dos nutrientes e da presença de toxinas

3.4.3 Interferências ao método

As fontes de erros são aquelas inerentes aos métodos fluorescentes de determinação de clorofilas, que dependem inclusive do tipo de algas presentes .

As clorofilas *b* e *c*, por exemplo, interferem nas medições da clorofila *a* por terem espectros de absorbância semelhantes na região do vermelho, de modo que as medidas de clorofila *a* são alteradas em comunidades fitoplanctônicas onde predominam diatomáceas (*Bacillariophyceae*) e/ou dinoflagelados (*Dinophyceae*), que possuem clorofila *c* e/ou algas verdes (*Clorophyceae*), que contêm clorofila *b* (Tabela 3.1).

A interferência da clorofila *b* é a mais importante , mas a porcentagem de clorofila *b* em populações naturais representa 10 a 20% da clorofila *a*, o que superestima a concentração da clorofila *a* em 5 a 10% (CARMOUZE, 1994).

A interferência da clorofila *c* em populações naturais é, em geral, desprezível. Numa cultura pura de diatomáceas, a superestimativa da clorofila *a* não ultrapassa a 10% do valor real (LOFTUS & CARPENTER, 1971).

Os produtos de degradação da clorofila *a* (ou clorofilas inativas) podem constituir uma fração significativa dos pigmentos verdes totais. Nas águas naturais são comumente encontrados 25 a 75% de feopigmentos, que apresentam espectros de absorvância semelhantes aos da clorofila *a* (CARMOUZE, 1994). Como essas formas degradadas absorvem luz na parte vermelha do espectro, a inclusão destes pigmentos pode superestimar o teor de clorofila *a*.

3.4.4 Campos possíveis de aplicação

O primeiro esforço em se usar a técnica fluorimétrica para determinações de clorofila em campo levou os especialistas a considerar a variedade de possibilidades em estudos de distribuição natural de fitoplâncton que a técnica permitiria (TURNER DESIGNS, 1983).

1. Medidas *in vivo* tem sido usadas em águas do mar e doce para o estudo do perfil populacional. O método *in vivo* tem sido empregado para seguir o progresso das florações dos dinoflagelados e o efeito sobre a produtividade em áreas afetadas pelas descargas de esgoto.
2. A amostragem contínua da água e a coleta de amostras em vários níveis de profundidade tem auxiliado no entendimento da distribuição vertical e/ou horizontal de fitoplâncton.
3. Estudos de taxa de decantação, da caracterização da população, da biomassa, e da produção primária também têm sido bastante explorados por esta técnica.
4. É aplicada, ainda, em estudos de qualidade da água, examinando o efeito de fitoplâncton em sistemas de refrigeração de usinas de força e em eutrofização de lagos.

3.5 Limite de detecção

Os limites de detecção de clorofila por fluorescência com os instrumentos descritos são de aproximadamente $0,01\mu\text{g/l}$ de clorofila *a*, valor este que é de cerca de 5% daquele requerido em determinações espectrofotométricas.

Como as determinações fluorimétricas de clorofila e feofitina são rápidas, confiáveis e sensíveis, elas são muito úteis em estudos de produtividade feitos em campo.

4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA FLUORIMÉTRICA *IN SITU* E *IN VIVO*

4.1 Escolha do local

A princípio foram propostos e aceitos, dois locais para a aplicação da metodologia: o reservatório de Vargem das Flores e a Lagoa Santa. Foi considerado nesta escolha o fato destes locais representarem ambientes de origens bem diferenciadas, sendo Vargem das Flores um dos grandes reservatórios mantidos pela COPASA-MG, enquanto Lagoa Santa tem origem natural. Em ambos os locais esperava-se, também, encontrar distintos graus de produtividade, o que enriqueceria a pesquisa proposta. Figura 4.1

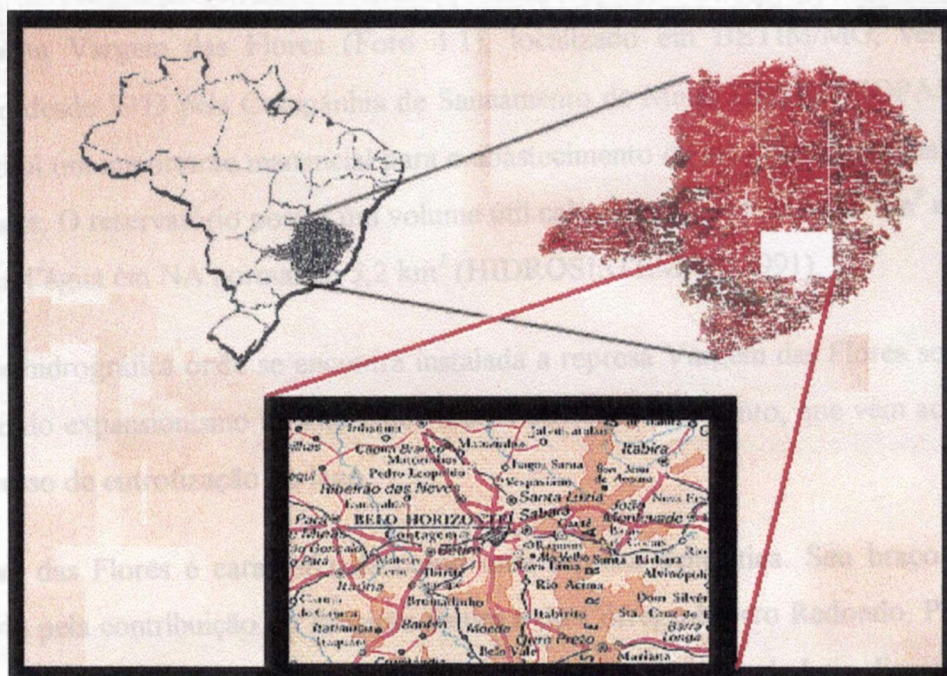


Figura 4.1 – Vargem das Flores e Lagoa Santa, locais escolhidos para a realização dos estudos de campo

A seguir são fornecidas informações mais detalhadas sobre cada um destes ambientes.

4.1.1 Vargem das Flores

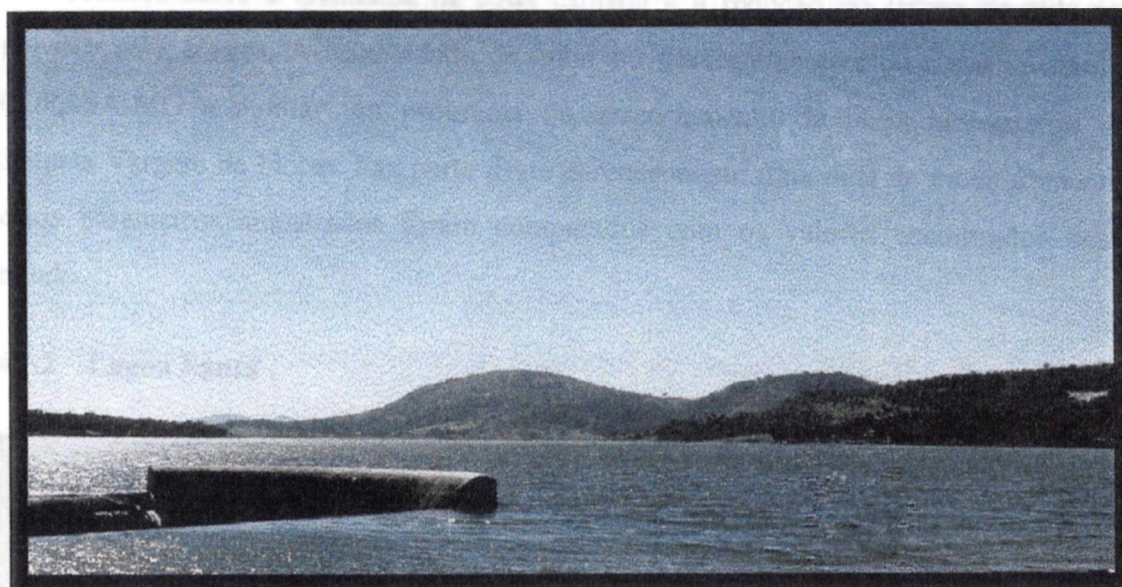


Foto 4.1 - Vargem das Flores

O Sistema Vargem das Flores (Foto 4.1), localizado em BETIM/MG, vem sendo operado desde 1973 pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA-MG, e constitui um importante manancial para o abastecimento da área metropolitana de Belo Horizonte. O reservatório possui um volume útil calculado da ordem de 30 hm^3 e área de espelho d'água em NA normal de $5,2 \text{ km}^2$ (HIDROSISTEMAS, 1991).

A bacia hidrográfica onde se encontra instalada a represa Vargem das Flores sofre forte pressão do expansionismo urbano e de vetores de desenvolvimento, que vêm acelerando o processo de eutrofização do lago.

Vargem das Flores é caracterizada como uma represa dendrítica. Seu braço maior é formado pela contribuição do Ribeirão Betim e do Córrego Morro Redondo. Possui um braço secundário formado pelos Córregos Água Suja e Córrego da Laje. Formam ainda braços menores, o córrego Bela Vista e o córrego Praia do Batatal.

O Ribeirão Betim recebe os esgotos da Cidade de Betim, tornando-se o tributário mais importante do sistema e a porta principal de entrada de material alóctone na represa.

A conjunção de todos estes fatores exerce uma influência negativa sobre o reservatório, com reflexos sobre a qualidade da água captada e a redução do tempo de vida útil previsto para o lago. A necessidade de inibir ou desacelerar este processo levaram a COPASA-MG a montar um programa de gerenciamento da bacia hidrográfica do Sistema Vargem da Flores. Faz parte deste gerenciamento uma rede de monitoramento, cujos parâmetros amostrados foram comparados com os valores encontrados neste estudo.

4.1.2 Lagoa Santa

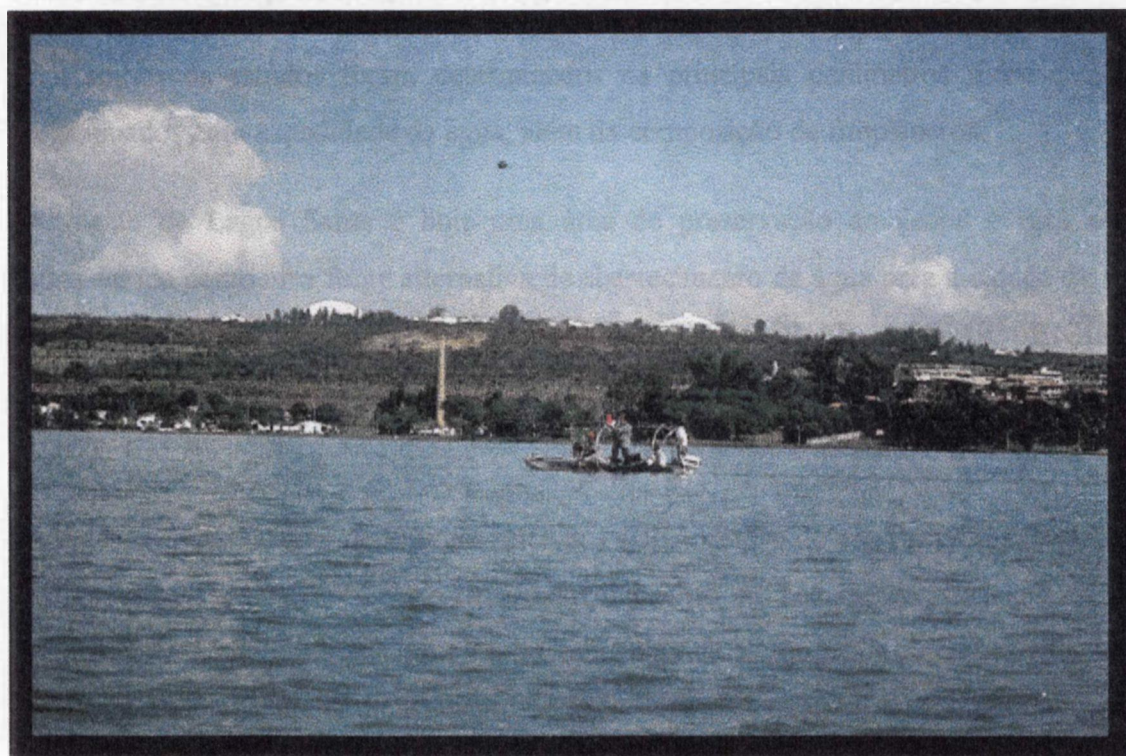


Foto 4.2 – Lagoa Santa

A Lagoa Santa (Foto 4.2) situa-se no município de Lagoa Santa /MG. Trata-se de um lago de forma aproximadamente triangular cujas origens são atribuídas à dissolução do calcário subjacente ao filito. Em função da sua geomorfologia, foi classificada por KOHLER (1978), citado por BARBOSA et al. (1984), como sendo uma lagoa paleocárstica.

A região de Lagoa Santa através de seus sítios arqueológicos foi, desde o século passado, uma região de interesse de muitos pesquisadores, que contribuíram através de seus estudos para sua melhor caracterização (BARBOSA et al., 1984).

Sob o ponto de vista limnológico, Lagoa Santa foi estudada por BARBOSA et al. no período de 1982 a 1983. Posteriormente, no período de 1992 a 1994, foi feito um novo estudo, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, envolvendo, além da Lagoa Santa, mais 4 lagoas da região. Este estudo possibilitou uma comparação entre os ambientes estudados, BARBOSA et al. (1994), e entre os diferentes períodos (BARBOSA, RYLANDS e OLIVEIRA, 1993).

Em ambos os estudos foram determinados os principais parâmetros físico-químicos relacionados com a qualidade da água, além da composição de fitoplâncton.

A região de Lagoa Santa é hoje uma área de preservação ambiental e está sendo considerada como uma fonte alternativa de abastecimento de água para a cidade de Belo Horizonte e sua região metropolitana (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR, 1997).

A Agência Internacional de Energia Nuclear - AIEA dentro do seu Programa Regular de Cooperação Técnica e o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN, vêm desenvolvendo, juntamente com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM e a Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA-MG, um importante estudo desta área na tentativa de caracterizar a região, e para tanto vêm sendo aplicadas as técnicas nucleares e isotópicas à hidrologia subterrânea em Lagoa Santa e regiões vizinhas.

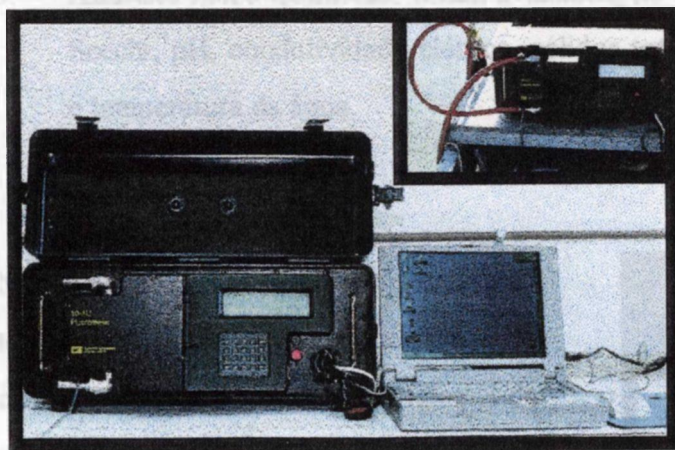
Essas técnicas podem prover informações tais como velocidade do fluxo subterrâneo, zonas de recarga de aquíferos, idade das águas subterrâneas, interconexão entre águas superficiais e subterrâneas e determinar as condições em que os aquíferos poderiam ser explorados sem que houvesse um colapso estrutural e ambiental da região, ou uma depleção do aquíferos.

A própria Lagoa Santa é uma lagoa com riscos de subsidência devido à constituição cárstica do terreno de sua bacia (calcária) e vem sofrendo fortes impactos da ação antrópica, apresentando uma intensa degradação na qualidade de suas águas (BARBOSA, RYLANDS e OLIVEIRA, 1993).

Pretendeu-se, ao escolher Lagoa Santa como local de aplicação da metodologia proposta nesta dissertação, enriquecer os estudos que estão sendo feitos na região pelo CDTN e usar paralelamente os resultados como uma base de troca de informações entre os estudos existentes.

4.2 Descrição dos estudos

Nos trabalhos de campo foi utilizado um fluorímetro TURNER modelo 10-AU-005 (Foto 4.3), adquirido pela AIEA e doado ao CDTN para estudos de poluição em águas



superficiais, medidas de vazão e estudos de águas subterrâneas, que comumente fazem uso da rodamina WT como traçador fluorescente; por este motivo, ele veio configurado com os filtros próprios para este tipo de traçador e teve de ser adaptado para os estudos aqui propostos.

Foto 4.3 – Fluorímetro TURNER modelo 10-AU-005

Este fluorímetro tem um mostrador digital, sendo equipado com um *data logger* e um sensor para compensação da temperatura e tendo a possibilidade de ser operado em modo discretizado ou contínuo. Ele tem interface serial para comunicação de dados e os *softwares* próprios, que permitem ao operador programá-lo conforme as necessidades do

estudo e, quando necessário, enviar os resultados diretamente para um microcomputador, facilitando o processamento dos dados obtidos.

À época dos experimentos, foram feitas coletas de amostras de água para análise de alguns parâmetros julgados importantes e que facilitariam a avaliação dos resultados.

Estas análises foram executadas pelos laboratórios da COPASA-MG e do CDTN.

Foram elas:

1. **Análises Hidrobiológicas:** além das determinações *in situ* da clorofila *a* por fluorimetria foram feitas análises espectrofotométricas dos pigmentos e uma avaliação quantitativa de fitoplâncton pelos laboratórios da COPASA-MG.
2. **Análises químicas:** foram determinados os íons fosfato reativo, nitratos e nitritos (CDTN), nitrogênio amoniacal e nitrogênio Kjeldahl (COPASA-MG).
3. **Análises físico-químicas:** foram avaliados, no campo, a transparência ao disco de Secchi, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, e temperatura da água.

Nos pontos onde foram determinados os teores de clorofila *a* com o fluorímetro de campo, foram feitas medidas da profundidade usando um ecobatímetro pertencente ao CDTN (Foto 4.4).

Foto 4.4 - Ecobatímetro

SENBONDENKI modelo PDR-130



4.3 Configuração do fluorímetro

O fluorímetro foi configurado com a célula de 25 mm para trabalhar no modo fluxo contínuo. Nas extremidades desta célula os dois conectores foram adaptados a duas mangueiras; uma conectada a uma bomba submersa, que leva o fluxo até o fluorímetro, e a outra na saída, que permite que a água seja descartada ou, se for o caso, coletada para análises em laboratório (Foto 4.3, menor).

A vazão de bombeamento foi escolhida seguindo instruções do manual de operação do fluorímetro (TURNER DESIGNS, 1995). Altas vazões produzem um aumento significativo na fluorescência, e baixas podem produzir aquecimento. Estes efeitos desaparecem para vazões maiores que 50 ml/min e menores que 570 l/min. A vazão utilizada foi de cerca de 32 l/min.

O fluorímetro foi programado para armazenar os dados de 5 em 5 segundos. No final do experimento os dados armazenados foram enviados para o microcomputador para posterior processamento.

Quanto aos filtros e lâmpadas originais, estes foram substituídos pelos filtros próprios para o estudo de determinação de clorofila *a in vivo*.

Seguindo as instruções do fabricante (TURNER DESIGNS, 1995) o fluorímetro foi configurado com o *kit* ótico 10-096, para águas naturais com altos teores de algas azuis. Este *kit* é seletivo para a clorofila *a* e discrimina contra emissões interferentes. Neste *kit* estão incluídos os seguintes itens:

1. *Blue lamp* equivalente à F4T4.5B2
2. filtro quadrado de excitação (340 -500 nm) equivalente à Cs-5-60
3. filtro redondo de emissão (680 nm)
4. filtro de referência (400 -700 nm), quadrado, de 1 densidade neutra (1 ND)

Além dos itens mencionados acima, o fabricante sugere como imprescindível o uso do tubo fotomultiplicador sensível ao vermelho. No caso deste fluorímetro o tubo

fotomultiplicador não veio instalado e esta pesquisa foi executada sem este acessório. Entretanto no artigo publicado pela TURNER DESIGNS (1983) o autor menciona que o tubo fotomultiplicador somente é requerida para determinações *in vivo* da clorofila em lagos extremamente claros ou águas oceânicas profundas, o que não é o caso dos estudos propostos, e que os tubos fotomultiplicadores normais S-4, que vêm instalados no modelo série 10, oferecem uma sensibilidade adequada. Acrescenta, ainda, que a única diferença entre os dois tubos fotomultiplicadores está, em última análise, na maior sensibilidade e não na precisão dos resultados.

4.4 Calibração do fluorímetro

Em princípio, pelos diversos motivos mencionados na seção 3.4.2, a calibração preliminar do fluorímetro de campo nos estudos para determinação da concentração de clorofila *a in vivo* é considerada desnecessária (TURNER DESIGNS, 1995).

Contudo, para maior segurança, optou-se por uma calibração em laboratório, anterior à realização dos trabalhos.

Para esta calibração preliminar, foi utilizado um tanque localizado no prédio da Supervisão de Técnicas Nucleares do CDTN. Este tanque tem cerca de 4 m de comprimento, 3 m de largura e 0.5 m de profundidade. À época da calibração possuía peixes, plantas aquáticas e algas que podiam ser observadas no fundo, nas paredes e pela sua cor esverdeada (Foto 4.5).

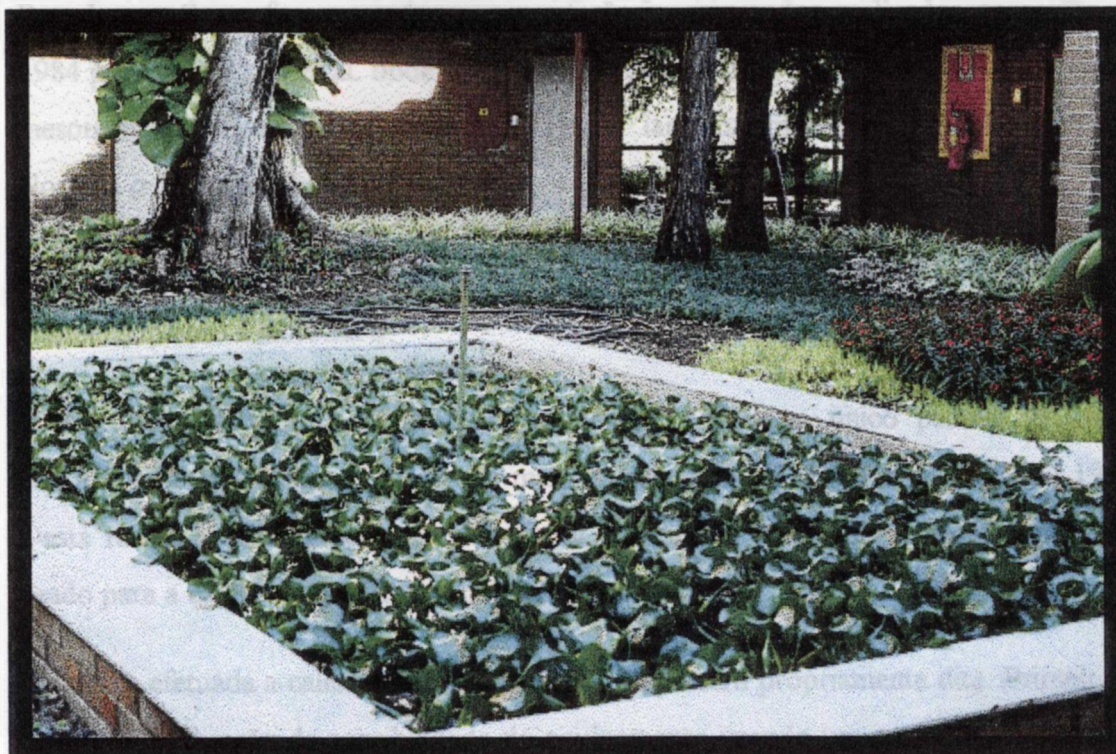


Foto 4.5 - Tanque utilizado na calibração preliminar do fluorímetro

Pelo seu pequeno tamanho, foi considerado como sendo estável, isto é, sem grandes mudanças no intervalo de tempo de duração da calibração preliminar. Dele foi coletada uma amostra de água, que foi preservada e encaminhada à COPASA-MG.

Os resultados foram: teor de clorofila a , $11,8 \text{ mg/m}^3$ e de feofitina a , $0,4 \text{ mg/m}^3$.

Os métodos de determinação de clorofila a usados pela COPASA-MG durante todo o desenvolvimento desta pesquisa foram os métodos espectrofotométricos, desenvolvidos por LORENZEN (1967) e por STRICKLAND e PARSONS (1968).

Os valores médios de clorofila a encontrados até então pela COPASA-MG em Vargem das Flores são da ordem de 5 mg/m^3 , com picos de até 15 mg/m^3 (estes valores foram obtidos através de uma consulta ao banco de dados de Vargem das Flores fornecido pela COPASA-MG).

Para Lagoa Santa foram usados como referência os estudos realizados na região em 1984 por BARBOSA et al. onde é sugerido pelos autores a predominância de condições mesotróficas. Segundo WETZEL (1993) um lago mesotrófico apresenta teores de clorofila a da ordem de 3 a 11 mg/m^3 .

Aparentemente ambos os ambientes a serem estudados apresentavam a mesma ordem de grandeza quanto à clorofila a .

O manual do fabricante sugere para calibrações, com um único padrão, o uso de concentrações próximas de 80 % do máximo requerido (TURNER DESIGNS, 1993). Desta forma a concentração de clorofila a encontrada indica que o tanque podia ser usado para a calibração preliminar do fluorímetro.

Foi então efetuada a calibração preliminar do fluorímetro propriamente dita. Primeiro foi feita uma calibração da sensibilidade do equipamento usando um padrão de 20% (água do tanque diluída), em seguida realizou-se a calibração para uma amostra em branco usando água destilada e finalmente a calibração usando a água do tanque, que foi bombeada através do fluorímetro. O procedimento de calibração seguido encontra-se descrito no manual do fabricante (TURNER DESIGNS, 1993).

Em uma visita a Vargem das Flores foi possível verificar a calibração do fluorímetro, sendo colocado para funcionar por 20 minutos; durante este tempo foi registrada uma concentração média de 5,25 mg/m^3 . Foi coletada, em frasco de 1 litro, âmbar, no mesmo local, à mesma profundidade de bombeamento, uma amostra que foi encaminhada à COPASA-MG, após ser preservada com 1 ml de carbonato de magnésio a 1%, e colocada em gelo. Os valores encontrados foram: 4,51 mg/m^3 de clorofila a e 0,45 mg/m^3 de feofitina a .

A calibração preliminar usando a água do lago mostrou-se portanto satisfatória e o fluorímetro apto a ser testado em condições de campo.

4.5 Aplicação da metodologia à represa Vargem das Flores

Durante os testes foram utilizadas duas embarcações, adaptadas pela Supervisão de Técnicas Nucleares do CDTN para este tipo de trabalho.

No dia 09/06/97 uma equipe do CDTN foi até a represa Vargem das Flores para montar estas embarcações e acompanhar a equipe da Centrais Elétricas de Minas Gerais - CEMIG, responsável pelo posicionamento dos barcos durante os estudos e que, naquele momento, estava em busca de marcos geográficos conhecidos.

Na falta de informação e dados confiáveis optou-se por montar o seguinte esquema: seria criado um novo marco a partir de um marco conhecido, existente na CEMIG, na Avenida Barbacena. Foi usada no levantamento destas novas coordenadas uma unidade receptora do Sistema Global de Posicionamento / GPS da marca TOPCON.

Além disto, foi localizado neste dia, pela equipe, um morro de onde se avistava quase toda a represa, e com isto foram evitadas mudanças de base durante o trabalho de campo. A CEMIG montou todo o esquema de posicionamento a partir deste morro, localizado a uma altitude 1027 m.

No dia 10/06/97, pela manhã, foram instalados em um dos barcos os seguintes equipamentos de medida:

1. Um ecobatímetro SENBONDENKI modelo PDR-130
2. Um fluorímetro TURNER modelo 10-AU-005
3. Os acessórios da estação de posicionamento - prismas e rádios de comunicação
4. O Disco de Secchi, baterias, geradores e bombas
5. O oxímetro e o pHmetro da marca WTW, o condutivímetro e medidor de sólidos totais dissolvidos, da marca HACH todos com medidores internos de temperatura (Foto 4.6)

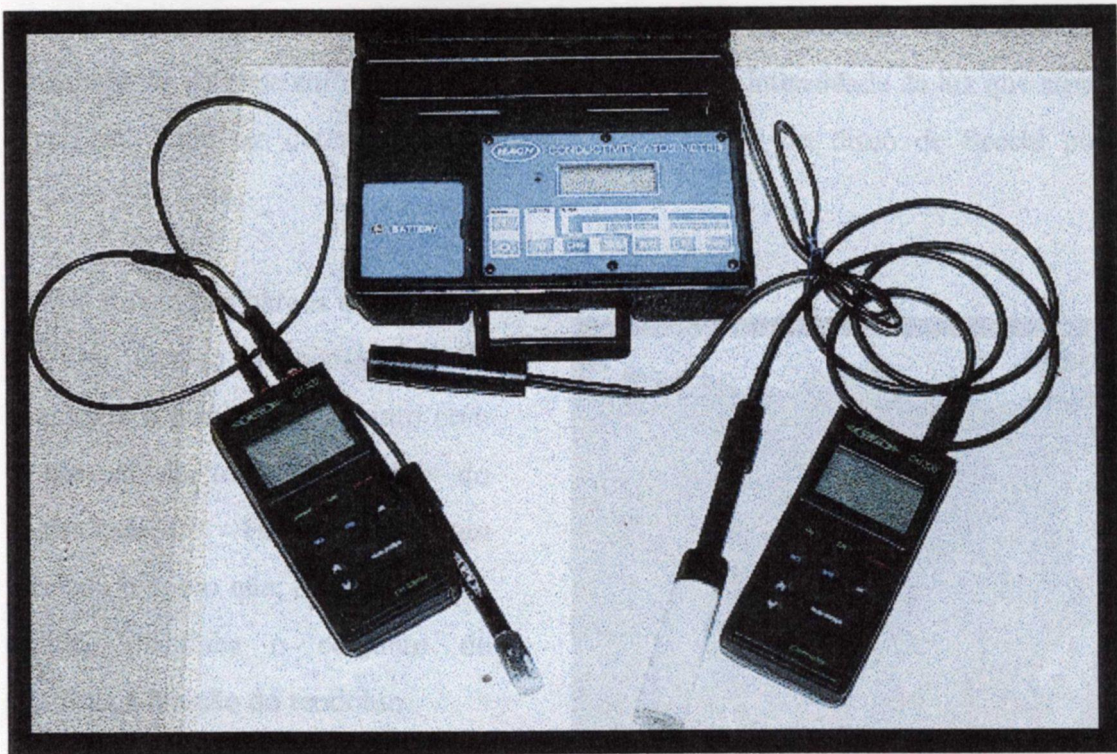


Foto 4.6 – Equipamentos portáteis para determinação de pH, OD, e condutividade/STD

O segundo barco montado para as coletas de água continha várias caixas de isopor com os frascos nos quais os preservativos já haviam sido adicionados e caixas com gelo.

Os trabalhos de detecção foram iniciados às 12:30 horas. A navegação foi feita pela margem esquerda no sentido sudoeste/nordeste.

Antes de se iniciar os estudos, ainda próximo à barragem, foi feita a leitura da profundidade medida pelo disco de Secchi, que foi 1,7 m. Colocou-se então a bomba submersa nesta profundidade, conectada a uma mangueira opaca de um quarto de polegada e com um comprimento de 2,30 m.

A profundidade do disco de Secchi foi portanto escolhida como a profundidade de coleta de água, onde ficou localizada a bomba submersa. Sabe-se que o processo fotossintético ocorre somente no interior da zona eufótica. A profundidade do disco de Secchi,

corresponde à profundidade à qual 10% da luz incidente na superfície foi observada. O limite inferior da zona eufótica, que corresponde a 1% da intensidade da luz que atinge a superfície, pode ser determinado multiplicando a leitura do disco de Secchi por 3 (ESTEVES, 1988).

Dentro de um dos barcos encontrava-se um técnico responsável pela batimetria e por manter contato com o pessoal de terra, incumbido do posicionamento. Havia ainda um técnico de apoio que, durante todo o estudo, mantinha o conjunto de prismas na direção do teodolito.

(foto 4.7)

Foto 4.7 – Distanciômetro DI 3000
composto por um conjunto de
prismas



O posicionamento, como já comentado anteriormente, ficou sob a responsabilidade de dois técnicos da CEMIG, que utilizaram uma estação total marca WILD, composta por um teodolito T2000 (foto 4.8) e um distanciômetro DI 3000. Foi usado ainda um coletor de dados marca GRE3.



Foto 4.8 – Estação de posicionamento total marca WILD, composta por um teodolito T2000 e um coletor de dados marca GRE3

Os parâmetros determinados foram:

A posição do barco foi solicitada, de 30 em 30 segundos, pelo rádio, a um dos dois operadores que estavam no alto do morro onde foi montada uma das bases.

As coletas de água só foram feitas quando os barcos se encontravam devidamente parados e posicionados. As coletas foram feitas com os barcos encostados um ao outro, usando a saída do fluorímetro como coletor de água. As amostras foram colocadas no gelo, quando pertinente, e no final dos trabalhos foram encaminhadas aos laboratórios da COPASA-MG e do CDTN.

Durante o experimento a bomba coletora, que deveria estar a uma profundidade de 1,70 m, com o barco em movimento, ficava a quase 0,5 m da superfície. Este problema foi parcialmente solucionado quando, durante a coleta do ponto 2 (vide Figura 5.1), foi colocada um peso de cerca de 1 kg suspenso no barco. Como o peso não era



Foto 4.9 – Embarcação usada pela equipe responsável pela coleta das amostras a serem encaminhadas aos laboratórios da COPASA-MG e do CDTN

Os parâmetros determinados foram:

1. **No local:** profundidade do disco de Secchi, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, percentual de saturação de oxigênio, temperatura da água e clorofila *a*, registrada pelo fluorímetro.
2. **No laboratório:** teor de nitrogênio amoniacal, nitrogênio Kjeldahl, clorofila *a* (duas amostras) e fitoplâncton qualitativo e quantitativo - parâmetros analisados pela COPASA-MG. Para análise no CDTN foram coletadas amostras de água onde seriam determinados os teores de nitritos, nitratos e fosfato reativo.

Durante o experimento a bomba coletora, que deveria estar a uma profundidade de 1,70 m, com o barco em movimento, ficava a quase 0,5 m da superfície. Este problema foi parcialmente solucionado quando, durante a coleta do ponto 2 (vide Figura 5.1), foi colocado um peso de cerca de 1 kg existente no barco. Como o peso ainda era

insuficiente a mangueira manteve uma inclinação de mais ou menos 45° com o mastro de apoio.

Observou-se durante os trabalhos que a navegação estava sendo feita muito perto das margens e alguns braços eram percorridos desnecessariamente (os braços eram relativamente curtos).

Depois do ponto de coleta n^o 2, o fluorímetro deu sinal de que a carga das baterias estava baixa. Como os trabalhos estavam se desenvolvendo de maneira muito lenta, decidiu-se então navegar pelo centro do canal e, com um pouco mais de velocidade, ir diretamente para o ponto seguinte de amostragem, o qual estava relativamente próximo, e, enquanto fosse feita a coleta do ponto n^o 3, seria feita também a troca da bateria pelo gerador.

Às 14:00 horas o sistema de posicionamento utilizado parou de funcionar e não foi possível obter mais as posições do barco. O barco se encontrava perto da ilha artificial (vide Figura 5.1) e foi feita neste local a coleta do 4^o ponto. Como o sistema de posicionamento não voltou a funcionar os trabalhos foram encerrados por volta das 15:00 horas.

Foram amostrados ao todo quatro pontos. No início dos trabalhos, perto do molhe, quando foi coletado o primeiro ponto, a transparência ao disco de Secchi foi de 1,7 metros mas depois deste ponto, até o quarto ponto, as profundidades do disco indicaram leituras em torno de 1,3 metros, prejudicando um pouco as coletas, que deveriam ter sido feitas desde o início nesta profundidade.

No dia seguinte (11/06/97) foi efetuada outra campanha em Vargem das Flores com um novo coletor de dados (diagnosticado como sendo o responsável pela pane do dia anterior), para dar continuidade aos estudos. Os trabalhos seriam recomeçados pela margem direita, no sentido da foz do Ribeirão Betim, à montante da represa.

Alguns ajustes foram feitos na tentativa de melhorar as falhas observadas no dia anterior:

1. A bomba foi presa a uma poita de chumbo de 11 kg, amarrada por uma corda, junto com a mangueira, o que garantiu a sua verticalidade durante todo o dia, independentemente da velocidade do barco.
2. A bomba foi colocada a uma profundidade de 1,3 m, considerada satisfatória para a represa diante da experiência do dia anterior.
3. A navegação foi feita um pouco mais afastada das margens.
4. Os braços curtos foram evitados.

Por volta das 11:00 horas foram reiniciadas, as medições, com a coleta da 5ª amostra. Dentro do único braço considerado como de um tamanho razoável, formado pelos Córregos Água Suja e Córrego da Laje, foi localizado o 6º ponto. Após a coleta neste ponto, ao iniciar a navegação, a equipe responsável pelo posicionamento informou, pelo rádio, que não mais conseguia visar o barco, não sendo possível fornecer as posições a partir daquele ponto.

Optou-se então, por localizar o 7º ponto próximo à margem (cerca de 200 m), em um local fácil de ser posicionado visualmente no mapa. Neste ponto a leitura da transparência ao disco de Secchi foi de 0,80 m e as medidas foram feitas nesta profundidade. Esta variação da zona fótica é devida à proximidade do ponto 7 com a margem e ao conseqüente aumento da concentração de sólidos em suspensão

De volta ao ponto onde havia sido perdido a visada, foi tentado um novo contato pelo rádio, sendo informado à equipe responsável pelo posicionamento, que quando fosse avistado o barco os trabalhos seriam reiniciados. A navegação foi iniciada rumo ao braço principal, e quando o barco foi avistado pela equipe de posicionamento os trabalhos foram reiniciados.

Ao entrar no braço principal foi feito o 8º ponto de coleta. Quando da aproximação da ilha artificial, agora pela margem direita, o posicionamento foi novamente interrompido, mas após alguns testes foi possível restabelece-lo. Concluiu-se que o posicionamento foi

cortado neste dia e no dia anterior devido ao reflexo da luz do sol sobre a superfície da água, interferindo na leitura do distanciômetro.

Para finalizar as medições foi feita uma navegação, no canal, em direção à barragem. Neste trajeto foram localizados mais dois pontos de coleta: os pontos 9 e 10. Nestes pontos, além da profundidade ao disco de Secchi, foram coletadas amostras em mais duas profundidades permitidas pelo comprimento da mangueira conectada ao fluorímetro: 1,8 m e 2,3 m. As medições foram encerradas às 16:00 horas

4.6 Aplicação da metodologia à Lagoa Santa

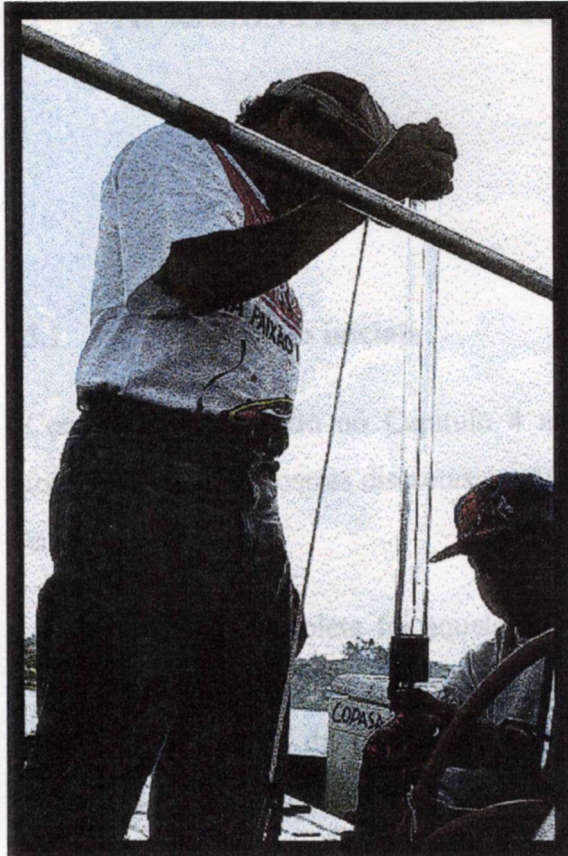
Os trabalhos em Lagoa Santa foram realizados no dia 01/07/97. De maneira geral desenvolveram-se de maneira bem mais tranqüila, pois a experiência das medições em Vargem das Flores evitou qualquer tipo de surpresa.

O procedimento adotado foi o mesmo utilizado em Vargem das Flores: um dia antes foi feita uma visita ao local e a montagem parcial dos dois barcos, e no dia do trabalho de campo a instalação dos equipamentos.

O posicionamento continuou sendo feito pela CEMIG, que, no dia anterior, escolheu os locais de onde toda a lagoa pudesse ser vista; foram necessários dois pontos de visada. As coordenadas destes pontos também foram levantadas partindo das coordenadas conhecidas, do ponto localizado na Avenida Barbacena, na sede da CEMIG.

Navegou-se no sentido nordeste /sudoeste, iniciando na margem direita. Foram feitas ao todo 6 pontos de coleta.

No início das medições foi feita a leitura da transparência ao disco de Secchi, (1 metro) e nesta profundidade foi colocada a bomba submersa. A 1 metro, foram coletadas as amostras para análise. No primeiro e no terceiro pontos (Figura 5.4) foram feitos, além das coletas a 1 metro, coletas a 2 e 3 metros de profundidade.



Para evitar qualquer problema relativo à profundidade de coleta, foi levado para Lagoa Santa um amostrador de poço que substituiria a bomba do fluorímetro, quando necessário, sem danificar a amostra biológica (Foto 4.10).

Foto 4.10 – Amostrador de poço,

utilizado nas coletas acima de 2 m de profundidade

As amostras devidamente preservadas foram encaminhadas aos laboratórios da COPASA-MG e do CDTN para análise.

fitoplâncton (°)	CDTN	Método da redução por ácido ascórbico Murphy e Riley (1962)
nitrito, nitrito	CDTN	Cromatografia Líquida de Auto Efluência - CLAE (HPLC)
nitrogênio amoniacal (°)	COPASA-MG	Método da iodometria de Nessler-Golterman, 1969
nitrogênio Kjeldahl	COPASA-MG	Método da digestão ácida de Kjeldahl-Golterman, 1969
fitoplâncton quantitativo	COPASA-MG	Contagem em Microscópio com Câmara de Sedgwick - Rafter
pigmentos (°)	COPASA-MG	Método de Lorenzen, 1967 e Método de Strickland e Parsons, 1968

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1 Considerações iniciais

Conforme mencionado no Capítulo 4 além das amostragens contínuas de clorofila *a* foram coletadas amostras discretas em 10 pontos em Vargem das Flores, e em 6 pontos em Lagoa Santa.

A profundidade de coleta foi aquela indicada pelo disco de Secchi, a mesma onde se encontrava a bomba, responsável pelo fluxo da água através do fluorímetro. Nos pontos 9 e 10 em Vargem da Flores e nos pontos 1 e 3 em Lagoa Santa foram coletadas amostras em mais duas profundidades, além das coletas, próximas da superfície.

Os métodos utilizados nas análises foram os seguintes:

PARÂMETROS	RESPONSÁVEL	METODOLOGIA EMPREGADA
fosfato reativo (*)	CDTN	Método da redução por ácido ascórbico Murphy e Riley (1962)
nitrato, nitrito	CDTN	Cromatografia Líquida de Auto Eficiência - CLAE (HPLC)
nitrogênio amoniacal (*)	COPASA-MG	Método do iodomercurato, de Nessler Golterman, 1969
nitrogênio Kjeldahl	COPASA-MG	Método da digestão ácida de Kjeldahl Golterman, 1969
fitoplâncton quantitativo	COPASA-MG	Contagem em Microscópio com Camara de Sedgwick - Rafter
pigmentos (*)	COPASA-MG	Método de Lorenzen, 1967 e Método de Strickland e Parsons, 1968

(*) Espectrofotometria UV-VIS

Os resultados dos parâmetros físico-químicos, químicos e hidrobiológicos das coletas feitas em Vargem das Flores e em Lagoa Santa são apresentados a seguir, sendo que os laudos encaminhados pelos respectivos laboratórios se encontram nos Anexos A e B.

5.2 Resultados obtidos em Vargem das Flores

Os pontos de coleta de amostras de água podem ser observados na Figura 5.1.

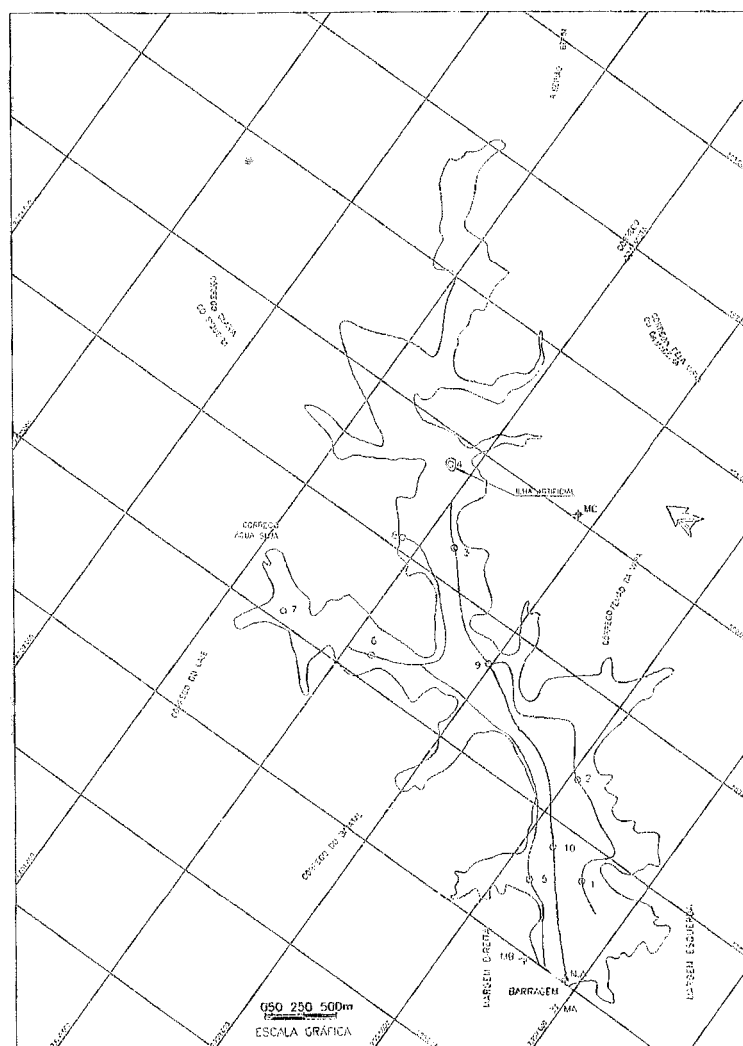


Figura 5.1 – Pontos de coleta e de posicionamento da embarcação durante os trabalhos de campo em Vargem das Flores

As coordenadas dos pontos de amostragem, segundo o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator - UTM, são apresentadas na TABELA 5.1

TABELA 5.1 - Coordenadas UTM dos pontos de amostragem em Vargem das Flores

PONTO DE AMOSTRAGEM	COORDENADA UTM NORTE	COORDENADA UTM ESTE
1	7797555	587748
2	7797948	588389
3	7799687	589123
4	POSICIONAMENTO VISUAL	
5	7797792	587470
6	7799858	588207
7	POSICIONAMENTO VISUAL	
8	7799956	589219
9	7798902	588587
10	7797675	587729

Os pontos 4 e 7 foram posicionados conforme descrito na Seção 4.5, isto é, o ponto 4 em frente à ilha artificial e o ponto 7 no centro do braço formado pelos Córregos Água Suja e Córrego da Laje, localizado, a 200 metros da margem, como pode ser visto na Figura 5.1.

Os resultados das análises físico-químicas estão apresentados na TABELA 5.2.

TABELA 5.2 - Resultados das análises físico-químicas para Vargem das Flores

PTS	PROF. PONTO (m)	PROF. COLETA (m)	TRANSP DSEC (m)	pH	COND ELETR ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	STD (mg/l)	OD (mg/l)	SAT (%)	T _(ÁGUA) (°C)
1	4,5	1,7	1,4	7,28	80	40	5,25	77	20,2
2	7,5	1,7	1,3	7,30	80	40	5,39	77	20,5
3	11,7	1,7	1,3	7,28	80	40	5,67	81	20,2
4	9,2	1,7	1,2	7,32	80	40	5,68	82	20,3
5	15,6	1,3	1,4	7,31	80	40	5,01	74	20,3
6	8,7	1,3	1,2	7,21	80	40	5,58	81	20,5
7	3,12	0,8	0,8	7,16	80	40	5,51	82	20,0
8	10,9	1,3	1,2	7,23	80	40	5,53	81	20,3
9A	12,34	1,3	1,3	7,28	90	40	5,56	79	21,0
10A	16,43	1,3	1,8	7,21	70	40	5,30	78	20,8

onde STD designa os sólidos totais dissolvidos e SAT a porcentagem do oxigênio dissolvido (OD) em relação ao valor de saturação correspondente às condições da lagoa durante à medição. As demais abreviações têm o significado usual.

Na TABELA 5.3 estão listados os resultados das análises químicas. A última coluna representa os teores de fósforo reativo calculados a partir dos resultados fornecidos em teores de fósforo (ANEXO A). O fator de conversão 0,32614 foi obtido através da relação P / PO_4^- onde $\text{P} = 30,9738$ e $\text{O} = 15,9994$.

TABELA 5.3 - Resultados das análises químicas para Vargem das Flores

PTS	PROF. COLETA (m)	NITROGÊNIO AMONICAL (mg/l)	NITROGÊNIO KJELDAHL (mg/l)	NITRATO (mg/l)	NITRITO (mg/l)	FOSFATO REATIVO (mg/l)
1	1,7	2,5	2,6	1,00	<0,5	0,011
2	1,7	2,2	2,6	0,96	<0,5	0,011
3	1,7	1,3	2,8	0,92	<0,5	0,014
4	1,7	2,2	2,7	0,93	<0,5	0,013
5	1,3	2	3,2	1,00	<0,5	0,009
6	1,3	2,1	66,8 ^(*)	0,92	<0,5	0,008
7	0,8	1,9	2,2	0,90	<0,5	0,013
8	1,3	2,7	4,9	0,93	<0,5	0,010
9A	1,3	1,8	2,6	0,95	<0,5	0,013
10A	1,3	1,1	5,3	1,00	<0,5	0,008

^(*) valor confirmado pelo laboratório

Na TABELA 5.4 estão apresentados os resultados das análises hidrobiológicas, referentes à profundidade de 1,3 e 0,8 m a partir da superfície e na TABELA 5.5 os resultados hidrobiológicos das amostras coletadas nas profundidades de 1,7 1,8 e 2,3 metros também a partir da superfície.

TABELA 5.4 - Resultados das análises hidrobiológicas referentes às profundidades de 1,3 m e 0,8 m para Vargem das Flores

ORGANISMOS	PONTO 5 (org/ml)	PONTO 6 (org/ml)	PONTO 7 (org/ml)	PONTO 8 (org/ml)	PONTO 9A (org/ml)	PONTO 10A (org/ml)
<i>Ankistrodesmus densus</i>						2,1
<i>Aulacoseira granulata</i>	6,3		4,6	38,5	33,0	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	2,1		2,3	6,4	6,6	4,2
<i>Chlorella sp.</i>	1,1	34,6				
<i>Coelastrum reticulatum</i>		2,2	2,3		13,2	4,2
<i>Crucigenia sp.</i>	23,1	23,8	32,1	15,0	22,0	10,6
<i>Cryptomonas spp.</i>	130,2	233,4	91,7	381,0	255,6	125,1
<i>Dactylococcopsis sp.</i>	115,5	144,8	236,2	122,0	246,8	226,8
Diatomacea Centrales	32,6	47,5	18,3	47,1	57,3	
Diatomacea Penales	1,1	4,3				4,2
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	120,8	8,6		8,6	52,9	195,0
<i>Dinobryon bavaricum</i>						
<i>Elakatothrix sp.</i>	2,1					
<i>Eutetramorus fottii</i>		2,2			2,2	
<i>Golenkinia sp.</i>						2,1
<i>Kirchneriella contorta</i>				8,6		
<i>Mallomonas sp.</i>	16,8	64,8	43,6	19,3	44,1	0
<i>Merismopedia sp.</i>	6,3			2,1	2,2	21,2
<i>Monoraphidium sp.</i>	14,7	8,6	16,1	8,6	6,6	10,6
<i>Oscillatoria sancta</i>	4,2					
<i>Peridinium sp.</i>						2,1
<i>Phacus sp.</i>	1,1					
<i>Raphidiopsis sp.</i>	8,4	23,8	6,9	6,4	4,4	
<i>Scenedesmus sp.</i>			4,6			
<i>Spirotaenia sp.</i>					2,2	
<i>Staurastrum spp.</i>	20,0	19,4	9,2	15,0	4,4	19,1
<i>Synedra sp.</i>	35,7	56,2	22,9	34,2	39,7	40,3
<i>Tetraedron minimum</i>	1,1	2,2			2,2	
<i>Trachelomonas sp.</i>		8,6	4,6	4,3		
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>					8,8	8,5
TOTAIS	542,9	685,0	495,3	717,0	804,1	676,3

TABELA 5.5 - Resultados das análises hidrobiológicas referentes ás profundidades de 1,7 m e 1,8 m e 2,3 m para Vargem das Flores

ORGANISMOS	PONTO	PONTO	PONTO	PONTO	PONTO	PONTO	PONTO	PONTO
	1	2	3	4	9B	10B	9C	10C
	(org/ml)	(org/ml)	(org/ml)	(org/ml)	(org/ml)	(org/ml)	(org/ml)	(org/ml)
	1,7 m				1,8 m		2,3 m	
<i>Ankistrodesmus densus</i>	1,1							
<i>Aulacoseira granulata</i>					9,0	18,5	4,2	3,6
<i>Chlamydomonas sp.</i>	65,0	41,5	21,0		2,2		6,4	0,7
<i>Coelastrum reticulatum</i>		5,5		15,2	4,5	3,3	6,4	12,2
<i>Coelosphaerium sp.</i>	1,1							
<i>Crucigenia sp.</i>	28,6	9,8	16,8	30,3	13,5	19,2	21,2	18,7
<i>Cryptomonas spp.</i>	87,0	171,3	201,6	1804,9	346,1	67,2	330,7	87,2
<i>Dactylococcopsis sp.</i>	105,8	86,2	268,8	652,2	224,7	124,4	127,2	60,5
Diatomacea Centrales	56,2	51,3	39,9	166,8	74,2	28,2	33,9	42,5
Diatomacea Penales	4,4	1,1	4,2			2,2		1,4
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>		2,2	69,3		98,9	125,4	93,3	56,9
<i>Dinobryon bavaricum</i>	1,1	10,9	2,1	15,2		5,5		
<i>Eutetramorus fottii</i>			29,4		11,2		2,1	2,2
<i>Golenkinia sp.</i>						1,1		2,9
<i>Mallomonas sp.</i>	15,4	36,0	25,2	106,2	53,9	13,1	19,1	13,0
<i>Merismopedia sp.</i>	19,8	3,3		15,2		2,2		
<i>Monoraphidium sp.</i>	15,4	10,9	12,6	30,3	9,0	12,0	21,2	12,2
<i>Oscillatoria sp</i>							6,4	3,6
<i>Oscillatoria spp.</i>	12,1							
<i>Raphidiopsis sp.</i>		4,4			38,2	2,2	8,5	16,6
<i>Scenedesmus sp.</i>	1,1	1,1						
<i>Spirotaenia sp.</i>	9,9	6,5				9,8		
<i>Staurastrum spp.</i>	16,5	10,9	12,6	45,5	29,2	22,9	25,4	13,0
<i>Synedra sp.</i>					65,2	52,4	42,4	45,4
<i>Synedra spp.</i>	25,3	28,4	33,6	60,7				
<i>Tetraedron minimum</i>	2,2	1,1	2,1		2,2			
<i>Tetrallantos sp.</i>	1,1							
<i>Trachelomonas spp.</i>	4,4	1,1	6,3					
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>					6,7	4,4	14,8	6,5
TOTAIS	473,7	483,3	745,6	2957,6	988,8	514,9	763,2	399,0

Na Figura 5.1 estão plotadas as linhas que representam os pontos fornecidos pela estação de posicionamento, operada pela CEMIG. O posicionamento foi fornecido de 30 em 30 segundos.

Nesta figura o ponto M.C foi determinado a partir do marco conhecido, localizado na CEMIG, em Belo Horizonte, e os pontos M.A e M.B foram levantados a partir de M.C, formando a base do triângulo, para os cálculos dos demais pontos. No ponto N.A foi feita a leitura do nível da água, que permitiu a correção dos pontos de posicionamento em relação ao ponto M.C, localizado a 1027,20 metros de altura. Na TABELA 5.6 estão apresentadas as coordenadas UTM destes pontos.

TABELA 5.6 - Coordenadas UTM das bases de referência usadas em Vargem das Flores

PONTO	COORDENADA NORTE	COORDENADA LESTE
M.A	7797082	586839
M.B	7797490	586940
M.C	7799218	590023
N.A	7797171	586976

⑥

Na Figura 5.2 são apresentados os valores das concentrações de clorofila α registrados pelo fluorímetro durante a varredura da represa. A cada posição da embarcação correspondem 6 registros intermediários de clorofila α . Nesta mesma Figura estão apresentados os registros de temperatura fornecidos pelo fluorímetro, concomitantemente com os dados de clorofila.

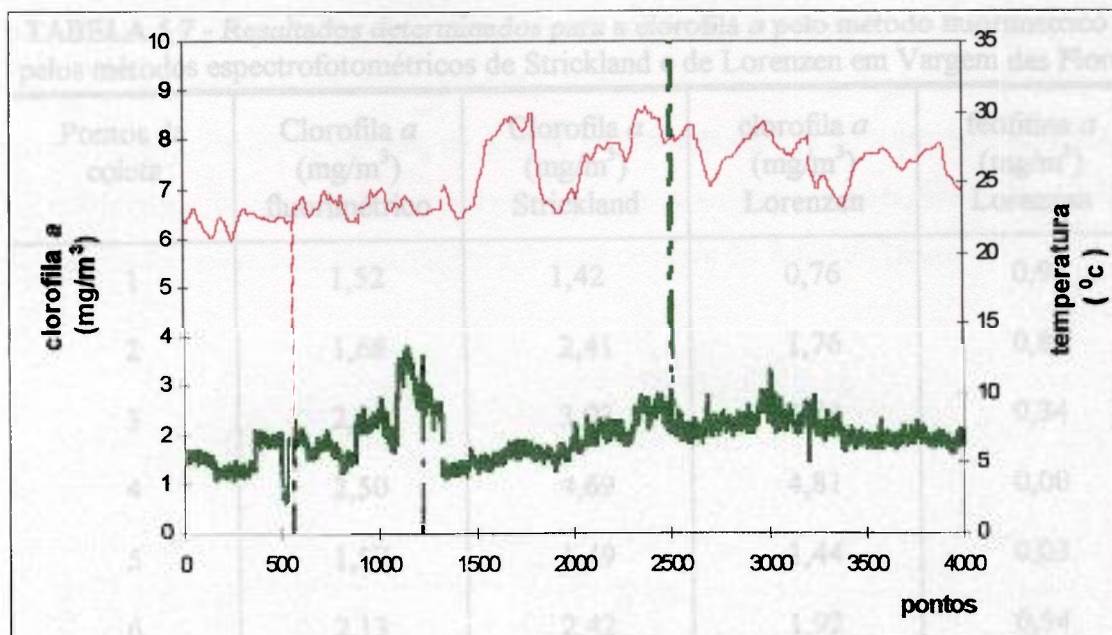


Figura 5.2 - Gráfico das concentrações de clorofila *a* e das temperaturas registradas em Vargem das Flores

Finalmente na TABELA 5.7, estão apresentadas as médias dos valores de clorofila *a* registrados durante o tempo de amostragem dos diversos parâmetros, em cada ponto de coleta. As exceções ficam por conta dos pontos 4 e 7 por não ter sido possível estabelecer o início e o fim da amostragem. Nestes pontos optou-se por escolher o valor registrado no momento da coleta, cuja hora foi anotada.

Estão registrados também nesta tabela, os valores determinados, em laboratório, para a clorofila *a* e para a feofitina *a*. Infelizmente não foram feitas leituras para determinar os teores de clorofila *b* e clorofila *c*.

TABELA 5.7 - Resultados determinados para a clorofila a pelo método fluorimétrico e pelos métodos espectrofotométricos de Strickland e de Lorenzen em Vargem das Flores

Pontos de coleta	Clorofila a (mg/m^3) fluorimétrico	Clorofila a (mg/m^3) Strickland	clorofila a (mg/m^3) Lorenzen	feofitina a (mg/m^3) Lorenzen
1	1,52	1,42	0,76	0,95
2	1,68	2,41	1,76	0,82
3	2,25	3,03	3,04	0,34
4	2,50	4,69	4,81	0,00
5	1,57	1,49	1,44	0,03
6	2,13	2,42	1,92	0,54
7	2,50	3,14	2,08	1,51
8	2,23	2,12	1,12	1,46
9A	1,85	1,42	0,00	2,51
9B	2,13	2,65	0,80	2,90
9C	2,20	3,04	2,24	1,01
10A	1,60	1,49	0,16	2,08
10B	1,60	2,19	1,28	1,30
10C	1,80	1,56	0,80	1,11

As coletas de amostras de água para análise dos pigmentos foram feitas em duplicatas e os valores apresentados na TABELA 5.7 representam a média dos valores encontrados nas duas amostras.

Durante o tempo em que a represa estava sendo varrida pelo fluorímetro, as profundidades estavam sendo registradas pelo ecobatímetro. Os valores encontrados nas três longitudinais estão apresentados nas Figuras 5.3.

Nesta figura a margem esquerda é a margem em frente ao vertedouro na direção da barragem à desembocadura do Ribeirão Betim. O centro da represa representa a navegação pelo centro da represa, na direção da desembocadura do Ribeirão Betim até o vertedouro, e a margem direita, a margem em que se encontra a barragem, a direção de navegação foi novamente da barragem à desembocadura do Ribeirão Betim

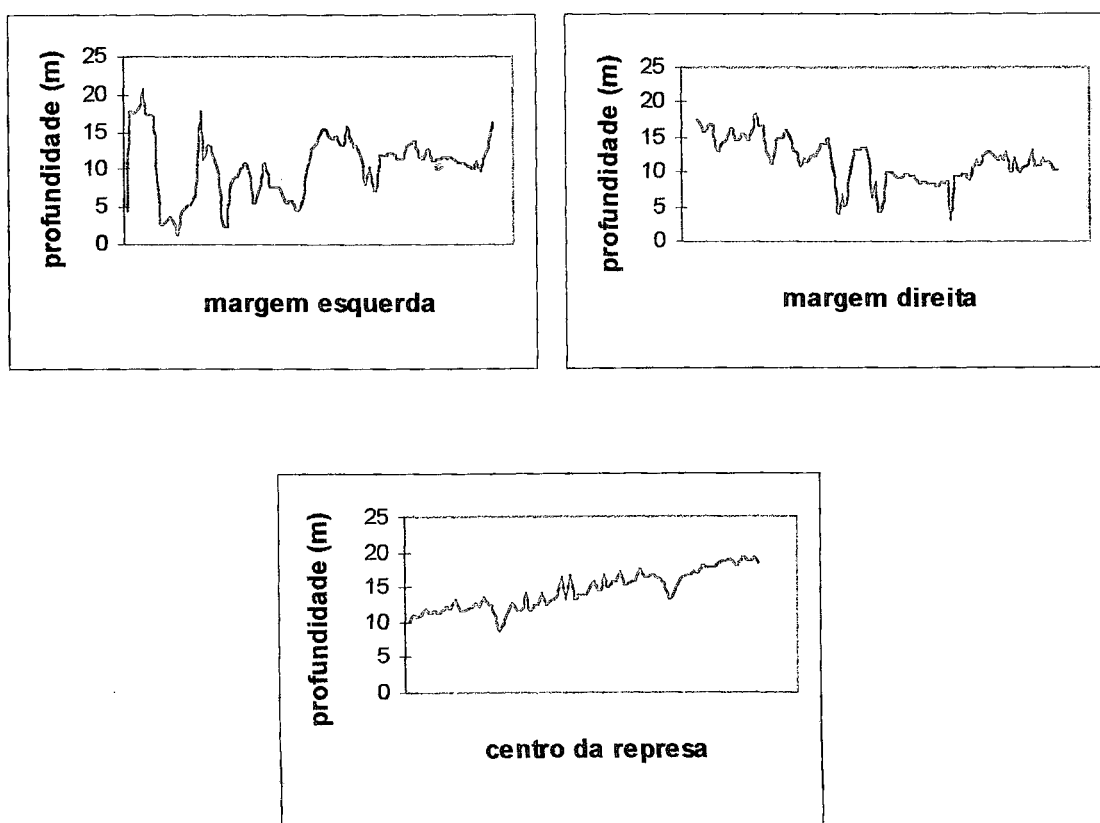


Figura 5.3 - Registros das profundidades para a Represa de Vargem das Flores

5.3 Resultados obtidos em Lagoa Santa

Os pontos de coletas podem ser observados na Figura 5.4 . Nos pontos 1 e 3, também foram feitas coletas nas profundidades de 2 e 3 metros.

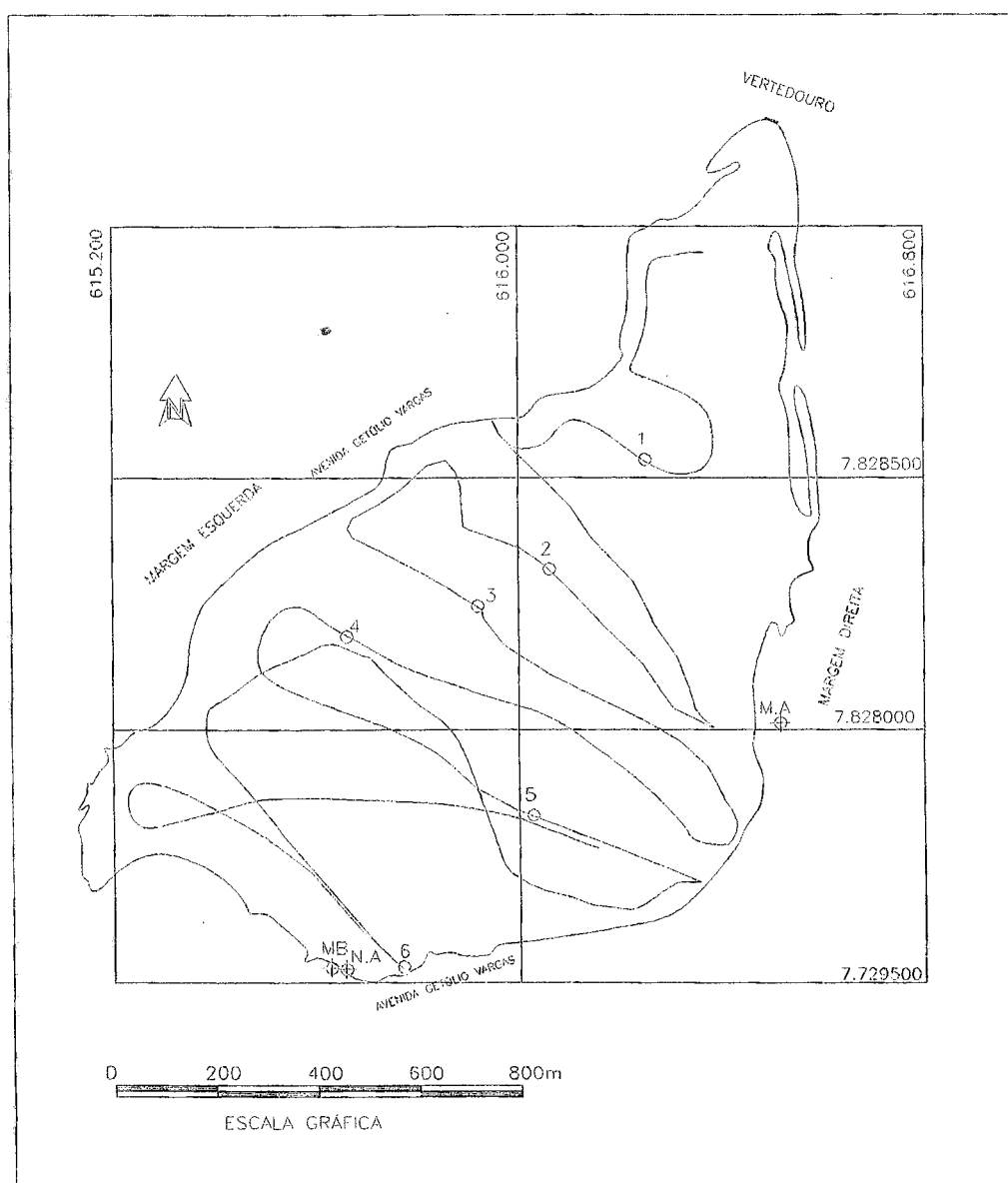


Figura 5.4 – Pontos de coleta e de posicionamento da embarcação durante os trabalhos de campo em Lagoa Santa

As coordenadas UTM dos seis pontos de amostragem estão indicadas na TABELA 5.8:

TABELA 5.8- Coordenadas UTM dos pontos de amostragem em Lagoa Santa

PONTO DE AMOSTRAGEM	COORDENADA UTM NORTE	COORDENADA UTM ESTE
1	7728647	616368
2	7728351	616070
3	7728303	615917
4	7728200	615627
5	7727837	616245
6	7727694	615694

Os resultados encontrados nas análises físico-químicas estão apresentados na TABELA 5.9. As leituras foram feitas a 1 metro de profundidade

TABELA 5.9 - Resultados das análises físico-químicas para Lagoa Santa

PTS	PROF. PONTO (m)	PROF. COLETA (m)	TRANSP DSEC (m)	pH	COND ELETR ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	STD (mg/l)	OD (mg/l)	SAT (%)	T _(ÁGUA) (°C)
1A	5,2	1	0,9	7,81	100	50	6,87	106	21,8
2	7,2	1	1,2	7,87	90	50	7,16	105	21,9
3A	7,4	1	1,0	7,73	100	50	7,14	105	22,4
4	6,9	1	1,0	7,81	90	50	6,97	103	22,1
5	2,0	1	1,0	7,28	100	50	6,42	93	22,1
6	2,8	1	1,0	7,25	100	50	8,15	121	22,7

Na TABELA 5.10 estão listados os resultados das análises químicas, para Lagoa Santa. Da mesma forma como foi calculado para Vargem das Flores o fosfato reativo foi obtido a partir dos resultados fornecidos em teores de fósforo (ANEXO A).

TABELA 5.10 - Resultados das análises químicas para Lagoa Santa

PTS	NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/l)	NITROGÊNIO KJELDAHL (mg/l)	NITRATO (mg/l)	NITRITO (mg/l)	FOSFATO REATIVO (mg/l)
1A	0,67	1,7	<0,1	<0,1	0,010
1B	2,0	4,6	<0,1	<0,1	0,008
1C	0,95	2,9	<0,1	<0,1	0,009
2	0,78	1,3	<0,1	<0,1	0,027
3A	1,1	5,0	<0,1	<0,1	0,008
3B	0,72	3,4	<0,1	<0,1	0,008
3C	0,72	2,0	<0,1	<0,1	0,007
4	0,62	4,2	<0,1	<0,1	0,010
5	0,67	2,2	<0,1	<0,1	0,007
6	1,1	1,5	<0,1	<0,1	0,007

1B E 3B prof. 2,0 m

1C E 3C prof. 3,0 m

Na TABELA 5.11 estão apresentados os resultados das análises hidrobiológicas e na TABELA 5.12 os resultados hidrobiológicos das amostras coletadas nas profundidades de 1, 2 e 3 metros, a partir da superfície, correspondentes aos pontos 1 e 3.

TABELA 5.11 - Resultados das análises hidrobiológicas referentes às profundidades de 1 m para Lagoa Santa

ORGANISMOS	PONTO 1 (org/ml)	PONTO 2 (org/ml)	PONTO 3 (org/ml)	PONTO 4 (org/ml)	PONTO 5 (org/ml)	PONTO 6 (org/ml)
<i>Anabaena cf. oryzae</i>	160,8	107,2	107,2	160,8	268,0	321,5
<i>Aphanocapsa sp.</i>	80,4	53,6	160,8	160,8	214,4	241,2
<i>Aphanothece clathrata</i>	160,8	53,6	160,8	80,4	107,2	160,8
<i>Arthrodesmus sp.</i>	160,8	53,6	214,4	241,2	53,6	241,2
<i>Aulacoseira ambigua</i>	160,8	107,2	107,2	160,8	107,2	160,8
<i>Aulacoseira granulata</i>	160,8	107,2	107,2	160,8	107,2	160,8
<i>Chlamydomonas sp.</i>	160,8	589,5	214,4	321,5	535,9	482,3
<i>Chlorella sp.</i>	80,4	0,0	53,6	80,4	53,6	80,4
<i>Chlorococcum sp.</i>	80,4	0,0	53,6	80,4	53,6	80,4
<i>Chroococcus sp.</i>	80,4	53,6	53,6	80,4	107,2	160,8
<i>Closterium sp.</i>	160,8	53,6	53,6	160,8	107,2	80,4
<i>Cryptomonas sp.</i>	80,4	107,2	107,2	80,4	160,8	80,4
<i>Cyclotella sp.</i>	80,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Dactylococcopsis sp.</i>	80,4	53,6	53,6	80,4	160,8	160,8
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	80,4	53,6	53,6	80,4	53,6	80,4
<i>Dinobryon bavaricum</i>	80,4	53,6	53,6	80,4	53,6	80,4
<i>Dinobryon sertularia</i>	401,9	268,0	1071,8	401,9	268,0	401,9
<i>Eudorina elegans</i>	80,4	0,0	53,6	80,4	107,2	80,4
<i>Euglena acus</i>	80,4	0,0	107,2	80,4	53,6	80,4
Fitoflagelado		53,6	0,0	0,0	53,6	160,8
<i>Gloeocapsa sp</i>	80,4	107,2	107,2	80,4	160,8	241,2
<i>Golenkinia sp.</i>	80,4	53,6	53,6	80,4	53,6	80,4
<i>Gomphosphaeria sp.</i>	80,4	107,2	53,6	80,4	53,6	80,4
<i>Lepocinclis sp.</i>		107,2	0,0	0,0	53,6	160,8
<i>Mallomonas sp.</i>	80,4	107,2	53,6	80,4	53,6	80,4
<i>Merismopedia tenuissima</i>	160,8	53,6	53,6	80,4	53,6	80,4
<i>Microcystis sp.</i>	80,4	53,6	53,6	160,8	53,6	160,8
<i>Monoraphidium sp.</i>	80,4	53,6	53,6	160,8	107,2	160,8
<i>Pediastrum simplex</i>	80,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Peridinium spp.</i>	160,8	643,1	643,1	482,3	160,8	482,3
<i>Phormidium sp.</i>	80,4	160,8	53,6	401,9	268,0	160,8
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	9565,9	7609,9	8252,9	9244,4	6645,2	8119,0
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	80,4	107,2	53,6	80,4	53,6	80,4
<i>Scenedesmus protuberans</i>	160,8	53,6	53,6	80,4	53,6	80,4
<i>Staurastrum sp.</i>	80,4	53,6	160,8	80,4	107,2	241,2
<i>Staurastrum tetracerum</i>	80,4	53,6	53,6	80,4	107,2	80,4
<i>Strombomonas sp.</i>	80,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Tetraedron minimum</i>	241,2	107,2	107,2	401,9	107,2	241,2
<i>Trachelomonas hispida</i>		107,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Trachelomonas volvocina</i>	80,4	53,6	160,8	80,4	107,2	241,2
TOTAIS	13746,0	11361,2	12754,6	14228,3	10825,3	14067,6

TABELA 5.12 - Resultados das análises hidrobiológicas referentes às profundidades de 2 e 3 m para Lagoa Santa

ORGANISMOS	PONTO 1B (org/ml)	PONTO 1C (org/ml)	PONTO 3B (org/ml)	PONTO 3C (org/ml)
<i>Anabaena cf. oryzae</i>	53,6	53,6	241,2	80,4
<i>Aphanocapsa sp.</i>	107,2	53,6	241,2	241,2
<i>Aphanothece clathrata</i>	53,6	107,2	160,8	241,2
<i>Arthrodesmus sp.</i>	53,6	107,2	241,2	241,2
<i>Aulacoseira ambigua</i>	107,2	107,2	160,8	160,8
<i>Aulacoseira granulata</i>	107,2	107,2	160,8	160,8
<i>Chlamydomonas sp.</i>	214,4	268,0	562,7	241,2
<i>Chlorella sp.</i>	53,6	53,6	80,4	80,4
<i>Chlorococcum sp.</i>	107,2	53,6	80,4	80,4
<i>Chroococcus sp.</i>	107,2	53,6	80,4	160,8
<i>Closterium sp.</i>	53,6	107,2	80,4	80,4
<i>Cryptomonas sp.</i>	107,2	53,6	160,8	160,8
<i>Cyclotella sp.</i>	53,6	53,6	0,0	0,0
<i>Dactylococcopsis sp.</i>	107,2	53,6	80,4	80,4
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	53,6	53,6	80,4	80,4
<i>Dinobryon bavaricum</i>	53,6	53,6	80,4	80,4
<i>Dinobryon sertularia</i>	268,0	268,0	401,9	401,9
<i>Eudorina elegans</i>	53,6	53,6	80,4	80,4
<i>Euglena acus</i>	53,6	53,6	80,4	80,4
<i>Gloeocapsa sp.</i>	107,2	107,2	241,2	160,8
<i>Golenkinia sp.</i>	53,6	53,6	80,4	80,4
<i>Gomphosphaeria sp.</i>	107,2	107,2	80,4	80,4
<i>Mallomonas sp.</i>	107,2	53,6	80,4	80,4
<i>Merismopedia tenuissima</i>	53,6	53,6	80,4	160,8
<i>Microcystis sp.</i>	53,6	53,6	80,4	80,4
<i>Monoraphidium sp.</i>	53,6	53,6	80,4	160,8
<i>Pediastrum simplex</i>	53,6	53,6	0,0	0,0
<i>Peridinium spp.</i>	160,8	107,2	803,9	401,9
<i>Phormidium sp.</i>	53,6	53,6	321,5	160,8
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	7931,4	7717,0	9324,8	9726,7
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	53,6	53,6	160,8	80,4
<i>Scenedesmus protuberans</i>	53,6	107,2	80,4	80,4
<i>Staurastrum sp.</i>	107,2	53,6	160,8	241,2
<i>Staurastrum tetracerum</i>	53,6	53,6	160,8	80,4
<i>Strombomonas sp.</i>	53,6	53,6	0,0	0,0
<i>Tetraedron minimum</i>	214,4	160,8	241,2	241,2
<i>Trachelomonas volvocina</i>	107,2	53,6	80,4	80,4
TOTAIS	11146,8	10664,5	15112,6	14630,3

Na Figura 5.4 estão plotados os pontos fornecidos de 30 em 30 segundos pela estação de posicionamento, operada pela CEMIG.

Nesta figura o ponto M.B foi determinado a partir do marco conhecido, localizado na CEMIG em Belo Horizonte e o ponto M.A foi determinado a partir dele. Em Lagoa Santa foram utilizadas as duas bases durante os trabalhos devido às dificuldades em se enxergar toda a lagoa de um único ponto. No ponto N.A foi feita a leitura do nível da água. Na TABELA 5.13 estão apresentadas as coordenadas destes pontos.

TABELA 5.13 - Coordenadas UTM das bases de referência usadas em Lagoa Santa

PONTO	COORDENADA NORTE	COORDENADA LESTE
M.A	7828010	616530
M.B	7827569	615527
N.A	7827567	615532

Na Figura 5.5 são apresentados os valores das concentrações de clorofila *a* registrados durante a varredura da lagoa. A cada posição da embarcação correspondem 6 registros intermediários de clorofila *a*. Nesta mesma figura estão apresentados os registros de temperatura.

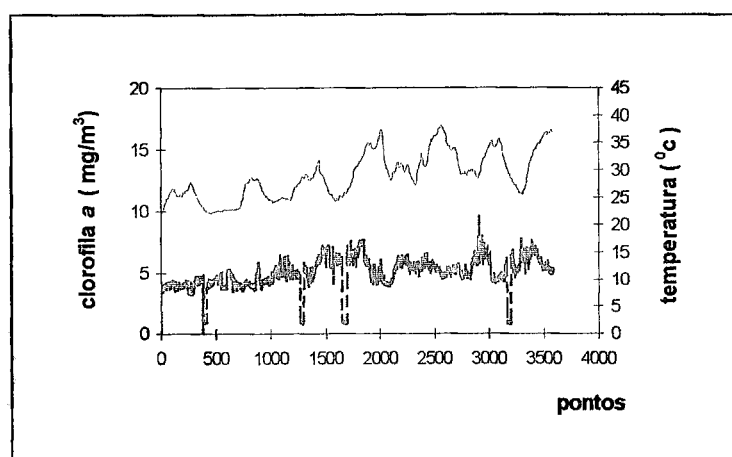


Figura 5.5 - Gráfico das concentrações de clorofila *a* e das temperaturas registradas em Lagoa Santa

Na TABELA 5.14 estão apresentadas as médias dos valores de clorofila *a* registrados em cada ponto de coleta e os teores de clorofila *a*, *b*, *c* e feofitina *a* determinados em laboratório.

TABELA 5.14 - Resultados determinados para a clorofila *a* pelo método fluorimétrico e pelos métodos espectrofotométricos de Strickland e de Lorenzen em Lagoa Santa

Pontos de coleta	Clorofila <i>a</i> (mg/m ³) fluorimétrico	clorofila <i>a</i> (mg/m ³) Lorenzen	Clorofila <i>a</i> (mg/m ³) Strickland	Clorofila <i>b</i> (mg/m ³) Strickland	Clorofila <i>c</i> (mg/m ³) Strickland	Feofitina <i>a</i> (mg/m ³) Lorenzen
1A	4,39	11,93	14,26	0,00	0,10	2,9
1B	3,76	14,02	14,69	0,00	0,03	0,94
1C	0,92	12,59	15,85	0,00	0,00	4,23
2	4,91	11,67	15,13	0,00	0,69	4,67
3A	6,35	14,88	15,97	0,00	0,50	0,66
3B	5,53	13,27	15,04	0,00	0,35	1,78
3C	0,90	9,38	13,53	0,00	0,78	5,99
4	5,68	13,96	15,55	0,00	0,49	1,42
5	5,10	13,96	14,71	0,00	0,09	0,25
6	4,85	10,76	12,40	0,00	0,00	1,74

1B E 3B prof. 2,0 m

1C E 3C prof. 3,0 m

Da mesma forma que em Vargem das Flores as coletas de amostras de água para análise dos pigmentos foram feitas em duplicatas e os valores apresentados na TABELA 5.14 representam a média dos valores encontrados nas duas amostras.

Finalmente, na Figura 5-6, pode ser observada a faixa dos valores das profundidades registrada pelo ecobatímetro durante os estudos.

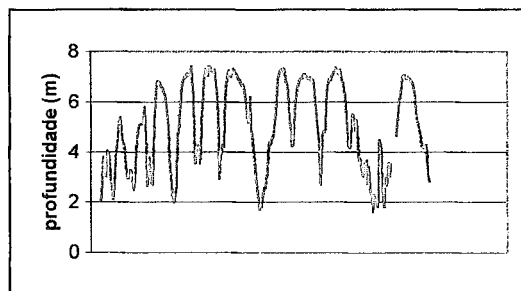


Figura 5.6 - Registros das profundidades em Lagoa Santa

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 Considerações iniciais

A quantidade e a distribuição de clorofila dependem muito das propriedades óticas da água, que podem ser parcialmente estimadas com a medida da transparência utilizando o disco de Secchi. Assim sendo, a sua medida, nos estudos propostos, teve como única finalidade balizar a profundidade das coletas e com isto garantir que em momento algum, fossem feitas amostragens fora da zona fótica.

De acordo com a Resolução CONAMA N^o 20, de 18/06/86, tanto Vargem da Flores como Lagoa Santa devem ser enquadradas na categoria de águas doces, Classe 2, destinadas ao:

- a) abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) proteção das comunidades aquáticas;
- c) recreação de contato primário;
- d) irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- e) criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana.

Dentro desta categoria, para os parâmetros determinados em Vargem das Flores e em Lagoa Santa, são estabelecidos os seguintes limites:

- a) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/l;
- b) pH, 6,0 a 9,0
- c) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos):

Fosfato total 0,025 mg/l P

Nitrato 10 mg/l N

Nitrito 1,0 mg/l N

O fósforo é essencial ao crescimento dos organismos e pode ser o nutriente que limita a produtividade primária de um corpo d'água.

Os compostos que contém fósforo desempenham papéis importantes em praticamente todas as fases do metabolismo das algas, sendo que o ortofosfato (PO_4^{-3}) é a única forma diretamente utilizável de fósforo inorgânico solúvel.

São duas as principais formas de nitrogênio amoniacal encontradas: NH_3 e NH_4^+ . Na água a amônia (NH_3) é um produto final primário da decomposição da matéria orgânica; existe principalmente como íon amônio (NH_4^+) e como NH_4OH não dissociada. O hidróxido de amônio é altamente tóxico para muitos organismos. As proporções de NH_4^+ para NH_4OH são função da dinâmica da dissociação, que é por sua vez governada pelo pH e pela temperatura. Em águas bem oxigenadas a tendência é de concentrações baixas deste composto (WETZEL, 1993).

Nitrogênio Kjeldahl é o termo usado para designar a concentração do nitrogênio amoniacal e orgânico presentes na amostra. O termo reflete a técnica analítica usada.

O nitrogênio orgânico inclui, o nitrogênio encontrado na matéria orgânica - proteínas, ácidos nucleicos e uréia.

6.2 Avaliação dos resultados físico-químicos

Em Vargem das Flores a média das profundidades determinadas com o disco de Secchi foi de 1,3 metros, confirmando a necessidade de se fazer uma correção na profundidade de coleta no segundo dia de trabalho, passando a altura da bomba submersa de 1,7 para 1,3 metros.

As outras duas profundidades de coleta foram 1,8 e 2,3 metros (pontos 9 e 10). Para efeito de comparação dos resultados, sempre que necessário, as profundidades de 1,7 e 1,8 serão consideradas como um única profundidade.

Em Lagoa Santa a média das profundidades determinadas com o disco de Secchi foi de 1 metro, indicando que a profundidade escolhida para a colocação da bomba estava dentro do desejável. Em julho de 1982 a maior profundidade observada em Lagoa Santa com o disco de Secchi foi de 2 metros já em julho de 1988 a transparência ao disco de Secchi não alcançou a profundidade de 1 metro (BARBOSA, RYLANDS, e OLIVEIRA, 1993).

O pH e o OD encontram-se dentro da faixa estabelecida pelo CONAMA - 20 tanto para Vargem das Flores como para Lagoa Santa (Tabelas 5.2 e 5.9).

Em Vargem das Flores o OD esteve, em todos os pontos de coleta, muito próximo do limite de 5 mg/l e em Lagoa Santa este parâmetro foi um pouco mais alto, especialmente no ponto 6 (8,15 mg/l).

O pH em Vargem das Flores manteve-se próximo de 7,3 e, em Lagoa Santa, um pouco mais alto, próximo de 7,6. Este resultado indica uma das diferença dos dois ambientes: era de se esperar que Lagoa Santa, situada em uma região paleo-cárstica tivesse seu pH mais elevado.

As condutividades médias de 80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ encontrada em Vargem das Flores e 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em Lagoa Santa são valores esperados para mananciais de águas doces, estando sempre os teores um pouco mais altos em Lagoa Santa, refletindo uma água do tipo intermediária.

Estes valores são confirmados ao se multiplicar a condutividade por um fator de correção que pode variar entre 0,55 a 0,9. O produto encontrado é uma estimativa dos sólidos totais dissolvidos - STD, que foi também determinado *in situ*. Quanto mais salinas forem as águas maior será o fator; nos nossos estudos, este fator está mais próximo de 0,55, confirmando a baixa salinidade destes corpos d'água (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION, 1995) STANDARD METHODS.

Vargem da Flores	Lagoa Santa
80 X 0,55 = 44 mg/l	100 X 0,55 = 55 g/l
80 X 0,90 = 72 mg/l	100 X 0,90 = 90 g/l
STD médio = 40 mg/l	STD médio = 50 mg/l

O fosfato é bastante reativo e forma com outros cátions, em condições de oxidação e pH acima de 8,3, compostos relativamente insolúveis que se precipitam e se acumulam no sedimento. Em lagos tropicais, devido as altas temperaturas e conseqüente aumento do metabolismo dos organismos aquáticos, o fosfato reativo, principal forma assimilada, é rapidamente incorporado à biomassa, diminuindo ainda mais a sua concentração. Assim, em reservatórios e lagos não poluídos espera-se encontrar baixos teores deste elemento.

Em Lagoa Santa a exclusão definitiva ou temporária do fosfato da dinâmica do ecossistema, ocorre devido principalmente à presença de ferro em suas águas, registrada por BARBOSA et al., 1994. Em águas com pH neutro como é o caso de Lagoa Santa, (próximo de 7,6) grande parte dos íons de ferro presentes, encontra-se na forma Fe^{+3} que pode adsorver em sua superfície espécies fosfatadas $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} , que por sua vez são as espécies predominantes nesta faixa de pH. Como conseqüência o fosfato é precipitado para fora da coluna d'água.

BARBOSA et al. em 1984 registraram em Lagoa Santa valores para o fosfato reativo que variaram entre 10 e 30 $\mu g/l$, dez anos depois os mesmos autores registraram valores bem menores entre 0 e 3 $\mu g/l$ (1994). Observa-se no presente estudo (TABELA 5.10) um aumento desde os últimos registros (entre 7 e 27 $\mu g/l$), com os valores mais próximos daqueles encontrados em 1984.

Os teores de fósforo foram calculados multiplicando as concentrações obtidas para o fósforo reativo por um fator igual a 0,32614 (Seção 5.2) e estiveram sempre abaixo do limite de 0,025 mg/l estabelecido pela resolução CONAMA 20. A média em Vargem das Flores foi de 0,0036 mg/l e, em Lagoa Santa, de 0,0033 mg/l (ANEXO A).

As concentrações encontradas na forma de nitratos em Vargem das Flores, cuja média foi de 0,95 mg/l, estão muito abaixo dos limites fixados pela resolução CONAMA – 20, que é de 10 mg/l. A forma de nitritos (< 0,5 mg/l) sempre ficou abaixo dos limites preconizados pela CONAMA – 20, igual a 1,0 mg/l.

Em Lagoa Santa tanto nitratos como nitritos (< 0,1 mg/l) também ficaram abaixo dos teores legais.

Os limites alcançados nas análises dos teores de nitritos e nitratos satisfazem plenamente os limites especificados pela CONAMA - 20, entretanto ainda são considerados altos para estudos limnológicos. Nos estudos mencionados acima, BARBOSA (1984) registrou teores de nitritos abaixo de 1,0 µg/l, e de nitratos em torno de 10 µg/l.

Os níveis de $\text{NO}_2 - \text{N}$ nas águas naturais em condições de oxigenação são geralmente muito baixos, entre 0 e 0,010 mg/l, WETZEL (1993); a não indicação de nitritos em Vargem das Flores e em Lagoa Santa, considerando o limite de detecção alcançado nas análises, era portanto esperada.

O $\text{NO}_3 - \text{N}$, que é a forma mais comum do nitrogênio inorgânico, variou entre 0,9 e 1,0 mg/l em Vargem das Flores, e não foi detectado, em Lagoa Santa.

Quanto ao nitrogênio amoniacal, mesmo não tendo os seus limites estabelecidos pelo CONAMA - 20 para as águas de classe 2, a sua determinação é de grande importância no desenvolvimento dos estudos limnológicos.

A média encontrada em Vargem das Flores foi de 1,98 mg/l, e de 0,82 mg/l em Lagoa Santa. No cálculo da média para Lagoa Santa foram considerados somente os pontos coletados na profundidade de 1,0 metro.

As razões aproximadas entre NH_4^+ e NH_4OH são segundo HUTCHINSON, 1957, citado por WETZEL, 1993:

pH = 6	3000:1
pH = 7	300:1
pH = 8	30:1
pH = 9,5	1:1

Considerando um pH desfavorável igual a 8 tanto para Lagoa Santa como para Vargem das Flores, a relação $[\text{NH}_4^+]/[\text{NH}_4\text{OH}]$ será então de 30:1. Em Vargem das Flores o teor máximo de nitrogênio amoniacal foi 2,7 mg/l e em Lagoa Santa 2,0 mg/l.

Então os teores de amônia não dissociada, mais desfavoráveis, não devem ultrapassar a 0,12 mg/l em Vargem das Flores e 0,085 mg/l em Lagoa Santa, como calculado abaixo.

$$0,033 \times 2,7 \times [(14+4) \div 14] = 0,12 \text{ mg/l para Vargem das Flores e}$$

$$0,033 \times 2,0 \times [(14+4) \div 14] = 0,085 \text{ mg/l para Lagoa Santa.}$$

Concentrações de 0,25 mg/l afetam o crescimento dos peixes e acima de 0,5 mg/l são consideradas letais (ESTEVEES, 1988), em nenhum dos dois ambientes estes níveis foram alcançados. ⑥

Nas TABELAS 6.1 e 6.2 estão listados os teores de nitrogênio orgânico encontrados em Vargem das Flores e em Lagoa Santa. Estes valores foram calculados através da diferença entre o nitrogênio Kjeldahl e o nitrogênio amoniacal.

TABELA 6.1 - Teores de nitrogênio determinados em Vargem das Flores

PTS	NITROGÊNIO KJELDAHL (mg/l)	NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/l)	NITROGÊNIO ORGÂNICO (mg/l)
1	2,6	2,5	0,1
2	2,6	2,2	0,4
3	2,8	1,3	1,5
4	2,7	2,2	0,5
5	3,2	2	1,2
6	66,8	2,1	64,7
7	2,2	1,9	0,3
8	4,9	2,7	2,2
9A	2,6	1,8	0,8
10A	5,3	1,1	4,2

TABELA 6.2 - Teores de nitrogênio determinados em Lagoa Santa

PTS	NITROGÊNIO KJELDAHL (mg/l)	NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/l)	NITROGÊNIO ORGÂNICO (mg/l)
1A	1,7	0,67	1,03
1B	4,6	2,0	2,6
1C	2,9	0,95	1,95
2	1,3	0,78	0,52
3A	5,0	1,1	3,9
3B	3,4	0,72	2,68
3C	2,0	0,72	1,28
4	4,2	0,62	3,58
5	2,2	0,67	1,53
6	1,5	1,1	0,4

1B E 3B prof. 2,0 m 1C E 3C prof. 3,0 m

Os valores encontrados na determinação do nitrogênio Kjeldahl, no ponto 6, em Vargem das Flores, foram confirmados pelo laboratório responsável pelas análises. Nada foi encontrado que justificasse esse resultado, aparentemente devido a algum tipo de contaminação na preparação dos frascos, no momento da coleta ou até mesmo durante as análises.

A COPASA-MG possui um banco de dados com registros de uma série de parâmetros referentes à qualidade da água para Vargem das Flores. Estes registros, iniciados em 1974, tinham a princípio uma frequência precária; apresentaram melhoras consideráveis a partir de 1983, mas a frequência voltou a cair no período de 1994 até 1997.

Uma consulta a este banco de dados, no que se refere aos parâmetros nitrogênio e fósforo, permitiu uma comparação com os valores encontrados. Como a série de valores, num total de 572 registros, apresentou-se espalhada no tempo, optou-se por calcular a média simples dos parâmetros de interesse. As médias calculadas e os valores encontrados em Vargem das Flores estão apresentados na TABELA 6.3

TABELA 6.3 - Comparação entre os teores registrados para os parâmetros nitrogênio e fosfato reativo no período de 1994 até 1997 pela COPASA-MG e os valores determinados, pelo presente estudo, em 06/97, para a Represa Vargem das Flores

PARÂMETROS	COPASA-MG 1994 — 1997 (mg/l)	06/97 (mg/l)
nitrogênio amoniacal	0,73	1,98
nitrogênio orgânico	0,33	1,24
nitratos	0,11	0,95
nitritos	0,006	<0,5
fosfato	0,0072	0,0036

Com exceção do fosfato, pode-se observar que os teores destes compostos aumentaram apreciavelmente nestes últimos anos, mesmo estando abaixo dos valores máximos permitidos pela legislação vigente.

O aumento nos teores encontrados não chega a ser uma surpresa diante da ocupação urbana, descontrolada, que a região vem sofrendo nos últimos anos. A falta de um programa de preservação ambiental contribuiu para que a utilização da represa como área de recreação pela população e a sua proximidade com o centro urbano da Cidade de Betim acelerasse o processo de eutrofização da represa. Além disto, como mencionado no CAPÍTULO 4, o Ribeirão Betim que recebe os esgotos da Cidade de Betim é o tributário mais importante do sistema.

Foi feita ainda uma tentativa de determinar os valores para estes parâmetros unicamente no mês de junho, coincidindo desta forma com o mês da coleta do presente estudo; entretanto, as médias encontradas não diferenciaram das médias envolvendo todo o período monitorado até então pela COPASA-MG.

6.3 Avaliação dos resultados hidrobiológicos

O grau de trofia apresentado em Vargem das Flores e em Lagoa Santa pode ser estimado pelo índice de diversidade de Shannon, baseado na teoria da informação, (SHANNON E WEAVER, 1949) citado por WETZEL, 1993.

$$\bar{d} = - \sum_1^s (ni / n) \log_2 (ni / n)$$

onde:

\bar{d} = estimativa do índice de diversidade

ni = número de organismos por categoria taxonômica

n = número total de organismos

Os valores calculados para Vargem das Flores estão apresentados na TABELA 6.4 e os calculados para Lagoa Santa na TABELA 6.5.

TABELA 6.4 - Índice de diversidade calculado para Vargem das Flores

PONTOS	ID Vargem das Flores		
	PROF = 1,3 m	PROF = 1,8 m	PROF= 2,3 m
1		3,4	
2		3,0	
3		2,8	
4		1,8	
5	3,0		
6	3,9		
7*	2,5		
8	2,4		
9	2,8	2,9	2,8
10	2,5	3,2	3,4

(*) Ponto 7 = profundidade de 0,8 m

TABELA 6.5 - Índice de diversidade calculado para Lagoa Santa

PONTOS	ID Lagoa Santa		
	PROF = 1,0 m	PROF = 2,0 m	PROF= 3,0 m
1	2,4	2,3	2,2
2	2,4		
3	2,4	2,7	2,5
4	2,6		
5	2,8		
6	3,0		

Ainda segundo BRANCO (1986), os valores de ID menores do que 1 são próprios de ecossistemas aquáticos muito seletivos (eutrofizados), entre 1 e 3 indicam águas moderadamente poluídas e aqueles maiores do que 3 correspondem às águas limpas.

Em Vargem das Flores o índice de diversidade variou entre 1,8 e 3,9 e em Lagoa Santa entre 2,2 e 3,0. Em Lagoa Santa as variações foram menores, indicando uma certa homogeneidade em todo o corpo d'água.

Tanto em Vargem das Flores como em Lagoa Santa foi constatada uma diversidade, que pode ser observada nas TABELAS 6.6 e 6.7, construídas a partir do agrupamento das espécies, grupos e classes segundo o sistema de classificação usado por BOURRELY (1968, 1972, e 1985). Estas tabelas representam a porcentagem de cada grupo calculada a partir do número total de espécimens encontradas nas diferentes profundidades.

A diversidade em Vargem das Flores foi maior do que a observada em Lagoa Santa indicando estar Vargem das flores menos impactada quando comparada com Lagoa Santa.

TABELA 6.6 - Porcentagem de cada grupo calculada a partir do número total de espécimens encontradas nas diferentes profundidades em Vargem das Flores.

CLASSES	PORCENTAGEM DE ORGANISMOS (%)			
	Vargem das Flores			
	PROF = 0,8 m	PROF = 1,3 m	PROF = 1,8 m	PROF= 2,3 m
<i>Clorophyceae</i>	13,44	20,70	12,71	25,36
<i>Cyanophyceae</i>	49,07	27,29	25,38	19,17
<i>Cryptophyceae</i>	18,51	32,05	43,56	35,95
<i>Dinophyceae</i>	0	0,06	0	0
<i>Euglenophyceae</i>	0,93	0,91	0,37	1,83
<i>Crysophyceae</i>	8,80	4,23	6,24	2,76
<i>Bacillariophyceae</i>	9,25	13,95	11,74	14,92
Total de organismos identificados	495	3426	6149	1162

TABELA 6.7- Porcentagem de cada grupo calculada a partir do número total de espécimens encontradas nas diferentes profundidades em Lagoa Santa

CLASSES	PORCENTAGEM DE ORGANISMOS (%)		
	Lagoa Santa		
	PROF = 1,0 m	PROF = 2,0 m	PROF= 3,0 m
<i>Clorophyceae</i>	12,24	12,45	11,87
<i>Cyanophyceae</i>	73,79	74,90	77,43
<i>Cryptophyceae</i>	0,80	1,02	0,85
<i>Dinophyceae</i>	3,35	3,67	2,01
<i>Euglenophyceae</i>	2,86	1,94	1,80
<i>Crysophyceae</i>	4,78	3,78	3,71
<i>Bacillariophyceae</i>	2,20	2,25	2,33
<i>Xantophyceae</i>	0	0	0
Total de organismos identificados	76879	26261	25296

Em Vargem das Flores com exceção do ponto 7, cuja profundidade de coleta foi de 0.8 metros da superfície, e a classe dominante foi a das *cyanophyceae*, as demais profundidades (1,3, 1,8 e 2,3 metros) apresentaram como classe dominante as *Cryptophyceae*, seguido pelas *cyanophyceae* e pelas *Clorophyceae*. Os demais grupos foram pouco representados. Cabe ressaltar ainda a presença das *Bacillariophyceae*, com uma porcentagem média de 12,47%.

Lagoa Santa apresentou um quadro bastante claro com predominância da classe das *Cyanophyceae*; representadas por mais de 70% dos organismos identificados nas três profundidades, acompanhado de longe pela classe das *Clorophyceae* com uma representação em torno de 12%.

As *algas* encontradas foram identificadas até o nível de espécie, quando possível, senão até gênero. A partir daí, foi calculada a porcentagem de cada espécie e/ou gênero sobre o total de *espécimens* encontradas na amostra.

Os resultados estão apresentados nas TABELAS 6.8 e 6.9, para Vargem das Flores.

TABELA 6.8 - Porcentagem de organismos identificados nas profundidade de 0,8 m no ponto 7 e 1,3 m nos demais pontos - Vargem das Flores

ORGANISMOS	PONTO 5	PONTO 6	PONTO 7	PONTO 8	PONTO 9A	PONTO 10A
<i>Ankistrodesmus densus</i>						0,31
<i>Aulacoseira granulata</i>	1,16		0,93	5,37	4,10	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	0,39		0,46	0,89	0,82	0,62
<i>Chlorella sp.</i>	0,20	5,05				
<i>Coelastrum reticulatum</i>		0,32	0,46		1,64	0,62
<i>Crucigenia sp.</i>	4,25	3,47	6,48	2,09	2,74	1,57
<i>Cryptomonas spp.</i>	23,97	34,07	18,51	53,13	31,78	18,50
<i>Dactylococcopsis sp.</i>	21,26	21,14	47,68	17,01	30,69	33,55
<i>Diatomacea Centrales</i>	6,00	6,93	3,69	6,57	7,13	
<i>Diatomacea Penales</i>	0,20	0,63				0,62
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	22,24	1,26		1,20	6,58	28,84
<i>Elakatothrix sp.</i>	0,39					
<i>Eutetramorus fottii</i>		0,32			0,27	
<i>Golenkinia sp.</i>						0,31
<i>Kirchmeriella contorta</i>				1,20		
<i>Mallomonas sp.</i>	3,09	9,46	8,80	2,69	5,48	
<i>Merismopedia sp.</i>	1,16			0,29	0,27	3,14
<i>Monoraphidium sp.</i>	2,71	1,26	3,25	1,20	0,82	1,57
<i>Oscillatoria sancta</i>	0,77					
<i>Peridinium sp.</i>						0,31
<i>Phacus sp.</i>	0,20					
<i>Raphidiopsis sp.</i>	1,55	3,47	1,39	0,89	0,55	
<i>Scenedesmus sp.</i>			0,93			
<i>Spirotaenia sp.</i>					0,27	
<i>Staurastrum spp.</i>	3,68	2,83	1,86	2,09	0,55	2,83
<i>Synedra sp.</i>	6,57	8,20	4,62	4,77	4,94	5,96
<i>Tetraedron minimum</i>	0,20	0,32			0,27	
<i>Trachelomonas sp.</i>		1,26	0,93	0,60		
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>					1,09	1,26
TOTAIS	100	100	100	100	100	100

Como observado anteriormente as amostras de Vargem das Flores apresentaram duas classes predominantes, que se alternaram em importância ao longo dos pontos de coleta. Estas classes, *Cryptophyceae* e *Cyanophyceae* estavam representados pelos gêneros *Cryptomonas* e *Dactylococcopsis*.

Entretanto cabe ressaltar a importância das *Cyanophyceae*, de grande significado ecológico, cuja toxicidade pode levar a grandes mortandades de peixes. A maior parte de seus gêneros causa floração como é o caso do gênero *Oscillatoria*, também presente em Vargem das Flores. Outros gêneros identificados foram: *Coelosphaerium*, *Merismopedia* e *Raphidiopsis* que, mesmo em concentrações mínimas, podem ser indícios de águas poluídas.

Observou-se ainda a presença, muito importante quanto ao significado sanitário, mas em menor quantidade, do gênero *Dinobryon*, bastante nocivo à qualidade das águas (BRANCO, 1986).

Alguns gêneros presentes, como *Coelastrum*, *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Phacus*, *Golenkinia*, *Scenedesmus*, e *Tetraedron* são comuns em ambientes com alta concentração de sais minerais resultantes da decomposição de matéria orgânica (BRANCO, 1986).

Em Vargem das Flores tem-se que considerar a quantidade de fitomassa inundada quando da sua formação, e os pulsos poluidores, principalmente aqueles provenientes do Ribeirão Betim. Todos estes fatores contribuem para o aumento da concentração de sais minerais.

A situação não se modifica quando se observa a distribuição dos organismos nos pontos 9 e 10 onde foi coletado amostra ao longo de três profundidades distintas 1,3, 1,8 e 2,3 metros. Observa-se um aumento do número de *Bacillariophyceae* e *Oscillatoria* com a profundidade. As Diatomáceas pelo próprio peso da carapaça, tendem a afundar, e alguns gêneros *Oscillatoria* pela sua adaptação à falta de luz, podem ser encontrados em maiores profundidades.

As Tabelas 6.10 e 6.11 mostram os resultados dos cálculos de porcentagem de organismos para as observações efetuadas em Lagoa Santa.

TABELA 6.10 - Porcentagem de organismos identificados a 1 metro da superfície, em Lagoa Santa

ORGANISMOS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	PONTO 6
<i>Anabaena cf. oryzae</i>	1,17	0,95	0,84	1,13	2,48	2,29
<i>Aphanocapsa sp.</i>	0,58	0,48	1,26	1,13	1,98	1,71
<i>Aphanothece clathrata</i>	1,17	0,48	1,26	0,57	0,99	1,14
<i>Arthrodesmus sp.</i>	1,17	0,48	1,68	1,70	0,50	1,71
<i>Aulacoseira ambigua</i>	1,17	0,95	0,84	1,13	0,99	1,14
<i>Aulacoseira granulata</i>	1,17	0,95	0,84	1,13	0,99	1,14
<i>Chlamydomonas sp.</i>	1,17	5,24	1,68	2,26	4,95	3,43
<i>Chlorella sp.</i>	0,58	0,00	0,42	0,57	0,50	0,57
<i>Chlorococcum sp.</i>	0,58	0,00	0,42	0,57	0,50	0,57
<i>Chroococcus sp.</i>	0,58	0,48	0,42	0,57	0,99	1,14
<i>Closterium sp.</i>	1,17	0,48	0,42	1,13	0,99	0,57
<i>Cryptomonas sp.</i>	0,58	0,95	0,84	0,57	1,49	0,57
<i>Cyclotella sp.</i>	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Dactylococcopsis sp.</i>	0,58	0,48	0,42	0,57	1,49	1,14
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	0,58	0,48	0,42	0,57	0,50	0,57
<i>Dinobryon bavaricum</i>	0,58	0,48	0,42	0,57	0,50	0,57
<i>Dinobryon sertularia</i>	2,92	2,38	8,40	2,82	2,48	2,86
<i>Eudorina elegans</i>	0,58	0,00	0,42	0,57	0,99	0,57
<i>Euglena acus</i>	0,58	0,00	0,84	0,57	0,50	0,57
Fitoflagelado	0,00	0,48	0,00	0,00	0,50	1,14
<i>Gloeocapsa sp.</i>	0,58	0,95	0,84	0,57	1,49	1,71
<i>Golenkiania sp.</i>	0,58	0,48	0,42	0,57	0,50	0,57
<i>Gomphosphaeria sp.</i>	0,58	0,95	0,42	0,57	0,50	0,57
<i>Lepocinclis sp.</i>	0,00	0,95	0,00	0,00	0,50	1,14
<i>Mallomonas sp.</i>	0,58	0,95	0,42	0,57	0,50	0,57
<i>Merismopedia tenuissima</i>	1,17	0,48	0,42	0,57	0,50	0,57
<i>Microcystis sp.</i>	0,58	0,48	0,42	1,13	0,50	1,14
<i>Monoraphidium sp.</i>	0,58	0,48	0,42	1,13	0,99	1,14
<i>Pediastrum simplex</i>	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Peridinium spp.</i>	1,17	5,71	5,04	3,39	1,49	3,43
<i>Phormidium sp.</i>	0,58	1,43	0,42	2,82	2,48	1,14
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	69,59	67,62	64,70	64,97	61,38	57,71
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	0,58	0,95	0,42	0,57	0,50	0,57
<i>Scenedesmus protuberans</i>	1,17	0,48	0,42	0,57	0,50	0,57
<i>Staurastrum sp.</i>	0,58	0,48	1,26	0,57	0,99	1,71
<i>Staurastrum tetracerum</i>	0,58	0,48	0,42	0,57	0,99	0,57
<i>Strombomonas sp.</i>	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Tetraedron minimum</i>	1,75	0,95	0,84	2,82	0,99	1,71
<i>Trachelomonas volvocina</i>	0,58	0,48	1,26	0,57	0,99	1,71
TOTAIS	100	100	100	100	100	100

TABELA 6.11 - Porcentagem de organismos identificados a 1, 2, e 3 metros a partir da superfície em Lagoa Santa

ORGANISMOS	PONTO 1A	PONTO 1B	PONTO 1C	PONTO 3A	PONTO 3B	PONTO 3C
<i>Anabaena cf. oryzae</i>	1,17	0,48	0,50	0,84	1,60	0,55
<i>Aphanocapsa sp.</i>	0,58	0,96	0,50	1,26	1,60	1,65
<i>Aphanothece clathrata</i>	1,17	0,48	1,01	1,26	1,06	1,65
<i>Arthrodesmus sp.</i>	1,17	0,48	1,01	1,68	1,60	1,65
<i>Aulacoseira ambigua</i>	1,17	0,96	1,01	0,84	1,06	1,10
<i>Aulacoseira granulata</i>	1,17	0,96	1,01	0,84	1,06	1,10
<i>Chlamydomonas sp.</i>	1,17	1,92	2,51	1,68	3,72	1,65
<i>Chlorella sp.</i>	0,58	0,48	0,50	0,42	0,53	0,55
<i>Chlorococcum sp.</i>	0,58	0,96	0,50	0,42	0,53	0,55
<i>Chroococcus sp.</i>	0,58	0,96	0,50	0,42	0,53	1,10
<i>Closterium sp.</i>	1,17	0,48	1,01	0,42	0,53	0,55
<i>Cryptomonas sp.</i>	0,58	0,96	0,50	0,84	1,06	1,10
<i>Cyclotella sp.</i>	0,58	0,48	0,50	0,00	0,00	0,00
<i>Dactylococcopsis sp.</i>	0,58	0,96	0,50	0,42	0,53	0,55
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	0,58	0,48	0,50	0,42	0,53	0,55
<i>Dinobryon bavaricum</i>	0,58	0,48	0,50	0,42	0,53	0,55
<i>Dinobryon sertularia</i>	2,92	2,40	2,51	8,40	2,66	2,75
<i>Eudorina elegans</i>	0,58	0,48	0,50	0,42	0,53	0,55
<i>Euglena acus</i>	0,58	0,48	0,50	0,84	0,53	0,55
<i>Gloeocapsa sp.</i>	0,58	0,96	1,01	0,84	1,60	1,10
<i>Golenkinia sp.</i>	0,58	0,48	0,50	0,42	0,53	0,55
<i>Gomphosphaeria sp.</i>	0,58	0,96	1,01	0,42	0,53	0,55
<i>Mallomonas sp.</i>	0,58	0,96	0,50	0,42	0,53	0,55
<i>Merismopedia tenuissima</i>	1,17	0,48	0,50	0,42	0,53	1,10
<i>Microcystis sp.</i>	0,58	0,48	0,50	0,42	0,53	0,55
<i>Monoraphidium sp.</i>	0,58	0,48	0,50	0,42	0,53	1,10
<i>Pediastrum simplex</i>	0,58	0,48	0,50	0,00	0,00	0,00
<i>Peridinium spp.</i>	1,17	1,44	1,01	5,04	5,32	2,75
<i>Phormidium sp.</i>	0,58	0,48	0,50	0,42	2,13	1,10
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	69,59	71,15	72,36	64,70	61,70	66,48
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	0,58	0,48	0,50	0,42	1,06	0,55
<i>Scenedesmus protuberans</i>	1,17	0,48	1,01	0,42	0,53	0,55
<i>Staurastrum sp.</i>	0,58	0,96	0,50	1,26	1,06	1,65
<i>Staurastrum tetracerum</i>	0,58	0,48	0,50	0,42	1,06	0,55
<i>Strombomonas sp.</i>	0,58	0,48	0,50	0,00	0,00	0,00
<i>Tetraedron minimum</i>	1,75	1,92	1,51	0,84	1,60	1,65
<i>Trachelomonas volvocina</i>	0,58	0,96	0,50	1,26	0,53	0,55
TOTAIS	100	100	100	100	100	100

1A e 3A prof. 1,0 m

1B e 3B prof. 2,0 m

1C e 3C prof. 3,0 m

Pelas tabelas mostradas anteriormente verifica-se que Lagoa Santa apresentou um quadro bem claro através da presença maciça das *Cyanophyceae*, representadas pelos gêneros *Anabaena*, *Aphanocapsa*, *Aphanothece*, *Chroococcus*, *Dactylococcopsis*, *Gloeocapsa*, *Gomphosphaeria*, *Coelosphaerium*, *Merismopedia*, *Microcystis* e *Raphidiopsis*.

A espécie *Raphidiopsis mediterranea* foi dominante, variando entre 58% e 72% dos organismos identificados. Os demais gêneros desta classe são ressaltados pela sua importância como organismos indicadores de poluição, causadores de florações e que podem acrescentar uma toxicidade às águas. A *Chrysophyceae Dinobryon*, também muito importante em termos de qualidade da água, esteve presente em todas as amostras; a espécie *Dinobryon bavarium* variou entre 0,42% e 0,47%, e a espécie *Dinobryon sertularia* entre 2,38% e 2,92%, com exceção do ponto 3, onde foram identificados 8,4% de indivíduos da espécie.

6.4 Avaliação dos resultados de clorofila *a*

6.4.1 Avaliação dos resultados de clorofila *a* para a represa Vargem das Flores

Para que fosse possível fazer uma avaliação dos resultados obtidos, tendo em vista a distribuição da clorofila *a* na represa de Vargem das Flores, os valores registrados pelo fluorímetro foram lançados sobre o mapa da região nas posições correspondentes aos instantes de sua medição. As curvas de isoconcentração puderam então ser traçadas. Para isto fez-se uso dos softwares *Surfer* e *Autocad*. As curvas geradas estão apresentadas na Figura 6.1. Os dados obtidos referem-se exclusivamente aos locais percorridos pela embarcação; os demais locais encontram-se hachurados na figura como uma indicação de falta de informação sobre os parâmetros levantados.

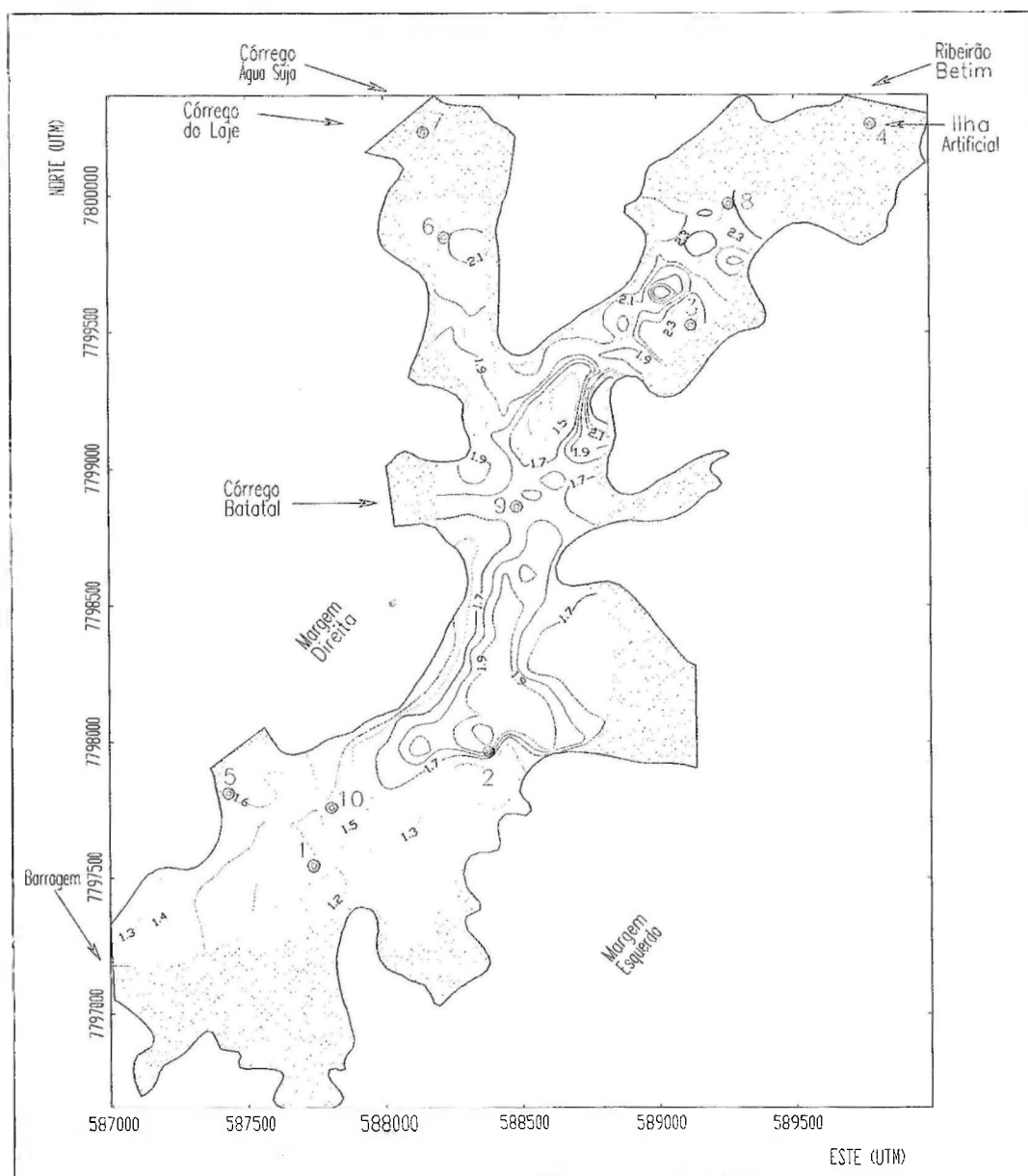


Figura 6.1 – Distribuição da clorofila *a* ao longo da Represa de Vargem das Flores

Como pode ser observado, existe um gradiente de concentração cujo valor, a partir do mínimo registrado de $1,1 \text{ mg/m}^3$, perto do vertedouro, aumenta gradativamente em direção à desembocadura do Ribeirão Betim onde o máximo registrado foi de cerca de $2,8 \text{ mg/m}^3$. Neste local a represa se encontra assoreada, com o espelho d'água tomado por vegetações, sem possibilidades de acesso pela embarcação usada durante os testes.

Para uma melhor visualização das profundidades encontradas em Vargem das Flores estão apresentadas na Figura 6.2 as isolinhas que representam a batimetria realizada na represa.

As curvas foram traçadas somente para os trechos percorridos pela embarcação. A metodologia foi a mesma usada para traçar as curvas de isoconcentração de clorofila *a* (Figura 6.1).

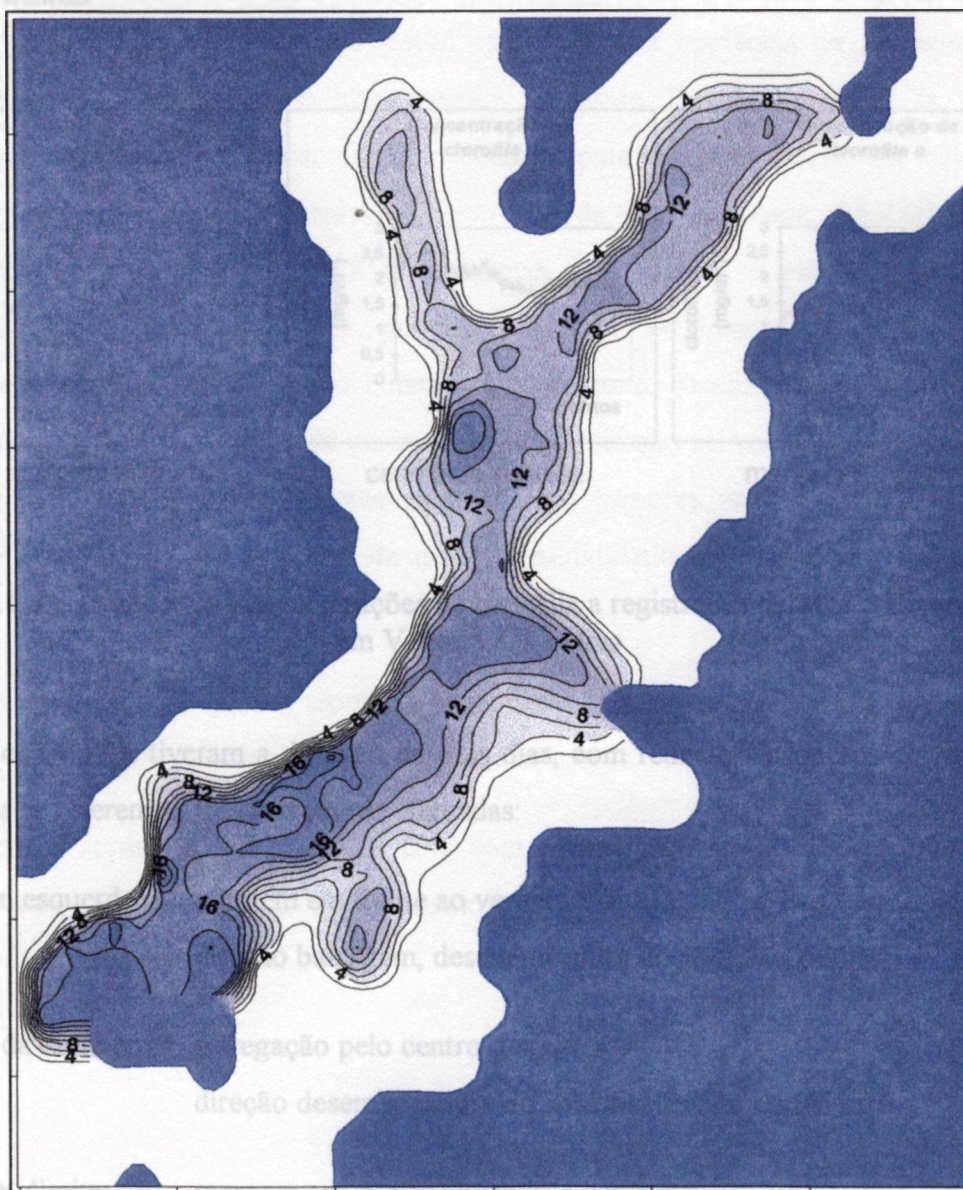


Figura 6.2 – Curvas batimétricas para a Represa Vargem das Flores

No capítulo 4 foi mencionado que a navegação só foi possível até a ilha artificial. Neste ponto os valores registrados foram de cerca de $2,4 \text{ mg/m}^3$.

Estas tendências podem ser visualizados através da Figura 6.3, onde os valores foram aqueles encontrados quando o barco encontrava-se em movimento, isto é, foram excluídos os valores registrados durante as coletas, quando o barco encontrava-se parado, e também eventuais valores registrados durante testes de funcionamento dos equipamentos.

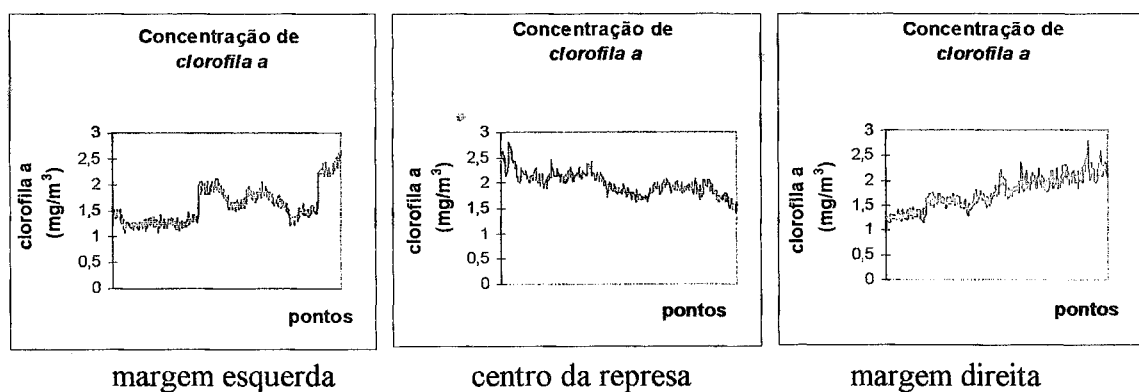


Figura 6.3 – Gráficos das concentrações de clorofila a registradas durante o experimento em Vargem das Flores

Como os estudos tiveram a duração de dois dias, com reinício em pontos distintos, os gráficos se referem às três varreduras efetuadas:

- margem esquerda: margem em frente ao vertedouro.
 direção barragem, desembocadura do Ribeirão Betim
- centro da represa: navegação pelo centro da represa
 direção desembocadura do Ribeirão Betim, vertedouro.
- margem direita: margem em que se encontra a barragem
 direção barragem, desembocadura do Ribeirão Betim

Além disto, se considerarmos que os pontos com maior número de organismos terão uma concentração de clorofila *a* maior, podemos observar na TABELA 5.4, no capítulo anterior, que o ponto 4 apresentou o maior número, com 2957,6 indivíduos/ml, seguido pelos pontos 9, 3, 8, 6, 10, 5, 7, 2, e 1.

O ponto 4, localizado perto da ilha artificial, foi o ponto mais próximo do Ribeirão Betim alcançado pela embarcação. O ponto 9 está localizado no canal, na confluência com o braço formado pelos Córregos Água suja e pelo Córrego da Laje, que faz com que suas águas se somem aos despejos deste ponto. Os pontos 3, 8 e 6 estão todos localizados na parte mais próxima do Ribeirão Betim confirmando a tendência de um aumento da concentração de clorofila *a* nesta região. O ponto 7, mesmo perto da margem, surpreendentemente forneceu valores menores para a concentração de clorofila *a*; entretanto, foi o ponto de maior concentração de *Cyanophyceae*. As *Cyanophyceae* apresentam uma relação entre a fluorescência e a clorofila *a* particularmente baixa, MARGALEF (1983). O que portanto justifica as concentrações encontradas. O ponto 10 foi o último ponto coletado. É um ponto localizado dentro do canal da represa, por onde passa grande parte da água em direção ao vertedouro, neste ponto a concentração de clorofila *a* apresentou um dos menores valores encontrados. Cabe ressaltar ainda que foi o ponto de maior profundidade registrado pelo ecobatímetro 16,43 metros

Acrescenta-se ainda que os teores de clorofila *a* registrados na margem direita foram menores que aqueles encontrados na margem esquerda.

A seguir é apresentada a TABELA 6.12 com os desvios entre os valores determinados pelos três métodos analíticos empregados, cujos resultados foram apresentados, no capítulo anterior na, TABELA 5.7.

TABELA 6.12 - Desvios relativos do método fluorimétrico com referência aos métodos Strickland e Lorenzen para Vargem das Flores

Pontos de coleta	Desvio relativo para Strickland (%)	Desvio relativo para Lorenzen (%)
1	7	100
2	-30	-5
3	-26	-26
4	-47	-48
5	5	9
6	-12	11
7	-20	20
8	5	99
9A	30	(*)
9B	-20	166
9C	-28	-2
10A	7	900
10B	-27	25
10C	15	125

(*) concentração de clorofila $a = 0,0$

Observa-se que os valores determinados pelo método fluorimétrico apresentaram um desvio menor quando comparados com o método de Strickland, que por sua vez, na determinação da clorofila a , corrige as interferências das clorofilas b e c . Estes pigmentos estão presentes nas classes *Chlorophyceae* e *Cryptophyceae*, Tabela 6.6, ambos com uma porcentagem considerável de indivíduos em Vargem das Flores.

Infelizmente para Vargem das Flores não foram feitas leituras nos comprimentos de onda que possibilitassem a determinação destes pigmentos.

O método de Lorenzen, cuja principal vantagem é a correção quanto aos feopigmentos interferentes, apresentou desvios maiores, Tabela 6.12, demonstrando ser o método de Strickland mais adequado para ser usado como referência, na quantificação dos teores de clorofila a neste estudo, em Vargem das Flores.

Cabe lembrar que esta comparação só é possível porque foi feita uma calibração preliminar, CAPÍTULO 4, que embora com restrições na metodologia empregada, permite que a ordem de grandeza dos valores registrados sejam avaliados

A segunda classe dominante em Vargem das Flores, a *Cyanophyceae*, apresenta uma relação entre a fluorescência e a clorofila *a* particularmente baixa, o que pode explicar o grande numero de desvios negativos obtidos.

Todos os três métodos, entretanto, indicam o ponto 4 como o ponto de maior concentração de clorofila *a*, seguido pelos pontos 7, 3, 6, 8, e 2, com pequenas variações.

Na TABELA 6.13 estão apresentados os valores determinados para a feofitina *a* e a relação entre a clorofila *a* e a feofitina *a*, calculadas a partir da razão de absorção dos comprimentos de onda de 664 nm (medido antes de acidificar a amostra) e 665nm (medido após a acidificação da amostra).

TABELA 6.13 - Teores encontrados para a feofitina *a* e a relação entre a clorofila *a* e a feofitina *a* (razão de absorção) para Vargem das Flores

Pontos de coleta	feofitina <i>a</i> (mg/m ³)	razão de absorção DO 664/DO 665
1	0,95	1,32
2	0,82	1,49
3	0,34	1,81
4	0,00	1,81
5	0,03	1,75
6	0,54	1,55
7	1,51	1,41
8	1,46	1,30
9A	2,51	0,95
9B	2,90	1,14
9C	1,01	1,51
10A	2,08	1,05
10B	1,30	1,35
10C	1,11	1,30

Como já foi dito no CAPÍTULO 3, quando a solução de clorofila *a* pura é convertida em feofitina *a* por acidificação no método espectrofotométrico, a razão de absorção de 1,7 é utilizada para corrigir a concentração aparente de clorofila *a* para feofitina *a*. Amostras com razão em torno de 1,7 são consideradas como não contendo feofitina *a* e indicam excelentes condições fisiológicas. Amostras com a razão de absorção próxima de 1,0 indicam a presença exclusivamente de feofitina *a* (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION, 1995).

No caso de Vargem das Flores os pontos 3, 4, 5 e 6, apresentaram a razão de absorção próxima de 1,7, indicando a presença quase que só de clorofila *a*, enquanto os pontos 9A, 9B e 10A estiveram próximos de 1,0 indicio da presença exclusiva de feofitina *a* nas amostras. Os pontos 1, 2, 7, 8, 9C 10B e 10C tiveram uma variação pequena, em torno de 1,4.

É interessante observar que quando as amostras apresentaram valores para a razão de absorção acima da média (1,35), os desvios calculados em relação aos métodos de Strickland e Lorenzen foram da mesma ordem de grandeza. Quando estes valores ficaram abaixo da média (<1,35) os desvios foram grandes quando comparados com o método de Lorenzen, e aumentaram consideravelmente quando a relação se aproximou de 1. Nestas situações os desvios em relação ao método de Strickland foram menores

Para os desvios próximos de 1,7, o que pressupõe a relação clorofila *a*/feofitina *a* alta, pode-se usar, qualquer dos dois métodos, Lorenzen ou Strickland, para correção dos valores encontrados em campo. Já com razões próximas de 1, isto é, altos teores de feofitina *a*, onde o método de Lorenzen deveria ser o mais indicado, os desvios em relação a ele se apresentaram altos, indicando que possivelmente a presença de feofitina *a* interferiu no método fluorimétrico.

Outro indicador ecológico muito utilizado em estudos limnológicos é o Índice de Diversidade de Pigmentos - IDP fornecido pela relação DO 430/DO 664. O comprimento de onda de 430nm representa os pigmentos amarelos, e o de 664 nm representa a clorofila *a*. A relação DO 430/DO 664 é conhecida como relação

verde/amarela e tende a ser alta, entre 3 e 5, nos ecossistemas velhos e estáveis, ODUM (1988), onde a presença de outros pigmentos e/ou a presença de produtos de decomposição da clorofila tendem a ser maior. O IDP pode ser considerado baixo quando seu valor está em torno de 2 (MARGALEF, 1983).

Os valores calculados para Vargem das Flores estão listados na TABELA 6.14

TABELA 6.14 - Índice de Diversidade de Pigmentos calculados para Vargem da Flores

PONTOS	IDP Vargem das Flores		
	PROF = 1,3 m	PROF = 1,8 m	PROF= 2,3 m
1		3,65	
2		2,95	
3		2,85	
4		2,28	
5	3,15		
6	2,92		
7	2,78		
8	2,98		
9	5,2	3,21	2,94
10	4,24	3,39	3,18

Por ser pouco preciso, o IDP pode ser usado meramente como um indicador, e neste caso pode-se afirmar que quase todos os pontos apresentaram um IDP alto, principalmente os pontos 1, 9 e 10, indicando a presença de produtos de decomposição da clorofila a , estes pontos coincidentemente, apresentaram uma razão de absorção baixa ($< 1,35$).

Para uma melhor apreciação dos resultados obtidos para o nitrogênio, e para o fosfato reativo os mesmos foram comparados nas Figuras 6.4 e 6.5 com os teores de clorofila a determinados por espectrofotometria.

Os valores do nitrogênio total foram obtidos somando os valores determinados para o nitrogênio Kjeldahl (orgânico mais amoniacal) os nitratos e os nitritos (Tabela 5.3). Para efeito de cálculo os valores abaixo do limite máximo detectável foram considerados, como sendo igual a este limite.

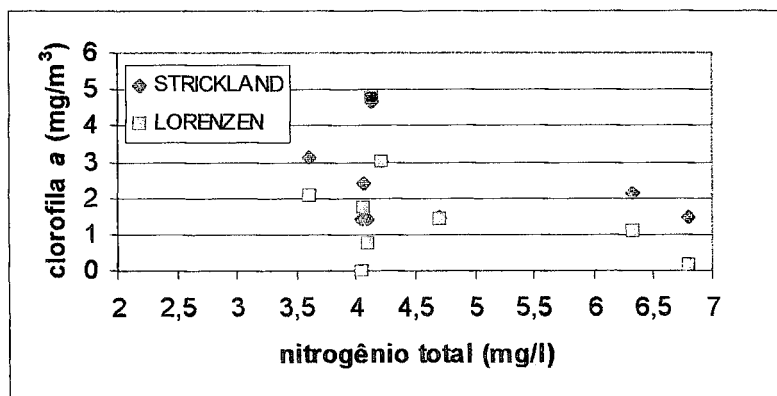


Figura 6.4 – Comparação entre o nitrogênio total e os teores de clorofila a obtidos pelos métodos espectrofotométricos para Vargem das Flores

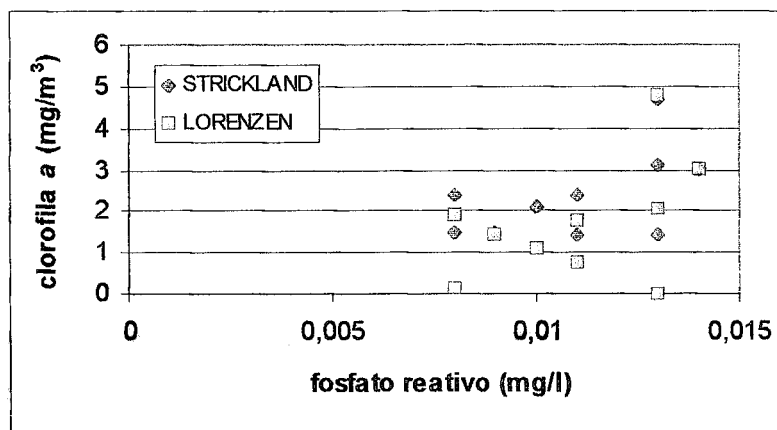


Figura 6.5 – Comparação entre o fosfato reativo e os teores de clorofila a obtidos pelos métodos espectrofotométricos para Vargem das Flores

Observa-se nestas figuras (6.4 e 6.5) uma tendência de queda nos teores de nitrogênio com o aumento dos teores de clorofila *a*, confirmada pelos coeficientes angulares negativos obtidos ao se ajustar uma reta por mínimos quadrados aos valores plotados

para os dois métodos. Já os teores de fosfato reativo tendem a aumentar quando a concentração de clorofila a também aumenta. Esta tendência também foi confirmada pelos coeficientes angulares positivos obtidos da mesma forma que para o nitrogênio.

Finalmente, como proposto no início dos estudos, o fluorímetro foi calibrado tendo o método espectrofotométrico como referência. Foram feitos dois ajustes por mínimos quadrados, um considerando a profundidade de 1,3 metros (Figura 6.6) e o outro a profundidade intermediária de 1,8 metros (Figura 6.7).

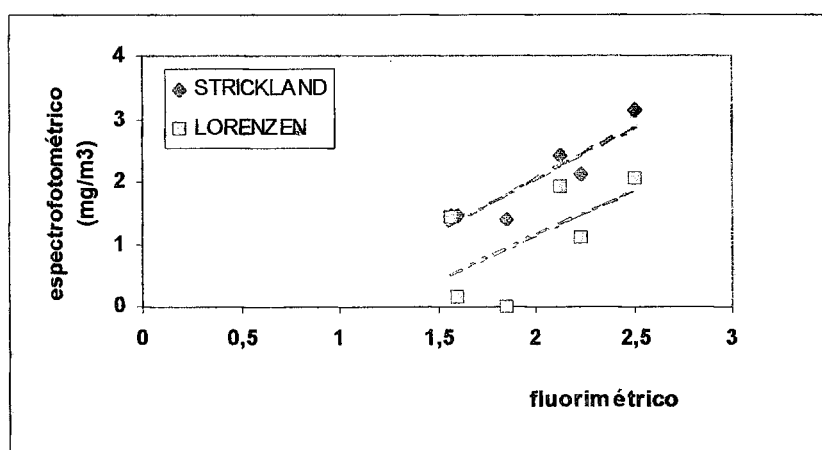


Figura 6.6 – Correlação entre os dados fluorimétricos e os dados espectrofotométricos obtidos em Vargem das Flores para a profundidade de 1,3 m

©

A Equação 6.1 representa a reta obtida para o ajuste acima, tendo o método de Strickland como referência e a Equação 6.2 o método de Lorenzen:

$$E = 1,70F - 1,35 \quad \text{coeficiente de correlação} = 0,9184 \quad (6.1)$$

$$E = 1,45F - 1,77 \quad \text{coeficiente de correlação} = 0,6157 \quad (6.2)$$

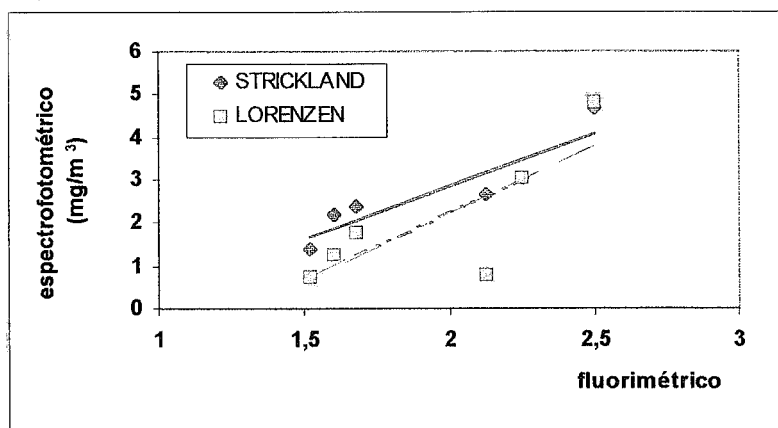


Figura 6.7 – Correlação entre os dados fluorimétricos e os dados espectrofotométricos obtidos em Vargem das Flores para a profundidade de 1,8 m

As equações 6.3 e 6.4 representam as retas obtidas para os pontos plotados na Figura 6.7, tendo o método de Strickland (6.3) e Lorenzen (6.4) como referência:

$$E = 2,47F - 2,09 \quad \text{coeficiente de correlação} = 0,9029 \quad (6.3)$$

$$E = 3,10F - 3,96 \quad \text{coeficiente de correlação} = 0,7859 \quad (6.4)$$

A variável E representa as concentrações de clorofila a determinada em laboratório pelo método espectrofotométrico e a variável F , os registros fornecidos pelo fluorímetro no momento da coleta.

Os resultados obtidos demonstram, mais uma vez, que os dados de campo em Vargem das Flores se ajustam melhor ao método de Strickland, e portanto as equações que representam este ajuste, Equações 6.1 e 6.3, devem ser usadas para corrigir os teores de clorofila a determinados pelo método fluorimétrico, conforme a profundidade de coleta (cf. Tabela 5.7).

A título de exemplo, os teores de clorofila *a* registrados durante os estudos fluorimétricos variaram entre 1,1 mg/m³ e 2,8 mg/m³, substituindo estes valores na equação 6.1, os valores ficarão corrigidos para: 0,52 e 3,41 mg/m³.

6.4.2 Avaliação dos resultados de clorofila *a* para Lagoa Santa

Da mesma forma que em Vargem das Flores, os valores registrados na Lagoa Santa pelo fluorímetro foram lançados sobre o mapa da região nas posições correspondentes aos instantes de sua medição. Assim, também as curvas de isoconcentração puderam então ser traçadas. As curvas geradas estão apresentadas na Figura 6.8. Os dados obtidos referem-se exclusivamente aos locais percorridos pela embarcação; os demais locais encontram-se hachurados, como uma indicação de falta de informação sobre os parâmetros levantados.

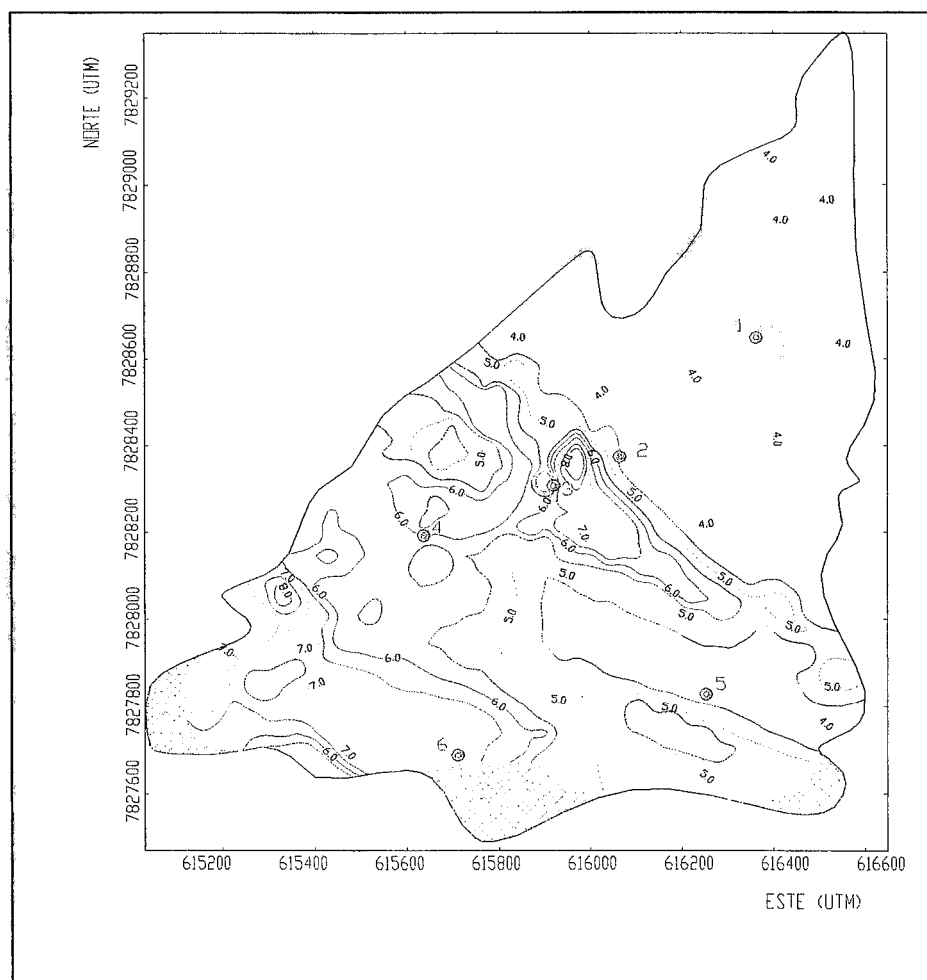


Figura 6.8 – Distribuição da clorofila *a* na Lagoa Santa

Em Lagoa Santa as concentrações mais baixas de clorofila *a* foram da ordem de 1 mg/m^3 ao norte, próximo ao sangradouro da lagoa. Do sul até o centro da lagoa as concentrações foram bem mais altas, atingindo valores da ordem de 9 mg/m^3 . Na Figura 6.8 pode-se observar os dois pontos de maior concentração representados pelas linhas vermelhas. Na margem à esquerda, os teores foram mais elevados que aqueles encontrados na margem direita, incidentemente é a margem com mais alta densidade de ocupação urbana.

Na Figura 6.9 estão representadas as isolinhas correspondentes às profundidades encontradas na Lagoa Santa.

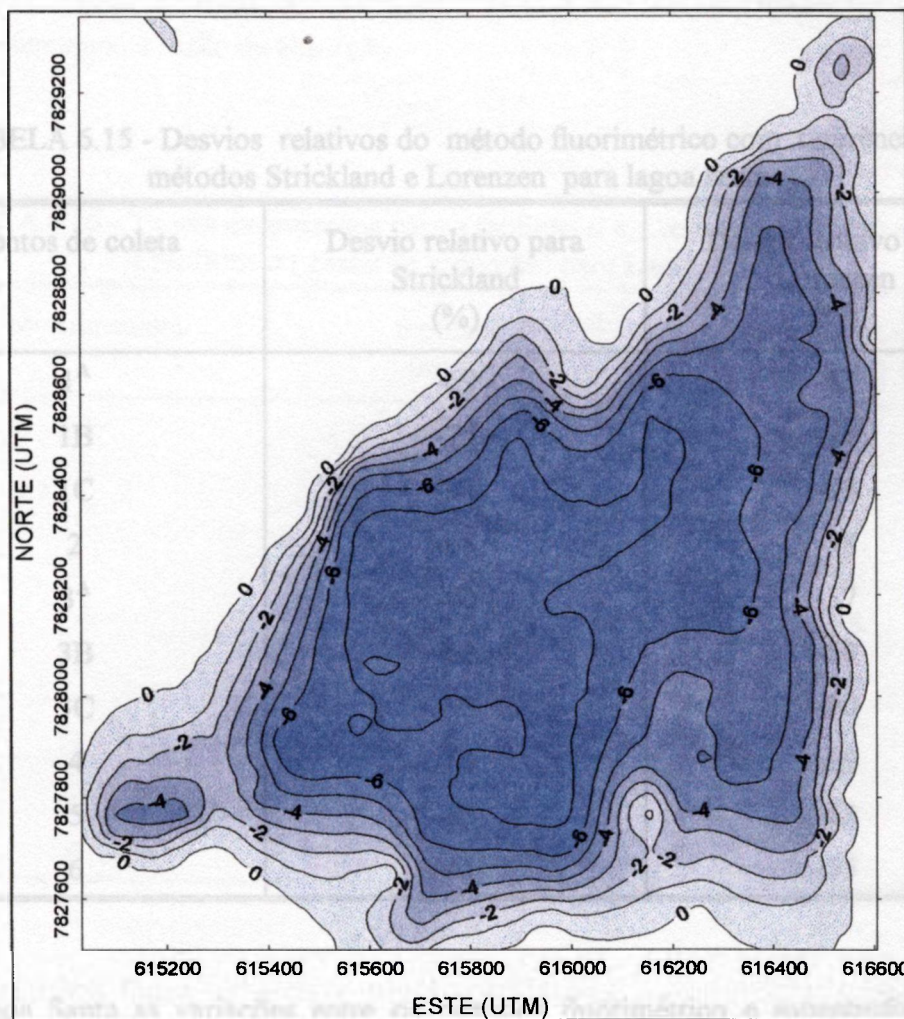


Figura 6.9 – Curvas batimétricas da Lagoa Santa

As curvas foram traçadas somente para os trechos percorridos pela embarcação e a metodologia empregada foi a mesma usada em Vargem das Flores.

Quanto ao número de indivíduos determinados, não houve grandes variações de um ponto para outro, com o total de organismos identificados bem distribuídos ao longo de toda a lagoa. Nota-se entretanto que no ponto 3 a 1 metro da superfície, foi identificado um número de espécies menor que nas profundidades de 2,0 e 3,0 metros.

Da mesma forma que para Vargem das Flores, na TABELA 6.15 estão apresentadas os desvios entre os valores determinados para os teores de clorofila *a* pelos três métodos analíticos empregados.

TABELA 6.15 - Desvios relativos do método fluorimétrico com referência aos métodos Strickland e Lorenzen para lagoa santa

Pontos de coleta	Desvio relativo para Strickland (%)	Desvio relativo para Lorenzen (%)
1 ^A	-69	-63
1B	-74	-73
1C	-94	-93
2	-68	-58
3 ^A	-60	-57
3B	-63	-58
3C	-93	-90
4	-63	-59
5	-65	-63
6	-61	-55

Em Lagoa Santa as variações entre os métodos fluorimétrico e espectrofotométrico foram bastante consideráveis, indicando que a calibração preliminar não foi satisfatória.

Os valores determinados por fluorimetria foram sistematicamente menores (desvios negativos) enquanto os valores determinados por Strickland foram sempre maiores que aqueles determinados por Lorenzen. Entretanto os desvios, embora altos, foram da mesma ordem da grandeza para os dois métodos, Strickland e Lorenzen.

Como mencionado anteriormente a classe dominante em Lagoa Santa foi a *Cyanophyceae*, com uma concentração acima de 70% em toda a lagoa, o que contribui para uma relação baixa entre a fluorescência e a clorofila *a*.

O método fluorimétrico teve em Lagoa Santa uma concordância melhor com o método de Lorenzen.

Na TABELA 6.16 estão apresentados os teores de feofitina *a* encontrado em Lagoa Santa, assim como a razão de absorção.

TABELA 6.16 - Teores encontrados para a feofitina *a* e a relação entre a clorofila *a* e a feofitina *a* (razão de absorção) para Lagoa Santa

Pontos de coleta	feofitina <i>a</i> (mg/m ³)	razão de absorção DO 664/DO 665
1A	2,9	1,56
1B	0,94	1,7
1C	4,23	1,53
2	4,67	1,50
3A	0,66	1,68
3B	1,78	1,62
3C	5,99	1,42
4	1,42	1,64
5	0,25	1,69
6	1,74	1,60

Praticamente em todos os pontos esta relação esteve próxima de 1,7 indicando a predominância de clorofila *a* nas amostras.

Embora as concentrações de feofitina a pareçam, a princípio, altas, cabe lembrar que os valores determinados para a clorofila a também o foram, mantendo a relação clorofila a / feofitina a próxima de 1,7. Nesta situação qualquer um dos dois métodos poderia ser usado como referência. Aqui a feofitina a , por apresentar uma relação baixa com a clorofila a , não interferiu nas determinações em campo.

Os valores do Índice de Diversidade de Pigmentos, encontram-se listados na TABELA 6.17. Como pode ser observado o seu valor foi sistematicamente maior que 3 e praticamente constante em toda a lagoa.

TABELA 6.17- Índice de Diversidade de Pigmentos calculados para Lagoa Santa

PONTOS	IDP LAGOA SANTA		
	PROF = 1,0 m	PROF = 2,0 m	PROF= 3,0 m
1	3,47	3,72	3,05
2	3,52		
3	3,54	3,4	3,37
4	3,61		
5	3,51		
6	3,57		

Também em Lagoa Santa foram comparados os resultados obtidos para o nitrogênio, e para o fosfato reativo com aqueles determinados para a clorofila a , e encontram-se plotados nas Figuras 6.10 e 6.11. Observa-se nestas figuras um aumento nos teores de nitrogênio com o aumento dos teores de clorofila a . Esta tendência foi confirmada pelos coeficientes angulares positivos obtidos ao se ajustar uma reta por mínimos quadrados aos valores plotados para os dois métodos. Quanto aos teores de fosfato reativo permanecem praticamente constantes, independente da concentração de clorofila a . Não foi observado correlação entre os dois parâmetros pesquisados.

Como mencionado anteriormente o nitrogênio total foi obtido somando os valores determinados para o nitrogênio orgânico, amoniacal, nitratos e nitritos (Tabela 5.10). Para efeito de calculo os valores abaixo do limite máximo detectável foram considerados, como sendo igual a este limite.

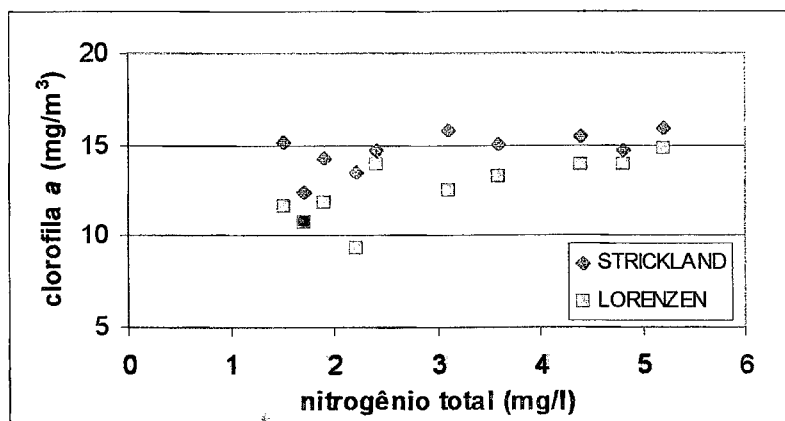


Figura 6.10 – Comparação entre o nitrogênio total e os teores de clorofila a obtidos pelos métodos espectrofotométricos em Lagoa Santa

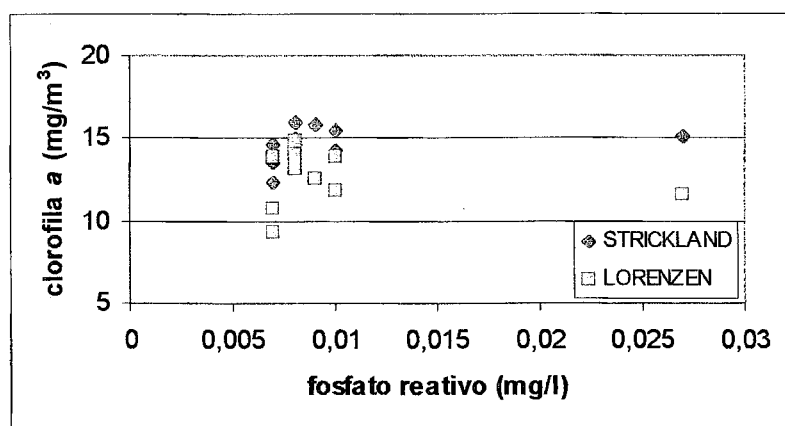


Figura 6.11 – Comparação entre o fosfato reativo e os teores de clorofila a obtidos pelos métodos espectrofotométricos em Lagoa Santa

A seguir foi ajustada uma reta, por mínimos quadrados, aos valores obtidos para a concentração de clorofila a pelos métodos espectrofotométrico e fluorimétrico na profundidade mais próxima da superfície. Neste ajuste foram excluídos os pontos coletados nas profundidades de 2 e 3 metros (Figura 6.12).

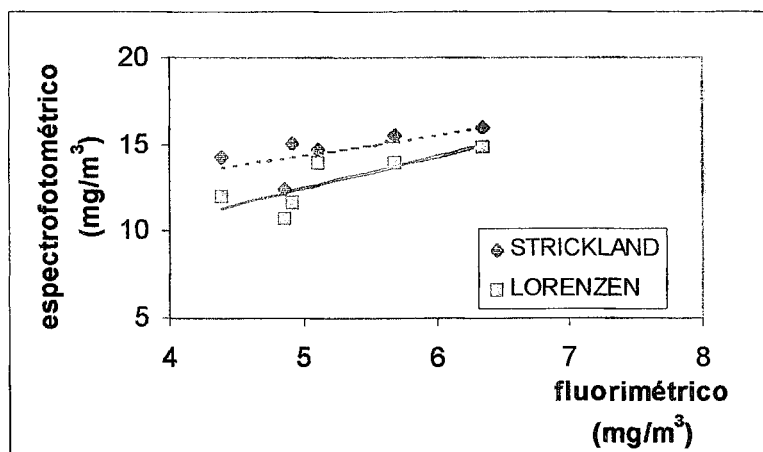


Figura 6.12 – Correlação entre os dados fluorimétricos e os dados espectrofotométricos obtidos em Lagoa Santa

A Equação 6.5 representa a reta obtida para o ajuste acima, tendo o método de Strickland como referência e a Equação 6.6 o método de Lorenzen:

$$E = 1,2F + 8,42 \quad \text{coeficiente de correlação} = 0,6600 \quad (6.5)$$

$$E = 1,89F + 3,02 \quad \text{coeficiente de correlação} = 0,8089 \quad (6.6)$$

A variável **E** representa as concentrações de clorofila α determinada em laboratório pelo método espectrofotométrico e a variável **F**, as concentrações registradas pelo fluorímetro para o ponto durante os trabalhos de campo (cf. Tabela 5.14).

Os resultados obtidos para Lagoa Santa indicam que os dados de campo se ajustaram melhor ao método de Lorenzen, e portanto, a equação calculada para este método (Equação 6.6) deve ser usada para corrigir os valores de clorofila α pelo fluorímetro.

Os teores máximos de clorofila α registrados durante os estudos foram da ordem de 9 mg/m^3 , substituindo este valor na equação 6.6, encontramos para Lagoa Santa o valor corrigido de 20 mg/m^3 .

O *software* utilizado para traçar as isolinhas correspondentes às concentrações de clorofila *a* e as profundidades também fornece os máximos, mínimos e as médias calculadas para cada variável (concentração e profundidade), além da área da região varrida pela embarcação. A partir destes dados são calculados por integração numérica, os volumes das lagoas.

Os valores encontrados para Vargem das Flores e para Lagoa Santa estão apresentados na TABELA 6.18.

TABELA 6.18 – Valores médios, máximos e mínimos determinados para a clorofila *a* e profundidades e as áreas e os volumes calculados para os dois ambientes estudados.

Parâmetros		Vargem das Flores	Lagoa Santa
Clorofila <i>a</i> (mg/m ³)	média	1,54	12,85
	máximo	3,41	20,40
	mínimo	0,52	4,53
profundidades: (m)	média	12,1	5,2
	máximo	20,8	7,3
	mínimo	1,4	1,8
área (m ²)		2,2 x10 ⁶	1,4 x10 ⁶
volume (m ³)		2,3 x10 ⁷	7,9 x10 ⁶

7 CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia para determinação dos teores de clorofila *a in vivo e in situ* demonstrou ser totalmente satisfatória quando a análise dos resultados é basicamente qualitativa.

Já a análise quantitativa apresentou algumas deficiências. A interferência da feofitina *a* ficou evidente na análise dos resultados, sinalizando para a necessidade de um aprofundamento nas pesquisas no que se refere a outras possibilidades de configurações óticas. Também deve ser avaliada a utilização de outro método como referência, como por exemplo a cromatografia de alta eficiência que poderia ser uma realidade viável diante do número reduzido de amostras. A calibração preliminar feita em laboratório atingiu o seu objetivo, quanto a calibração final demonstrou ser simples e fácil de ser executada.

A pesquisa desenvolvida não teve como finalidade fazer propriamente um diagnóstico preciso das condições tróficas dos ambientes estudados. Para tanto seria recomendável um maior número de campanhas, abrangendo diferentes condições climáticas e hidrológicas, ampliando a gama de condições ambientais pesquisadas. Além disto, seria desejável a perfilagem vertical dos parâmetros, caso em que o método proposto também seria altamente vantajoso.

O sistema de medidas contínuas por varredura possibilita uma massa de dados, numa única campanha, incomparavelmente superior a qualquer outro método de determinação, nas mesmas bases de custo. A modalidade de varredura é poderosa mas pode não ser necessária quando se necessita apenas de medições pontuais. Porém, mesmo nestes casos, o método fluorimétrico, é mais eficiente, rápido e prático, pois o equipamento pode ser usado no modo discreto, possibilitando facilmente um número maior de determinações.

Acrescenta-se ainda o fato de ser uma metodologia pouco difundida, não tendo sido encontrada nenhuma referência de sua aplicação no Brasil.

Mesmo que, se a única resposta obtida tivesse sido a distribuição da concentração da clorofila a nos ambientes estudados, por sua simplicidade, versatilidade e economia esta metodologia já teria sido justificada.

8 ANEXOS

8.1 Anexo A - Resultados das análises para os parâmetros químicos

Os resultados das análises para o fosfato reativo, nitritos e nitratos foram fornecidos pelos laboratórios do CDTN, enquanto os laboratórios da COPASA-MG forneceram os resultados para o nitrogênio Kjeldahl, e amoniacal.

8.1.1 Certificados de análises fornecidos para Vargem das Flores

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear
 CDTN - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

CERTIFICADO DE ANÁLISE		Nº IN00457/97
cliente/solicitante: CDTN/CT7 - SUP. TÉCNICAS NUCLEARES CT7 - Amenônia Maria Ferreira Pinto	material recebido: 10 amostras de água doce superficial	
referência/procedência: Projeto 06.03.02.02/97 Determinação <i>in situ</i> da clorofila a Várzea das Flores	serviço solicitado: Determinação de fosfato solúvel	

Amostra	Fosfato solúvel, como P mg/L
1	0,0036 ± 0,0004
2	0,0036 ± 0,0004
3	0,0046 ± 0,0004
4	0,0042 ± 0,0004
5	0,0028 ± 0,0003
6	0,0025 ± 0,0003
7	0,0043 ± 0,0004
8	0,0033 ± 0,0003
9	0,0041 ± 0,0004
10	0,0025 ± 0,0003

OBSERVAÇÕES:

- Método empregado: Espectrofotometria UV-VIS.
 - A representatividade das amostras é da responsabilidade do solicitante.
- Belo Horizonte, 16 de junho de 1997.

Oliêne Dos Reis Fagundes
 Executor

Marta Maria Avelar
 CRF 3306
 Executor/Responsável Técnico

SUPERVISÃO DE QUÍMICA E MINERALOGIA

Rua Prof. Mário Werneck, s/nº
 Cidade Universitária - Pampulha
 Caixa Postal 941

Belo Horizonte/MG
 CEP 30161-970
 Telefone (031) 499.3260

FAX (031) 449-3380
 CGC.: 00.402.552/0012-89
 Insc. Estadual Isento

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear
 CDTN - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

CERTIFICADO DE ANÁLISE		Nº IN00457/97
cliente/solicitante: CDTN/CT7 - SUP. TÉCNICAS NUCLEARES CT7 - Amenônia Maria Ferreira Pinto	material recebido: 10 amostras de água doce superficial	
referência/procedência: Projeto 06.03.02.02/97 Determinação <i>in situ</i> da clorofila a Várzea das Flores	serviço solicitado: Determinação de NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻	

AMOSTRA	NO ₂ ⁻ µg/ml	NO ₃ ⁻ µg/ml
01	<0,5	1,0 ± 0,1
02	<0,5	0,96 ± 0,09
03	<0,5	0,92 ± 0,09
04	<0,5	0,93 ± 0,09
05	<0,5	1,0 ± 0,1
06	<0,5	0,92 ± 0,09
07	<0,5	0,90 ± 0,09
08	<0,5	0,93 ± 0,09
09	<0,5	0,95 ± 0,09
10	<0,5	1,0 ± 0,1

OBSERVAÇÕES:

1. Método empregado: Cromatografia Líquida
2. A representatividade das amostras é da responsabilidade do solicitante.

Belo Horizonte, 11 de julho de 1997.

Juliana Batista da Silva
 Executor

Lucia de Alencar Auler
 CRQ.02100287
 Responsável Técnico

SUPERVISÃO DE QUÍMICA E MINERALOGIA

Rua Prof. Mário Werneck, s/nº
 Cidade Universitária -Pampulha
 Caixa Postal 941

Belo Horizonte/MG
 CEP 30161-970
 Telefone (031) 499.3260

FAX (031) 449-3380
 CGC.: 00.402.552/0012-89
 Insc. Estadual Isento

PAG.: 1

RESULTADOS DE ANALISES FISICO-QUIMICAS	DISTRITO: SPM	DATA DA COLETA.: 10/06/97					
COPASA-MG	CIDADE.: BETIM	DATA DA ENTRADA: 13/06/97					
MANANCIAIS	LOTE.....: 5965	TEMPO.....: Bom					
SOLICITANTE:	COLETOR : ANEMONIA	CHUVAS NAS ULTIMAS 24 HORAS: Nao					
PONTOS DE COLETA	3- PTO 03 DISCO 1,30 M						
1- PTO 01 DISCO 1,40 M V.DAS FLORES	4- PTO 04 1,20 M						
2- PTO 02 DISCO 1,30 M	5-						
N°	CARACTERISTICAS/PARAMETROS	UNIDADE	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
1	Hora da Coleta		12:25	13:03	13:44	14:27	
24	N. Amoniacal	mg/l N	2,5	2,2	1,3	2,2	
60	NTK	mg/l	2,6	2,6	2,8	2,7	
63	PROFUNDIDADE	m	4,5	7,5	11,7	9,2	
RESP. LABORATORIO	Francisco G. Machado 10097/6	CHEFTA					

: COPASA-MG :	RESULTADOS DE ANALISES	: DISTRITO: SPSM	: DATA DA COLETA.: 11/06/97:
	FISICO-QUIMICAS		
	MANANCIAIS	: CIDADE...: BETIM	: DATA DA ENTRADA: 13/06/97:
		: LOTE....: 5986	: TEMPO.....: 800

: SOLICITANTE: SCRD : COLETOR : AMENONIA : CHUVAS NAS ULTIMAS 24 HORAS: Nao :

PONTOS DE COLETA		
1- 5 1,30 M V.DAS FLORES	3- 7 0,80 M	4- 8 1,30 M
2- 6 1,30 M		5- 9 A 1,30 M

N°	CARACTERISTICAS/PARAMETROS	UNIDADE	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
1	Hora de Coleta	:	11:49	12:26	12:46	13:16	14:39
2	Temperatura Ambiente	°C	20,3	20,5	20,0	20,3	21,0
24	N. Amoniaco	mg/l N	2,0	2,1	1,9	2,7	1,8
60	NTK	mg/l	3,2	66,8	2,2	4,9	2,6
65	ECD DAT	u	1666	8,70	3,12	10,90	12,34
66	SECCHI	u	1,40	1,20	0,80	1,20	1,30

: RESP. LABORATORIO : *Francisco Q. Machado* : CHEFIA :
10897/6

PAG.: 1

CPASA-NS	RESULTADOS DE ANALISES FISICO-QUIMICAS FINANCIAS	DISTRITO: SPSM CIDADE...: BETIM LOTE....: 5986	DATA DA COLETA.: 11/06/97 DATA DA ENTRADA: 13/06/97 TEMPO.....: 800
----------	--	--	---

SOLICITANTE: SCRD	COLETOR : AMENONIA	CHUVAS NAS ULTIMAS 24 HORAS: Nao
PONTOS DE COLETA		
1- 10A 1,30 M	3-	4-
2-	5-	

N°	CARACTERISTICAS/PARAMETROS	UNIDADE	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
1	Hora da Coleta	-					
2	Temperatura Ambiente		20,8				
24	N. Amoniacal	mg/l N	1,1				
60	NTK	mg/l	5,3				
65	ECB BAT	m	16,43				
66	SECCHI	m	1,80				

RESP. LABORATORIO	Francisco C. Machado 1009/96	CHEFIA
-------------------	---------------------------------	--------

8.1.2 Certificados de análises fornecidos para Lagoa Santa

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear
 CDTN - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

CERTIFICADO DE ANÁLISE		Nº IN00509/97
cliente/solicitante: CDTN/CT7 - SUP. TÉCNICAS NUCLEARES CT7 - Amenônia Maria Ferreira Pinto	material recebido: 10 amostras de água doce superficial	
referência/procedência: Projeto 06.03.02.02/97 - Determinação <i>in situ</i> da clorofila a - Lagoa Santa	serviço solicitado: Determinação de fosfato solúvel	

Amostra	Fosfato solúvel, como P mg/L
LS1A	0,0033 ± 0,0003
LS1B	0,0027 ± 0,0003
LS1C	0,0030 ± 0,0003
LS2	0,0087 ± 0,0009
LS3A	0,0027 ± 0,0003
LS3B	0,0027 ± 0,0003
LS3C	0,0022 ± 0,0002
LS4	0,0033 ± 0,0003
LS5	0,0024 ± 0,0002
LS6	0,0022 ± 0,0002

OBSERVAÇÕES:

1. Método empregado: Espectrofotometria UV-VIS.
2. A representatividade das amostras é da responsabilidade do solicitante.

Belo Horizonte, 4 de julho de 1997.

Oliêne Dos Reis Fagundes
 Executor

Marta Maria Avelar
 CRF 3306
 Executor/Responsável Técnico

SUPERVISÃO DE QUÍMICA E MINERALOGIA

Rua Prof. Mário Werneck, s/nº
 Cidade Universitária -Pampulha
 Caixa Postal 941

Belo Horizonte/MG
 CEP 30161-970
 Telefone (031) 499.3260

FAX (031) 449-3380
 CGC.: 00.402.552/0012-89
 Insc. Estadual Isento

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear
 CDTN - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

CERTIFICADO DE ANÁLISE		Nº IN00509/97
cliente/solicitante: CDTN/CT7 - SUP. TÉCNICAS NUCLEARES CT7 - Amenônia Maria Ferreira Pinto	material recebido: 10 amostras de água doce superficial	
referência/procedência: Projeto 06.03.02.02/97 - Determinação <i>in situ</i> da clorofila a Lagoa Santa	serviço solicitado: Determinação de NO_2^- , NO_3^-	

AMOSTRA	NO_2^- $\mu\text{g}/\text{ml}$	NO_3^- $\mu\text{g}/\text{ml}$
LS1A	<0,1	<0,1
LS1B	<0,1	<0,1
LS1C	<0,1	<0,1
LS2	<0,1	<0,1
LS3A	<0,1	<0,1
LS3B	<0,1	<0,1
LS3C	<0,1	<0,1
LS4	<0,1	<0,1
LS5	<0,1	<0,1
LS6	<0,1	<0,1

OBSERVAÇÕES:

1. Método empregado: Cromatografia Líquida
2. A representatividade das amostras é da responsabilidade do solicitante.

Belo Horizonte, 17 de julho de 1997.

Juliana Batista da Silva
 CRQ.02405848
 Executor

Lúcia de Alencar Auler
 CRQ.02100287
 Responsável Técnico

SUPERVISÃO DE QUÍMICA E MINERALOGIA

Rua Prof. Mário Werneck, s/nº
 Cidade Universitária -Pampulha
 Caixa Postal 941

Belo Horizonte/MG
 CEP 30161-970
 Telefone (031) 499.3260

FAX (031) 449-3380
 CGC.: 00.402.552/0012-89
 Insc. Estadual Isento

PAG.: 1

RESULTADOS DE ANALISES FISICO-QUIMICAS	DISTRITO: -	DATA DA COLETA.: 01/07/97
COFASA-MG	CIDADE.: LAGOA SANTA	DATA DA ENTRADA: 03/07/97
MANANCIAIS	LOTE....: 6545	TEMPO.....: Bom

SOLICITANTE: SCRD	COLETOR :-	CHUVAS NAS ULTIMAS 24 HORAS: Nao
-------------------	------------	----------------------------------

PONTOS DE COLETA	
1- 1A- ECOBAT 5,2- D.SEC 0,85	3- 1C- ECOBAT 5,2- D.SEC 0,85
2- 1B- ECOBAT 5,2- D.SEC 0,85	4- 2- ECOBAT 7,6- D.SEC 1,15
	5- 3A- ECOBAT 7,4- D.SEC 1

Nº	CARACTERISTICAS/PARAMETROS	UNIDADE	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
1	Hora da Coleta		11:32	11:32	11:32	12:53	13:15
2	Temperatura Ambiente		23,0	23,0	23,0	22,8	30,0
3	Temperatura Amostra		21,8	21,8	21,8	21,9	22,4
24	N. Amniacal	mg/l N	0,67	2,0	0,95	0,78	1,1
60	NTK	mg/l	1,7	4,6	2,9	1,3	5,0

RESP. LABORATORIO		CHEFIA
-------------------	---	--------

PAG.: 1

RESULTADOS DE ANALISES FISICO-QUIMICAS		DISTRITO: -	DATA DA COLETA.: 01/07/97				
COPASA-NB	MANANCIAS	CIDADE...: LABBA SANTA	DATA DA ENTRADA: 03/07/97				
		LOTE....: 6545	TEMPO.....: Rom				
SOLICITANTE: SCRD		COLETOR :-	CHUVAS NAS ULTIMAS 24 HORAS: Nao				
PONTOS DE COLETA		3- 4 - ECOBAT 6,9- D.SEC 1					
1- 3B- ECOBAT 7,4- D.SEC 1		4- 5- ECOBAT 2 - D.SEC 1					
2- 3C- ECOBAT 7,4- D.SEC 1		5- 6 - ECOBAT 2,8- D.SEC 1					
Nº	CARACTERISTICAS/PARAMETROS	UNIDADE	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
1	Hora da Coleta		13:15	13:15	14:15	14:50	15:25
2	Temperatura Ambiente		30,0	30,0	26,3	24,6	30,8
3	Temperatura Amostra		22,4	22,4	22,1	22,1	22,7
24	N. Amoniaco	mg/l N	0,72	0,72	0,62	0,67	1,1
60	NTK	mg/l	3,4	2,0	4,2	2,2	1,5
RESP. LABORATORIO		Antonio D. Machado		CHEFIA			
		10/97/3					

8.2 Anexo B - Resultados das análises para os parâmetros biológicos

A avaliação quantitativa de fitoplâncton e a análises dos pigmentos foram fornecidas pelos laboratórios da COPASA-MG.

8.2.1 Certificados de análises fornecidos para Vargem das Flores

COPASA MG											
ANÁLISE HIDROBIOLÓGICA											
FITOPLANKTON QUANTITATIVO											
TIPO:	CIDADE:		HORA		°C		metros		metros		
SETIM	T. AMBIENT		T. AMOS		ID		RW		UPA/ML		
PONTOS DE COLETA:	12:25		20,2		0,02		6		1,1		
1	13:03		20,5		0,00		4		0,0		
2			20,5		0,02		11		1,9		
COLETA/ DATA COLET.											
1,70											
10/06/97											
VARGEM DAS FLORES											
BOM											
PROCEDÊNCIA:											
1,70											
TEMPO:											
2											
ORG/ML											
ID											
RW											
UPA/ML											
TOTALS											
473,7											
3,4											
147,2											
483,3											
139,8											
ORGANISMOS/PONTOS	1	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML	2	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML	
<i>Ankistrodesmus densus</i>	1	1,1	0,02	6	1,1	0	0,0	0,00	6	0,0	
<i>Chlamydomonas</i> sp.	59	65,0	0,39	1	10,4	38	41,5	0,30	1	6,6	
<i>Coelastrum reticulatum</i>	0	0,0	0,00	4	0,0	5	5,5	0,07	4	3,5	
<i>Coelosphaerium</i> sp.	1	1,1	0,02	11	1,9	0	0,0	0,00	11	0,0	
<i>Crucigenia</i> sp.	26	28,6	0,24	1	4,6	9	9,8	0,11	1	1,6	
<i>Cryptomonas</i> spp.	79	87,0	0,45	1,5	20,9	157	171,3	0,53	1,5	41,1	
<i>Dactylococcopsis</i> sp.	96	105,8	0,48	1	16,9	79	86,2	0,44	1	13,8	
Diatomacea Centrales	51	56,2	0,36	0,5	4,5	47	51,3	0,34	0,5	4,1	
Diatomacea Penales	4	4,4	0,06	3	2,1	1	1,1	0,02	3	0,5	
<i>Dityosphaerium pulchellum</i>	0	0,0	0,00	2	0,0	2	2,2	0,04	2	0,7	
<i>Dinobryon bavaricum</i>	1	1,1	0,02	3	0,5	10	10,9	0,12	3	5,2	
<i>Eutetramorus foitii</i>	0	0,0	0,00	10	0,0	0	0,0	0,00	10	0,0	
<i>Mallomonas</i> sp	14	15,4	0,16	2	4,9	33	36,0	0,28	2	11,5	
<i>Merismopedia</i> sp	18	19,8	0,19	4	12,7	3	3,3	0,05	4	2,1	
<i>Monoraphidium</i> sp.	14	15,4	0,16	3	7,4	10	10,9	0,12	3	5,2	
<i>Oscillatoria</i> spp.	11	12,1	0,14	5	9,7	0	0,0	0,00	5	0,0	
<i>Raphidiopsis</i> sp	0	0,0	0,00	5	0,0	4	4,4	0,06	5	3,5	
<i>Scenedesmus</i> sp	1	1,1	0,02	3	0,5	1	1,1	0,02	3	0,5	
<i>Spirotaenia</i> sp.	9	9,9	0,12	2	3,2	6	6,5	0,08	2	2,1	
<i>Staurastrum</i> spp.	15	16,5	0,17	8	21,2	10	10,9	0,12	8	14,0	
<i>Synedra</i> spp.	23	25,3	0,23	5	20,3	26	28,4	0,24	5	22,7	
<i>Tetraedron minimum</i>	2	2,2	0,04	2	0,7	1	1,1	0,02	2	0,3	
<i>Tetraillantos</i> sp.	1	1,1	0,02	5	0,9	0	0,0	0,00	5	0,0	
<i>Trachelomonas</i> spp.	4	4,4	0,06	4	2,8	1	1,1	0,02	4	0,7	
TOTALS		473,7	3,4		147,2		483,3			139,8	

OBS: Presença de Bactéria Filamentosa nas amostras 1 e 2.

ELABORADO

Simoni Cavalieri

BIOL.: Fernando Antônio Jardim

COPASA MG ANÁLISE HIDROBIOLÓGICA

TIPO: FITOPLANKTON QUANTITATIVO		°C		metros		metros		DATA COLET.		
CIDADE:	SETIM	HORA	T. AMBIEN	T. AMOSTR	PROF	SECCHI	COLETA	DATA COLET.	10/06/97	
PONTOS DE COLETA:		13:44	20,2	11,75	1,30	1,70	1,70	PROCEDÊNCIA:	VARGEM DAS FLORES	
		14:27	20,3	9,20	1,20	1,70	1,70	TEMPO:	BOM	
ORGANISMOS/PONTOS	1	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML	2	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML
<i>Ankistrodesmus densus</i>	0	0,0	0,00	6	0,0	0	0,0	0,00	6	0,0
<i>Chlamydomonas sp.</i>	10	21,0	0,15	1	3,4	0	0,0	0,00	1	0,0
<i>Coelastrum reticulatum</i>	0	0,0	0,00	4	0,0	1	15,2	0,04	4	9,7
<i>Crucigenia sp.</i>	8	16,8	0,12	1	2,7	2	30,3	0,07	1	4,9
<i>Cryptomonas spp.</i>	96	201,6	0,51	1,5	48,4	119	1804,9	0,43	1,5	433,2
<i>Dactylococcopsis sp.</i>	128	268,8	0,53	1	43,0	43	652,2	0,48	1	104,3
Diatomea Centrales	19	39,9	0,23	0,5	3,2	11	166,8	0,23	0,5	13,3
Diatomea Penales	2	4,2	0,04	3	2,0	0	0,0	0,00	3	0,0
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	33	69,3	0,32	2	22,2	0	0,0	0,00	2	0,0
<i>Dinobryon bavaricum</i>	1	2,1	0,02	3	1,0	1	15,2	0,04	3	7,3
<i>Eutetramorus fottii</i>	14	29,4	0,18	10	47,0	0	0,0	0,00	10	0,0
<i>Mallomonas sp</i>	12	25,2	0,17	2	8,1	7	106,2	0,17	2	34,0
<i>Merismopedea sp</i>	0	0,0	0,00	4	0,0	1	15,2	0,04	4	9,7
<i>Microcystis sp.</i>	0	0,0	0,00	11	0,0	0	0,0	0,00	11	0,0
<i>Monoraphidium sp.</i>	6	12,6	0,10	3	6,0	2	30,3	0,07	3	14,6
<i>Oscillatoria spp.</i>	0	0,0	0,00	5	0,0	1	15,2	0,04	5	12,1
<i>Raphidiopsis sp</i>	0	0,0	0,00	5	0,0	0	0,0	0,00	5	0,0
<i>Scenedesmus sp</i>	0	0,0	0,00	3	0,0	0	0,0	0,00	3	0,0
<i>Spirotaenia sp.</i>	0	0,0	0,00	2	0,0	0	0,0	0,00	2	0,0
<i>Staurastrum spp.</i>	6	12,6	0,10	8	16,1	3	45,5	0,09	8	58,2
<i>Synedra spp.</i>	16	33,6	0,20	5	26,9	4	60,7	0,12	5	48,5
<i>Tetraedron minimum</i>	1	2,1	0,02	2	0,7	0	0,0	0,00	2	0,0
<i>Tetralantos sp.</i>	0	0,0	0,00	5	0,0	0	0,0	0,00	5	0,0
<i>Trachelomonas spp.</i>	3	6,3	0,06	4	4,0	0	0,0	0,00	4	0,0
TOTAIS		745,6	2,8		234,7		2957,6			745,6

ELABORADO

POR: Simoni Cavallieri

BIOL.: Fernando Antônio Jardim

COPASA MG ANÁLISE HIDROBIOLÓGICA												
FITOPLANKTON QUANTITATIVO												
TIPO:	CIDADE:		HORA	°C	T. AMBIEN	T. AMOS	metros	metros	SECCHI	COLETA	DATA COLET.	
PONTOS DE COLETA:			11.49	20,3	16,70	1,40	1,30	11/06/97	VARGEM DAS FLORES			
5			12.26	20,5	8,70	1,20	1,30	BOM				
6												
ORGANISMOS/PONTOS	1	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML	2	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML		
<i>Aulacoseira granulata</i>	6	6,3	0,07	2	2,0	0	0,0	0,00	2	0,0	0,0	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	2	2,1	0,03	1	0,3	0	0,0	0,00	1	0,0	0,0	
<i>Chlorella sp.</i>	1	1,1	0,02	1	0,2	16	34,6	0,22	1	34,6	0,22	5,5
<i>Coelastrum reticulatum</i>	0	0,0	0	4	0,0	1	2,2	0,03	4	2,2	0,03	1,4
<i>Crucigenia sp.</i>	22	23,1	0,19	1	3,7	11	23,8	0,17	1	23,8	0,17	3,8
<i>Cryptomonas spp.</i>	124	130,2	0,49	1,5	31,3	108	233,4	0,53	1,5	233,4	0,53	56,0
<i>Dactylocopsis sp</i>	110	115,5	0,48	1	18,5	67	144,8	0,47	1	144,8	0,47	23,2
Diatomacea Centrales	31	32,6	0,24	1,5	7,8	22	47,5	0,27	1,5	47,5	0,27	11,4
Diatomacea Penales	1	1,1	0,02	3	0,5	2	4,3	0,05	3	4,3	0,05	2,1
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	115	120,8	0,48	2	38,6	4	8,6	0,08	2	8,6	0,08	2,8
<i>Dinobryon bavaricum</i>	0	0,0	0,00	3	0,0	0	0,0	0,00	3	0,0	0,00	0,0
<i>Elakatothrix sp.</i>	2	2,1	0,03	1	0,3	0	0,0	0,00	1	0,0	0,00	0,0
<i>Eutramorus fottii</i>	0	0,0	0,00	10	0,0	1	2,2	0,03	10	2,2	0,03	3,5
<i>Mallomonas sp.</i>	16	16,8	0,16	2	5,4	30	64,8	0,32	2	64,8	0,32	20,7
<i>Merismopedia sp.</i>	6	6,3	0,07	4	4,0	0	0,0	0,00	4	0,0	0,00	0,0
<i>Monoraphidium sp.</i>	14	14,7	0,14	3	7,1	4	8,6	0,08	3	8,6	0,08	4,1
<i>Oscillatoria sancta</i>	4	4,2	0,05	5	3,4	0	0,0	0,00	5	0,0	0,00	0,0
<i>Phacus sp.</i>	1	1,1	0,02	2	0,3	0	0,0	0,00	2	0,0	0,00	0,0
<i>Raphidiopsis sp.</i>	8	8,4	0,09	5	6,7	11	23,8	0,17	5	23,8	0,17	19,0
<i>Staurastrum spp.</i>	19	20,0	0,18	8	25,5	9	19,4	0,15	8	19,4	0,15	24,9
<i>Synedra sp.</i>	34	35,7	0,26	5	28,6	26	56,2	0,30	5	56,2	0,30	44,9
<i>Tetraedron minimum</i>	1	1,1	0,02	2	0,3	1	2,2	0,03	2	2,2	0,03	0,7
<i>Trachelomonas sp.</i>	0	0,0	0,00	4	0,0	4	8,6	0,08	4	8,6	0,08	5,5
TOTAIS		542,9	3,0		184,6		685,0	3,0				229,6

ELABORADO
POR: Simoni Cavallieri

BIOL.: Fernando Antônio Jardim

COPASA MG

ANÁLISE HIDROBIOLÓGICA

TIPO:	FITOPLANKTON QUANTITATIVO		metros	metros	SECCHI	COLETA	DATA COLET.	RW	UPA/ML		
	BETIM	°C								°C	T.AMBIEN
PONTOS DE COLETA:	HORA	T.AMBIEN	T.AMOSTR	PROF	SECCHI	COLETA	DATA COLET.				
7	12:46	20,0	3,12	0,80	0,80	0,80	11/06/97				
8	13:16	20,3	10,90	1,20	1,30	1,30	VARGEM DAS FLORES				
ORGANISMOS/PONTOS	1	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML	2	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML	
<i>Aulacoseira granulata</i>	2	4,6	0,06			18	38,5	0,23		2	12,3
<i>Chlamydomonas sp.</i>	1	2,3	0,04			1	6,4	0,06		1	1,0
<i>Coelastrum reticulatum</i>	1	2,3	0,04			4	0,0	0,00		4	0,0
<i>Crucigenia sp.</i>	14	32,1	0,26			1	15,0	0,12		1	2,4
<i>Cryptomonas spp.</i>	40	91,7	0,45			1,5	22,0	0,48		1,5	91,4
<i>Dactylococcopsis sp</i>	103	236,2	0,51			1	37,8	0,43		1	19,5
Diatomea Centrales	8	18,3	0,18			1,5	4,4	0,26		1,5	11,3
<i>Dityosphaerium pulchellum</i>	0	0,0	0,00			2	0,0	0,08		2	2,7
<i>Eutetramorus fottii</i>	0	0,0	0,00			10	0,0	0,00		10	0,0
<i>Kirchneriella contorta</i>	0	0,0	0,00			2	0,0	0,08		2	0,0
<i>Mallomonas sp.</i>	19	43,6	0,31			2	13,9	0,14		2	6,2
<i>Merismopedia sp.</i>	0	0,0	0,00			4	0,0	0,03		4	1,4
<i>Monoraphidium sp.</i>	7	16,1	0,16			3	7,7	0,08		3	4,1
<i>Raphidopsis sp.</i>	3	6,9	0,09			5	5,5	0,06		5	5,1
<i>Scenedesmus sp.</i>	2	4,6	0,06			3	2,2	0,00		3	0,0
<i>Spirotaenia sp.</i>	0	0,0	0,00			2	0,0	0,00		2	0,0
<i>Staurastrum spp.</i>	4	9,2	0,11			8	11,7	0,12		8	19,2
<i>Synedra sp.</i>	10	22,9	0,21			5	18,3	0,21		5	27,4
<i>Trachelomonas sp.</i>	2	4,6	0,06			4	2,9	0,04		4	2,7
TOTAIS		495,3	2,5				135,0	2,4			20

ELABORADO
POR: Simoni Cavallieri

BIOL.: Fernando Antônio Jardim

COPASA MG

ANÁLISE HIDROBIOLÓGICA

TIPO:	FITOPLÂNCTON QUANTITATIVO									
	CIDADE:	BETIM	HORA	°C	°C	metros	metros	SECCHI	COLETA	DATA COLET.
PONTOS DE COLETA:	9 A.	14:39	T.AMBIEN	T.AMOST	PROF	SECCHI	COLETA	DATA COLET.	11/06/97	
9 B.	12:34	21,0	12,34	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	VARGEM DAS FLORES	
ORGANISMOS/PONTOS	1	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML	2	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML
<i>Aulacoseira granulata</i>	15	33,0	0,19	2	10,6	4	9,0	0,06	2	2,9
<i>Chlamydomonas sp.</i>	3	6,6	0,06	1	1,1	1	2,2	0,02	1	0,4
<i>Coelastrum reticulatum</i>	6	13,2	0,10	4	8,5	2	4,5	0,04	4	2,9
<i>Crucigenia sp.</i>	10	22,0	0,14	1	3,5	6	13,5	0,08	1	2,2
<i>Cryptomonas spp.</i>	116	255,6	0,53	1,5	61,3	154	346,1	0,53	1,5	83,1
<i>Dactylococopsis sp</i>	112	246,8	0,52	1	39,5	100	224,7	0,49	1	36,0
Diatomacea Centrales	26	57,3	0,27	1,5	13,7	33	74,2	0,28	1,5	17,8
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	24	52,9	0,26	2	16,9	44	98,9	0,33	2	31,6
<i>Eutetramorus fottii</i>	1	2,2	0,02	10	3,5	5	11,2	0,07	10	18,0
<i>Kirchneriella contorta</i>	0	0,0	0,00	2	0,0	0	0	0,00	0	0,0
<i>Mailomonas sp.</i>	20	44,1	0,23	2	14,1	24	53,9	0,23	2	17,3
<i>Merismopedia sp.</i>	1	2,2	0,02	4	1,4	0	0	0,00	4	0,0
<i>Monoraphidium sp.</i>	3	6,6	0,06	3	3,2	4	9,0	0,06	3	4,3
<i>Raphidiopsis sp.</i>	2	4,4	0,04	5	3,5	17	38,2	0,18	5	30,6
<i>Scenedesmus sp.</i>	0	0,0	0,00	3	0,0	0	0,0	0,00	0	0,0
<i>Spirotaenia sp.</i>	1	2,2	0,02	2	0,7	0	0	0,00	2	0,0
<i>Staurastrum spp.</i>	2	4,4	0,04	8	5,6	13	29,2	0,15	8	37,4
<i>Synedra sp.</i>	18	39,7	0,21	5	31,7	29	65,2	0,26	5	52,1
<i>Tetraedron minimum</i>	1	2,2	0,02	2	0,7	1	2,2	0,02	2	0,7
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>	4	8,8	0,07	4	5,6	3	6,7	0,05	4	4,3
TOTALS		804,1	2,8		225,2		988,8	2,8		341,4

ELABORADO

POR: Simoni Cavalleri

BIOL.: Fernando Antônio Jardim

ANÁLISE HIDROBIOLÓGICA													
TIPO:	FITOPLANKTON QUANTITATIVO												
CIDADE:	BETIM	°C		metros		metros		SECCHI		DATA COLET.			
PONTOS DE COLETA:	HORA	T.AMBIENT	T.AMOS	PROF	SECCHI	COLETA	COLETA	DATA COLET.	PROCEDENCIA:	TEMPO:	ORG/ML	ID	UPA/ML
9 C	15:39		20,8	12,34	1,30	3,30	3,30	11/06/97	VARGEM DAS FLORES				
10. A			20,8	16,43	1,80	1,30	1,30	BOM					
ORGANISMOS/PONTOS	1	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML	2	UPA/ML	ID	RW	UPA/ML			
<i>Ankistrodesmus spp.</i>	0	0,0	0,00	6	0,0	1	0,03	0,00	6	2,0			
<i>Aulacoseira granulata</i>	2	4,2	0,04	2	1,4	0	0,00	0,00	2	0,0			
<i>Chlamydomonas sp.</i>	3	6,4	0,06	1	1,0	2	4,2	0,05	1	0,7			
<i>Coelastrum reticulatum</i>	3	6,4	0,06	4	4,1	2	4,2	0,05	4	2,7			
<i>Crucigenia sp.</i>	10	21,2	0,14	1	3,4	5	10,6	0,09	1	1,7			
<i>Cryptomonas spp.</i>	156	330,7	0,52	1,5	79,4	59	125,1	0,45	1,5	30,0			
<i>Dactylococcopsis sp</i>	60	127,2	0,43	1	20,4	107	226,8	0,53	1	36,3			
Diatomacea Centrales	16	33,9	0,20	1,5	8,1	0	0,0	0,00	1,5	0,0			
Diatomacea Penales	0	0,0	0,00	3	0,0	2	4,2	0,05	3	2,0			
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	44	93,3	0,37	2	29,8	92	195,0	0,52	2	62,4			
<i>Eutetramorus fottii</i>	1	2,1	0,02	10	3,4	0	0,0	0,00	10	0,0			
<i>Golenkinia sp.</i>	0	0,0	0,00	2	0,0	1	2,1	0,03	2	0,7			
<i>Kirchneriella conforta</i>	0	0,0	0,00	2	0,0	1	0	0,00		0,0			
<i>Mallomonas sp.</i>	9	19,1	0,13	2	6,1	10	21,2	0,16	2	6,8			
<i>Merismopedia sp.</i>	0	0,0	0,00	4	0,0	2	0	0,00	4	0,0			
<i>Monoraphidium sp.</i>	10	21,2	0,14	3	10,2	5	10,6	0,09	3	5,1			
<i>Oscillatoria sp.</i>	3	6,4	0,06	2	2,0	0	0,0	0,00	2	0,0			
<i>Peridinium sp</i>	0	0,0	0,00	25	0,0	1	2,1	0,03	25	8,5			
<i>Raphidiopsis sp.</i>	4	8,5	0,07	5	6,8	0	0,0	0,00	5	0,0			
<i>Scenedesmus sp.</i>	0	0,0	0,00	3	0,0	0	0,0	0,00	0	0,0			
<i>Spirotaenia sp.</i>	0	0,0	0,00	2	0,0	2	0	0,00	2	0,0			
<i>Staurastrum spp.</i>	12	25,4	0,16	8	32,6	9	19,1	0,15	8	24,4			
<i>Synedra sp.</i>	20	42,4	0,23	5	33,9	19	40,3	0,24	5	32,2			
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>	7	14,8	0,11	4	9,5	4	8,5	0,08	4	5,4			
TOTAIS		763,2	2,3		252,4		676,3			221,0			

ELABORADO

POR: Simoni Cavallieri

BIOL.: Fernando Antônio Jardim

COPASA MG												
ANÁLISE HIDROBIOLÓGICA												
TIPO:	FITOPLANKTON QUANTITATIVO		°C	metros	metros	metros	metros	metros	metros	metros	metros	metros
CIDADE:	BETIM		T.AMBIENT	T.AMBIOS	PROF	SECCHI	COLETA	DATA COLET.	11/06/97			
PONTOS DE COLETA:	HORA	°C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10. B		16,43	1,80	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
10. C		16,43	1,80	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
ORGANISMOS/PONTOS	1	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML	2	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML		
Ankistrodesmus spp.	0	0,0	0,00	6	0,0	0	0,0	0,00	6	0,0	0,0	0,0
Aulacoseira granulata	17	18,5	0,17	2	5,9	5	3,6	0,06	2	1,2	1,2	1,2
Chlamydomonas sp.	0	0,0	0,00	1	0,0	1	0,7	0,02	1	0,1	0,1	0,1
Coelastrum reticulatum	3	3,3	0,05	4	2,1	17	12,2	0,15	4	7,8	7,8	7,8
Crucigenia sp.	18	19,6	0,18	1	3,1	26	18,7	0,21	1	3,0	3,0	3,0
Cryptomonas spp.	62	67,6	0,38	1,5	16,2	121	87,2	0,48	1,5	20,9	20,9	20,9
Dactylococopsis sp	114	124,4	0,50	1	19,9	84	60,5	0,41	1	9,7	9,7	9,7
Diatomacea Centrales	26	28,4	0,23	1,5	6,8	59	42,5	0,34	1,5	10,2	10,2	10,2
Diatomacea Penales	2	2,2	0,03	3	1,0	2	1,4	0,03	3	0,7	0,7	0,7
Dictyosphaerium pulchellum	115	125,4	0,50	2	40,1	79	56,9	0,40	2	18,2	18,2	18,2
Dinobryon spp.	5	5,5	0,07	5	4,4	0	0,0	0,00	5	0,0	0,0	0,0
Eutetramorus foitii	0	0,0	0,00	10	0,0	3	2,2	0,04	10	3,5	3,5	3,5
Golenkinia sp.	1	1,1	0,02	2	0,3	4	2,9	0,05	2	0,9	0,9	0,9
Kirchneriella contorta	0	0,0	0,00	2	0,0	0	0,0	0,00	2	0,0	0,0	0,0
Mallomonas sp.	12	13,1	0,13	2	4,2	18	13,0	0,16	2	4,1	4,1	4,1
Merismopedia sp.	2	2,2	0,03	4	1,4	6	0	0,00	4	0,0	0,0	0,0
Monoraphidium sp.	11	12,0	0,13	3	5,8	17	12,2	0,15	3	5,9	5,9	5,9
Oscillatoria sp.	0	0,0	0,00	2	0,0	5	3,6	0,06	2	1,2	1,2	1,2
Peridinium sp	0	0,0	0,00	25	0,0	0	0,0	0,00	25	0,0	0,0	0,0
Raphidopsis sp.	2	2,2	0,03	5	1,7	23	16,6	0,19	5	13,3	13,3	13,3
Scenedesmus sp.	0	0,0	0,00	3	0,0	0	0,0	0,00	3	0,0	0,0	0,0
Spirotaenia sp.	9	9,8	0,11	2	3,1	8	0	0,00	2	0,0	0,0	0,0
Staurastrum spp.	21	22,9	0,20	8	29,3	18	13,0	0,16	8	16,6	16,6	16,6
Synedra sp.	48	52,4	0,34	5	41,9	63	45,4	0,36	5	36,3	36,3	36,3
Trachelomonas volvocinopsis	4	4,4	0,06	4	2,8	9	6,5	0,10	4	4,1	4,1	4,1
TOTALS		514,9	3,2		10,2							

ELABORADO

POR: Simoni Cavalleri

BIOL.: Fernando Antônio Jardim

```

=====
COPASA-MS          *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS ***  DVTC/SCLE
=====
CIDADE : BELO HORIZONTE      PROCED. : V. FLORES          SOLICIT.:   SCRD
DATA-COL :10/06/97  DATA-AML :10/06/97      LOTE :5965      COLETOR  : AMENDONIA
PONTO DE COLETA :   PONTO 01          SECCHI:XXX          ELABOR.:   MAURO
=====
V. CUBETA:   1 ml          P.OTICO   1.0 cm          FENDA :   0.2 nm
=====
          AMOSTRA   (mg/m3)          :          REPLICAS   (mg/m3)
-----
V. EXTRATO:12.00      FILTRADO:1,050.00  V. EXTRATO:12.00      FILTRADO:1,050.00
-----
h      Leitura      Param.      Valor      h      Leitura      Param.      Valor
-----
750a   0.000          Cla :       0.610      750a   0.000          Cla :       0.915
664a   0.008          fa :       0.671      664a   0.012          fa :       1.221
647a   0.000          Cla/fa :    1.333      647a   0.000          Cla/fa :    1.300
630a   0.000          Cla :       1.083      630a   0.000          Cla :       1.740
430a   0.035          Clb :       0.000      430a   0.036          Clb :       0.000
750d   0.000          Clc :       0.000      750d   0.000          Clc :       0.000
665d   0.008          I.B.P. :    4.375      665d   0.010          I.B.P. :    2.923
-----
GOLTERMAN  MED. Cla:      0.76      MED. fa :0.95      MED. Cla/fa:  1.32
STRICKLAND MED. Cla:      1.42      MED. Clb :0.00      MED. Clc :    0.00
-----
          INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS :          3.65
-----
OBSERVACoes:
-----
RESPONSAVEL:  José Mauro S. Braga          DATA: 26/06/97
          14298
          [Assinatura]
=====

```

=====
 COPASA-RG *** ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB
 =====

CIDADE : BELD HORIZONTE PROCED. : V. FLORES SOLIDIT. : SCR0

DATA-COL : 10/06/97 DATA-ANL : 10/06/97 LOTE : 5965 COLETOR : AMENONIA

PONTO DE COLETA : PONTO 02 SECCHI:XXX ELABOR. : MAURO

=====
 V. CUBETA : 1 ml F.ÓTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 nm
 =====

AMOSTRA (mg/m3) : REPLICA (mg/m3)

V. EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00 V. EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cl a :	1.602	750a	0.000	Cl a :	1.922
664a	0.018	fa :	1.313	664a	0.016	fa :	0.320
647a	0.001	Cl a/fa :	1.385	647a	0.000	Cl a/fa :	1.600
630a	0.000	Cl a :	2.542	630a	0.000	Cl a :	2.275
430a	0.050	Cl b :	0.000	430a	0.050	Cl b :	0.000
750d	0.000	Cl c :	0.000	750d	0.000	Cl c :	0.000
665d	0.013	I.D.P. :	2.778	665d	0.010	I.D.P. :	3.125

GOLTERMAN MED. Cl a : 1.76 MED. fa : 0.82 MED. Cl a/fa : 1.49

STRICKLAND MED. Cl a : 2.41 MED. Cl b : 0.00 MED. Cl c : 0.00

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 2.95

OBSERVAÇÕES:

RESPONSÁVEL : José Mauro S. Braga

14219-8

DATA: 26/06/97

=====
 COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB
 =====

CIDADE : BELO HORIZONTE PROCED. : V. FLORES SOLICIT.: SCRD
 DATA-COL :10/06/97 DATA-ANL :10/06/97 LOTE :5965 COLETOR : AMENDONIA
 PONTO DE COLETA : PONTO 03 SECCHI:XXX ELABOR.: MAURO

=====
 V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 mm

 AMOSTRA (mg/m3) i REPLICA (mg/m3)

 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cl _a :	2.243	750a	0.000	Cl _a :	3.845
664a	0.020	fa :	0.672	664a	0.023	fa :	0.000
647a	0.000	Cl _a /fa ² :	1.538	647a	0.003	Cl _a /fa ² :	2.091
630a	0.000	Cl _a :	2.844	630a	0.000	Cl _a :	3.215
430a	0.062	Cl _b :	0.000	430a	0.060	Cl _b :	0.000
750d	0.000	Cl _c :	0.000	750d	0.000	Cl _c :	0.000
665d	0.013	I.D.P. :	3.100	665d	0.011	I.D.P. :	2.609

 GOLTERMAN MED. Cl_a : 3.04 MED. fa :0.34 MED. Cl_a/fa² : 1.81
 STRICKLAND MED. Cl_a : 3.03 MED. Cl_b :0.00 MED. Cl_c : 0.00

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 2.85

 OBSERVACOES:

 RESPONSAVEL : José Mauro S. Braga
 14210-8

DATA: 26/06/97

=====
 COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB
 =====

CIDADE : SELO HORIZONTE PROCED. : V. FLORES SOLICIT. : SCRD
 DATA-COL :10/06/97 DATA-ANL :10/06/97 LOTE :5965 COLETOR : AMENONIA
 PONTO DE COLETA : PONTO 04 SECCHI:XXX ELABOR. : MAURO

=====
 V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 nm
 =====

AMOSTRA (mg/m3) : REPLICA (mg/m3)

 V. EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00 V. EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cl _a :	4.806	750a	0.000	Cl _a :	4.806
664a	0.034	fa :	0.000	664a	0.033	fa :	0.000
647a	0.004	Cl _a /fa :	1.789	647a	0.004	Cl _a /fa :	1.833
630a	0.000	Cl _a :	4.762	630a	0.000	Cl _a :	4.619
430a	0.075	Cl _b :	0.000	430a	0.078	Cl _b :	0.000
750d	0.000	Cl _c :	0.000	750d	0.000	Cl _c :	0.000
665d	0.019	I.D.P. :	2.206	665d	0.018	I.D.P. :	2.364

GOLTERMAN MED. Cl_a : 4.81 MED. fa : 0.00 MED. Cl_a/fa : 1.81
 STRICKLAND MED. Cl_a : 4.69 MED. Cl_b : 0.00 MED. Cl_c : 0.00

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 2.28

OBSERVACOES:

RESPONSAVEL : *José Mauro S. Braga*
 14210-8 *[Assinatura]*

DATA: 26/06/97

=====
 COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB
 =====

CIDADE : BELO HORIZONTE PROCED. : V. FLORES SOLICIT.: SCRD

DATA-COL : 11/06/97 DATA-ANL : 13/06/97 LOTE : 5986 COLETOR : ANEMONIA

PONTO DE COLETA : PONTO 05 SECCHI:XXX ELABOR.: MAURO

=====
 V. CURETA: 1 ml P. OTICO 1.0 cm FENDA : 0.7 mm
 =====

AMOSTRA (mg/m3) REPLICA (mg/m3)

V. EXTRATO: 12.00 FILTRADO: 1,000.00 V. EXTRATO: 12.00 FILTRADO: 1,000.00

n	Leitura	Param.	Valor	n	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cla :	1.602	750a	0.000	Cla :	1.282
664a	0.011	fa :	0.000	664a	0.010	fa :	0.064
647a	0.000	Cla/fa :	1.833	647a	0.000	Cla/fa :	1.667
630a	0.000	Cla :	1.564	630a	0.000	Cla :	1.422
430a	0.034	C1b :	0.000	430a	0.032	C1b :	0.000
750d	0.000	C1c :	0.000	750d	0.000	C1c :	0.000
665d	0.006	I.D.P. :	3.091	665d	0.006	I.D.P. :	3.200

GOLTERMAN MED. Cla: 1.44 MED. fa : 0.03 MED. Cla/fa: 1.75

STRICKLAND MED. Cla: 1.49 MED. C1b : 0.00 MED. C1c : 0.00

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 3.15

OBSERVACOES:

RESPONSÁVEL :

João Mauro S. Brito
 14210-11



DATA: 26/06/97

=====
 COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB
 =====

CIDADE : BELO HORIZONTE PROCED. : V. FLORES SOLICIT.: SCRD
 DATA-COL :11/06/97 DATA-ANL :13/06/97 LOTE :5986 COLETOR : AMENONIA
 PONTO DE COLETA : PONTO 06 SECCHI:XXX ELABOR.: NAURO

=====
 V. CUBETA: 1 ml P. OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 nm
 =====

AMOSTRA (mg/m3) ; REPLICA (mg/m3)

 V. EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00 V. EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cl _a :	2.243	750a	0.000	Cl _a :	1.602
664a	0.018	fa :	0.223	664a	0.016	fa :	0.864
647a	0.000	Cl _a /fa :	1.636	647a	0.000	Cl _a /fa :	1.455
630a	0.000	Cl _a :	2.560	630a	0.000	Cl _a :	2.275
430a	0.050	Cl _b :	0.000	430a	0.049	Cl _b :	0.000
750d	0.000	Cl _c :	0.000	750d	0.000	Cl _c :	0.000
665d	0.011	I.D.P. :	2.778	665d	0.011	I.D.P. :	3.043

BOLTERMAN MED. Cl_a : 1.92 MED. fa : 0.54 MED. Cl_a/fa : 1.55
 STRICKLAND MED. Cl_a : 2.42 MED. Cl_b : 0.00 MED. Cl_c : 0.00

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 2.92

OBSERVACOES:

=====
 RESPONSÁVEL: ^{José Mauro S. Braga} 14210-9  DATA: 26/06/97
 =====

=====
 COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DWTC/BCLE
 =====

CIDADE : BELO HORIZONTE PROCED. : V. FLORES SOLICIT.: SCRD
 DATA-COL : 11/06/97 DATA-ANL : 13/06/97 LOTE : 5986 COLETOR : AMENONIA
 PONTO DE COLETA : PONTO 07 SECCHI:XXX ELABOR.: MAURO

=====
 V. CUBETA: 1 ml PLOTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 nm
 =====

AMOSTRA (mg/m3) : REPLICA (mg/m3)

 V. EXTRATO: 12.00 FILTRADO: 1,000.00 V. EXTRATO: 12.00 FILTRADO: 1,000.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cl _a :	3.524	750a	0.000	Cl _a :	0.641
664a	0.027	fa :	0.064	664a	0.018	fa :	2.947
647a	0.005	Cl _a /fa :	1.688	647a	0.001	Cl _a /fa :	1.125
630a	0.004	Cl _a :	3.743	630a	0.000	Cl _a :	2.542
430a	0.049	Cl _b :	0.000	430a	0.054	Cl _b :	0.000
750d	0.000	Cl _c :	0.180	750d	0.000	Cl _c :	0.000
665d	0.016	I.D.P. :	2.556	665d	0.016	I.D.P. :	3.000

GOLTERMAN MED. Cl_a : 2.08 MED. fa : 1.51 MED. Cl_a/fa : 1.41
 STRICKLAND MED. Cl_a : 3.14 MED. Cl_b : 0.00 MED. Cl_c : 0.09

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 2.78

OBSERVAÇÕES:

RESPONSÁVEL:

José Mauro S. Braga
 14219-9

DATA: 26/06/97

COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB

CIDADE : BELO HORIZONTE PROCED. : V. FLORES SOLICIT.: SCR0
 DATA-COL : 11/06/97 DATA-ANL : 13/06/97 LOTE : 5986 COLETOR : AMENDONIA
 PONTO DE COLETA : PONTO 08 SECCHI:XXX ELABOR.: MAURO

V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 nm

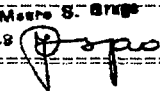
AMOSTRA (mg/m3) REPLICAS (mg/m3)
 V. EXTRATO: 12.00 FILTRADO: 1,000.00 V. EXTRATO: 12.00 FILTRADO: 1,000.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cla :	1.602	750a	0.000	Cla :	0.641
664a	0.017	fa :	1.088	664a	0.013	fa :	1.825
647a	0.001	Cla/fa :	1.417	647a	0.000	Cla/fa :	1.182
630a	0.000	Cla :	2.399	630a	0.000	Cla :	1.848
430a	0.049	C1b :	0.000	430a	0.040	C1b :	0.000
750d	0.000	C1c :	0.000	750d	0.000	C1c :	0.000
665d	0.012	I.D.P. :	2.882	665d	0.011	I.D.P. :	3.077

GOLTERMAN MED. Cla: 1.12 MED. fa : 1.46 MED. Cla/fa: 1.30
 STRICKLAND MED. Cla: 2.12 MED. C1b : 0.00 MED. C1c : 0.00

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 2.98

OBSERVACOES:

RESPONSAVEL: ^{Jose Mauro S. Braga} 14219-8  DATA: 26/06/97

=====
 COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB
 =====

CIDADE : BELO HORIZONTE PROCED. : V. FLORES SOLICIT.: SCRD
 DATA-COL :11/06/97 DATA-ANL :25/06/97 LOTE :5986 COLETOR : AMENDONIA
 PONTO DE COLETA : PONTO 09 A SECCHI:XXX ELABOR.: MAURO

=====
 V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 nm
 =====

AMOSTRA (mg/m3) ; REPLICA (mg/m3)

V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cl _a :	0.000	750a	0.000	Cl _a :	0.000
664a	0.010	fa :	2.786	664a	0.010	fa :	2.243
647a	0.000	Cl _a /fa :	0.909	647a	0.000	Cl _a /fa :	1.000
630a	0.000	Cl _a :	1.422	630a	0.000	Cl _a :	1.422
430a	0.050	Cl _b :	0.000	430a	0.054	Cl _b :	0.000
750d	0.000	Cl _c :	0.000	750d	0.000	Cl _c :	0.000
665d	0.011	I.D.P. :	5.000	665d	0.010	I.D.P. :	5.400

GOLTERMAN MED. Cl_a : 0.00 MED. fa :2.51 MED. Cl_a/fa : 0.95
 STRICKLAND MED. Cl_a : 1.42 MED. Cl_b :0.00 MED. Cl_c : 0.00

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 5.20

OBSERVACOES:

RESPONSAVEL:

José Mauro S. Braga

14210-8

DATA: 26/06/97

=====

COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB

=====

CIDADE : BELO HORIZONTE PROCED. : V. FLORES SOLICIT.: SCRD

DATA-COL :11/06/97 DATA-ANL :25/06/97 LOTE :5986 COLETOR : AMENONIA

PONTO DE COLETA : PONTO 09 B SECCHI:XXX ELABOR.: MAURO

=====

V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 nm

=====

 AMOSTRA (mg/m3) : REPLICAS (mg/m3)

V. EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00 V. EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cl _a :	1.282	750a	0.000	Cl _a :	0.320
664a	0.023	fa :	2.980	664a	0.015	fa :	2.819
647a	0.006	Cl _a /fa :	1.211	647a	0.000	Cl _a /fa :	1.071
630a	0.002	Cl _a :	3.158	630a	0.000	Cl _a :	2.132
430a	0.065	Cl _b :	0.000	430a	0.054	Cl _b :	0.000
750d	0.000	Cl _c :	0.000	750d	0.000	Cl _c :	0.000
665d	0.019	I.D.P. :	2.826	665d	0.014	I.D.P. :	3.600

GOLTERMAN MED. Cl_a : 0.80 MED. fa :2.90 MED. Cl_a/fa : 1.14

STRICKLAND MED. Cl_a : 2.65 MED. Cl_b :0.00 MED. Cl_c : 0.00

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 3.21

OBSERVACOES:

RESPONSAVEL: José Mauro S. Braga

14219-8

DATA: 26/06/97

=====
 COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB
 =====

CIDADE : BELO HORIZONTE PROCED. : V. FLORES SOLICIT.: SCRD
 DATA-COL :11/06/97 DATA-ANL :25/06/97 LOTE :5986 COLETOR : AMENONIA
 PONTO DE COLETA : PONTO 09 C SECCHI:XXX ELABOR.: MAURO

=====
 V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 nm
 =====

AMOSTRA (mg/m3) ; REPLICA (mg/m3)

V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cla :	2.563	750a	0.000	Cla :	1.922
664a	0.020	fa :	0.127	664a	0.023	fa :	1.890
647a	0.001	Cla/fa :	1.667	647a	0.001	Cla/fa :	1.353
630a	0.000	Cla:	2.826	630a	0.000	Cla :	3.252
430a	0.063	Cib :	0.000	430a	0.063	Cib :	0.000
750d	0.000	Cic :	0.000	750d	0.000	Cic :	0.000
665d	0.012	I.D.P. :	3.150	665d	0.017	I.D.P.:	2.739

GOLTERMAN MED. Cla: 2.24 MED. fa :1.01 MED. Cla/fa: 1.51
 STRICKLAND MED. Cla: 3.04 MED. Cib :0.00 MED. Cic : 0.00

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 2.94

OBSERVACOES:

RESPONSAVEL: João Mauro S. Braga
 34210.8

DATA: 26/06/97

```

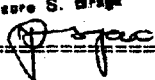
=====
COPASA-MG          *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS ***  DVTC/SCLB
=====
CIDADE : RELO HORIZONTE      PROCED. : V. FLORES          SOLICIT.:      SCR D
DATA-COL :11/06/97  DATA-ANL :25/06/97      LOTE :5986      COLETOR  : AMENDONIA
PONTO DE COLETA : PONTO 10 A      SECCHI:XXX          ELABOR.:      MAURO
=====
V. CUBETA:      1 ml          P.OTICO      1.0 cm          FENDA :      0.2 nm
-----
          AMOSTRA      (mg/m3)          :          REPLICA      (mg/m3)
-----
V.EXTRATO:12.00      FILTRADO:1,000.00  V.EXTRATO:12.00      FILTRADO:1,000.00
-----
h          Leitura          Param.          Valor          h          Leitura          Param.          Valor
-----
750a      0.000          Cla :          0.320          750a      0.000          Cla :          0.000
664a      0.011          fa :          1.922          664a      0.010          fa :          2.243
647a      0.000          Cla/fa :          1.100          647a      0.000          Cla/fa :          1.000
630a      0.000          Cla:          1.564          630a      0.000          Cla :          1.422
430a      0.047          Clb :          0.000          430a      0.042          Clb :          0.000
750d      0.000          Clc :          0.000          750d      0.000          Clc :          0.000
665d      0.010          I.D.P. :          4.273          665d      0.010          I.D.P.:          4.200
-----
GOLTERMAN  MED. Cla:          0.16          MED. fa :2.08          MED. Cla/fa:          1.05
STRICKLAND MED. Cla:          1.49          MED. Clb :0.00          MED. Clc :          0.00
-----
          INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS      :          4.24
-----
OBSERVACOES:
-----
RESPONSAVEL:  José Mauro S. Siqueira  DATA: 26/06/97
          14210-8
          [Assinatura]
=====

```

```

=====
COPASA-MG          *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS ***          DVTC/SCLB
=====

CIDADE : BELO HORIZONTE          PROCED. : V. FLORES          SOLICIT.:          SCRD
DATA-COL : 11/06/97  DATA-ANL : 25/06/97          LOTE : 5986          COLETOR : AMENONIA
PONTO DE COLETA : PONTO 10 B          SECCHI:XXX          ELABOR.:          MAURO

=====
V. CUBETA:          1 ml          P.OTICO          1.0 cm          FENDA :          0.2 nm
=====
AMOSTRA          (mg/m3)          :          REPLICA          (mg/m3)
=====
V.EXTRATO:12.00          FILTRADO:1,000.00  V.EXTRATO:12.00          FILTRADO:1,000.00
=====
h          Leitura          Param.          Valor          h          Leitura          Param.          Valor
=====
750a          0.000          Cla :          1.282          750a          0.000          Cla :          1.282
664a          0.015          fa :          1.184          664a          0.016          fa :          1.409
647a          0.000          Cla/fa :          1.364          647a          0.001          Cla/fa:          1.333
630a          0.000          Cla:          2.132          630a          0.000          Cla :          2.257
430a          0.052          Clb :          0.000          430a          0.053          Clb :          0.000
750d          0.000          Clc :          0.000          750d          0.000          Clc :          0.000
665d          0.011          I.D.P. :          3.467          665d          0.012          I.D.P.:          3.313
=====
GOLTERMAN          MED. Cla:          1.28          MED. fa :1.30          MED. Cla/fa:          1.35
STRICKLAND          MED. Cla:          2.19          MED. Clb :0.00          MED. Clc :          0.00
=====
INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS          :          3.39
=====
OBSERVACOES:
=====
RESPONSAVEL:          Jess Mauro S. Braga          DATA: 26/06/97
14210-8          
=====

```

=====

COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB

=====

CIDADE : BELO HORIZONTE PROCED. : V. FLORES SOLICIT.: SCRD

DATA-COL : 11/06/97 DATA-ANL : 25/06/97 LOTE : 5986 COLETOR : AMENONIA

PONTO DE COLETA : PONTO 10 C SECCHI:XXX ELABOR.: MAURO

=====

V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 nm

=====

AMOSTRA (mg/m3) : REPLICA (mg/m3)

V. EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00 V. EXTRATO:12.00 FILTRADO:1,000.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cl a :	0.641	750a	0.000	Cl a :	0.961
664a	0.011	fa :	1.378	664a	0.011	fa :	0.833
647a	0.000	Cl a/fa :	1.222	647a	0.000	Cl a/fa :	1.375
630a	0.000	Cl a :	1.564	630a	0.000	Cl a :	1.564
430a	0.031	Cl b :	0.000	430a	0.039	Cl b :	0.000
750d	0.000	Cl c :	0.000	750d	0.000	Cl c :	0.000
665d	0.009	I.D.P. :	2.818	665d	0.008	I.D.P. :	3.545

GOLTERMAN MED. Cl a : 0.80 MED. fa : 1.11 MED. Cl a/fa : 1.30

STRICKLAND MED. Cl a : 1.56 MED. Cl b : 0.00 MED. Cl c : 0.00

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 3.18

OBSERVACOES:

RESPONSAVEL:

João Mauro S. Braga
14210-8

DATA: 26/06/97

8.2.2 Certificados de análises fornecidos para Lagoa Santa

COPASA MG ANALISE HIDROBIOLÓGICA											
TIPO:	FITOPLANKTON QUANTITATIVO										
CIDADE:	LAGOA SANTA										
PONTOS DE COLETA:	HORA	T.AMBIENT	T.AMO	PROF	SECCHI	COLETA	DATA COLET.				
1A	11:32	23	21,8	5,20	0,85	1,00	PROCEDÊNCIA:	MANANCIAL			
1B	11:32	23	21,8	5,20	0,85	2,00	TEMPO:	BOM			
ORGANISMOS/PONTOS	1	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML	2	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML	
<i>Anabaena cf. oryzae</i>	2	160,8	0,08	24	617,4	1	53,6	0,04	24	205,8	
<i>Aphanocapsa sp.</i>	1	80,4	0,04	50	643,1	2	107,2	0,06	50	857,4	
<i>Aphanothece clathrata</i>	2	160,8	0,08	28	720,3	1	53,6	0,04	28	240,1	
<i>Arthrodesmus sp.</i>	2	160,8	0,08	3	77,2	1	53,6	0,04	3	25,7	
<i>Aulacoseira ambigua</i>	2	160,8	0,08	5	128,6	2	107,2	0,06	5	85,7	
<i>Aulacoseira granulata</i>	2	160,8	0,08	5	128,6	2	107,2	0,06	5	85,7	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	2	160,8	0,08	2	51,4	4	214,4	0,11	2	68,6	
<i>Chlorella sp.</i>	1	80,4	0,04	3	38,6	1	53,6	0,04	3	25,7	
<i>Chlorococcum sp.</i>	1	80,4	0,04	2	25,7	2	107,2	0,06	2	34,3	
<i>Chroococcus sp.</i>	1	80,4	0,04	2	25,7	2	107,2	0,06	2	34,3	
<i>Closterium sp.</i>	2	160,8	0,08	2	51,4	1	53,6	0,04	2	17,1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	1	80,4	0,04	4	51,4	2	107,2	0,06	4	68,6	
<i>Cyclotella sp.</i>	1	80,4	0,04	4	51,4	1	53,6	0,04	4	34,3	
<i>Dactylococcopsis sp.</i>	1	80,4	0,04	1	12,9	2	107,2	0,06	1	17,1	
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	1	80,4	0,04	4	51,4	1	53,6	0,04	4	34,3	
<i>Dinobryon bavaricum</i>	1	80,4	0,04	25	321,5	1	53,6	0,04	25	214,4	
<i>Dinobryon sertularia</i>	5	401,9	0,15	5	321,5	5	268,0	0,13	5	214,4	
<i>Eudorina elegans</i>	1	80,4	0,04	16	205,8	1	53,6	0,04	16	137,2	
<i>Euglena acus</i>	1	80,4	0,04	10	128,6	1	53,6	0,04	10	85,7	
<i>Gloeocapsa sp.</i>	1	80,4	0,04	1	12,9	2	107,2	0,06	1	17,1	
<i>Golenkinia sp.</i>	1	80,4	0,04	2	25,7	1	53,6	0,04	2	17,1	
<i>Gomposphaeria sp.</i>	1	80,4	0,04	23	295,8	2	107,2	0,06	23	394,4	
<i>Mallomonas sp.</i>	1	80,4	0,04	10	128,6	2	107,2	0,06	10	171,5	
<i>Merismopedia tenuissima</i>	2	160,8	0,08	1	25,7	1	53,6	0,04	1	8,6	
<i>Microcystis sp.</i>	1	80,4	0,04	225	2893,9	1	53,6	0,04	225	1929,3	
<i>Monoraphidium sp.</i>	1	80,4	0,04	2	25,7	1	53,6	0,04	2	17,1	
<i>Pediastrum simplex</i>	1	80,4	0,04	12	154,3	1	53,6	0,04	12	102,9	
<i>Peridinium spp.</i>	2	160,8	0,08	12	308,7	3	160,8	0,09	12	308,7	
<i>Phormidium sp.</i>	1	80,4	0,04	19	244,4	1	53,6	0,04	19	162,9	
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	119	9565,9	0,36	40	61221,9	148	7931,4	0,35	40	50761,0	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	1	80,4	0,04	3	38,6	1	53,6	0,04	3	25,7	
<i>Scenedesmus protuberans</i>	2	160,8	0,08	6	154,3	1	53,6	0,04	6	51,4	
<i>Staurastrum sp.</i>	1	80,4	0,04	3	38,6	2	107,2	0,06	3	51,4	
<i>Staurastrum tetracerum</i>	1	80,4	0,04	3	38,6	1	53,6	0,04	3	25,7	
<i>Strombomonas sp.</i>	1	80,4	0,04	6	77,2	1	53,6	0,04	6	51,4	
<i>Tetraedron minimum</i>	3	241,2	0,10	1	38,6	4	214,4	0,11	1	34,3	
<i>Trachelomonas volvocina</i>	1	80,4	0,04	4	51,4	2	107,2	0,06	4	68,6	
TOTAIS		12746,0	2,4		69427,7		11146,9	2,3		84686,0	
ELABORADO	José Mauro S.Braga										
POR:	BIOL.: Fernando Antônio Jardim										

COPASA MG ANÁLISE HIDROBIOLÓGICA											
TIPO:	FITOPLANKTON QUANTITATIVO										
CIDADE:	LADOA SANTA										
PONTOS DE COLETA:	HORA	T.AMBIENT	T.AMOSTR	PROF	SECCHI	COLETA	DATA COLET.				
1C	11:32	23,0	21,8	5,20	0,85	3,00	01/07/97				
2	12:30	22,9	21,9	7,30	1,15	1,00	PROCEDÊNCIA: MANANCIAL				
							TEMPO: 50M				
ORGANISMOS/PONTOS	1	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML	2	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML	
<i>Anabaena cf. oryzae</i>	1	53,6	0,04	24	205,8	2	107,2	0,06	24	411,6	
<i>Aphanocapsa sp.</i>	1	53,6	0,04	50	428,7	1	53,6	0,04	50	428,7	
<i>Aphanothece clathrata</i>	2	107,2	0,07	28	480,2	1	53,6	0,04	28	240,1	
<i>Arthrodesmus sp.</i>	2	107,2	0,07	3	51,4	1	53,6	0,04	3	25,7	
<i>Aulacoseira ambigua</i>	2	107,2	0,07	5	85,7	2	107,2	0,06	5	85,7	
<i>Aulacoseira granulata</i>	2	107,2	0,07	5	85,7	2	107,2	0,06	5	85,7	
<i>Chlamydomonas sp.</i>	5	268,0	0,13	2	85,7	11	589,5	0,22	2	188,6	
<i>Chlorella sp.</i>	1	53,6	0,04	3	25,7	0	0,0	0,00	3	0,0	
<i>Chlorococcum sp.</i>	1	53,6	0,04	2	17,1	0	0,0	0,00	2	0,0	
<i>Chroococcus sp.</i>	1	53,6	0,04	2	17,1	1	53,6	0,04	2	17,1	
<i>Closterium sp.</i>	2	107,2	0,07	2	34,3	1	53,6	0,04	2	17,1	
<i>Cryptomonas sp.</i>	1	53,6	0,04	4	34,3	2	107,2	0,06	4	68,6	
<i>Cyclotella sp.</i>	1	53,6	0,04	4	34,3	0	0,0	0,00	4	0,0	
<i>Dactylococcopsis sp.</i>	1	53,6	0,04	1	8,6	1	53,6	0,04	1	8,6	
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	1	53,6	0,04	4	34,3	1	53,6	0,04	4	34,3	
<i>Dinobryon bavaricum</i>	1	53,6	0,04	25	214,4	1	53,6	0,04	25	214,4	
<i>Dinobryon sertularia</i>	5	268,0	0,13	5	214,4	5	268,0	0,13	5	214,4	
<i>Eudorina elegans</i>	1	53,6	0,04	16	137,2	0	0,0	0,00	16	0,0	
<i>Euglena acus</i>	1	53,6	0,04	10	85,7	0	0,0	0,00	10	0,0	
Fitoflagelado	0	0,0	0,00	1	0,0	1	53,6	0,04	1	8,6	
<i>Gloeocapsa sp.</i>	2	107,2	0,07	1	17,1	2	107,2	0,06	1	17,1	
<i>Golenkinia sp.</i>	1	53,6	0,04	2	17,1	1	53,6	0,04	2	17,1	
<i>Gomphosphaeria sp.</i>	2	107,2	0,07	23	394,4	2	107,2	0,06	23	394,4	
<i>Lepocinclis sp.</i>	0	0,0	0,00	4	0,0	2	107,2	0,06	4	68,6	
<i>Mallomonas sp.</i>	1	53,6	0,04	10	85,7	2	107,2	0,06	10	171,5	
<i>Merismopedia tenuissima</i>	1	53,6	0,04	1	8,6	1	53,6	0,04	1	8,6	
<i>Microcystis sp.</i>	1	53,6	0,04	225	1929,3	1	53,6	0,04	225	1929,3	
<i>Monoraphidium sp.</i>	1	53,6	0,04	2	17,1	1	53,6	0,04	2	17,1	
<i>Pediastrum simplex</i>	1	53,6	0,04	12	102,9	0	0,0	0,00	12	0,0	
<i>Peridinium spp.</i>	2	107,2	0,07	12	205,8	12	643,1	0,23	12	1234,7	
<i>Phormidium sp.</i>	1	53,6	0,04	19	162,9	3	160,8	0,09	19	488,7	
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	144	7717,0	0,34	40	49389,1	142	7609,9	0,39	40	48703,1	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	1	53,6	0,04	3	25,7	2	107,2	0,06	3	51,4	
<i>Scenedesmus protuberans</i>	2	107,2	0,07	6	102,9	1	53,6	0,04	6	51,4	
<i>Staurastrum sp.</i>	1	53,6	0,04	3	25,7	1	53,6	0,04	3	25,7	
<i>Staurastrum tetracerum</i>	1	53,6	0,04	3	25,7	1	53,6	0,04	3	25,7	
<i>Strombomonas sp.</i>	1	53,6	0,04	6	51,4	0	0,0	0,00	6	0,0	
<i>Tetraedron minimum</i>	3	160,8	0,09	1	25,7	2	107,2	0,06	1	17,1	
<i>Trachelomonas hispida</i>	0	0,0	0,00	6	0,0	2	107,2	0,06	6	102,9	
<i>Trachelomonas volvocina</i>	1	53,6	0,04	4	34,3	1	53,6	0,04	4	34,3	
TOTAIS		10664,5	2,2		54802,5		11361,2	2,4			

ELABORADO POR: José Mauro S.Braga

BIOL.: Fernando Antônio Jardim

COPASA MG ANÁLISE HIDROBIOLÓGICA

TIPO:	FITOPLANKTON QUANTITATIVO									
CIDADE:	LAGOA SANTA									
PONTOS DE COLETA:	HORA	T.AMBIENT	T.AMOST	metros PROF	metros SECCHI	COLETA	DATA COLET.	01/07/97		
3A	13:15	30,0	22,4	7,43	1,08	1,00	PROCEDÊNCIA:	MANANCIAL		
3B						2,00	TEMPO:	BOM		
ORGANISMOS/PONTOS	1	TEMP	ID	RW	UPARL	2	TEMP	ID	RW	UPARL
<i>Anabaena cf. oryzae</i>	2	107,2	0,06	24	411,6	3	241,2	0,10	24	926,0
<i>Aphanocapsa sp.</i>	3	160,8	0,08	50	1286,2	3	241,2	0,10	50	1929,3
<i>Aphanothece clathrata</i>	3	160,8	0,08	28	720,3	2	160,8	0,07	28	720,3
<i>Arthrodesmus sp.</i>	4	214,4	0,10	3	102,9	3	241,2	0,10	3	115,8
<i>Aulacoseira ambigua</i>	2	107,2	0,06	5	85,7	2	160,8	0,07	5	128,6
<i>Aulacoseira granulata</i>	2	107,2	0,06	5	85,7	2	160,8	0,07	5	128,6
<i>Chlamydomonas sp.</i>	4	214,4	0,10	2	68,6	7	562,7	0,18	2	180,1
<i>Chlorella sp.</i>	1	53,6	0,03	3	25,7	1	80,4	0,04	3	38,6
<i>Chlorococcum sp.</i>	1	53,6	0,03	2	17,1	1	80,4	0,04	2	25,7
<i>Chroococcus sp.</i>	1	53,6	0,03	2	17,1	1	80,4	0,04	2	25,7
<i>Closterlum sp.</i>	1	53,6	0,03	2	17,1	1	80,4	0,04	2	25,7
<i>Cryptomonas sp.</i>	2	107,2	0,06	4	68,6	2	160,8	0,07	4	102,9
<i>Cyclotella sp.</i>	0	0,0	0,00	4	0,0	0	0,0	0,00	4	0,0
<i>Dactylococcopsis sp.</i>	1	53,6	0,03	1	8,6	1	80,4	0,04	1	12,9
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	1	53,6	0,03	4	34,3	1	80,4	0,04	4	51,4
<i>Dinobryon bavaricum</i>	1	53,6	0,03	25	214,4	1	80,4	0,04	25	321,5
<i>Dinobryon sertularia</i>	20	1071,8	0,30	5	857,4	5	401,9	0,14	5	321,5
<i>Eudorina elegans</i>	1	53,6	0,03	16	137,2	1	80,4	0,04	16	205,8
<i>Euglena acus</i>	2	107,2	0,06	10	171,5	1	80,4	0,04	10	128,6
Fitoflagelado	0	0,0	0,00	1	0,0	0	0,0	0,00	1	0,0
<i>Gloeocapsa sp.</i>	2	107,2	0,06	1	17,1	3	241,2	0,10	1	38,6
<i>Golenkinia sp.</i>	1	53,6	0,03	2	17,1	1	80,4	0,04	2	25,7
<i>Gomphosphaeria sp.</i>	1	53,6	0,03	23	197,2	1	80,4	0,04	23	295,8
<i>Lepocinclis sp.</i>	0	0,0	0,00	4	0,0	0	0,0	0,00	4	0,0
<i>Mallomonas sp.</i>	1	53,6	0,03	10	85,7	1	80,4	0,04	10	128,6
<i>Merismopedia tenuissima</i>	1	53,6	0,03	1	8,6	1	80,4	0,04	1	12,9
<i>Microcystis sp.</i>	1	53,6	0,03	225	1929,3	1	80,4	0,04	225	2893,9
<i>Monoraphidium sp.</i>	1	53,6	0,03	2	17,1	1	80,4	0,04	2	25,7
<i>Pediastrum simplex</i>	0	0,0	0,00	12	0,0	0	0,0	0,00	12	0,0
<i>Peridinium spp.</i>	12	643,1	0,22	12	1234,7	10	803,9	0,23	12	1543,4
<i>Phormidium sp.</i>	1	53,6	0,03	19	162,9	4	321,5	0,12	19	977,5
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	154	8252,9	0,41	40	52818,9	116	9324,8	0,43	40	59678,5
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	1	53,6	0,03	3	25,7	2	160,8	0,07	3	77,2
<i>Scenedesmus protuberans</i>	1	53,6	0,03	6	51,4	1	80,4	0,04	6	77,2
<i>Staurastrum sp.</i>	3	160,8	0,08	3	77,2	2	160,8	0,07	3	77,2
<i>Staurastrum tetracerum</i>	1	53,6	0,03	3	25,7	2	160,8	0,07	3	77,2
<i>Strombomonas sp.</i>	0	0,0	0,00	6	0,0	0	0,0	0,00	6	0,0
<i>Tetraedron minimum</i>	2	107,2	0,06	1	17,1	3	241,2	0,10	1	38,6
<i>Trachelomonas hispida</i>	0	0,0	0,00	6	0,0	0	0,0	0,00	6	0,0
<i>Trachelomonas volvocina</i>	3	160,8	0,08	4	102,9	1	80,4	0,04	4	51,4
TOTAIS			2,4		6119,0					7140,4

ELABORADO POR: José Mauro S.Braga

BIOL.: Fernando Antônio Jardim

COPASA MG ANÁLISE HIDROBIOLÓGICA

TIPO:	FITOPLANCTON QUANTITATIVO									
CIDADE:	LAGOA SANTA									
PONTOS DE COLETA:	HORA	T.AMBIEN	T.AMOST	PROF	SECCHI	COLETA	DATA COLET.			
3C						3,00	01/07/97	PROCEDÊNCIA:		
4	14:15	26,3	22,1	6,9	1	1,00	MANANCIAL	TEMPO:		
ORGANISMOS/PONTOS		1	ID	RW		2	ORGAN	ID	RW	QUANT
<i>Anabaena cf. oryzae</i>	1	80,4	0,04	24	308,7	2	160,8	0,07	24	617,4
<i>Aphanocapsa sp.</i>	3	241,2	0,10	50	1929,3	2	160,8	0,07	50	1286,2
<i>Aphanothece clathrata</i>	3	241,2	0,10	28	1080,4	1	80,4	0,04	28	360,1
<i>Arthrodesmus sp.</i>	3	241,2	0,10	3	115,8	3	241,2	0,10	3	115,8
<i>Aulacoseira ambigua</i>	2	160,8	0,07	5	128,6	2	160,8	0,07	5	128,6
<i>Aulacoseira granulata</i>	2	160,8	0,07	5	128,6	2	160,8	0,07	5	128,6
<i>Chlamydomonas sp.</i>	3	241,2	0,10	2	77,2	4	321,5	0,12	2	102,9
<i>Chlorella sp.</i>	1	80,4	0,04	3	38,6	1	80,4	0,04	3	38,6
<i>Chlorococcum sp.</i>	1	80,4	0,04	2	25,7	1	80,4	0,04	2	25,7
<i>Chroococcus sp.</i>	2	160,8	0,07	2	51,4	1	80,4	0,04	2	25,7
<i>Closterium sp.</i>	1	80,4	0,04	2	25,7	2	160,8	0,07	2	51,4
<i>Cryptomonas sp.</i>	2	160,8	0,07	4	102,9	1	80,4	0,04	4	51,4
<i>Cyclotella sp.</i>	0	0,0	0,00	4	0,0	0	0,0	0,00	4	0,0
<i>Dactylococcopsis sp.</i>	1	80,4	0,04	1	12,9	1	80,4	0,04	1	12,9
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	1	80,4	0,04	4	51,4	1	80,4	0,04	4	51,4
<i>Dinobryon bavaricum</i>	1	80,4	0,04	25	321,5	1	80,4	0,04	25	321,5
<i>Dinobryon sertularia</i>	5	401,9	0,14	5	321,5	5	401,9	0,15	5	321,5
<i>Eudorina elegans</i>	1	80,4	0,04	16	205,8	1	80,4	0,04	16	205,8
<i>Euglena acus</i>	1	80,4	0,04	10	128,6	1	80,4	0,04	10	128,6
Fitoflagelado	0	0,0	0,00	1	0,0	0	0,0	0,00	1	0,0
<i>Gloeocapsa sp.</i>	2	160,8	0,07	1	25,7	1	80,4	0,04	1	12,9
<i>Golenkinia sp.</i>	1	80,4	0,04	2	25,7	1	80,4	0,04	2	25,7
<i>Gomphosphaeria sp.</i>	1	80,4	0,04	23	295,8	1	80,4	0,04	23	295,8
<i>Lepocinclis sp.</i>	0	0,0	0,00	4	0,0	0	0,0	0,00	4	0,0
<i>Mallomonas sp.</i>	1	80,4	0,04	10	128,6	1	80,4	0,04	10	128,6
<i>Merismopedia tenuissima</i>	2	160,8	0,07	1	25,7	1	80,4	0,04	1	12,9
<i>Microcystis sp.</i>	1	80,4	0,04	225	2893,9	2	160,8	0,07	225	5787,8
<i>Monoraphidium sp.</i>	2	160,8	0,07	2	51,4	2	160,8	0,07	2	51,4
<i>Pediastrum simplex</i>	0	0,0	0,00	12	0,0	0	0,0	0,00	12	0,0
<i>Peridinium spp.</i>	5	401,9	0,14	12	771,7	6	482,3	0,17	12	926,0
<i>Phormidium sp.</i>	2	160,8	0,07	19	488,7	5	401,9	0,15	19	1221,9
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	121	9726,7	0,39	40	62250,8	115	9244,4	0,40	40	59164,0
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	1	80,4	0,04	3	38,6	1	80,4	0,04	3	38,6
<i>Scenedesmus protuberans</i>	1	80,4	0,04	6	77,2	1	80,4	0,04	6	77,2
<i>Staurastrum sp.</i>	3	241,2	0,10	3	115,8	1	80,4	0,04	3	38,6
<i>Staurastrum tetracerum</i>	1	80,4	0,04	3	38,6	1	80,4	0,04	3	38,6
<i>Strombomonas sp.</i>	0	0,0	0,00	6	0,0	0	0,0	0,00	6	0,0
<i>Tetraedron minimum</i>	3	241,2	0,10	1	38,6	5	401,9	0,15	1	64,3
<i>Trachelomonas hispida</i>	0	0,0	0,00	6	0,0	0	0,0	0,00	6	0,0
<i>Trachelomonas volvocina</i>	1	80,4	0,04	4	51,4	1	80,4	0,04	4	51,4
TOTAIS					7237,5		14228,3	2,4		71910,0

ELABORADO
POR: José Mauro S.Braga

BIOL.: Fernando Antônio Jardim

COPASA MG ANÁLISE HIDROBIOLÓGICA

TIPO:	FITOPLANKTON QUANTITATIVO									
CIDADE:	LAGOA SANTA									
PONTOS DE COLETA:	HORA	T.AMBIEN	°C	T.AMOSTR	PROF	metros	metros	COLETA	DATA COLET.	01/07/97
5	14:50	24,8		22,1	2,00		1,00	1,00	PROCEDÊNCIA:	MANANCIAL
6	15:25	30,8		22,7	2,8		1	1,00	TEMPO:	SOM
ORGANISMOS/PONTOS	1	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML	2	ORG/ML	ID	RW	UPA/ML
<i>Anabaena cf. oryzae</i>	5	268,0	0,13	24	1028,9	4	321,5	0,12	24	1234,7
<i>Aphanocapsa sp.</i>	4	214,4	0,11	50	1714,9	3	241,2	0,10	50	1929,3
<i>Aphanothece clathrata</i>	2	107,2	0,07	28	480,2	2	160,8	0,07	28	720,3
<i>Arthrodesmus sp.</i>	1	53,6	0,04	3	25,7	3	241,2	0,10	3	115,8
<i>Aulacoseira ambigua</i>	2	107,2	0,07	5	85,7	2	160,8	0,07	5	128,6
<i>Aulacoseira granulata</i>	2	107,2	0,07	5	85,7	2	160,8	0,07	5	128,6
<i>Chlamydomonas sp.</i>	10	535,9	0,21	2	171,5	6	482,3	0,17	2	154,3
<i>Chlorella sp.</i>	1	53,6	0,04	3	25,7	1	80,4	0,04	3	38,6
<i>Chlorococcum sp.</i>	1	53,6	0,04	2	17,1	1	80,4	0,04	2	25,7
<i>Chroococcus sp.</i>	2	107,2	0,07	2	34,3	2	160,8	0,07	2	51,4
<i>Closterium sp.</i>	2	107,2	0,07	2	34,3	1	80,4	0,04	2	25,7
<i>Cryptomonas sp.</i>	3	160,8	0,09	4	102,9	1	80,4	0,04	4	51,4
<i>Cyclotella sp.</i>	0	0,0	0,00	4	0,0	0	0,0	0,00	4	0,0
<i>Dactylococcopsis sp.</i>	3	160,8	0,09	1	25,7	2	160,8	0,07	1	25,7
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	1	53,6	0,04	4	34,3	1	80,4	0,04	4	51,4
<i>Dinobryon bavaricum</i>	1	53,6	0,04	25	214,4	1	80,4	0,04	25	321,5
<i>Dinobryon sertularia</i>	5	268,0	0,13	5	214,4	5	401,9	0,15	5	321,5
<i>Eudorina elegans</i>	2	107,2	0,07	16	274,4	1	80,4	0,04	16	205,8
<i>Euglena acus</i>	1	53,6	0,04	10	85,7	1	80,4	0,04	10	128,6
Fitoflagelado	1	53,6	0,04	1	8,6	2	160,8	0,07	1	25,7
<i>Gloeocapsa sp.</i>	3	160,8	0,09	1	25,7	3	241,2	0,10	1	38,6
<i>Golenkinia sp.</i>	1	53,6	0,04	2	17,1	1	80,4	0,04	2	25,7
<i>Gomphosphaeria sp.</i>	1	53,6	0,04	23	197,2	1	80,4	0,04	23	295,8
<i>Lepocincilis sp.</i>	1	53,6	0,04	4	34,3	2	160,8	0,07	4	102,9
<i>Mallomonas sp.</i>	1	53,6	0,04	10	85,7	1	80,4	0,04	10	128,6
<i>Merismopedia tenuissima</i>	1	53,6	0,04	1	8,6	1	80,4	0,04	1	12,9
<i>Microcystis sp.</i>	1	53,6	0,04	225	1929,3	2	160,8	0,07	225	5787,8
<i>Monoraphidium sp.</i>	2	107,2	0,07	2	34,3	2	160,8	0,07	2	51,4
<i>Pediastrum simplex</i>	0	0,0	0,00	12	0,0	0	0,0	0,00	12	0,0
<i>Peridinium spp.</i>	3	160,8	0,09	12	308,7	6	482,3	0,17	12	926,0
<i>Phormidium sp.</i>	5	268,0	0,13	19	814,6	2	160,8	0,07	19	488,7
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	124	6645,2	0,43	40	42529,5	101	8119,0	0,46	40	51961,4
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	1	53,6	0,04	3	25,7	1	80,4	0,04	3	38,6
<i>Scenedesmus protuberans</i>	1	53,6	0,04	6	51,4	1	80,4	0,04	6	77,2
<i>Staurastrum sp.</i>	2	107,2	0,07	3	51,4	3	241,2	0,10	3	115,8
<i>Staurastrum tetracerum</i>	2	107,2	0,07	3	51,4	1	80,4	0,04	3	38,6
<i>Strombomonas sp.</i>	0	0,0	0,00	6	0,0	0	0,0	0,00	6	0,0
<i>Tetraedron minimum</i>	2	107,2	0,07	1	17,1	3	241,2	0,10	1	38,6
<i>Trachelomonas hispida</i>	0	0,0	0,00	6	0,0	0	0,0	0,00	6	0,0
<i>Trachelomonas volvocina</i>	2	107,2	0,07	4	68,6	3	241,2	0,10	4	154,3
TOTAIS		10925,3	2,9		50918,3		14067,6	3,0		65967,9

ELABORADO POR: José Mauro S.Braga BIOL.: Fernando Antônio Jardim

=====
 COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB
 =====

CIDADE : LAGOA SANTA PROCED. : MANANCIAL SOLICIT.: SCRD
 DATA-COL :01/07/97 DATA-ANL :03/07/97 LOTE :6545 COLETOR : AMENONIA
 PONTO DE COLETA : PONTO 1A SECCHI:XXX ELABOR.: MAURO

=====
 V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 nm

 AMOSTRA (mg/m3) : REPLICA (mg/m3)

 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:900.00 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:900.00 .

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cl _a :	12.816	750a	0.000	Cl _a :	11.036
664a	0.096	fa :	2.136	664a	0.090	fa :	3.667
647a	0.019	Cl _a /fa :	1.600	647a	0.022	Cl _a /fa :	1.525
630a	0.013	Cl _a :	14.765	630a	0.013	Cl _a :	13.756
430a	0.339	Cl _b :	0.000	430a	0.307	Cl _b :	0.000
750d	0.000	Cl _c :	0.187	750d	0.000	Cl _c :	0.016
665d	0.060	I.D.P. :	3.531	665d	0.059	I.D.P. :	3.411

 GOLTERMAN MED. Cl_a: 11.93 MED. fa :2.90 MED. Cl_a/fa: 1.56
 STRICKLAND MED. Cl_a: 14.26 MED. Cl_b :0.00 MED. Cl_c : 0.10

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 3.47

 OBSERVACOES:

RESPONSAVEL:

Mauro S. Braga

SINIO

(Handwritten signature)

DATA: 08/07/97

=====
 COPASA-RG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB
 =====

CIDADE : LAGOA SANTA PROCED. : MANANCIAL SOLICIT.: SCRD
 DATA-COL : 01/07/97 DATA-ANL : 03/07/97 LOTE : 6545 COLETOR : AMENONIA
 PONTO DE COLETA : PONTO 1B SECCHI:XXX ELABOR.: MAURO

=====
 V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 nm
 =====

AMOSTRA (mg/m3) : REPLICAS (mg/m3)

V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:800.00 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:800.00

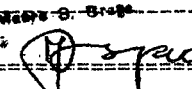
h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cla :	12.416	750a	0.000	Cla :	15.620
664a	0.082	fa :	1.881	664a	0.088	fa :	0.000
647a	0.017	Cla/fa :	1.608	647a	0.018	Cla/fa :	1.796
630a	0.011	Cla:	14.172	630a	0.010	Cla :	15.215
430a	0.305	C1b :	0.000	430a	0.327	C1b :	0.000
750d	0.000	C1c :	0.054	750d	0.000	C1c :	0.000
665d	0.051	I.D.P. :	3.720	665d	0.049	I.D.P.:	3.716

GOLTERMAN MED. Cla: 14.02 MED. fa :0.94 MED. Cla/fa: 1.70
 STRICKLAND MED. Cla: 14.69 MED. C1b :0.00 MED. C1c : 0.03

=====
 INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 3.72
 =====

OBSERVACOES:

RESPONSAVEL:

João Manoel B. Braga
 24010


DATA: 08/07/97

=====
 COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLR
 =====

CIDADE : LAGOA SANTA PROCED. : MANANCIAL SOLICIT.: SCRD
 DATA-COL : 01/07/97 DATA-ANL : 03/07/97 LOTE : 6545 COLETOR : AMENONIA
 PONTO DE COLETA : PONTO 1C SECCHI:XXX ELABDR.: MAURO

=====
 V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 nm
 =====

AMOSTRA (mg/m3) (REPLICAS (mg/m3)

=====
 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:700.00 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:700.00
 =====

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cla :	10.985	750a	0.000	Cla :	14.189
664a	0.079	fa :	6.636	664a	0.081	fa :	1.831
647a	0.016	Cla/fa :	1.436	647a	0.014	Cla/fa :	1.620
630a	0.008	Cla:	15.615	630a	0.008	Cla :	16.075
430a	0.245	C1b :	0.000	430a	0.243	C1b :	0.000
750d	0.000	C1c :	0.000	750d	0.000	C1c :	0.000
665d	0.055	I.D.P. :	3.101	665d	0.050	I.D.P. :	3.000

=====
 GOLTERMAN MED. Cla: 12.59 MED. fa :4.23 MED. Cla/fa: 1.53
 STRICKLAND MED. Cla: 15.85 MED. C1b :0.00 MED. C1c : 0.00
 =====

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 3.05

=====
 OBSERVACOES:
 =====

RESPONSAVEL :

João Manoel S. Erpe
 14219-8

DATA: 02/07/97

=====
 COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB
 =====

CIDADE : LAGOA SANTA PROCED. : MANANCIAL SOLICIT.: SCRD
 DATA-COL : 01/07/97 DATA-ANL : 03/07/97 LOTE : 6545 COLETOR : AMENDONIA
 PONTO DE COLETA : PONTO 02 SECCHI:XXX ELABOR.: MAURO

=====
 V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 mm
 =====

AMOSTRA (mg/m3) : REPLICAS (mg/m3)

 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:700.00 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:700.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cla :	12.816	750a	0.000	Cla :	10.527
664a	0.077	fa :	2.883	664a	0.076	fa :	6.453
647a	0.016	Cla/fa :	1.571	647a	0.014	Cla/fa :	1.434
630a	0.012	Cla:	15.204	630a	0.011	Cla :	15.057
430a	0.273	Clb :	0.000	430a	0.266	Clb :	0.000
750d	0.000	Clc :	0.756	750d	0.000	Clc :	0.624
665d	0.049	I.D.P. :	3.545	665d	0.053	I.D.P.:	3.500

GOLTERMAN MED. Cla: 11.67 MED. fa :4.67 MED. Cla/fa: 1.50
 STRICKLAND MED. Cla: 15.13 MED. Clb :0.00 MED. Clc : 0.69

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 3.52

OBSERVACOES:

RESPONSAVEL:

~~MAURO~~ *MAURO*

MAURO

DATA: 08/07/97

```

=====
COPASA-NG          *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS ***  DVTC/SCLB
=====

CIDADE : LAGGA SANTA          PROCED. : MANANCIAL          SOLICIT. :   SCR D
DATA-COL : 01/07/97  DATA-ANL : 03/07/97          LOTE : 6545          COLETOR : AMENONIA
PONTO DE COLETA :   PONTO 3A          SECCHI:XXX          ELABOR. :   MAURD

=====
V. CUBETA: 1 ml          P.OTICO 1.0 cm          FENDA : 0.2 nm
=====
          AMOSTRA (mg/m3)          :          REPLICAS (mg/m3)
-----
V. EXTRATO:12.00          FILTRADO:700.00          V. EXTRATO:12.00          FILTRADO:700.00
-----
h          Leitura          Param.          Valor          h          Leitura          Param.          Valor
-----
750a          0.000          Cla :          13.731          750a          0.000          Cla :          16.020
664a          0.077          fa :          1.327          664a          0.084          fa :          0.000
647a          0.014          Cla/fa :          1.639          647a          0.014          Cla/fa:          1.714
630a          0.010          Cla:          15.259          630a          0.012          Cla :          16.680
430a          0.276          Clb :          0.000          430a          0.294          Clb :          0.000
750d          0.000          Clc :          0.177          750d          0.000          Clc :          0.816
665d          0.047          I.D.P. :          3.584          665d          0.049          I.D.P.:          3.500
-----
GOLTERMAN          MED. Cla:          14.88          MED. fa :0.66          MED. Cla/fa:          1.68
STRICKLAND          MED. Cla:          15.97          MED. Clb :0.00          MED. Clc :          0.50
-----
          INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS          :          3.54
-----
OBSERVACOES:
-----
RESPONSAVEL:  JOSE MARIO B. BRAGA          DATA: 08/07/97
                14210-3          [Signature]
=====

```

=====
 COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB
 =====

CIDADE : LAGOA SANTA PROCED. : MANANCIAL SOLICIT. : SCRD
 DATA-COL : 01/07/97 DATA-ANL : 03/07/97 LOTE : 6545 COLETOR : AMENONIA
 PONTO DE COLETA : PONTO 3B SECCHI:XXX ELABOR. : MAURO

=====
 V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 mm
 =====

AMOSTRA (mg/m3) REPLICA (mg/m3)

V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:700.00 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:700.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cla :	12.816	750a	0.000	Cla :	13.731
664a	0.078	fa :	3.204	664a	0.074	fa :	0.365
647a	0.017	Cla/fa :	1.560	647a	0.012	Cla/fa :	1.682
630a	0.012	Cla :	15.382	630a	0.009	Cla :	14.705
430a	0.262	C1b :	0.000	430a	0.255	C1b :	0.000
750d	0.000	C1c :	0.597	750d	0.000	C1c :	0.101
665d	0.050	I.D.P. :	3.359	665d	0.044	I.D.P. :	3.446

GOLTERMAN MED. Cla: 13.27 MED. fa :1.78 MED. Cla/fa: 1.62
 STRICKLAND MED. Cla: 15.04 MED. C1b :0.00 MED. C1c : 0.35

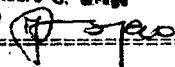
INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 3.40

OBSERVACOES:

RESPONSAVEL:

Mauro S. Braga

14219



DATA:

08/07/97

=====
 COPASA-RG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB
 =====

CIDADE : LAGOA SANTA PROCED. : MANANCIAL SOLICIT.: SCRD
 DATA-COL :01/07/97 DATA-ANL :03/07/97 LOTE :6545 COLETOR : AMENONIA
 PONTO DE COLETA : PONTO 3C SECCHI:XXX ELABOR.: MAURO

=====
 V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 nm
 =====

AMOSTRA (mg/m3) 1 REPLICAS (mg/m3)

 V. EXTRATO:12.00 FILTRADO:700.00 V. EXTRATO:12.00 FILTRADO:700.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cl _a :	10.985	750a	0.000	Cl _a :	7.781
664a	0.075	fa :	5.354	664a	0.062	fa :	6.636
647a	0.020	Cl _a /fa :	1.471	647a	0.008	Cl _a /fa :	1.378
630a	0.015	Cl _a :	14.686	630a	0.006	Cl _a :	12.377
430a	0.246	Cl _b :	0.000	430a	0.215	Cl _b :	0.000
750d	0.000	Cl _c :	1.553	750d	0.000	Cl _c :	0.000
665d	0.051	I.D.P. :	3.280	665d	0.045	I.D.P. :	3.468

GOLTERMAN MED. Cl_a : 9.38 MED. fa :5.99 MED. Cl_a/fa : 1.42
 STRICKLAND MED. Cl_a : 13.53 MED. Cl_b :0.00 MED. Cl_c : 0.78

 INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 3.37

OBSERVACOES:

RESPONSAVEL: *Mauro B. Braga*

DATA: *08/07/97*

=====

COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLR

=====

CIDADE : LAGOA SANTA PROCED. : MANANCIAL SOLICIT.: SCRD

DATA-COL : 01/07/97 DATA-ANL : 03/07/97 LOTE : 6545 COLETOR : AMENDONIA

PONTO DE COLETA : PONTO 04 SECCHI:XXX ELABOR.: MAURO

=====

V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 nm

=====

 AMOSTRA (mg/m3) i REPLICA (mg/m3)

V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:700.00 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:700.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cla :	13.274	750a	0.000	Cla :	14.647
664a	0.076	fa :	1.785	664a	0.081	fa :	1.053
647a	0.014	Cla/fa :	1.617	647a	0.015	Cla/fa :	1.653
630a	0.011	Cla:	15.057	630a	0.011	Cla :	16.044
430a	0.276	C1b :	0.000	430a	0.291	C1b :	0.000
750d	0.000	C1c :	0.624	750d	0.000	C1c :	0.351
665d	0.047	I.D.P. :	3.632	665d	0.049	I.D.P. :	3.593

GOLTERMAN MED. Cla: 13.96 MED. fa :1.42 MED. Cla/fa: 1.64

STRICKLAND MED. Cla: 15.55 MED. C1b :0.00 MED. C1c : 0.49

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 3.61

OBSERVACOES:

RESPONSAVEL :

João Manoel B. Braga

14218-9

DATA: 08/07/97

=====
 COPASA-MG *** ANALISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB
 =====

CIDADE : LAGOA SANTA PROCED. : MANANCIAL SOLICIT.: SCRDB
 DATA-COL : 01/07/97 DATA-ANL : 03/07/97 LOTE : 6545 COLETOR : AMENONIA
 PONTO DE COLETA : PONTO 05 SECCHI:XXX ELABOR.: MAURO

=====
 V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 nm

AMOSTRA (mg/m³) : REPLICAS (mg/m³)

V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:700.00 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:700.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cl _a :	13.274	750a	0.000	Cl _a :	14.647
664a	0.072	fa :	0.502	664a	0.077	fa :	0.000
647a	0.015	Cl _a /fa :	1.674	647a	0.016	Cl _a /fa :	1.711
630a	0.010	Cl _a :	14.217	630a	0.009	Cl _a :	15.207
430a	0.257	Cl _b :	0.000	430a	0.265	Cl _b :	0.000
750d	0.000	Cl _c :	0.189	750d	0.000	Cl _c :	0.000
665d	0.043	I.D.P. :	3.569	665d	0.045	I.D.P. :	3.442

GOLTERMAN MED. Cl_a : 13.96 MED. fa : 0.25 MED. Cl_a/fa : 1.69
 STRICKLAND MED. Cl_a : 14.71 MED. Cl_b : 0.00 MED. Cl_c : 0.09

=====
 INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 3.51

OBSERVACOES:

RESPONSAVEL: *João Mauro S. Braga*
João Mauro S. Braga

DATA: *02/07/97*

=====
 COPASA-MG *** ANÁLISE ESPECTROFOTOMETRICA DE PIGMENTOS *** DVTC/SCLB
 =====

CIDADE : LAGOA SANTA PROCED. : MANANCIAL SOLICIT.: SCR9
 DATA-COL : 01/07/97 DATA-ANL : 03/07/97 LOTE : 6545 COLETOR : AMENDONIA
 PONTO DE COLETA : PONTO 06 SECCHI:XXX ELABOR.: MAURO

=====
 V. CUBETA: 1 ml P.OTICO 1.0 cm FENDA : 0.2 mm
 =====

AMOSTRA (mg/m3) : REPLICAS (mg/m3)

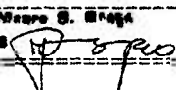
 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:700.00 V.EXTRATO:12.00 FILTRADO:700.00

h	Leitura	Param.	Valor	h	Leitura	Param.	Valor
750a	0.000	Cla :	9.612	750a	0.000	Cla :	11.901
664a	0.059	fa :	2.565	664a	0.066	fa :	0.915
647a	0.009	Cla/fa :	1.553	647a	0.013	Cla/fa :	1.650
630a	0.005	Cla :	11.741	630a	0.006	Cla :	13.058
430a	0.210	C1b :	0.000	430a	0.236	C1b :	0.000
750d	0.000	C1c :	0.000	750d	0.000	C1c :	0.000
665d	0.038	I.D.P. :	3.559	665d	0.040	I.D.P. :	3.576

GOLTERMAN MED. Cla: 10.76 MED. fa :1.74 MED. Cla/fa: 1.60
 STRICKLAND MED. Cla: 12.40 MED. C1b :0.00 MED. C1c : 0.00

INDICE DE DIVERSIDADE DE PIGMENTOS : 3.57

OBSERVACOES:

RESPONSAVEL : João Mauro S. Braga
14219-3  DATA: 08/07/97

Application of Continuous Measurement of Fluorescence Determination of Chlorophyll *a* Emitted by the Phytoplanktonic Communities.

Amenônia Maria Ferreira Pinto

SUMMARY

A methodology has been developed to determine the concentration of chlorophyll *a* of the phytoplanktonic community in a diversified water bodies, by means of fluorescence technique. This methodology requires the fluorometer to be equipped with the F4T5.B2/BP lamp (*blue lamp*), the excitation filter equivalent to the Cs 5-60 (340-500 nm) and the 680 nm emission filter. This configuration minimizes the interference's characteristic of the spectrophotometric method and makes possible to determine chlorophyll *a* both *in vivo* and *in situ*, by measuring the fluorescence of the pigments. The methodology has been tested in two distinct environments: the Vargem das Flores reservoir, located in Betim, Minas Gerais, and the urban lagoon located in the paleo-karstic region of Lagoa Santa, also in Minas Gerais. ©

A TURNER DESIGNS 10-AU fluorometer were used in a continuous scanning made during field work.

Besides fluorescence, other limnologic parameters were measured as follows: nutrients nitrogen and phosphorus, dissolved oxygen, temperature, water conductivity, total dissolved solids, qualitative and quantitative patterns of phytoplankton distribution, and light penetration by Secchi disc. A bathymetric survey of both water bodies was also performed.

During field work, water samples were collected for spectrophotometric determination of chlorophyll *a*, comparison and calibration of the field results.

In the Vargem das Flores reservoir chlorophyll *a* concentrations ranged between 0.5 and 3.4 mg/m³, while maximum concentration values in the Lagoa Santa lagoon were as high as 20 mg/m³.

The predominant algae groups in Vargem das Flores are *Cryptophytas*, followed by *Cyanophytas*, represented by the species *Cryptomonas* and *Dactylococcopsis*. In Lagoa Santa was verified the predominance of the *Cyanophytas*. The dominant genus was *Raphidiopsis*, present in 58% to 72% of the identified organisms.

Simplicity, versatility and economy, together with the possibility of obtaining a huge mass of field data in each measuring campaign, demonstrate the methodology to be largely justifiable for environmental studies.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. Chlorophyll. In: —, —, —. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington, DC: APHA, 1995, p. 10-17.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. Checking correctness of analyses. In: —, —, —. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. Washington, DC: APHA, 1995, p. 1-12.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard practices for measurement of chlorophyll content of algae in surface water. In: —. **Annual book of ASTM standards**. West Conshohocken: ASTM, 1996. V.11.04: Environmental assessment; hazardous substances and oil spill responses; waste management; environmental risk management. (ASTM-D-3731-87)
- BAKER, K. S., SMITH, R. C., NELSON, J. R. Chlorophyll determinations with filter fluorometer: lamp/filter combination can minimize error. **Limnol. Oceanogr.**, Baltimore, v. 28, n. 5, p. 1037-1040, 1983.
- BARBOSA, F. A. R., et al. Estudos limnológicos na região cárstica central de Minas Gerais I. Caracterização preliminar da Lagoa Santa. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, v. 4, 1984, São Carlos, **Anais ... Seminário Regional Ecologia**, São Carlos: UFSCAR, 1984, p. 395-437.
- BARBOSA, F. A. R., RYLANDS, A. B., OLIVEIRA, S. J. Drastic decrease in algal diversity caused by human impact on na urban lake in south-east Brazil. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, Stuttgart, v.25, p. 939-941, 1993.
- BARBOSA, F. A. R., et al. **Estudos ambientais e propostas de manejo na região do carste do planalto de Lagoa Santa**. Belo Horizonte: FAPEMIG, 1994. Relatório Final.
- BIDIGARE, R. R., KENNICUTT II, M. C., BROOKS J. M. Rapid determination of chlorophylls and their degradation products by HPLC. **Limnol. Oceanogr.**, Baltimore, v. 30, n. 2, p. 432-435, 1985.
- BOURRELY, P. **Les algues d'eau douce: initiation à la systématique, 2: les algues jaunes et brunes, les crysophycées, phéophycées, xanthophycées et diatomées**. Paris: Éditions N. Boubée, 1968. v. 2.

- BOURRELY, P. **Les algues d'eau douce: initiation à la systématique, 1: les algues vertes.** Paris: Éditions N. Boubée, 1972. v. 1.
- BOURRELY, P. **Les algues d'eau douce: initiation à la systématique, 3: les algues bleues et rouges, les eugléniens, peridiniens et cryptomonadines.** Paris: Éditions N. Boubée, 1985. v. 3.
- BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária.** 3. ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986, p. 394-395.
- CAPERON, J., CATTELL, S. A., KRASNICK, G. Phytoplankton kinetics in a subtropical estuary: Eutrophication. **Limnol. Oceanogr.**, Baltimore, v. 16, p. 599-607, 1971.
- CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnol. Oceanogr.**, Baltimore, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1977.
- CARMOUZE, J. P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas.** São Paulo: Edgard Blücher/FAPESP, 1994.
- CREITZ, G. I., RICHARDS, F. A. The estimation and characterization of plankton populations by pigment analysis. III. A note on the use of *Millipore* membrane filters in the estimation of plankton pigments. **J. Mar. Res.**, v. 14, n. 3, p. 211-216, 1955.
- DILLON, P. J., RIGLER, F. H. The phosphorus chlorophyll relationship in lakes. **Limnol. Oceanogr.**, Baltimore, v. 19, p. 767-773, 1974.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência/FINEP 1988.
- FLEMER, D. Continuous measurement of chlorophyll of a dinoflagellate bloom in Chesapeake Bay. **Chesapeake Science**, Solomons, v. 10, p. 99-103, 1969.
- GIBBS, C. F. Chlorophyll *b* interference in the fluorometric determination of chlorophyll *a* and phaeo-pigments. **Aust. J. Mar. Freshwater Res.**, Melbourne, v. 30, p. 597-606, 1979.
- GOLTERMAN, H. **Methods for chemical analysis of fresh water.** Blackwell Scientific Publication: Oxford and Edinburg, 1969. (IBP Handbook, 8)
- GOODWIN, R. H. Fluorometric method for estimating small amounts of chlorophyll *a*. **Analyt. Chem.**, Washington, DC, v. 19, p. 789-794, 1947
- HIDROSISTEMAS. **Diagnóstico de situação e projeto de melhorias nos sistemas de monitoração e desenvolvimento de mananciais.** Belo Horizonte: Hidrosistemas, 1991. v. 1. (Relatório RP-ACN/004)

- HOLM-HANSEN O., et al. Fluorimetric determination of chlorophyll. **J. Cons. Perm. Int. Explr. Mer**, Copenhagen, v. 30, p. 3-15, 1965.
- HUTCHINSON, G. E. **A treatise on limnology. I. Geography, physics, and chemistry**. New York: John Wiley, 1957 apud WETZEL, R. G. **Limnologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (Vienna), CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR (Belo Horizonte). **Project Assessment of groundwater resources in Minas Gerais**. 1997. (IAEA-TC Project BRA/8/026)
- KALLE, K. Meereskundlich-Chemische Untersuchungen mit Hilfe des Pulfrich-Photometers von Zeiss. VII. Die Mikrobestimmung des Chlorophylls und der Eigenfluoreszenz des Meerwassers. **Deutsch. Hydrogr. Zeitschr.**, v.4, 1951.
- KIEFER, D. A. Fluorescence properties of natural phytoplankton populations. **Marine Biology**, Berlin, v. 22, p. 263-269, 1973.
- KOHLER, H. C. A evolução morfogenética da Lagoa Santa - MG. **Anais do XXX Cong. Bras. Geol.**, Recife, v. 1, p. 147-152, 1978 apud BARBOSA, F. A. R., et al. Estudos limnológicos na região cárstica central de Minas Gerais I. Caracterização preliminar da Lagoa Santa. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, v. 4, 1984, São Carlos, **Anais ... Seminário Regional Ecologia**, São Carlos: UFSCAR, 1984, p. 395-437.
- KREY, J. Chemical methods of estimating standing crop of phytoplankton. **Rapp. Proc. Verb. Cons. Perm. Int. Explor. Mer**, v. 144, p. 20-27, 1958.
- LOFTUS, M. E., CARPENTER, J. H. A fluorometric method for determining chlorophylls *a*, *b* and *c*. **J. Mar. Res.**, v. 29, n. 3, p. 319-338, 1971.
- LORENZEN C. J. A method for the continuous measurement of *in vivo* chlorophyll concentration. **Deep-Sea Res.**, Oxford, v. 13, p. 223-227, 1966.
- LORENZEN C. J. Determination of chlorophyll in pheopigments: spectrophotometric equations. **Limnol. Oceanogr.**, Baltimore, v. 12, p. 990-992, 1967.
- MARGALEF R. Organismos. In: —. **Limnology**. Barcelona: Omega, 1983, p. 252-259.
- MONTOURA, R. F., LLEWELLYN, C. A. The rapid determination of algal chlorophyll and carotenoid pigments and their breakdown products in natural waters by reverse-phase high-performance liquid chromatography. **Anal. Chim. Acta.**, Amsterdam, v. 151, p. 297-314, 1983.
- MURPHY, J., RILLEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chim. Acta.**, Amsterdam, v. 27, p. 31-36, 1962
- ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1988

- POWELL, T. M., et al. Spatial scales of current speed and phytoplankton biomass fluctuations in lake Tahoe. **Science**, Washington, DC, v. 189, p. 1088-1089, 1975.
- RAVEN, V. H., EVERTE, R. F., CURTIS, H. **Biologia Vegetal**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1985.
- RICHARDS, F. A., THOMPSON, T. G. The estimation and characterization of plankton populations by pigment analysis. II. A spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments. **J. Mar. Res.**, v.11, p. 156-172, 1952.
- SHANNON, C. E. A, WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana, Univ. Illinois Press., 1949 apud WETZEL, R. G. **Limnologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993.
- SLOVACEK, R. E., HANNAN, P. J. *In vivo* fluorescence determinations of phytoplankton chlorophyll *a*. **Limnol. Oceanogr.**, Baltimore, v. 22, p. 919-25, 1977.
- STRICKLAND, J. D. H. Continuous measurement of *in vivo* chlorophyll; a precautionary note. **Deep-Sea Research**, Oxford, v.15, p. 225-227, 1968.
- STRICKLAND, J. D. H., PARSONS, T. R. A practical handbook of sea water analysis. **Bull. Fish. Res. Board. Can.**, Ottawa, v. 167, p. 311, 1968.
- TUNZI, M., CHU M., BAIN, R. *In vivo* fluorescence, extracted fluorescence, and chlorophyll concentrations in algal mass measurements. **Water Res.**, Oxford, v. 8, p. 623-636, 1974.
- TURNER DESIGNS. **Fluorometric facts - chlorophyll and pheophytin**. Sunnyvale: 1983. (bulletin 101).
- TURNER DESIGNS. **Model 10-AU-005 field fluorometer user's manual. Part number 10-AU-075**. Sunnyvale: 1993.
- TURNER DESIGNS. **A procedure for measuring extracted chlorophyll a free from the errors associated with chlorophyll b and pheopigments**. Sunnyvale: 1994.
- TURNER DESIGNS. **Chlorophyll measurements with the 10-AU digital fluorometer**. Sunnyvale: 1995.
- WELSCHMEYER, N. A. Fluorometric analysis of chlorophyll *a* in presence of chlorophyll *b* and pheopigments **Limnol. Oceanogr.**, Baltimore, v. 39, n. 8, p. 1985-1992, 1994.
- WETZEL, R. G. **Limnologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993.
- WRIGHT, S. W., SHEARER, J. D. Rapid extraction and HPLC of chlorophylls and carotenoids from marine phytoplankton, **J. Chrom.**, Amsterdam, v. 294, p. 281-295, 1984.

YENTSCH C. S., MENZEL D. W. A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. **Deep-Sea Res.**, Oxford, v. 10, p. 221-231, 1963.