**APLICAÇÃO DA ABORDAGEM
ECOSSISTÊMICA AO ESTUDO DA
MICROBACIA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ
(SÃO CARLOS - SP)**

Corina Verónica Sidagis Galli

DEDALUS - Acervo - EESC

31100016825

**Dissertação apresentada à
Escola de Engenharia de São
Carlos, Universidade de São
Paulo, como parte dos
requisitos para a obtenção do
Título de Mestre em Ciências
da Engenharia Ambiental.**

ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. Odete Rocha

**São Carlos
1997**

Class.	TESE - 6280
Curr.	5351
Tombo	1008498

at 0949528

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC-USP

S568a Sidagis Galli, Corina Verónica
Aplicação da abordagem ecossistêmica ao estudo
da microbacia do Córrego São José (São Carlos -
SP)/ Corina Verónica Sidagis Galli. -- São
Carlos, 1997.

Dissertação (Mestrado). -- Escola de Engenharia
de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1997.
Área: Ciências da Engenharia Ambiental
Orientadora: Profa. Dra. Odete Rocha

1. Abordagem ecossistêmica. 2. Córregos.
3. Reservatórios. 4. Bacia hidrográfica. I. Título

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Licenciada **CORINA VERÔNICA SIDAGIS GALLI**

Dissertação defendida e aprovada em 30-01-1998
pela Comissão Julgadora:

Profa. Tit. **ODETE ROCHA (Orientadora)**
(Universidade Federal São Carlos - UFSCar)

Profa. Doutora **MARIA DO CARMO CALIJURI**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)

Prof. Doutor **MARCOS GOMES NOGUEIRA**
(UNESP - Campus de Botucatu)

Profa. Doutora **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Coordenadora da Área de Ciências da Engenharia Ambiental

Prof. Titular **FAZAL HUSSAIN CHAUDHRY**
Decano da Comissão de Pós-Graduação da EESC

Dedico este trabalho aos meus pais
Corina e José Pedro.

“Yo no sé muchas cosas, es verdad.
Digo tan solo lo que he visto y he
visto...”

León Felipe

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Prof.^a Dr.^a Odete Rocha, pela confiança e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Dr. José Galizia Tundisi, pela oportunidade oferecida e pelo exemplo como profissional.

À Prof.^a Dr.^a Maria do Carmo Calijuri pela infraestrutura cedida no Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo e pelas sugestões realizadas para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Programa de Estudantes-Convênio de Pós-graduação, à CAPES e à Embaixada da República Federativa do Brasil em Montevideo, Uruguai, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores, funcionários e colegas do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, especialmente a: Amândio de Menezes Nogueira, América Jacinto de Moraes, Claudete A. Poianas da Silva, José Roberto Maramarque, Luci Aparecida Queiroz, Marcelo de Menezes Nogueira, Regina C. Vidal Medeiros e Valdomiro Antônio Filho pela colaboração no desenvolvimento do projeto.

A minha família, pela confiança depositada em mim e pelo contínuo estímulo.

Aos meus amigos e colegas pelo carinho, força e críticas. Especialmente a Rita, Sussumo, Adriana, Marlon, Guillermo, Elsitá, Esperanza, Alfredo, Abílio, Ricardo, Selma, Daniel, Cecília, Alejandra e Mónica.

A todos aqueles que de uma forma ou de outra colaboraram para a realização deste trabalho e fizeram mais grata minha estadia no Brasil.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	9
3. DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	10
3.1. Localização.....	10
3.2. Geomorfologia, pedologia e potencialidade dos solos.....	10
3.3. Clima.....	12
3.4. Vegetação.....	12
3.5. Uso e ocupação da bacia.....	13
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4.1. Estações de amostragem.....	16
4.2. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica.....	25
a. Índice de forma.....	25
b. Relação de alongação.....	25
c. Relação de relevo.....	26
d. Densidade hidrográfica.....	26
e. Ordem de canal.....	27
4.3. Variáveis climatológicas.....	27
a. Temperatura do ar.....	27
b. Precipitação.....	27
c. Radiação solar.....	28
d. Velocidade do vento.....	28
4.4. Variáveis hidrológicas.....	28
a. Velocidade de escoamento.....	28
b. Vazão.....	28
4.5. Variáveis físicas e químicas.....	29
a. Transparência da água.....	29
b. Temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH e condutividade.....	29
c. Alcalinidade e formas de carbono.....	30
d. Material em suspensão.....	30
e. Determinação de nutrientes.....	30
f. Balanço de massa dos nutrientes.....	31
4.6. Variáveis biológicas.....	31
a. Determinação da clorofila <i>a</i> total.....	31
b. Análise da comunidade fitoplanctônica dos reservatórios.....	32

<i>c. Análise da comunidade zooplanctônica dos reservatórios.....</i>	33
4.7. Índices de estado trófico.....	34
4.8. Análise numérica.....	35
5. RESULTADOS.....	37
5.1. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica.....	37
5.2. Variáveis climatológicas.....	38
<i>a. Temperatura do ar.....</i>	38
<i>b. Precipitação.....</i>	39
<i>c. Radiação solar.....</i>	40
<i>d. Velocidade do vento.....</i>	40
5.3. Variáveis hidrológicas.....	40
<i>a. Velocidade de escoamento e vazão.....</i>	43
5.4. Variáveis físicas e químicas.....	43
<i>a. Transparência da água.....</i>	44
<i>b. Temperatura da água.....</i>	47
<i>c. Oxigênio dissolvido.....</i>	50
<i>d. pH.....</i>	51
<i>e. Condutividade.....</i>	54
<i>f. Alcalinidade.....</i>	56
<i>g. Formas de carbono.....</i>	60
<i>h. Material em suspensão.....</i>	65
<i>i. Nutrientes.....</i>	81
<i>j. Balanço de massa dos nutrientes.....</i>	86
5.5. Variáveis biológicas.....	86
<i>a. Clorofila <i>a</i> total.....</i>	87
<i>b. Análise da comunidade fitoplanctônica dos reservatórios.....</i>	93
<i>c. Análise da comunidade zooplanctônica dos reservatórios.....</i>	98
5.6. Índices de estado trófico.....	100
5.7. Análise numérica.....	109
6. DISCUSSÃO.....	139
7. CONCLUSÕES.....	142
8. RECOMENDAÇÕES.....	143
9. ANEXOS.....	148
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Localização geográfica da microbacia de estudo ao sudeste da cidade de São Carlos. Modificado de I.B.G.E. (1971).....	14
Figura 2.	Levantamento pedológico da região da microbacia do córrego São José. Modificado de GONÇALVES (1986).....	15
Figura 3.	Mapa indicando a localização das estações de coleta na microbacia e as principais fontes de impacto.....	18
Figura 4.	Vista do córrego Macuco na estação de coleta 1.....	19
Figura 5.	Vista do Sítio Macuco na beira de um dos reservatórios do córrego Macuco, logo após a estação de coleta 1.....	19
Figura 6.	Vista do local da estação de coleta 2, abaixo da ponte sobre o córrego Macuco, à montante do reservatório Iguá.....	20
Figura 7.	Vista do reservatório Iguá. A estação 3 está localizada na região central do reservatório.....	20
Figura 8.	Vista do reservatório Igaraba. A estação 4 está localizada na região central do reservatório.....	21
Figura 9.	Vista do reservatório Iembó. A estação de coleta está localizada na região central do reservatório.....	21
Figura 10.	Vista do córrego Águas da Prata na estação de coleta 6.....	22
Figura 11.	Vista parcial da Granja avícola Hildebrand, localizada entre as estações de coleta 6 e 7 do córrego Águas da Prata.....	22
Figura 12.	Vista do córrego Águas da Prata na estação de coleta 7.....	23
Figura 13.	Vista da microbacia à jusante da estação 7. A seta indica a localização do aterro sanitário da cidade de São Carlos.....	23
Figura 14.	Vista do córrego São José na estação de coleta 8 na Fazenda Itaguaçu.....	24
Figura 15.	Vista do córrego São José à jusante da estação de coleta 8.....	24
Figura 16.	Variação da temperatura média do ar (°C) durante o período de coleta na região de São Carlos.....	38
Figura 17.	Precipitação (mm) na região de São Carlos durante o período	

de amostragens.....	39
Figura 18. Radiação solar média ($\text{cal.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) durante o período de coleta na região de São Carlos.....	39
Figura 19. Valores médios da velocidade do vento durante o período de coleta na região de São Carlos.....	40
Figura 20. Variação da vazão ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) durante o período de estudo em cada estação de coleta.	42
Figura 21. Variações da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) nas estações 3, 4 e 5, durante o período de estudo.....	45
Figura 22. Variação espacial e temporal da concentração de O.D. (mg.L^{-1}) nos reservatórios do córrego Macuco durante o período de estudos.....	48
Figura 23. Variação espaço-temporal da condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) nos reservatórios do córrego Macuco.....	53
Figura 24. Concentrações médias dos diferentes nutrientes analisados nos períodos de chuva e seca para todas as estações da microbacia..	80
Figura 25. Abundâncias relativas dos diferentes grupos fitoplanctônicos nos três reservatórios do córrego Macuco (Iguá - Est.3, Igaraba - Est. 4 e Iembó - Est. 5) durante o período de estudos. O grupo aqui denominado Chrysophyta inclui as outras crisofíceas excetuando-se as bacilariofíceas.....	89
Figura 26. Abundâncias relativas dos diferentes grupos fitoplanctônicos durante os períodos de chuva e seca nos reservatórios do córrego Macuco(Iguá - Est.3, Igaraba - Est. 4 e Iembó - Est. 5). O grupo aqui denominado Chrysophyta inclui as outras crisofíceas excetuando-se as bacilariofíceas.....	90
Figura 27. Variação na densidade do fitoplâncton total nos reservatórios do córrego Macuco (Iguá - Est. 3, Igaraba - Est. 4 e Iembó - Est. 5) durante os períodos de chuva e seca em três profundidades (superfície - a, meio - b e fundo - c) da coluna d'água.....	91
Figura 28. Variação da densidade de cada grupo fitoplanctônico nos reservatórios do córrego Macuco (Iguá - Estação 3, Igaraba - Estação 4 e Iembó - Estação 5) ao longo do período de estudos	92
Figura 29. Abundâncias relativas dos diferentes grupos zooplanctônicos nos três reservatórios do córrego Macuco (Iguá - Est.3,	

	Igaraba - Est. 4 e Iembó - Est. 5) durante o período de estudos.....	94
Figura 30.	Abundâncias relativas dos diferentes grupos zooplancônicos nos períodos de chuva e seca nos reservatórios do córrego Macuco (Iguá - Est.3, Igaraba - Est. 4 e Iembó - Est. 5).....	95
Figura 31.	Variação da densidade total do zooplâncton nos reservatórios do córrego Macuco (Iguá - Estação 3, Igaraba- Estação 4 e Iembó - Estação 5) durante os períodos de chuva e seca.....	96
Figura 32.	Variação da densidade de cada grupo zooplancônico nos reservatórios do córrego Macuco (Iguá - Estação 3, Igaraba - Estação 4 e Iembó - Estação 5) ao longo do período de estudos	97
Figura 33.	Dendograma da análise de agrupamento ("cluster") das estações de coleta nos córregos da microbacia, com base na média dos valores das variáveis físicas, químicas e biológicas....	101
Figura 34.	Análise de componentes principais com a distribuição das estações dos córregos da microbacia com base nos valores das variáveis físicas, químicas e biológicas para todo o período de estudo. Cada estação está identificada pelo mês correspondente e o número de estação (1, 2, 6, 7 e 8).....	102
Figura 35.	Análise de componentes principais com a distribuição das variáveis estudadas nas estações dos córregos da microbacia com base nos valores das variáveis físicas, químicas e biológicas para todo o período de estudo. Cada variável está identificada pela sua abreviatura.....	102
Figura 36.	Dendograma da análise de agrupamento dos reservatórios do córrego Macuco (3 - Iguá, 4 - Igaraba e 5 - Iembó) com base na média dos valores das variáveis físicas, químicas e biológicas.....	103
Figura 37.	Análise de componentes principais com a distribuição das datas de coleta (estação-profundidade / mês) do reservatório Iguá com base nos valores das variáveis físicas, químicas e biológicas para todo o período de coleta.....	104
Figura 38.	Análise de componentes principais com a distribuição das variáveis estudadas no reservatório Iguá para todo o período de estudo. Cada variável está identificada pela sua abreviatura.....	105
Figura 39.	Análise de componentes principais com a distribuição das datas de coleta (estação-profundidade / mês) do reservatório Igaraba com base nos valores das variáveis físicas, químicas e biológicas	

	para todo o período de coleta.....	106
Figura 40.	Análise de componentes principais com a distribuição das variáveis estudadas no reservatório Igaraba para todo o período de estudo. Cada variável está identificada pela sua abreviatura.....	107
Figura 41.	Análise de componentes principais com a distribuição das datas de coleta (estação-profundidade / mês) do reservatório Iembó com base nos valores das variáveis físicas, químicas e biológicas para todo o período de coleta.....	108
Figura 42.	Análise de componentes principais com a distribuição das variáveis estudadas no reservatório Iembó para todo o período de estudo. Cada variável está identificada pela sua abreviatura...	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Parâmetros morfométricos da microbacia do córrego São José. As profundidades máximas das represas estão representadas pela média e desvio padrão.....	37
Tabela 2.	Variação da velocidade média de escoamento ($m.s^{-1}$) na microbacia do córrego São José. Os valores máximos e mínimos estão destacados em vermelho.....	41
Tabela 3.	Profundidades do disco de Secchi (transparência em m) nos reservatórios do córrego Macuco durante o período de estudo. Os valores máximos e mínimos estão destacados em vermelho.....	43
Tabela 4.	Variação espacial e temporal dos valores de temperatura ($^{\circ}C$) na microbacia do córrego São José no período de estudos.....	44
Tabela 5.	Variação das concentrações de Oxigênio Dissolvido ($mg.L^{-1}$) nas estações de amostragem correspondentes aos córregos durante o período de coletas.....	47
Tabela 6.	Variação espaço-temporal dos valores de pH na microbacia do córrego São José.....	50
Tabela 7.	Variação espaço-temporal dos valores de pH nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo).....	51
Tabela 8.	Variação espaço-temporal da condutividade ($\mu S.cm^{-1}$) nos córregos da microbacia do córrego São José.....	52
Tabela 9.	Variação espaço-temporal da alcalinidade ($meq.L^{-1}$) nas estações de amostragem nos córregos durante o período de coletas.....	55
Tabela 10.	Variação espaço-temporal da alcalinidade ($meq.L^{-1}$), nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo).....	56
Tabela 11.	Variação espacial e temporal da concentração de CO_2 total ($mg.L^{-1}$) nas estações de coleta dos córregos durante o período de amostragens.....	57
Tabela 12.	Variação espacial e temporal da concentração de CO_2 livre ($mg.L^{-1}$) nas estações de coleta dos córregos durante o período de amostragens.....	57

Tabela 13.	Variação espacial e temporal da concentração de HCO_3^- (mg.L^{-1}) nas estações de coleta dos córregos durante o período de amostragens.....	58
Tabela 14.	Variação espacial e temporal da concentração de CO_2 total (mg.L^{-1}) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de amostragens.....	59
Tabela 15.	Variação espacial e temporal da concentração de CO_2 livre (mg.L^{-1}) nos reservatórios do córrego Macuco, (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de amostragens.....	59
Tabela 16.	Variação espacial e temporal da concentração de HCO_3^- livre (mg.L^{-1}) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de amostragens.....	60
Tabela 17.	Variação espacial e temporal de sólidos em suspensão totais (mg.L^{-1}) nas estações de coleta dos córregos durante o período de estudos.....	61
Tabela 18.	Variação espacial e temporal dos sólidos em suspensão orgânicos (mg.L^{-1}) nos córregos durante o período de estudos...	62
Tabela 19.	Variação espaço - temporal dos sólidos em suspensão inorgânicos (mg.L^{-1}) nos córregos durante o período de estudos.....	62
Tabela 20.	Variação espacial e temporal de sólidos em suspensão totais (mg.L^{-1}) nas estações de coleta dos reservatórios (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos.....	63
Tabela 21.	Variação espacial e temporal dos sólidos em suspensão orgânicos (mg.L^{-1}) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos....	64
Tabela 22.	Variação espacial e temporal dos sólidos em suspensão inorgânicos (mg.L^{-1}) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos....	64
Tabela 23.	Variação espacial e temporal das concentrações de amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos córregos Macuco, Águas da Prata e São José.....	65
Tabela 24.	Variação espacial e temporal da concentração de amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos.....	66
Tabela 25.	Variação espacial e temporal das concentrações de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta dos córregos durante o período	

de estudos.....	67
Tabela 26. Variação espacial e temporal da concentração de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos.....	68
Tabela 27. Variação espacial e temporal das concentrações de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta dos córregos durante o período de estudos.....	69
Tabela 28. Variação espacial e temporal da concentração de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos reservatórios (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos.....	70
Tabela 29. Variação espacial e temporal das concentrações de nitrogênio total (mg.L^{-1}) nas estações de coleta dos córregos durante o período de estudos. Os valores iguais a 0,00 estão abaixo do limite de detecção do método ($0,001\text{mg.L}^{-1}$).....	71
Tabela 30. Variação espacial e temporal das concentrações de nitrogênio total (mg.L^{-1}) nas estações de coleta dos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos. Os valores iguais a 0,00 estão abaixo do limite de detecção do método ($0,001\text{mg.L}^{-1}$).....	72
Tabela 31. Variação espacial e temporal das concentrações de fosfato total dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta dos córregos durante o período de estudos.....	73
Tabela 32. Variação espacial e temporal das concentrações de fosfato inorgânico dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta dos córregos durante o período de estudos.....	74
Tabela 33. Variação espacial e temporal das concentrações de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta dos córregos durante o período de estudo.....	74
Tabela 34. Variação espacial e temporal da concentração de fosfato total dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos reservatórios (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos.....	76
Tabela 35. Variação espacial e temporal da concentração de fosfato inorgânico dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$), nos reservatórios (a - superfície, b - meio e c - fundo), durante o período de estudos.....	76
Tabela 36. Variação espacial e temporal das concentrações de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos.....	77

Tabela 37.	Variação espacial e temporal das concentrações de silicato reativo (mg.L^{-1}) nas estações de coleta dos córregos durante o período de estudos.....	78
Tabela 38.	Variação da concentração de silicato reativo (mg.L^{-1}), nos reservatórios (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudo.....	79
Tabela 39.	Carga de nitrogênio total (Kg.mês^{-1}) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.....	82
Tabela 40.	Carga de amônio (Kg.mês^{-1}) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.....	82
Tabela 41.	Carga de nitrato (Kg.mês^{-1}) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.....	83
Tabela 42.	Carga de nitrito (Kg.mês^{-1}) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.....	83
Tabela 43.	Carga de fósforo total (Kg.mês^{-1}) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.....	84
Tabela 44.	Carga de fosfato total dissolvido (Kg.mês^{-1}) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.....	84
Tabela 45.	Carga de fosfato inorgânico dissolvido (Kg.mês^{-1}) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.....	85
Tabela 46.	Carga de silicato reativo (Kg.mês^{-1}) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.....	85
Tabela 47.	Variação espacial e temporal de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.L}^{-1}$) na microbacia do córrego São José durante o período de coletas....	86
Tabela 48.	Variação espacial e temporal de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de coletas.....	87
Tabela 49.	Índice de Estado Trófico (IET), utilizando-se as concentrações de fósforo total da água de superfície (H-Hipereutrófico, E-Eutrófico, M-Mesotrófico e O-Oligotrófico).....	98
Tabela 50.	Índice de Estado Trófico (IET), utilizando-se as concentrações de clorofila <i>a</i> da água de superfície (H-Hipereutrófico, E-Eutrófico, M-Mesotrófico e O-Oligotrófico).....	99
Tabela 51.	Índice de Estado Trófico (IET), utilizando-se as profundidades	

	do disco de Secchi (H-Hipereutrófico, E- Eutrófico, M- Mesotrófico e O-Oligotrófico).....	99
Tabela 52.	Índice de estado trófico para lagos quentes tropicais utilizando a concentração de fósforo total.....	99
Tabela 53.	Índice de estado trófico para lagos quentes tropicais utilizando a concentração de clorofila <u>a</u>	100
Tabela 54.	Quadro comparativo dos valores médios das variáveis especificadas para diferentes ribeirões e córregos da região de São Carlos - SP.....	113
Tabela 55.	Quadro comparativo dos valores médios das variáveis especificadas para diferentes reservatórios da região central do Estado de São Paulo.....	126

RESUMO

SIDAGIS, C.V. (1997). **Aplicação da abordagem ecossistêmica ao estudo da microbacia do córrego São José (São Carlos - SP)**. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos.

As bacias hidrográficas são sistemas que fornecem um tipo de unidade adequada ao estudo dos ecossistemas e permitem um melhor entendimento científico dos processos naturais. Os estudos em pequenas bacias têm mostrado a dependência da composição das águas dos riachos das características dos ecossistemas terrestres adjacentes. A microbacia formada pelos córregos Águas da Prata, Macuco e São José está localizada a sudeste da cidade de São Carlos, Estado de São Paulo, com um área de 13,9 Km². O córrego Macuco apresenta vários represamentos, sendo os mais importantes os reservatórios Iguá, Igaraba e Iembó. Estes córregos apresentam pequena vazão e drenam solos ácidos. O solo da região é predominantemente argiloso e arenoso e a vegetação original é o cerrado. As áreas de campo antrópico estão ocupadas por culturas em geral e áreas de pastagem e criação animais. Quanto ao clima existem dois períodos: o seco e o chuvoso. O objetivo deste trabalho foi caracterizar e avaliar a qualidade da água do ponto de vista ecológico, determinar as interrelações entre os aspectos básicos da climatologia, geologia, morfometria, hidrologia e usos e ocupação do solo na microbacia hidrográfica com as variáveis físicas, químicas e biológicas das águas dos córregos e reservatórios, além de caracterizar as comunidades planctônicas dos reservatórios. Foram realizadas coletas mensais de setembro/1995 a setembro/1996 em 8 pontos da microbacia, sendo que três deles foram localizados nos reservatórios que foram analisados em três profundidades (superfície, meio e fundo da coluna de água). A análise das

características físicas, químicas e biológicas da água dos córregos estudados indicou que não existem diferenças significativas entre os córregos Águas da Prata e Macuco. No entanto o córrego São José foi mais diferenciado, sendo este o que se mostrou mais impactado. As concentrações de oxigênio dissolvido foram baixas no córrego Macuco e no São José. Nos locais mais afetados pelos dejetos de animais foram observados altos valores de condutividade, embora os maiores valores tenham sido registrados no córrego São José, abaixo do trecho sob influência do chorume do aterro sanitário da cidade de São Carlos. Das formas de nitrogênio o amônio foi a mais abundante para toda a microbacia. As concentrações de fosfato inorgânico e fósforo total dissolvido foram baixas, indicando a provável absorção do fósforo pelo sedimento. A construção de barragens no córrego Macuco levou ao rompimento da continuidade do sistema rio. Os três reservatórios estudados apresentaram uma estratificação térmica acentuada durante o período de chuvas o que causou anoxia no hipolímnio. Não foram observadas diferenças significativas nas concentrações de nutrientes entre os períodos de chuva e seca, com exceção do fósforo total e o silicato reativo. O balanço de massa dos nutrientes nos reservatórios demonstrou que o reservatório Igaraba se comporta como um sistema de retenção de nutrientes enquanto os outros dois se comportam como sistemas de exportação. Nos reservatórios a comunidade fitoplânctônica foi dominada, em termos quantitativos, pelas Bacillariophyceae e pelas Chlorophyta, sendo os grupos restantes escassos. A comunidade zooplânctônica foi dominada numericamente pelos Rotifera durante todo o período de estudos. O desenvolvimento do zooplâncton como um todo correlacionou-se positivamente com o desenvolvimento do fitoplâncton. Segundo os índices de estado trófico utilizados os reservatórios se classificam como mesotróficos. Foi observado que as atividades antrópicas, especialmente o uso inadequado do solo para a agricultura, provocam erosão e carreamento de sedimentos para os corpos de água. As instalações agro-industriais contribuem para o aumento da concentração de materiais na água de escoamento, acumulando os resíduos nos riachos e alterando a qualidade da água próxima às nascentes.

ABSTRACT

SIDAGIS, C.V. (1997). The ecosystem approach applied to the study of the São José stream basin (São Carlos - SP). Dissertation (Master's). São Carlos School of Engineering, University of São Paulo at São Carlos.

Hydrographic basins provide an adequate subject for studies of ecosystems and a better understanding of natural processes. Studies of small basins revealed that the chemical composition of stream waters are strongly dependent upon the characteristics of the surrounding land ecosystems. The microbasin formed by the Águas da Prata, Macuco and São José streams is located in the Southeast portion of the city of São Carlos, State of São Paulo, and covers an area of 13,9 Km². The Macuco stream has several reservoirs, of which the Iguá, Igaraba and Iembó reservoirs are the most important ones. These streams have a low outflow volume and they run across acid soils. The soil is predominantly formed by silt and sand, and the original plant formation was the "cerrado", a savanna type of vegetation. The land through which these streams flow is cultivated with several different crops as well pastures for cattle. In regard to the climate, there are two different periods: one dry, lasting from April to October and another wet, from November to March. This study aims to characterize the microbasin and evaluate the water quality from an ecological perspective. It is intended to correlate basic parameters of climatology, geology, morfometry and the land uses to the physical, chemical and biological characteristics of the water in the streams and reservoirs. Another objective was to characterize the planktonic communities in the three main reservoirs. The sampling were carried out monthly from September/1995 to September/1996 at 8 different stations in the microbasin, including the reservoirs. At the reservoirs, sampling were made at the

central point, at three different depths (surface, middle and bottom in the water column). The analysis of physical, chemical and biological characteristics of the water of the different streams indicated that there are no significant differences between the quality of the water of the Águas da Prata and Macuco streams. The São José stream, however, was quite different, since it is the one subjected to the heaviest aggression. Relatively high values of conductivity were observed at the locations most affected by animal wastes, although the highest values were registered for the São José stream, downstream from the point under the impact of the municipal landfill and leachate from the city of São Carlos. Among the nitrogen compounds, ammonium was the most abundant for the entire basin. Inorganic phosphate and total dissolved phosphorus concentrations were low, suggesting the adsorption of phosphorus by the sediment. The construction of dams on the Macuco stream created a discontinuity in the river system. A strong thermal stratification with anoxic hypolimnion was observed during the rainy period in all three studied reservoirs. There were no significant differences in nutrient concentration between samples taken in the dry and the wet seasons, except for the total phosphorus and reactive silicate. The mass balance for nutrients in the reservoirs indicated that the Igaraba reservoir acts as a retention system, whereas the other two reservoirs act as exportation systems. The phytoplankton community in the reservoirs was quantitatively dominated by Bacillariophyceae and Chlorophyta taxa, while the other groups were relatively rare. The zooplankton community was dominated by Rotifera throughout the study period. The development of the zooplankton as a whole was positively correlated to the development of phytoplankton. According to the trophic indices applied, the reservoirs can be classified as mesotrophic. It was observed that anthropogenic activities, particularly the inadequate use of soil for agriculture, cause erosion and the transportation of sediments to the water bodies. Agroindustrial businesses contribute to a higher concentration of materials in runoff waters, causing waste accumulation in the streams and altering the quality of the water in a short distance from the springs.

1. INTRODUÇÃO

A análise de ecossistemas representa uma abordagem nos estudos de Ecologia.

O ecossistema fornece uma estrutura conceitual para o estudo das interações entre indivíduos, populações, comunidades e seus ambientes abióticos e para o estudo das mudanças nessas relações no tempo. Um ecossistema é definido como uma unidade espacialmente explícita da Terra que inclui todos os organismos, assim como todos os componentes do ambiente abiótico dentro de seus limites. Os limites do ecossistema são geralmente determinados pela conveniência do investigador com base no conhecimento de descontinuidade funcional em relação a um ecossistema adjacente (LIKENS, 1992).

As bacias hidrográficas, segundo ODUM (1988), são sistemas que fornecem um tipo de unidade adequada ao estudo do ecossistema e permitem um melhor entendimento científico dos processos naturais. Os estudos em pequenas bacias têm mostrado a dependência da composição das águas dos riachos e as características dos ecossistemas terrestres (MARGALEF, 1983).

As bacias hidrográficas são na maioria das vezes bastante heterogêneas, sendo fortemente influenciadas pela atividade humana, o que as tornam complexas misturas decorrentes dos variados tipos de usos da terra, cada uma sujeita a diferentes níveis de distúrbios naturais e antrópicos (HEDIN & BROWN, 1994).

Em pequenas bacias a influência do meio circundante é enorme, uma vez que pequenas alterações nos ecossistemas terrestres provocam reflexos imediatos nos ecossistemas lóticos (LAGE FILHO, 1996).

Apesar da importância das bacias hidrográficas o seu estudo é bastante recente. Iniciou-se a partir dos anos 60 com a introdução do conceito de bacia hidrográfica por Vollenweider. A pesquisa passou a ter uma visão sistêmica considerando a bacia como a melhor unidade de trabalho para estudos ecológicos, fornecendo subsídios necessários para o entendimento de organização e dinâmica dos diversos sistemas nela contidos (DA SILVA, 1994).

Segundo HYNES (1970), o ecossistema rio é um sistema essencialmente aberto e, por isso, há grande dificuldade em definir seus contornos, já que ao longo de seu comprimento existe grande influência dos sistemas terrestres adjacentes (STATZNER, 1987).

Segundo LIKENS & BORMANN (1985), o ecossistema rio reflete importantes interações entre os ecossistemas terrestres e aquáticos. A saída geológica de água, com substâncias químicas dissolvidas e material particulado da bacia de drenagem é a principal entrada geológica para a maioria dos ecossistemas aquáticos e uma das mais importantes ligações entre o ecossistema terrestre e os lagos e reservatórios.

A característica de fluxo e a predominância de processos heterotróficos em diferentes porções devido a grande interação com os ecossistemas terrestres, tornam os rios ecossistemas bastante complexos e diferenciados dos terrestres. Em função disso, diversos autores têm tentado estabelecer teorias para mudar a abordagem descritiva desses ecossistemas para uma abordagem holística e funcional.

Dentre as teorias destaca-se a teoria do Contínuo Fluvial ou "River Continuum Concept" de VANNOTTE *et al.* (1980), segundo a qual os rios apresentam um gradiente contínuo de variáveis físicas, da nascente até a foz, incluindo largura, profundidade, volume de fluxo, temperatura e ganho de entropia. Este gradiente determina também uma série de respostas dentro das comunidades constituintes, resultando em um contínuo ajuste biótico, o qual consiste de diversos padrões de

tamanho, transporte, utilização e estoque de matéria orgânica ao longo do rio. Assim, nos trabalhos mais recentes, os rios são vistos como um gradiente longitudinal no qual os processos que ocorrem à jusante são dependentes dos que ocorrem à montante.

Em um rio, no qual o fluxo de água impõe um determinado sentido, há um contínuo arraste de matéria orgânica e inorgânica. Portanto, nos rios predominam o transporte horizontal e a sucessão espacial das comunidades (MARGALEF, 1976). Os fatores de grande significado ecológico, que promovem uma mudança progressiva ao longo do rio, são principalmente a velocidade da corrente, o tipo de substrato, o oxigênio dissolvido, os nutrientes inorgânicos, a vazão e a temperatura.

A teoria do Contínuo Fluvial tem aplicação limitada à determinadas situações ambientais. O conceito foi desenvolvido para ecossistemas de rios naturais, isentos de atuação antrópica. Riachos de altas montanhas e latitudes, de regiões secas e de vales profundos podem desviar-se do modelo geral no que se refere à autotrofia e à heterotrofia. Os tributários que entram na corrente principal têm efeitos localizados, de magnitude variável, dependendo do volume e da natureza do afluente.

A grande maioria das bacias ou sub-bacias hidrográficas vem sofrendo fortes influências humanas como demonstram os trabalhos de RYDER & SCOTT (1988), SÉ (1992), RIOS (1993), TEIXEIRA (1993) e LAGE FILHO (1996).

Distúrbios e heterogeneidade espacial são vistos como os maiores determinantes da estrutura da comunidade dos rios na ecologia moderna, apesar de que a ecologia dos mesmos é de difícil estudo devido a natureza aberta do sistema rio. Com a influência humana muitos rios do mundo têm sido mudados e poucos permanecem nas condições selvagens (PRAT & WARD, 1994).

WARD (1982), afirma que em rios regularizados por reservatórios as condições ambientais nos trechos lóticos a jusante da barragem são função da qualidade da água entrando no reservatório, do metabolismo do sistema e das variáveis operacionais da barragem.

WARD & STANDFORD (1983), assumindo como corretas as suposições da teoria do Contínuo Fluvial, propõem o “Conceito de Descontinuidade Serial” para bacias hidrográficas que sofreram interferências antrópicas como os represamentos. Postulam que o represamento rompe o gradiente do rio em relação às condições ambientais produzindo mudanças longitudinais. Represamentos em um rio provocariam mudanças tanto à montante como à jusante, nos processos bióticos e abióticos sendo que a direção e extensão do deslocamento dependeriam da variável de interesse e são uma função da posição do represamento ao longo do contínuo fluvial.

SABATER *et al.* (1989) estudando o Rio Ter, na Espanha, demonstraram que o processo de descontinuidade pode ser usado para medir outros fatores como poluição, entrada de tributários e autodepuração, entre outras causas de descontinuidades. Essa série de descontinuidades pode causar profundas mudanças no regime limnológico do corpo d’água, sendo que essas mudanças afetam a fauna e flora dos rios regulados.

A regulação de rios por barragens, desvios, canalização e outros controles físicos sobre o regime natural do fluxo, tem afetado substancialmente a maioria dos rios em todos os continentes e, recentemente, com mais intensidade nos países em desenvolvimento (ALLAN, 1995). Quando o contínuo do rio é interrompido por uma barragem, alterações físicas e químicas causam profundas mudanças estruturais e funcionais. O contínuo da corrente é perdido e, como resultado o ecossistema rio regulado é caracterizado pela perda da heterogeneidade espacial e temporal.

As características físicas, químicas e biológicas dos rios regulados, a jusante da barragem, diferem grandemente daqueles que fluem livremente. As mudanças mais críticas são a redução da variabilidade natural na descarga e na temperatura.

As sucessões na composição de espécies ocorrem muitas vezes em resposta às alterações nas condições do habitat. Tipicamente a abundância aumenta, embora a riqueza de espécies diminua com o aumento na intensidade ou frequência dos impactos (ALLAN, 1995).

Se consideramos como impactos qualquer mudança produzida na estrutura ou funcionamento da comunidade do rio, causando interferência no rio e sua bacia, temos que os principais impactos podem ser classificados, segundo PRAT & WARD (1994), como:

- a) Distúrbios diretos no canal: - regulação da vazão (destruição dos habitats por drenagem, canalização e construção de reservatórios);
 - alteração das condições ambientais gerais (temperatura, sólidos em suspensão, pH, condutividade, entrada de águas residuais afetando a carga orgânica e a concentração de oxigênio);
 - acumulação de substâncias tóxicas como metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos, amônio;
 - manipulação da rede trófica com introdução de espécies exóticas e captura de organismos.
- b) Distúrbios indiretos afetando a bacia, como: práticas florestais, erosão, incêndios, construção de estradas, práticas agrícolas, utilização da água e,
- c) Distúrbios indiretos devido a alteração da área ripária como: insolação, regime de temperatura da água, dinâmica de nutrientes, entrada alóctone de detritos, dinâmica dos sedimentos e morfologia do canal.

As principais alterações que ocorrem com a construção de uma barragem segundo ¹CROUZET *et al.* (1979) *apud* TUNDISI (1988), são:

A introdução de um novo modelo energético, no qual se ampliam as interfaces ar-água, sedimento-água e hidrosfera-biosfera. Alterações no ciclo hidrológico, alterações sobre a água relativas à concentração de matéria orgânica dissolvida, condutividade, transparência e penetração de energia radiante, a temperatura e estrutura térmica do sistema e a evaporação. Também ocasionam impactos sobre a flora aquática que podem provocar aumentos na biomassa de macrófitas e fitoplâncton, impactos sobre a fauna aquática interferindo na migração dos peixes e

¹ CROUZET, E.B, DUSSART, B. & DEFAYE, D. (1979). Les reteunes d'eau: creation, evolution, impacts, surveillance. I.B.D. Surlat, 258p. Voz *apud* TUNDISI, J.G. (1988). Impactos ecológicos da construção de represas: aspectos específicos e problemas de manejo. In: Tundisi, J.G. (ed.) *Limnologia e Manejo de Represas*. Série: Monografias em Limnologia. Vol. I tomo 1. p. 1-75.

modificando a composição do zooplâncton e finalmente impactos sobre o homem e as atividades humanas.

A respeito da qualidade da água, a construção de um reservatório pode ter efeitos favoráveis, com o reservatório funcionando como um retentor da carga poluidora, com redução da turbidez e o conteúdo de sílica e de coliformes, variações nos minerais dissolvidos, pH e alcalinidade, retenção de sedimentos, precipitação no sedimento de alguns nutrientes e armazenamento de água para ser usada em períodos de seca.

Além dos benefícios os reservatórios ~~podem~~ também apresentam efeitos indesejáveis que incluem o incremento do crescimento algal, a redução do oxigênio dissolvido nas partes profundas do reservatório, o incremento de CO₂ e, freqüentemente, ferro, manganês e alcalinidade perto do fundo, o incremento de sólidos dissolvidos e dureza como resultado da evaporação e a dissolução de material rochoso (LOVE, 1961).

As vezes se faz necessária a construção de vários reservatórios ao longo de um curso de água. Então, quando ocorre uma série de reservatórios em cadeia, deve-se considerar que o sistema funciona como um quimiostato composto de fluxo contínuo, com perda de material biológico e químico de um reservatório para outro e a persistência de condições similares, a não ser que ocorram fatores como diluição e aumento da concentração de matéria orgânica e inorgânica no sedimento. A seleção de espécies que vivem na água do reservatório está relacionada, neste caso, com o tempo de residência e os efeitos múltiplos de um reservatório sobre o outro (TUNDISI, 1988).

Em relação aos componentes bióticos, verifica-se que a composição das comunidades que se desenvolvem nos sistemas fluviais é determinada pelas características morfológicas do rio e pelas características físicas e químicas da água, as quais, por sua vez, estão relacionadas com as condições climatológicas e com as características da bacia hidrográfica.

Por exemplo, o desenvolvimento do plâncton fica afetado pelas alterações das condições ambientais água abaixo, podendo favorecer a uma ou outra espécie, o que dificulta a formação de uma comunidade permanente, sem contar com a influência dos represamentos, afluentes e pontos de contaminação (RIOS, 1993).

Em correntes rápidas o plâncton não tem tempo de desenvolver populações significantes, porém, em áreas de corrente reduzida ou represamentos, a água adquire características lênticas o que permite o desenvolvimento de populações distintas. Segundo HYNES (1970), a presença de represamentos aumenta a abundância e a riqueza de espécies planctônicas na água.

Resumindo, um ecossistema lótico não pode ser visto como um fenômeno puramente aquático mas sim como parte do vale que ele drena (HYNES, 1975). Como consequência, segundo MARGALEF (1991, 1994), a composição química da água do rio é um excelente indicador da saúde da bacia hidrográfica.

Segundo MARGALEF (1983), as bacias hidrográficas pequenas mostram uma estreita relação entre a composição da água dos riachos com as características do ecossistema terrestre e com seu grau de conservação. Por um lado existem rios que drenam solos e ecossistemas maduros que têm águas muito limpas ou com a presença de matéria orgânica alóctone; no outro extremo existem os rios que drenam regiões muito erosionadas, de solos destruídos ou áreas alteradas pela civilização.

As águas continentais de pequeno volume e submetidas a influências divergentes mostram um amplo espectro em sua composição química, que também se reflete na distribuição de espécies e grupos de organismos (MARGALEF, 1991).

A aplicação da abordagem ecossistêmica para o estudo da microbacia do córrego São José parece ser a mais indicada, já que a mesma contém córregos e reservatórios, assentamentos urbanos, distintos usos da terra e entrada de poluentes orgânicos.

No Brasil foram realizados poucos estudos ecológicos em pequenas bacias hidrográficas, sendo que a maioria deles visaram uma primeira abordagem de caracterização. Como exemplo podem ser citados os trabalhos desenvolvidos na região de São Carlos (SP) por SÉ (1992), na bacia hidrográfica do Rio Monjolinho; RIOS (1993) na bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão; TEIXEIRA (1993) também na bacia do Ribeirão do Feijão; SANTOS (1993) estudando os córregos da Água Fria e Água Quente e MATHEUS & TUNDISI (1988) estudando a bacia hidrográfica do Ribeirão e Represa do Lobo.

Os estudos iniciais de bacias hidrográficas visam principalmente caracterizar estes sistemas, pois a falta de informação a respeito das mesmas não permite que sejam feitas explorações mais aprofundadas. É necessário que vários trabalhos venham a ser realizados para que o acúmulo de informações possibilite a compreensão de funcionamento de uma bacia hidrográfica. Somente com um grande acúmulo de informações será possível aprofundar o conhecimento de uma bacia hidrográfica, tanto na parte física e química como na biológica, o que possibilitará a avaliação das condições ambientais do estágio sucessional do ambiente e o planejamento de um monitoramento para que se possa propor bases eficazes de conservação e manejo.

2. OBJETIVOS

Este estudo tem como principais objetivos:

- a) Caracterizar e avaliar a qualidade da água, do ponto de vista ecológico, da microbacia do córrego São José.
- b) Determinar as interrelações entre os aspectos básicos da climatologia, geologia, morfometria, hidrografia e usos e ocupação do solo da microbacia hidrográfica com as variáveis físicas, químicas e biológicas das águas dos córregos nas escalas espacial e temporal.
- c) Caracterizar as comunidades planctônicas dos reservatórios Iguá, Igaraba e Iembó, do córrego Macuco.
- d) Avaliar os principais impactos antropogênicos na microbacia.

3. DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. Localização

A microbacia formada pelos córregos Águas da Prata, Macuco e São José está localizada aos 47°48' - 47°50' W de longitude e 22°05' - 22°07' S de latitude, a sudeste da cidade de São Carlos, Estado de São Paulo, (I.B.G.E., 1971). Abrange uma área de aproximadamente 13,9 km² e é uma sub-bacia da bacia hidrográfica do Córrego São José (Figura 1).

O córrego Macuco apresenta vários represamentos ao longo de seu curso, sendo os mais importantes segundo sua utilização, os que se encontram no Condomínio Parque Itaipu (Reservatórios Iguá, Igaraba e Iembó).

3.2. Geomorfologia, pedologia e potencialidade dos solos

A microbacia dos córregos Águas da Prata, Macuco e São José, faz parte de uma região da província geomorfológica de “cuestas basálticas” (S.I.C.C.T., 1981). A província de “cuestas basálticas” é caracterizada morfológicamente por um relevo de escarpas, cujas dimensões são variáveis, desde menos de 10 km até mais de 100 km. Os desníveis variam, desde menos de uma centena de metros até quase 500 m (GONÇALVES, 1986).

Parte do território da microbacia apresenta encostas sulcadas por vales subparalelos desfeitos em interflúvios lineares de topos angulosos e arredondados

com vertentes de perfis retilíneos. A drenagem é de média densidade, com padrão subparalelo a dendrítico com vales fechados. O relevo é colinoso e predominam baixas declividades, até 15%, e amplitudes locais inferiores a 100 metros. A região restante apresenta colinas médias, onde predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 Km², com topos aplanados e vertentes com perfis convexos a retilíneos. A drenagem é de média a baixa densidade, com padrão subretangular, com vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas e presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes (GONÇALVES, 1986).

O levantamento pedológico da região (Figura 2) mostra a presença de uma área maior que abrange as nascentes dos córregos, de solo álico, horizonte A moderado, de textura argilosa ou média, da unidade Canchim (LV-5); uma área que abrange a porção média dos córregos com terra roxa estruturada (TE-2), distrófica ou eutrófica, intermediária para latossolo roxo, horizonte A moderado, da unidade Itaguaçu; uma pequena porção com areias quartzosas profundas (AQ), álicas, horizonte A moderado com textura arenosa ao longo do perfil, junto com latossolo vermelho amarelo, de textura média, da unidade Coqueiro (LV-2). Inclui ainda áreas que correspondem a solos litolíticos (Li 2), eutróficos e distróficos, horizonte A moderado, com textura indiscriminada e substrato arenito Botucatu-Pirambóia, junto com solos eutróficos, horizonte A moderado ou chernozêmico, de textura argilosa e substrato basáltico ou diabásico (Li 3) e áreas de latossolo vermelho-escuro, álico, com horizonte A moderado, de textura média, da unidade Hortolândia (LE-2), (GONÇALVES, *op.cit.*).

A respeito da potencialidade dos solos, a área da microbacia se enquadra dentro das Classes III-IV. Na Classe III estão as terras próprias para culturas anuais de produtividade média a alta com declives que variam de 0 a 12%. Na Classe IV os declives são mais acentuados (12-20%) e são solos mais apropriados para pastagens, com eventual rotação com uma cultura anual. Prestam-se à exploração de plantas perenes que proporcionam proteção ao solo, tais como café, laranja, cana-de-açúcar e leguminosas para adubação verde, pois estão sujeitas a problemas sérios de erosão devendo-se aplicar práticas intensivas de conservação (GONÇALVES, *op. cit.*).

3.3. Clima

Segundo MATTOS (1984), o clima da região corresponde, pela classificação de Köppen, a Cwa, e segundo Thornthwaite, se classifica como BB'r, ou seja: clima subtropical, mesotérmico, úmido, com chuvas de verão, estiagem branda no inverno, com pequena deficiência de água.

A estação chuvosa vai de outubro a março com clima super úmido/subtropical e a estação seca, de abril a setembro com clima subúmido/temperado.

3.4. Vegetação

A área da microbacia tem como tipo predominante de vegetação original os campos cerrados, cerrados e cerradões, atualmente em pequenas áreas da bacia, sendo caracterizada por uma formação florestal herbáceo-lenhosa, herbáceo-arbustiva, com árvores perenifólias nas áreas de solos muito profundos, excessivamente ou muito permeáveis e de baixo potencial nutricional. Nos solos profundos, de textura argilosa e mais férteis, a vegetação predominante era a mata tropical subcaducifolia, da qual ainda restam alguns fragmentos nas nascentes dos córregos e nas margens dos cursos d'água onde aparecem matas ciliares ² (OLIVEIRA & PRADO, 1984 *apud* GONÇALVES, 1986).

As áreas de campo antrópico estão ocupadas por culturas em geral, como café e pomares, principalmente de citrus, reflorestamento com *Eucaliptus* sp e áreas de pastagem.

² OLIVEIRA, J.B. & PRADO, H. (1984). Levantamento pedológico semi detalhado do Estado de São Paulo: quadricula São Carlos. I Carta de Solos. Instituto Agrônomo. Campinas. Mapa escala 1:100.000. Voz *apud* GONÇALVES, A.R.L. (1986). *Geologia ambiental da área de São Carlos*. Tese (doutorado). Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. São Paulo. 138 p.

3.5. Uso e ocupação da bacia

Nesta microbacia predomina a utilização da terra para pastagem, com técnicas de criação de gado bovino semi-intensiva e extensiva. A agricultura tem uma grande diversidade de culturas, com predomínio de pequenos e médios agricultores (loteamento do Condomínio Parque Itaipu), ocupando grande parte da área da bacia. Também existem áreas onde se realiza a criação de aves de forma intensiva (granjas).

De grande importância, sob o ponto de vista ambiental, é a localização do depósito de resíduos sólidos urbanos (lixão) do Município de São Carlos, no Sítio Santa Maria. O chorume, líquido rico em matéria orgânica proveniente da decomposição biológica dos resíduos sólidos urbanos, escoar para um afluente do córrego São José.

LV-5: solo álico, A moderado, textura argilosa ou média, unidade Canchim.

LV-2: latossolo vermelho amarelado, textura média unidade Coqueiro.

LE-2: latossolo vermelho escuro, álico, A moderado, textura média, unidade Hortolândia.

TE-2: terra roxa estruturada, distrófica ou eutrófica intermediária para latossolo roxo, A moderado, unidade Itaguaçu.

AQ: areias quartzosas profundas, álicas, A moderado, textura arenosa.

Li 2: solos litolíticos, eutróficos e distróficos, A moderado, textura indiscriminada, substrato arenito Botucatu-Pirambóia

Li-3: solos eutróficos, A moderado ou chernozêmico, textura argilosa, substrato basáltico ou diabásico.

Figura 2. Levantamento pedológico da região da microbacia do córrego São José. Modificado de GONÇALVES (1986).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Estações de amostragem

Foram escolhidas 8 estações de coleta na área total da microbacia. Na Figura 3 são apresentadas as localizações das mesmas.

Estação 1 - Córrego Macuco (Figura 4). Perto da nascente e altamente influenciada pela atividade pecuária do Sítio Macuco (Figura 5).

Estação 2 - Córrego Macuco. Na cabeceira do braço esquerdo do primeiro reservatório do Condomínio "Parque Itaipu". Não apresenta mata galeria nas suas margens (Figura 6). Recebe os impactos da criação intensiva de gado na Fazenda São João.

Estação 3 - Reservatório Iguá, com três pontos no eixo vertical (superfície, meio e fundo). Trata-se do primeiro represamento sobre o córrego Macuco dentro da área do Condomínio "Parque Itaipu" e apresenta um vertedouro superficial e contínuo. Encontra-se em uma área de proteção ambiental que envolve principalmente as cabeceiras e é utilizado para o abastecimento de água para as chácaras do Condomínio (Figura 7).

Estação 4 - Reservatório Igaraba, com três pontos no eixo vertical (superfície, meio e fundo). É o segundo reservatório, possui um vertedouro superficial, contínuo

e esta em comunicação direta com o primeiro através do vertedouro. É utilizado para atividades recreativas (Figura 8).

Estação 5 - Reservatório Iembó, com três pontos no eixo vertical (superfície, meio e fundo). É o terceiro reservatório do Condomínio, também com um vertedouro superficial e contínuo. Encontra-se a 340 m do segundo e a porção de córrego que os une se encontra protegida com abundante mata ciliar. Na sua cabeceira há mata submersa em decomposição (Figura 9).

Estação 6 - Córrego Águas da Prata (Figura 10). A estação de amostragem está localizada antes de uma granja avícola, Granja Hildebrand (Figura 11), e perto da nascente. O córrego ainda conserva a mata ciliar em grande parte de seu curso.

Estação 7 - Córrego Águas da Prata (Figura 12). Localizada depois da granja avícola, apresenta mata ciliar mais abundante em uma de suas margens, sendo que a outra está impactada pelo gado que chega para beber á agua (Figura 13).

Estação 8 - Córrego São José (Figuras 14 e 15). Encontra-se à jusante do afluente que recebe o chorume do aterro sanitário da cidade de São Carlos.

As coletas foram realizadas mensalmente, durante um ciclo hidrológico completo, tendo sido iniciadas em setembro de 1995 e concluídas em setembro de 1996. Foram feitas em dois dias, no período da manhã, aproximadamente no mesmo horário (7:30 hs até 10:00 hs). No primeiro dia foram feitas as coletas nos reservatórios e no segundo, nos córregos propriamente dito.

Figura 3. Mapa indicando a localização das estações de coleta na microbacia e as principais fontes de impacto.

Figura 4. Vista do córrego Macuco na estação de coleta 1.

Figura 5. Vista do Sítio Macuco na beira de um dos reservatórios do córrego Macuco, logo após a estação de coleta 1.

Figura 6. Vista do local da estação de coleta 2, baixo a ponte sobre o córrego Macuco, a montante do reservatório Iguá.

Figura 7. Vista do reservatório Iguá. A estação 3 está localizada na região central do reservatório.

Figura 8. Vista do reservatório Igaraba. A estação 4 está localizada na região central do reservatório.

Figura 9. Vista do reservatório Iembó. A estação 5 está localizada na região central do reservatório.

Figura 10. Vista do córrego Águas da Prata na estação de coleta 6.

Figura 11. Vista parcial da Granja avícola Hildebrand, localizada entre as estações de coleta 6 e 7 do córrego Águas da Prata.

Figura 12. Vista do córrego Águas da Prata na estação de coleta 7.

Figura 13. Vista da microbacia águas abaixo da estação 7. A seta indica a localização do aterro sanitário da cidade de São Carlos.

Figura 14. Vista do córrego São José na estação de coleta 8, na Fazenda Itaguaçu.

Figura 15. Vista do córrego São José águas abaixo da estação de coleta 8.

4.2. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica

Os cálculos para obtenção dos parâmetros morfométricos foram feitos a partir de informações contidas em cartas topográficas na escala de 1:50.000 (I.B.G.E., 1971). A área foi determinada por planimetria e o perímetro através de rotômetro acompanhando o limite da microbacia através das cotas altimétricas.

Foram calculados os seguintes parâmetros e índices geomorfológicos segundo CHRISTOFOLETTI (1969):

a) Índice de forma

Este índice permite eliminar a subjetividade na caracterização da forma da bacia. Nele correlaciona-se o perímetro da bacia de drenagem com sua área.

É calculado utilizando-se a seguinte fórmula:

$$K = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

onde: P = perímetro da bacia em Km;

A = área da bacia em Km²;

K = índice de forma.

b) Relação de alongação

Este índice fornece a relação entre o diâmetro de um círculo da mesma área que a bacia considerada e seu maior comprimento, medido paralelamente ao canal principal.

É expresso através da fórmula:

$$Re = \frac{d}{l}$$

onde: d = diâmetro de um círculo de mesma área da bacia em Km, $d = 2\sqrt{\frac{A}{\pi}}$

l = maior comprimento em Km;

Re = relação de alongação.

c) *Relação de relevo*

Relaciona a diferença alométrica entre o ponto de maior e menor altitude na bacia e sua maior dimensão. A relação de relevo é obtida pela fórmula:

$$Rr = \frac{\text{grad. da bacia}}{l}$$

onde: grad.da bacia = a diferença entre a maior e a menor altitude da bacia, em metros;

l = comprimento máximo medido paralelamente ao canal principal, em Km;

Rr = relação de relevo, em $m.Km^{-1}$.

d) *Densidade hidrográfica*

Este parâmetro indica a relação existente entre o número de cursos d'água e a área da bacia hidrográfica. É expresso em número de canais. Km^{-2} e é obtido pela fórmula:

$$Dh = \frac{n}{A}$$

onde: n = número de canais (soma dos canais de diversas ordens);

A = área da bacia em km^2 ;

Dh = densidade hidrográfica (número de canais. Km^{-2}).

e) Ordem de canal

A ordem de canal é um número atribuído aos cursos d'água a partir das nascentes. A todo canal sem afluentes é dado o número 1, segundo STRAHLER (1964). A junção de dois canais de uma mesma ordem forma um canal de ordem imediatamente superior.

4.3. Variáveis climatológicas

Os dados de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), precipitação (mm), radiação solar ($\text{cal.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) e direção e velocidade do vento (Km.h^{-1}), foram obtidos na Estação Meteorológica do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, por ser a mais próxima, aproximadamente a 15 Km da microbacia hidrográfica em estudo.

a) Temperatura do ar

A temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$), para os meses de coleta, foi obtida através do cálculo da média mensal das temperaturas máxima e mínima diárias, tomadas com um termômetro.

b) Precipitação

Os valores diários da precipitação (mm) foram obtidos usando um pluviômetro. A soma dos dados diários de cada mês resultam na precipitação acumulada.

c) Radiação solar

Os valores médios diários da radiação solar incidente ($\text{cal.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) foram obtidos com um actinógrafo.

d) Velocidade do vento

Os valores médios diários da velocidade do vento (Km.h^{-1}) foram obtidos através de um anemômetro totalizador, instalado a 10 m de altura.

4.4. Variáveis hidrológicas

a) Velocidade de escoamento

Em cada estação de coleta foram feitas medidas mensais das velocidades de escoamento (m.s^{-1}), com um molinete Microkartan HIDROCEAN, em intervalos constantes no eixo perpendicular ao fluxo de água nos córregos e nos vertedouros dos reservatórios. Nas distintas estações foram feitas medições em seções de 0,3 m. Quando a profundidade foi superior a 0,3 m foram feitas duas medidas na subsecção e o resultado apresentado é a média aritmética entre as medidas.

b) Vazão

A vazão foi calculada através da soma, em cada seção transversal, das velocidades médias de escoamento multiplicadas pela área de cada subsecção do canal dos córregos e dos vertedouros dos reservatórios (GARCEZ, 1967), utilizando-se a seguinte fórmula:

$$V = \int A.VE$$

onde: A = área de cada subsecção em m^2

VE = velocidade de escoamento na seção em $m.s^{-1}$

V = vazão total da seção em $m^3.s^{-1}$.

4.5. Variáveis físicas e químicas

As determinações foram feitas *in situ* nas amostras de água coletadas nos córregos e nos reservatórios. Nos reservatórios foram feitas as medidas a cada 0,50 m de profundidade para as variáveis pH, oxigênio dissolvido, temperatura da água e condutividade. As amostras de água, nos reservatórios, foram coletadas utilizando-se uma garrafa de Van Dorn, nas profundidades correspondentes à superfície, meio e fundo, segundo a profundidade máxima que os locais apresentaram em cada mês.

a) Transparência da água

Foi determinada através da leitura de um disco de Secchi nas estações correspondentes aos reservatórios. Nas demais estações foi possível visualizar o leito dos córregos.

O disco foi abaixado verticalmente, na coluna d'água. A profundidade média onde o disco desaparece e reaparece foi tomada como medida da transparência da água.

b) Temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH e condutividade

As medidas foram feitas *in situ* utilizando-se um sensor múltiplo HORIBA U-10 "water checker".

c) Alcalinidade e formas de carbono

As determinações de alcalinidade (meq.L^{-1}) foram feitas no laboratório segundo a metodologia descrita em APHA (1995).

A partir do pH, da temperatura da água, da condutividade e da alcalinidade foram calculados os valores de CO_2 total (mg.L^{-1}), HCO_3^- (mg.L^{-1}) e CO_3^{2-} (mg.L^{-1}), segundo MACKERETH *et al.* (1978).

d) Material em suspensão

O material em suspensão (total, conteúdo de matéria orgânica e inorgânica) em mg.L^{-1} , foi determinado através da técnica gravimétrica.

Para a determinação destes parâmetros foram filtrados cerca de 500 mL de água em filtros de fibra de vidro GF/C previamente queimados e pesados. Os filtros, depois de secos em estufa a 60°C por 24 horas, voltaram a ser pesados e a diferença de pesos correspondeu à quantidade de material em suspensão, a qual foi calculada para um litro. Posteriormente os filtros foram incinerados na mufla, a 500°C por 1 hora, e pesados novamente. A diferença entre o peso seco e o peso após queimado, equivaleu ao conteúdo de matéria orgânica, o qual foi calculado para um litro. A diferença de peso entre os filtros iniciais e os incinerados equivaleu ao conteúdo de matéria inorgânica, o qual foi calculado para um litro.

e) Determinação de nutrientes

Os nutrientes inorgânicos dissolvidos foram determinados segundo as técnicas descritas pelos seguintes autores: STRICKLAND & PARSONS (1960), fosfato inorgânico e fósforo total dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$), KOROLEFF (1976), amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$), MACKERETH *et al.* (1978), nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e GOLTERMAN *et al.* (1978), silicato reativo (mg.L^{-1}).

A determinação de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e nitrogênio total Kjeldahl (mg.L^{-1}) foi feita segundo a metodologia descrita em APHA (1995).

f) Balanço de massa dos nutrientes

A partir dos valores das concentrações dos nutrientes analisados e os valores de vazão, para cada estação de coleta foram calculados os balanços de massa segundo o procedimento descrito por VOLLENWEIDER (1989), o qual permite uma primeira aproximação e resulta ser razoavelmente correto para locais de concentração e fluxo relativamente constantes.

$$\text{Carga} = C \cdot Q_d \cdot \Delta t$$

onde: C = concentração média da substância (Kg. unidade de tempo)

Q_d = vazão da descarga

Δt = intervalo entre as observações.

4.6. Variáveis biológicas

As amostras para determinação da concentração de pigmentos totais foram coletadas em todas as estações, incluindo as três profundidades de cada reservatório. As amostras das comunidades planctônicas foram coletadas unicamente nos reservatórios.

a) Determinação da clorofila a total

A determinação da clorofila a total foi feita segundo a metodologia de extração com etanol 80% a quente, como indicado em NUSH & PALME (1975), MOED & HALLEGRAEF (1978) e NUSH (1980), e recomendado por MARKER *et*

al. (1980) e testado no laboratório do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada. Foi utilizada a extração a quente com o solvente aquecido a 78 °C e produzida uma variação brusca de temperatura colocando os extratos em água gelada. Não foi feita maceração em almofariz, visto que a maceração influencia negativamente, deixando as amostras turvas (ESPÍNDOLA, 1994). As concentrações ($\mu\text{g.L}^{-1}$) foram obtidas a partir das absorbâncias lidas em espectrofotômetro, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Cl. a} = 29,6.(E_b - E_a). V$$

onde: E_b = diferença das leituras a 665 nm - 750 nm, antes da acidificação do extrato;
 E_a = diferença das leituras a 665 nm - 750 nm, depois da acidificação do extrato;

$$V = \frac{\text{vol. do solvente (mL)}}{\text{vol. de H}_2\text{O filtrada (L)} \cdot \frac{1 \text{ cm}}{\text{cubeta}}}$$

b) Análise da comunidade fitoplanctônica dos reservatórios

Os organismos fitoplanctônicos para análise qualitativa foram coletados com um arrasto de rede de plâncton com abertura de malha de 20 μm e fixados com formol a 4%. A identificação taxonômica dos organismos foi feita a nível de grandes grupos (Classe), com identificação a nível de gênero para os organismos mais abundantes. As algas foram identificadas segundo BOURRELLY (1968, 1970, 1972) e classificadas segundo REYNOLDS (1984a).

Para a análise quantitativa, as amostras foram coletadas com garrafa de Van Dorn na superfície, meio e fundo dos reservatórios e fixadas com lugol. A quantificação foi feita em câmaras de sedimentação de 2 mL sob microscópio invertido a um aumento de 40 X segundo o método de UTERMÖHL (1958).

A densidade fitoplanctônica foi calculada seguindo os critérios descritos em APHA (1995), segundo a fórmula:

$$\text{n}^\circ \text{ de org./mL} = \frac{C \cdot AT}{AF \cdot F \cdot V}$$

onde: C = número de organismos contados;

AT = área total do fundo da câmara de sedimentação (mm²);

AF = área de um campo de contagem (mm²);

F = número de campos contados;

V = volume de amostra sedimentada (mL).

c) Análise da comunidade zooplânctônica dos reservatórios

Para a análise da comunidade zooplânctônica foi realizado um arrasto vertical com rede de plâncton de abertura de malha de 68 µm, no período de outubro a setembro. As amostras foram fixadas com formol a 4 %. Posteriormente foi feita a análise qualitativa sob microscópio e estereomicroscópio, para se obter uma caracterização geral da comunidade. Os copépodos adultos, copepoditos e cladóceros foram contados em cubetas de acrílico com fundo quadriculado, sob estereomicroscópio, e os náuplios de Copepoda e os rotíferos foram contados em lâminas do tipo Sedgewick Rafter, sob microscópio. Foram seguidos os procedimentos sugeridos por PENNAK (1958), ROCHA *et al.* (1976), KOSTE (1978), MATSUMURA-TUNDISI (1983).

A densidade de cada grupo foi calculada segundo a expressão:

$$d \text{ (ind.L}^{-1}\text{)} = nc/V$$

onde: d = estimativa da densidade

nc = número de indivíduos capturados na amostra

$V = r^2 \cdot \pi \cdot d \cdot 1000$, onde r^2 é o rádio da abertura da rede e d a distância recorrida no arrasto, (L).

4.7. Índices de estado trófico

Nos reservatórios do córrego Macuco foram aplicados diferentes índices de estado trófico.

Foi utilizado o Índice de Estado Trófico (IET) de CARLSON (1977), baseado fundamentalmente na transformação linear da transparência do Disco de Secchi e das concentrações de fósforo total e clorofila *a* expressas pelas seguintes equações:

$$\text{IET (DS)} = 10 \left(6 - \frac{\ln \text{DS}}{\ln 2} \right)$$

$$\text{IET (Chl)} = 10 \left(6 - \frac{2,04 - 0,68 \ln \text{Chl}}{\ln 2} \right)$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \left(6 - \frac{\ln \frac{48}{\text{PT}}}{\ln 2} \right)$$

onde: DS = leitura da transparência do Disco de Secchi (m)

Chl = concentração de clorofila na superfície ($\mu\text{g.L}^{-1}$)

PT = concentração de fósforo total na superfície ($\mu\text{g.L}^{-1}$).

Para a classificação foram utilizados os critérios do Índice de Estado Trófico de Carlson redefinidos por ³ KRATZER & BREZONIK (1981) *apud* CALIJURI (1988).

Também foi utilizado o sistema de classificação de estado trófico para lagos quentes tropicais, proposto por SALAS & MARTINO (1990) aplicando uma estratégia que proporciona um esquema quantitativo probabilístico para as diferentes categorias de estado trófico. Utilizando as concentrações de fósforo total e clorofila *a* determinou-se a probabilidade percentual do estado trófico dos reservatórios.

4.8. Análise numérica

Foram elaboradas matrizes de variação espacial utilizando-se a média dos valores das variáveis físicas e químicas ao longo do tempo para os córregos e para os reservatórios. A partir destas matrizes se desenvolveram dendogramas de agrupamento ("cluster") das distâncias entre as estações. A análise foi feita segundo o coeficiente de correlação de *Pearson* (LEGENDRE & LEGENDRE, 1983).

Para a análise dos componentes principais se utilizaram matrizes com os valores das variáveis físicas e químicas das estações dos córregos Macuco, Águas da Prata e São José e matrizes com os dados das estações dos reservatórios Iguá, Igaraba e Iembó, nas profundidades correspondentes à superfície e meio da coluna d'água, para todo o período de coleta. Os valores correspondentes ao fundo da coluna d'água dos reservatórios não foram utilizados porque interferiram na análise das variáveis, pelo fato de serem valores muito altos.

³ KRATZER, C.R. & BREZONIK, P.L. (1981). A Carlson tipe trophic state index for nitrogen in Florida lakes. *Water Resources Bull.* 17(4): 713-714. Vozes *apud* CALIJURI, M.C. (1988). *Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplancônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização*. Tese de doutoramento. Escola de Engenharia de São Carlos, Usp, São Carlos. 293 p.

A análise de componente principal é uma técnica de análise multivariada que permite diminuir o número de variáveis em função da sua importância relativa, ordenando as estações de coleta e as variáveis de forma independente.

Esta técnica permite substituir um conjunto inicial de variáveis correlacionadas, por um conjunto menor de fatores que explicam a maior parte da variabilidade do conjunto original.

As variáveis são distribuídas em n eixos. O eixo principal é a reta que passa pela maior dimensão da elipsóide de probabilidade desta distribuição.

Da mesma maneira, os outros eixos principais passam pelas maiores dimensões sucessivas, ortogonais umas a outras e cada vez mais curtas, da elipsóide, a n dimensões (LEGENDRE & LEGENDRE, 1983).

Todas as análises estatísticas foram feitas através do software STATISTICA versão 4.2 para Windows da StatSoft, Inc..

5. RESULTADOS

5.1. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica

Os parâmetros morfométricos obtidos são apresentados na Tabela 1.

A ordem de canal, número atribuído aos cursos d'água a partir das nascentes é de 1 para o córrego Águas da Prata , 2 para o córrego Macuco e 2 para o córrego São José na região em que atravessa a microbacia.

Tabela 1. Parâmetros morfométricos da microbacia do córrego São José. As profundidades máximas das represas estão representadas pela média e desvio padrão.

Parâmetro morfométrico	Valor
Área total da microbacia	13,9 Km ²
Perímetro da microbacia	14 Km
K (Índice de Forma)	1,21
Re (Relação de Elongação)	0,724
Dh (Densidade Hidrográfica)	0,56 nc.Km ⁻²
Rr (Relação de Relevo)	48,8 m.Km ⁻¹
Reservatório Iguá	
Área	4,6 ha
Perímetro	1,62 Km
Profundidade máxima	6,60 ± 0,70 m
Reservatório Igaraba	
Área	4,7 ha
Perímetro	0,95 Km
Profundidade máxima	7,40 ± 0,80 m
Reservatório lembó	
Área	1,4 ha
Perímetro	0,50 Km
Profundidade máxima	3,50 ± 0,40 m

5.2. Variáveis climatológicas

a) Temperatura do ar

A temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$), durante o período de coleta, variou da mínima de $15,14^{\circ}\text{C}$ no mês de junho à máxima de $23,5^{\circ}\text{C}$ em fevereiro de 1996.

A variação da temperatura média do ar durante o período de coletas é apresentada na Figura 16.

Figura 16. Variação da temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$) durante o período de coleta na região de São Carlos.

b) Precipitação

Foi computada a precipitação pluviométrica mensal registrada no período de coleta. A máxima precipitação foi registrada no mês de janeiro ($351,1\text{ mm}$) e a mínima no mês de julho de 1996 ($1,7\text{ mm}$). A precipitação acumulada anual foi de $1724,4\text{ mm}$. O período de chuva foi de outubro de 1995 a março de 1996, sendo que o mês de setembro de 1995 teve escassas precipitações ($38,7\text{ mm}$). O período de seca se estendeu de abril a agosto. O mês de setembro de 1996 foi bastante chuvoso com uma precipitação de $152,9\text{ mm}$ (Figura 17).

Figura 17. Precipitação (mm) na região de São Carlos durante o período de amostragens.

c) Radiação solar

A radiação solar média durante o período de coleta variou de um valor mínimo de $267,13 \text{ cal.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ no mês de junho a um máximo de $525,9 \text{ cal.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ no mês de novembro.

A variação da radiação solar média durante o período de coleta é apresentada na Figura 18.

Figura 18. Radiação solar média ($\text{cal.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) durante o período de coleta na região de São Carlos.

d) Velocidade do vento

Os valores médios de velocidade do vento estão apresentados na Figura 19.

O menor valor médio foi observado em janeiro ($7,9 \text{ Km.h}^{-1}$) enquanto em setembro de 1995 foi registrado o máximo valor médio com $13,53 \text{ Km.h}^{-1}$. A velocidade média do vento durante todo o período de coleta foi de $9,82 \text{ Km.h}^{-1}$.

A direção dos ventos predominantes no local das coletas foi SE - NW.

Figura 19. Valores médios da velocidade do vento durante o período de coleta na região de São Carlos.

5.3. Variáveis hidrológicas

a) Velocidade de escoamento e vazão

As velocidades médias de escoamento dos córregos águas da Prata, Macuco e São José podem ser observadas na Tabela 2. As maiores velocidades de escoamento observadas foram as da estação 5 (média de $0,599 \text{ m.s}^{-1}$) enquanto que as menores foram observadas na estação 1 (média de $0,079 \text{ m.s}^{-1}$). As maiores velocidades de escoamento foram observadas no período de chuva (setembro a abril).

Tabela 2. Variação da velocidade média de escoamento (m.s^{-1}) na microbacia do córrego São José. Os valores máximos e mínimos estão destacados em vermelho.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	0.017	0.260	0.320	0.150	0.460	0.002	-	0.166
10	0.110	0.525	0.305	0.050	0.625	0.180	0.235	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-
1/96	0.080	0.236	0.476	0.263	0.820	0.080	0.218	0.490
2	0.060	0.360	0.472	0.313	0.866	0.095	0.160	0.340
3	0.120	0.270	0.445	0.304	0.720	0.090	0.260	0.280
4	0.220	0.570	0.390	0.280	0.670	0.570	0.170	0.345
5	0.035	0.280	0.405	0.284	0.600	0.265	0.170	0.105
6	-	-	-	-	-	-	-	-
7	0.030	0.240	0.260	0.100	0.440	0.450	0.170	-
8	-	-	0.198	-	0.350	-	-	-
9	0.040	0.150	0.276	0.114	0.440	0.550	0.200	0.070
Média	0.079	0.321	0.355	0.206	0.599	0.254	0.198	0.257
Desvio	0.064	0.140	0.096	0.102	0.174	0.217	0.037	0.150

- dados não coletados

A variação da vazão em cada estação de coleta durante o período de estudo pode ser observada na Figura 20. A maior vazão foi observada na estação 8 no mês de maio com um valor de $11,540 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, enquanto que a menor foi observada na estação 1 no mesmo mês com um valor de $0,003 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Nos meses de novembro, dezembro, junho e agosto foi impossível realizar a medida da vazão por defeito do molinete com que se efetuava a medida da velocidade de escoamento.

Figura 20. Variação da vazão ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) durante o período de estudo em cada estação de coleta.

5.4. Variáveis físicas e químicas

a) Transparência da água

Foi medida a transparência da água apenas nas estações 3, 4 e 5 (reservatórios do córrego Macuco) pois nas outras estações o leito do rio era visível.

Os dados mensais da profundidade do Disco de Secchi se encontram na Tabela

3.

Para a estação 3 verificou-se uma transparência média de 1,11 m com um desvio de 0,33 m, sendo que nas estações 4 e 5 foi registrada uma média e um desvio de $1,61 \pm 0,48$ e $1,50 \pm 0,30$ m respectivamente. A estação 3 foi aquela em que foram registradas as menores transparências ao longo do ano em comparação com os outros dois reservatórios, sendo que o menor valor observado foi de 0,70 m no mês de janeiro.

Tabela 3. Profundidades do disco de Secchi (transparência em m) nos reservatórios do córrego Macuco durante o período de estudo. Os valores máximos e mínimos estão destacados em vermelho.

Mês	Est. 3	Est. 4	Est. 5
9/95	0.90	1.00	1.10
10	0.75	0.90	1.08
11	1.26	1.60	1.10
12	1.30	1.60	1.60
1/96	0.70	0.95	1.30
2	1.90	2.20	1.90
3	1.00	1.30	1.50
4	0.75	1.60	1.65
5	1.45	1.70	1.62
6	1.10	1.93	2.10
7	0.88	1.50	1.70
8	1.40	2.60	1.40
9	1.10	2.00	1.40
Média	1.11	1.61	1.50
Desvio	0.33	0.48	0.30

b) Temperatura da água

Córregos

Com relação à temperatura da água observou-se uma variação espacial e temporal durante o período de coletas (Tabela 4), variando de uma mínima de 12,5 °C no mês de julho na estação 7 a uma máxima de 25,4 °C no mês de janeiro na estação 1.

Foram observados valores menores de temperatura nos meses correspondentes à estação seca, sendo que as temperaturas mais baixas foram registradas no mês de julho e as mais altas nos meses de janeiro e fevereiro durante a estação chuvosa.

Tabela 4. Variação espacial e temporal dos valores de temperatura (°C) na microbacia do córrego São José no período de estudos.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	18.9	17.7	18.7	-	-
10	20.0	18.2	20.1	19.1	-
11	21.4	19.7	19.1	17.9	20.5
12	22.9	21.4	20.5	20.8	22.1
1/96	25.4	23.8	21.4	21.6	23.0
2	24.5	23.3	21.1	21.4	22.7
3	24.1	22.6	21.0	20.5	21.7
4	20.5	18.9	18.9	16.8	18.1
5	19.4	18.6	18.5	17.2	17.9
6	18.2	16.4	18.0	16.3	16.8
7	15.0	14.1	15.6	12.5	14.0
8	16.7	15.4	16.9	14.2	16.0
9	18.5	17.2	17.7	17.3	18.7
Média	20.4	19.0	19.0	18.0	19.2
Desvio	3.1	3.0	1.7	2.9	3.0

- dados não coletados

Reservatórios

Nos reservatórios foi detectada a estratificação térmica (Figura 21). Nas estações 3 e 4 foi observada a estratificação nos meses de outubro a março e em setembro de 1996. A estação 5 só apresentou estratificação nos meses de outubro,

janeiro e setembro de 1996. O valor mínimo de temperatura registrado foi 15,0 °C na estação 3 no fundo (3,5 m) durante o mês de julho. O valor máximo foi registrado na superfície da estação 2 no mês de janeiro com 26,6 °C.

Espacialmente, as estações onde foram registradas as maiores temperaturas foram as estações 3, 4 e 5 e a estação 1. A diferença de temperatura entre os córregos e os reservatórios foi de aproximadamente 3°C.

Figura 21. Variações da temperatura (° C) nas estações 3, 4 e 5 durante o período de estudo.

Figura 21. Continuação. Variações da temperatura ($^{\circ}$ C) nas estações 3, 4 e 5 durante o período de estudo.

c) Oxigênio dissolvido

Córregos

A variação das concentrações de Oxigênio Dissolvido (mg.L^{-1}) durante o período de coleta é apresentada na Tabela 5.

As estações onde se observaram as menores concentrações foram a estação 1 e 2 no córrego Macuco e a estação 8 no córrego São José. A menor concentração foi de $0,26 \text{ mg.L}^{-1}$ nos meses de novembro e dezembro na estação 1. A maior concentração foi registrada na estação 7 no córrego Águas da Prata ($12,52 \text{ mg.L}^{-1}$) no mês de setembro de 1996.

Tabela 5. Variação das concentrações de Oxigênio Dissolvido (mg.L^{-1}) nas estações de amostragem correspondentes aos córregos durante o período de coletas.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	1.05	2.66	6.45	-	-
10	0.64	1.96	5.82	9.51	-
11	0.26	2.43	6.23	9.97	2.99
12	0.26	1.76	5.60	8.94	3.85
1/96	0.40	0.48	5.86	9.09	5.39
2	0.32	0.57	5.28	8.24	5.76
3	0.45	0.46	5.24	8.62	5.96
4	0.86	0.64	6.18	9.62	5.05
5	0.84	0.75	9.00	9.02	3.59
6	0.58	0.89	6.54	9.00	0.40
7	1.94	1.21	7.29	10.16	0.46
8	0.88	1.18	6.89	11.39	0.38
9	0.89	1.17	8.94	12.52	0.59
Média	0.72	1.24	6.56	9.67	3.13
Desvio	0.44	0.71	1.17	1.17	2.20

- dados não coletados

Reservatórios

Nas estações 3, 4 e 5 foram observados gradientes de concentração de oxigênio dissolvido na coluna de água (Figura 22). Para a estação 3 foram observados gradientes o ano todo, sendo mais pronunciados em janeiro, fevereiro e março onde,

a partir dos 3 metros de profundidade a coluna da água se encontrava em anoxia. Na estação 4 os gradientes ocorreram de abril até setembro, mas menos marcados que na estação anterior. Nos meses de setembro, julho e agosto foram registrados os valores máximos de O.D.. Na estação 5 porém, quase não existiu gradiente pronunciado, sendo que os menores valores foram encontrados nos últimos 0,50 m de profundidade mas não foi registrada anoxia.

Figura 22. Variação espacial e temporal da concentração de O.D. (mg.L^{-1}) nos reservatórios do córrego Macuco durante o período de estudos.

Figura 22. Continuação. Variação espacial e temporal da concentração de O.D. (mg.L^{-1}) nos reservatórios do córrego Macuco durante o período de estudos.

d) pH

Córregos

Na Tabela 6 estão apresentados os valores de pH na microbacia do córrego São José.

Os menores valores de pH foram encontrados em todas as estações no mês de setembro de 1996 (4,43 na estação 6) e o maior valor foi registrado na estação 7 (7,12) no mês de outubro. Os menores desvios dos valores médios foram observados na estação chuvosa.

Tabela 6. Variação espaço-temporal dos valores de pH na microbacia do córrego São José.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	5.49	4.84	4.62	-	-
10	5.37	6.32	4.88	7.12	-
11	5.29	5.58	5.05	6.38	6.42
12	5.44	6.37	6.34	6.84	6.63
1/96	5.52	6.31	5.11	6.68	6.35
2	5.38	5.67	5.09	6.65	6.30
3	5.40	5.57	4.91	6.39	6.28
4	5.35	5.32	4.74	6.39	6.22
5	6.24	5.47	5.03	6.52	6.22
6	5.23	5.49	4.78	6.74	6.35
7	6.64	5.30	5.26	6.71	6.66
8	5.39	5.22	5.96	6.42	6.11
9	4.89	5.27	4.43	5.95	5.66
Média	5.51	5.59	5.09	6.57	6.29
Desvio	0.45	0.47	0.52	0.29	0.27

- dados não coletados

Reservatórios

Os valores referentes às estações 3, 4 e 5 são apresentados na Tabela 7. O maior valor foi observado na estação 3c no mês de fevereiro (8,09) e o menor na estação 4c no mês de setembro de 1996 (4,57).

Tabela 7. Variação espaço-temporal dos valores de pH nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo).

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	6.09	5.97	5.35	6.66	6.35	5.60	6.43	6.12	6.07
10	6.87	6.30	5.49	7.11	6.82	5.68	7.19	6.58	6.17
11	5.86	5.96	5.82	6.22	6.13	5.17	5.99	5.75	6.10
12	6.19	6.02	6.88	7.67	6.87	6.42	7.47	6.83	6.42
1/96	6.07	5.09	6.10	6.79	5.76	5.46	5.59	5.45	5.02
2	7.90	8.04	8.09	7.96	7.86	7.95	7.83	7.83	7.86
3	6.07	5.37	6.11	7.17	6.47	5.51	5.86	5.78	5.42
4	5.94	5.59	5.24	5.89	5.84	5.69	5.72	5.69	5.61
5	7.87	7.86	7.83	7.76	7.77	7.76	7.69	7.68	7.72
6	6.90	6.38	5.31	6.17	5.86	5.35	5.79	5.78	5.72
7	5.78	5.54	5.23	5.82	5.72	5.56	5.78	5.66	5.62
8	4.75	4.89	4.64	5.14	5.29	5.23	5.25	5.35	5.23
9	5.43	5.42	4.91	5.59	5.27	4.57	5.20	5.16	5.43
Média	6.29	6.03	5.92	6.61	6.26	5.88	6.20	6.09	6.01
Desvio	0.90	0.96	1.07	0.93	0.90	1.07	0.97	0.93	0.96

e) Condutividade

Córregos

Na Tabela 8 é apresentada a variação da condutividade ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$) durante o período de estudos.

Os valores médios da estação chuvosa foram maiores que os da estação seca.

Os valores médios da condutividade elétrica variaram de $121 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ na estação 8 (em julho) a $4 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ na estação 6 (novembro). A estação em que se registraram os valores mais altos de condutividade foi a estação 8 no córrego São José.

Tabela 8. Variação espaço-temporal da condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) nos córregos da microbacia do córrego São José.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	26.00	5.33	10.00	-	-
10	27.00	71.00	8.00	23.00	-
11	28.50	29.00	4.00	11.00	118.75
12	24.67	64.00	7.00	20.00	76.67
1/96	28.00	116.67	9.33	29.00	63.00
2	23.00	42.67	9.00	38.00	57.00
3	26.00	40.33	9.00	23.67	60.00
4	20.00	26.00	8.33	19.00	69.00
5	16.50	25.00	8.00	20.00	62.00
6	21.00	25.00	7.00	22.00	100.67
7	17.00	9.00	6.00	16.33	121.00
8	25.00	12.00	7.00	17.00	96.00
9	19.67	15.00	5.00	32.00	53.00
Média	23.26	37.00	7.51	22.58	79.74
Desvio	4.06	31.15	1.75	7.38	25.04

- dados não coletados

Reservatórios

A variação temporal e espacial da condutividade nas estações 3, 4 e 5 é apresentada na Figura 23.

Figura 23. Variação espaço-temporal da condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) nos reservatórios do córrego Macuco.

Figura 23. Continuação. Variação espaço-temporal da condutividade ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$) nos reservatórios do córrego Macuco.

f) Alcalinidade

Córregos

A variação espacial e temporal da alcalinidade ($\text{meq}.\text{L}^{-1}$) é representada na Tabela 9.

A alcalinidade na microbacia do córrego São José variou de um mínimo de $0,08 \text{ meq}.\text{L}^{-1}$ na estação 6 (nos meses de janeiro a abril) a um valor máximo de $0,90 \text{ meq}.\text{L}^{-1}$ na estação 8 (no mês de novembro). Nas estações 7 e 8 foram registrados os

valores de alcalinidade mais altos. Estas estações também apresentaram a maior variação de alcalinidade junto com a estação 2.

Tabela 9. Variação espaço-temporal da alcalinidade (meq.L^{-1}) nas estações de amostragem nos córregos durante o período de coletas.

Mês	Est.1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	-	-	-	-	-
10	0.16	0.33	-	0.10	-
11	0.19	0.22	0.10	0.19	0.90
12	0.15	0.40	0.12	0.24	0.66
1/96	0.16	0.31	0.08	0.25	0.59
2	0.15	0.19	0.08	0.44	0.27
3	0.16	0.24	0.08	0.21	0.45
4	0.13	0.16	0.08	0.17	0.53
5	0.13	0.13	0.17	0.08	0.44
6	0.15	0.16	0.10	0.67	0.70
7	0.13	0.11	0.09	0.18	0.88
8	0.13	0.12	0.09	0.17	0.69
9	0.16	0.23	0.10	0.38	0.64
Média	0.15	0.22	0.09	0.26	0.56
Desvio	0.02	0.09	0.04	0.16	0.25

- dados não coletados

Reservatórios

As estações 3, 4 e 5 não apresentaram gradientes muito pronunciados nas três profundidades analisadas durante o período de coletas (Tabela 10). A máxima alcalinidade foi de $0,34 \text{ meq.L}^{-1}$ no fundo da estação 3 no mês de fevereiro e a mínima foi de $0,05 \text{ meq.L}^{-1}$ na superfície da coluna d'água da estação 4 no mês de março.

Os maiores valores de alcalinidade (meq.L^{-1}) foram observados na estação 3 no fundo da coluna d'água (média de $0,17 \text{ meq.L}^{-1}$) e os menores na superfície e meio da coluna d'água das estações 4 e 5 com $0,13 \text{ meq.L}^{-1}$.

Nas estações 1 a 5 foram observados valores maiores na estação chuvosa porém, nas estações 6 a 8 os valores mais altos foram registrados na estação seca.

Tabela 10. Variação espaço-temporal da alcalinidade (meq.L^{-1}), nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo).

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0.13	0.14	0.13	0.11	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11
11	0.13	0.19	0.17	0.13	0.13	0.14	0.12	0.13	0.14
12	0.17	0.19	0.20	0.15	0.12	0.13	0.14	0.13	0.12
1/96	0.22	0.23	0.25	0.20	0.18	0.20	0.17	0.18	0.18
2	0.19	0.17	0.34	0.18	0.18	0.22	0.17	0.19	0.23
3	0.17	0.18	0.24	0.05	0.16	0.20	0.14	0.16	0.15
4	0.16	0.16	0.17	0.15	0.16	0.16	0.14	0.14	0.15
5	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13
6	0.11	0.11	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13
7	0.10	0.10	0.11	0.13	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11
8	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10
9	0.10	0.11	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Média	0.14	0.15	0.17	0.13	0.13	0.14	0.13	0.13	0.14
Desvio	0.04	0.04	0.07	0.04	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04

- dados não coletados

g) Formas de carbono

Córregos

Para as concentrações de CO_2 total (mg.L^{-1}) os maiores valores médios ocorreram na estação 6 (média de $114,78 \text{ mg.L}^{-1}$) e os menores na estação 7 com $20,47 \text{ mg.L}^{-1}$. O maior valor de CO_2 total foi encontrado na estação 6 ($357,89 \text{ mg.L}^{-1}$ em setembro de 1996), e o menor foi de $5,10 \text{ mg.L}^{-1}$ na estação 7 em outubro de 1995 (Tabela 11).

Com relação ao CO_2 livre (mg.L^{-1}) os valores variaram de $0,75$ (mês de outubro na estação 7) a $353,70 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 6 em setembro de 1996), como pode ser observado na Tabela 12. Os maiores valores médios foram observados na estação 6 (média de $110,42 \text{ mg.L}^{-1}$), sendo que os menores foram observados na estação 7 com média de $9,17 \text{ mg.L}^{-1}$.

As concentrações de bicarbonato (HCO_3^-) variaram de um mínimo de $4,0 \text{ mg.L}^{-1}$ (na estação 6 no mês de abril) a um máximo de $45,15 \text{ mg.L}^{-1}$ (em novembro na

estação 8), durante o período de estudos (Tabela 13). A maior média foi encontrada na estação 8 com 30,68 mg.L⁻¹ e a menor na estação 6 com média de 4,96 mg.L⁻¹.

Tabela 11. Variação espacial e temporal da concentração de CO₂ total (mg.L⁻¹) nas estações de coleta dos córregos, durante o período de amostragens.

Mês	Est.1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	-	-	-	-	-
10	75.29	30.13	-	5.10	-
11	104.69	67.30	95.77	16.37	74.07
12	60.33	34.73	10.49	14.10	44.22
1/96	57.02	28.64	67.59	16.11	52.51
2	68.85	48.88	71.46	29.00	25.30
3	71.00	74.22	105.00	18.15	43.73
4	64.28	82.57	149.10	14.23	54.94
5	12.69	51.30	162.22	6.23	46.19
6	92.14	58.23	175.13	41.60	62.25
7	9.02	60.62	54.60	11.28	57.66
8	60.85	75.39	13.30	14.30	83.56
9	219.55	134.91	357.89	59.17	168.70
Média	74.64	62.24	114.78	20.47	64.83
Desvio	53.27	29.03	97.74	15.66	37.83

- dados não coletados

Tabela 12. Variação espacial e temporal da concentração de CO₂ livre (mg.L⁻¹) nas estações de coleta dos córregos, durante o período de amostragens.

Mês	Est.1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	-	-	-	-	-
10	68.25	15.70	-	0.75	-
11	96.42	57.65	91.26	7.96	34.33
12	53.81	17.10	5.35	3.49	15.37
1/96	49.77	15.08	63.96	5.18	26.45
2	62.28	40.53	67.79	9.78	13.47
3	63.94	63.79	101.37	8.73	23.78
4	58.51	75.62	145.58	6.84	31.75
5	7.19	45.40	154.92	2.54	26.69
6	85.73	51.26	170.60	12.17	31.36
7	3.09	55.73	50.56	3.46	19.15
8	54.91	70.26	9.49	6.63	53.33
9	212.30	124.70	353.70	42.50	140.45
Média	68.02	52.74	110.42	9.17	37.83
Desvio	52.83	30.79	97.60	10.99	35.72

- dados não coletados

Tabela 13. Variação espacial e temporal da concentração de HCO_3^- (mg.L^{-1}) nas estações de coleta dos córregos, durante o período de amostragens.

Mês	Est.1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	-	-	-	-	-
10	8.00	16.40	-	4.94	-
11	9.40	10.96	5.12	9.55	45.15
12	7.41	20.04	5.85	12.06	32.78
1/96	8.24	15.40	4.12	12.41	29.61
2	7.47	9.48	4.17	21.84	13.44
3	8.03	11.85	4.12	10.71	22.66
4	6.55	7.90	4.00	8.40	26.35
5	6.25	6.70	8.30	4.20	22.15
6	7.28	7.92	5.14	33.44	35.10
7	6.74	5.56	4.60	8.88	43.76
8	6.74	5.83	4.33	8.72	34.35
9	8.24	11.61	4.76	18.94	32.10
Média	7.53	10.80	4.96	12.84	30.68
Desvio	0.90	4.54	1.25	8.25	9.35

- dados não coletados

Reservatórios

Para o CO_2 total (mg.L^{-1}) os maiores valores médios ocorreram na estação 3 no fundo (média de $63,0 \text{ mg.L}^{-1}$) e os menores no fundo da estação 4 com $18,03 \text{ mg.L}^{-1}$. O maior valor de CO_2 total foi encontrado na estação 4 no fundo ($260,42 \text{ mg.L}^{-1}$ em setembro de 1996) e o menor foi de $2,71 \text{ mg.L}^{-1}$ na estação 4 em superfície em março (Tabela 14). Os menores valores foram observados no mês de março e os maiores no mês de agosto em todas as estações.

Quanto ao CO_2 livre (mg.L^{-1}) os valores variaram de $0,16$ (mês de fevereiro e maio na estação 3 no meio da coluna d'água) a $256,23 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 4 no fundo em setembro de 1996), como pode ser observado na Tabela 15. Os maiores valores médios foram observados no fundo da estação 4 (média de $52,26 \text{ mg.L}^{-1}$), sendo que os menores foram observados na superfície da mesma estação com média de $12,46 \text{ mg.L}^{-1}$. Os menores valores foram observados no mês de maio e os maiores no mês de agosto, em todas as estações.

As concentrações de bicarbonato (HCO_3^-) variaram de um mínimo de $2,67 \text{ mg.L}^{-1}$ (na superfície da estação 4 no mês de março), a um máximo de $16,93 \text{ mg.L}^{-1}$

em fevereiro no fundo da estação 3, durante o período de estudos (Tabela 16). A maior média foi encontrada no fundo da estação 3 com 8,47 mg.L⁻¹ e a menor na superfície da estação 4 com média de 6,32 mg.L⁻¹.

As concentrações de carbonato (CO₃²⁻), em mg.L⁻¹, não sofreram variações significativas durante o período de coleta em todas as estações.

Tabela 14. Variação espacial e temporal da concentração de CO₂ total (mg.L⁻¹) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de amostragens.

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	7.47	13.18	48.89	5.90	7.09	30.10	5.39	8.01	12.72
11	23.96	28.88	33.25	13.05	14.93	97.79	17.27	27.77	17.77
12	18.37	26.50	11.52	6.74	6.97	10.37	6.43	7.91	9.76
1/96	27.94	194.16	30.26	11.85	38.15	76.51	50.51	71.87	180.02
2	8.39	7.76	15.26	8.12	8.08	10.14	7.68	8.56	10.61
3	22.34	83.39	29.19	2.71	12.83	69.48	26.07	32.67	62.02
4	25.57	49.37	103.45	26.10	30.17	38.47	32.60	34.74	44.29
5	5.88	5.43	5.49	5.66	5.43	5.48	5.42	5.71	5.77
6	6.18	9.53	62.24	12.77	21.04	56.72	24.70	25.15	30.11
7	21.79	34.17	67.08	25.71	24.34	33.47	22.46	28.12	30.37
8	142.50	109.78	219.94	70.70	50.67	60.25	62.33	47.79	60.25
9	41.80	45.39	129.46	27.03	56.59	260.42	65.06	73.29	40.47
Média	29.35	50.63	63.00	18.03	23.03	62.43	27.16	30.97	42.01
Desvio	37.22	55.19	61.97	18.66	17.56	68.68	21.60	23.38	47.53

- dados não coletados

Tabela 15. Variação espacial e temporal da concentração de CO₂ livre (mg.L⁻¹) nos reservatórios do córrego Macuco, (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de amostragens.

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	1.75	7.02	43.04	0.88	1.82	24.86	0.69	3.00	7.71
11	18.16	20.61	25.76	7.54	9.37	91.81	12.07	22.26	11.44
12	10.92	18.14	2.65	0.31	1.63	4.80	0.46	1.99	4.52
1/96	18.42	184.19	19.48	3.19	30.45	67.89	43.13	63.94	172.09
2	0.23	0.16	0.28	0.20	0.24	0.25	0.25	0.28	0.32
3	14.72	75.59	18.63	0.36	5.58	60.82	19.77	25.82	55.58
4	18.48	42.15	96.10	19.45	23.13	31.65	26.48	28.58	37.56
5	0.17	0.16	0.18	0.21	0.20	0.21	0.24	0.26	0.24
6	1.37	4.63	57.11	7.73	15.96	51.64	19.43	19.88	24.47
7	17.23	29.65	62.42	19.92	19.78	28.86	17.76	23.41	25.67
8	139.06	106.15	215.80	66.65	46.67	56.06	57.81	43.51	56.06
9	37.38	40.68	124.99	23.08	52.31	256.23	60.82	68.91	36.19
Média	23.16	44.09	55.54	12.46	17.26	56.26	21.58	25.15	35.99
Desvio	38.08	54.53	63.83	19.10	18.02	69.22	21.84	23.50	47.19

Tabela 16. Variação espacial e temporal da concentração de HCO_3^- livre (mg.L^{-1}) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de amostragens.

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	6.50	7.00	6.65	5.69	6.00	5.95	5.34	5.70	5.70
11	6.58	9.40	8.51	6.26	6.32	6.79	5.90	6.26	7.20
12	8.46	9.50	10.07	7.29	6.06	6.32	6.78	6.73	5.95
1/96	10.82	11.33	12.26	9.84	8.76	9.79	8.39	9.01	9.01
2	9.23	8.60	16.93	8.96	8.87	11.19	8.42	9.39	11.65
3	8.65	8.86	12.00	2.67	8.24	9.84	7.16	7.78	7.31
4	8.05	8.20	8.35	7.55	8.00	7.75	6.95	7.00	7.65
5	6.46	5.96	6.02	6.17	5.92	5.97	5.88	6.18	6.27
6	5.46	5.56	5.83	5.72	5.78	5.78	5.99	5.99	6.42
7	5.19	5.14	5.30	6.58	5.19	5.24	5.35	5.35	5.35
8	3.91	4.12	4.71	4.60	4.55	4.76	5.14	4.87	4.76
9	5.03	5.35	5.08	4.49	4.87	4.76	4.82	4.98	4.87
Média	7.03	7.42	8.47	6.32	6.55	7.01	6.34	6.60	6.85
Desvio	2.03	2.21	3.73	1.96	1.52	2.16	1.21	1.47	1.95

- dados não coletados

h) Material em suspensão

Córregos

A variação espaço-temporal das concentrações dos sólidos em suspensão totais (mg.L^{-1}) está representada na Tabela 17.

A concentração de sólidos totais variou de $1,23 \text{ mg.L}^{-1}$ na estação 8 (no mês de outubro) a $63,50 \text{ mg.L}^{-1}$ na estação 2 (em janeiro de 1996).

As maiores concentrações foram encontradas na estação seca exceto nas estações de coleta 2 e 8.

Na estação 2 observou-se a maior variação na concentração de sólidos totais em suspensão (desvio padrão de $16,44 \text{ mg.L}^{-1}$), enquanto na estação 6 houve uma menor variação (desvio padrão de $0,95 \text{ mg.L}^{-1}$).

Os sólidos em suspensão orgânicos (conteúdo de matéria orgânica dos sólidos totais), expressos em mg.L^{-1} , variaram de $1,06 \text{ mg.L}^{-1}$ na estação 7 (outubro) até o valor de $20,15 \text{ mg.L}^{-1}$ na estação 8 no mês de julho (Tabela 18).

A maior variação foi observada na estação 8 (Desvio padrão 5,17 mg.L⁻¹), enquanto que a estação 6 apresentou a menor variação temporal (Desvio padrão 0,38 mg.L⁻¹).

Os sólidos em suspensão inorgânicos (conteúdo de matéria inorgânica dos sólidos totais), variaram de 0,10 mg.L⁻¹ na estação 6 (setembro/95) até o valor de 41,03 mg.L⁻¹ na estação 2 no mês de janeiro (Tabela 19).

As maiores variações foram observadas nas estações 1 e 2 (Desvio padrão 6,62 e 11,30 mg.L⁻¹ respectivamente).

Tabela 17. Variação espacial e temporal de sólidos em suspensão totais (mg.L⁻¹) nas estações de coleta dos córregos durante o período de estudos.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	14.40	3.26	1.40	-	-
10	8.84	31.84	-	2.20	1.23
11	10.86	12.00	2.29	3.71	18.29
12	10.17	21.77	2.49	5.94	14.51
1/96	9.91	63.50	3.29	7.71	23.74
2	8.31	19.34	3.91	6.91	18.77
3	5.91	14.26	4.34	5.20	16.46
4	5.86	8.29	3.26	4.06	18.09
5	3.57	5.03	3.26	3.40	6.03
6	8.86	11.49	3.89	11.57	19.00
7	6.83	3.37	3.91	3.74	24.20
8	9.31	3.77	2.49	4.57	14.97
9	41.17	18.09	4.63	12.51	4.97
Média	11.08	16.62	3.26	5.96	15.02
Desvio	9.43	16.44	0.95	3.24	7.29

- dados não coletados

Tabela 18. Variação espacial e temporal dos sólidos em suspensão orgânicos (mg.L^{-1}) nos córregos durante o período de estudos.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	5.06	1.94	1.97	-	-
10	4.48	11.05	1.86	1.06	-
11	-	-	-	-	-
12	5.29	10.09	1.60	2.74	5.69
1/96	5.29	10.09	1.60	2.74	5.69
2	4.34	7.71	2.29	3.20	6.89
3	2.57	5.43	2.86	2.57	5.43
4	3.37	3.54	2.43	2.26	12.66
5	2.03	2.37	1.97	1.71	3.37
6	3.97	5.29	2.57	6.91	11.86
7	3.60	2.06	2.40	1.71	20.15
8	4.31	2.23	2.00	2.54	9.80
9	14.83	8.14	2.11	8.26	3.94
Média	4.93	5.83	2.14	3.25	8.55
Desvio	3.28	3.47	0.38	2.25	5.17

- dados não coletados

Tabela 19. Variação espaço - temporal dos sólidos em suspensão inorgânicos (mg.L^{-1}) nos córregos durante o período de estudos.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	9.34	1.31	0.10	-	-
10	4.36	20.78	-	0.34	0.17
11	-	-	-	-	-
12	4.89	11.69	0.89	3.20	8.83
1/96	5.46	41.03	1.14	4.14	16.37
2	3.97	11.63	1.63	3.71	11.89
3	3.34	8.83	1.49	2.63	11.03
4	2.49	4.74	0.83	1.80	5.43
5	1.54	2.66	1.29	1.69	2.66
6	4.89	6.20	1.31	4.66	7.14
7	3.23	1.31	1.51	2.03	4.05
8	5.00	1.54	0.49	2.03	5.17
9	26.34	9.94	2.51	4.26	1.03
Média	6.24	10.14	1.19	2.77	6.71
Desvio	6.62	11.30	0.65	1.34	4.70

- dados não coletados

Reservatórios

Nas estações 3, 4 e 5 foram observadas pequenas diferenças na concentração de sólidos suspensos com a profundidade, sendo que os valores correspondentes ao fundo quase sempre foram maiores do que os da superfície (Tabela 20).

A concentração de sólidos totais variou de 0,1 mg.L⁻¹ na estação 3 no meio da coluna d'água (no mês de setembro de 1995) a 66,74 mg.L⁻¹ no fundo da estação 4 (em abril).

Na estação 3 ocorreu maior concentração de sólidos em suspensão do que nas estações 4 e 5, sendo que nesta última os valores foram baixos em comparação com as anteriores.

Os sólidos em suspensão orgânicos, expressos em mg.L⁻¹, variaram de 1,40 mg.L⁻¹ na superfície da estação 4 (fevereiro) até o valor de 16,57 mg.L⁻¹ no fundo da estação 4 no mês de abril (Tabela 21).

A maior variação foi observada no fundo da estação 4 (desvio padrão 4,20 mg.L⁻¹), enquanto que o meio da coluna d'água da estação 5 apresentou a menor variação temporal (desvio padrão 0,61 mg.L⁻¹).

Os sólidos em suspensão inorgânicos, expressos em mg.L⁻¹, variaram de 0,10 mg.L⁻¹ até o valor de 53,40 mg.L⁻¹ no fundo da estação 4 no mês de janeiro (Tabela 22).

Tabela 20. Variação espacial e temporal de sólidos em suspensão totais (mg.L⁻¹) nas estações de coleta dos reservatórios (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos.

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	4.60	0.10	5.46	5.20	5.03	5.31	5.37	2.93	0.89
10	2.66	7.12	7.86	5.34	6.00	6.97	4.80	2.83	5.86
11	2.20	5.71	3.43	4.86	4.29	4.86	4.80	2.29	5.14
12	4.26	4.97	9.71	4.06	4.26	4.80	3.69	3.89	3.86
1/96	10.29	18.29	23.67	5.31	5.29	65.83	4.67	4.29	6.86
2	3.00	4.09	22.14	1.86	2.60	19.37	3.69	3.43	2.83
3	7.26	9.83	34.71	3.14	3.23	9.14	0.77	3.17	2.14
4	4.03	6.91	14.06	4.23	4.77	66.74	3.69	6.20	5.17
5	4.91	4.23	5.20	4.06	4.34	3.57	3.06	3.46	2.00
6	6.40	5.63	6.09	4.60	4.37	5.20	5.20	4.60	5.09
7	5.06	5.86	37.31	4.11	5.71	21.26	4.60	3.60	4.17
8	5.74	5.51	49.43	2.46	2.91	6.54	5.14	5.74	5.60
9	7.46	7.80	4.71	2.89	3.46	24.20	4.54	5.63	5.11
Média	5.22	6.61	17.21	4.01	4.33	18.75	4.16	4.00	4.21
Desvio	2.24	4.19	15.06	1.12	1.05	22.21	1.23	1.22	1.76

Tabela 21. Variação espacial e temporal dos sólidos em suspensão orgânicos (mg.L^{-1}) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos.

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	3.03	3.91	3.89	4.06	4.37	4.40	4.66	3.93	4.97
10	3.91	3.88	4.89	3.63	4.11	4.43	3.91	4.06	4.11
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	2.69	2.86	5.11	3.37	3.37	3.60	2.69	3.09	3.31
1/96	4.57	6.91	8.47	2.57	2.54	12.43	2.63	2.80	3.69
2	2.31	2.63	6.77	1.40	2.26	6.63	2.54	2.54	1.94
3	3.14	4.86	12.29	2.57	2.57	4.00	2.57	2.57	2.00
4	2.57	4.00	6.91	3.46	3.83	16.57	2.29	3.91	3.11
5	3.34	3.06	2.69	3.06	2.57	2.63	2.51	2.71	2.31
6	4.26	4.49	4.34	3.74	3.69	3.91	4.00	4.00	4.20
7	3.00	3.83	11.23	3.11	3.51	6.97	3.63	2.94	3.23
8	3.57	3.63	13.89	1.91	2.17	2.94	3.57	3.80	3.74
9	4.71	4.60	4.14	1.91	2.17	6.49	2.49	2.91	3.60
Média	3.43	4.06	7.05	2.90	3.10	6.25	3.12	3.27	3.35
Desvio	0.79	1.13	3.66	0.83	0.80	4.20	0.78	0.61	0.92

- dados não coletados

Tabela 22. Variação espacial e temporal dos sólidos em suspensão inorgânicos (mg.L^{-1}) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos.

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	1.57	0.10	1.57	1.14	0.66	0.91	0.71	0.10	0.10
10	0.10	3.24	2.97	1.71	1.89	2.54	0.89	0.10	1.74
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	1.57	2.11	4.60	0.69	0.89	1.20	1.00	0.80	0.54
1/96	5.71	11.37	15.20	2.74	2.74	53.40	2.03	1.49	3.17
2	0.69	1.46	15.37	0.46	0.34	12.74	1.14	0.89	0.89
3	4.11	4.97	22.43	0.57	0.66	5.14	0.10	0.60	0.14
4	1.46	2.91	7.14	0.77	0.94	50.17	1.40	2.29	2.06
5	1.57	1.17	2.51	1.00	1.77	0.94	0.54	0.74	0.10
6	2.14	1.14	1.74	0.86	0.69	1.29	1.20	0.60	0.89
7	2.06	2.03	26.09	1.00	2.20	14.29	0.97	0.66	0.94
8	2.17	1.89	35.54	0.54	0.74	3.60	1.57	1.94	1.86
9	2.74	3.20	0.57	0.97	1.29	17.71	2.06	2.71	2.51
Média	2.15	2.96	11.31	1.04	1.23	13.66	1.13	1.06	1.23
Desvio	1.51	2.94	11.57	0.63	0.75	18.73	0.59	0.86	1.03

- dados não coletados

i) Nutrientes

Amônio

Córregos

Para o amônio, expresso como $\mu\text{gNH}_4^+.\text{L}^{-1}$, os maiores valores médios ocorreram na estação 8 (córrego São José) com $837,59 \mu\text{g.L}^{-1}$ e a menor média na estação 6 (córrego Águas da Prata) com $48,69 \mu\text{g.L}^{-1}$, como pode ser observado na Tabela 23.

O menor valor de amônio encontrado foi de $15,75 \mu\text{g.L}^{-1}$ no mês de junho na estação 2, enquanto o maior valor foi de $1185,75 \mu\text{g.L}^{-1}$ observado em novembro na estação 8.

Tabela 23. Variação espacial e temporal das concentrações de amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos córregos Macuco, Águas da Prata e São José.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	144.85	23.48	45.75	-	595.30
10	172.57	36.21	41.21	90.30	-
11	299.85	86.21	65.30	88.03	1185.75
12	167.57	27.57	38.94	93.48	1095.30
1/96	167.57	100.75	43.03	195.30	172.12
2	150.30	83.94	73.03	347.57	770.30
3	209.85	170.3	62.57	149.85	976.66
4	144.85	67.12	90.75	114.39	1067.12
5	105.75	26.94	31.66	68.94	923.48
6	105.30	15.75	48.48	602.57	1133.94
7	90.75	20.30	22.12	44.16	640.07
8	97.12	21.21	20.98	45.07	643.25
9	318.94	56.21	49.16	284.39	847.80
Média	167.33	56.61	48.69	177.00	837.59
Desvio	71.95	44.80	19.97	164.00	291.99

- dados não coletados

Reservatórios

O maior valor encontrado foi de 616,21 $\mu\text{g.L}^{-1}$ no fundo na estação 3 no mês de fevereiro, enquanto que o menor foi de 1,66 $\mu\text{g.L}^{-1}$ na superfície da estação 4 no mês de maio (Tabela 24).

Nos meses de maio e junho foram observadas as menores concentrações nos reservatórios 3, 4 e na superfície da estação 5 no total do ano.

O maior valor médio foi observado no fundo da estação 3 com 129,85 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e com um desvio de 189,41 $\mu\text{g.L}^{-1}$. O menor valor médio foi observado na estação 3 no meio da coluna d'água com 19,01 $\mu\text{g.L}^{-1}$. O maior desvio foi observado no fundo da estação 4 com 137,45 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Nas demais estações foram observados coeficientes de variação de mais do 50 % da concentração de amônio.

Tabela 24. Variação espacial e temporal da concentração de amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos.

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	26.66	18.48	29.39	17.57	14.39	15.30	46.21	20.75	21.21
10	21.21	20.30	28.48	27.57	26.21	25.30	26.66	19.85	20.75
11	23.03	19.85	70.30	23.48	57.12	40.75	31.66	43.94	63.03
12	14.85	8.48	132.12	12.57	11.66	11.66	13.48	12.57	17.57
1/96	16.66	25.75	331.66	22.12	20.75	340.30	23.48	26.66	26.66
2	10.75	24.39	616.21	12.57	15.30	392.12	15.30	17.12	13.48
3	46.21	38.94	363.03	36.21	21.66	253.03	46.66	38.48	31.21
4	43.94	30.75	12.57	28.94	18.48	27.12	19.85	11.66	22.12
5	8.48	7.12	2.57	1.66	3.94	4.85	8.94	23.48	20.30
6	4.39	3.03	2.57	9.62	11.66	5.75	4.85	7.11	16.66
7	13.94	11.66	13.03	13.94	12.12	10.75	11.89	12.35	12.12
8	13.94	14.85	48.94	53.94	27.12	30.53	23.03	12.57	10.98
9	37.12	23.48	37.12	47.12	52.57	80.30	64.16	35.98	38.03
Média	21.63	19.01	129.85	23.64	22.54	95.21	25.86	21.73	24.16
Desvio	13.38	10.05	189.41	15.08	15.71	137.45	17.29	11.55	13.94

Nitrato

Córregos

A maior média de concentração de nitrato, com um valor de $210,62 \mu\text{g.L}^{-1}$ foi encontrada na estação 7 (Tabela 25), enquanto na estação 1 observou-se a menor média com $9,49 \mu\text{g.L}^{-1}$.

As concentrações de nitrato sofreram grande variação espacial com valores variando de $1,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ na estação 1 em agosto a $513,16 \mu\text{g.L}^{-1}$ na estação 7 em fevereiro.

Tabela 25. Variação espacial e temporal das concentrações de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta dos córregos durante o período de estudos.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	15.79	14.29	9.02	-	169.55
10	9.77	9.40	31.20	173.31	-
11	16.54	29.7	51.88	105.64	52.63
12	6.02	12.41	24.81	95.11	83.08
1/96	10.15	4.89	31.20	242.86	107.14
2	4.89	4.51	30.45	513.16	147.37
3	12.03	8.65	31.20	165.04	145.11
4	19.55	22.56	51.13	257.52	187.22
5	18.80	11.65	43.23	216.17	167.67
6	3.38	4.14	33.83	390.23	25.19
7	1.88	3.38	13.91	99.25	18.05
8	1.50	1.88	13.91	80.45	13.53
9	3.01	2.26	25.56	188.72	41.35
Média	9.49	9.98	30.10	210.62	96.49
Desvio	6.57	8.34	13.30	129.59	65.34

- dados não coletados

Reservatórios

As concentrações de nitrato variaram de $1,13 \mu\text{g.L}^{-1}$ nas águas de fundo nas estações 4 (dezembro) e 5 (julho) a $45,86 \mu\text{g.L}^{-1}$ no fundo da estação 5 no mês de setembro de 1995 (Tabela 26).

Para o meio da coluna d'água na estação 4 a maior média foi de 10,12 $\mu\text{g.L}^{-1}$, enquanto que a menor média foi de 7,89 $\mu\text{g.L}^{-1}$ na água de superfície na estação 4. A maior variação foi observada no fundo da estação 5 (desvio padrão 11,52 $\mu\text{g.L}^{-1}$).

Tabela 26. Variação espacial e temporal da concentração de nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos.

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	25.94	16.92	18.42	9.02	9.40	9.40	21.43	18.05	45.86
10	10.90	8.27	8.65	9.02	7.52	6.77	9.02	10.53	6.39
11	6.77	5.64	8.65	4.89	41.73	7.14	14.66	13.91	8.65
12	7.14	4.89	4.51	1.50	3.38	1.13	2.26	3.38	2.26
1/96	6.02	7.14	12.03	5.64	6.77	7.52	6.39	6.02	6.77
2	4.89	4.89	6.77	3.01	3.76	8.27	5.64	10.53	7.14
3	10.90	10.90	12.41	11.28	10.90	11.65	10.90	5.26	7.52
4	14.66	17.67	16.92	19.92	14.66	13.53	16.54	15.79	14.66
5	11.65	12.03	16.17	10.90	9.77	19.92	10.15	9.77	9.40
6	4.51	4.89	4.14	5.26	5.64	4.51	4.89	4.89	4.14
7	2.63	8.65	8.65	3.38	3.38	1.88	5.64	3.01	1.13
8	2.26	2.26	2.26	6.02	3.38	5.64	1.88	1.50	1.50
9	5.64	7.14	9.02	12.78	11.28	15.04	9.40	10.90	8.27
Média	8.76	8.56	9.89	7.89	10.12	8.65	9.14	8.73	9.51
Desvio	6.35	4.68	5.07	5.01	10.15	5.30	5.71	5.19	11.52

Nitrato

Córregos

Na Tabela 27 está expressa a variação espacial e temporal das concentrações de nitrito (NO_2^-) para os córregos Macuco, Águas da Prata e São José.

Na estação 7 ocorreu a maior média de valores de nitrito no período com 24,16 $\mu\text{g.L}^{-1}$ enquanto a menor média foi observada para a estação 1 com 1,13 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

As concentrações de nitrito variaram de 0,01 $\mu\text{g.L}^{-1}$ nas estação 2 no mês de agosto a 85,10 $\mu\text{g.L}^{-1}$ em junho na estação 7.

Tabela 27. Variação espacial e temporal das concentrações de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta dos córregos durante o período de estudos.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	1.12	0.64	1.92	-	8.30
10	0.64	ND	0.95	11.75	-
11	1.99	2.27	0.36	2.62	1.89
12	1.30	3.60	2.59	7.50	6.87
1/96	3.28	1.37	2.13	28.79	4.33
2	0.43	0.25	1.99	70.22	8.61
3	ND	ND	ND	11.16	5.23
4	1.54	5.17	3.11	9.38	13.32
5	2.94	1.26	2.76	6.98	13.28
6	0.22	0.57	0.22	85.10	4.82
7	0.6	0.39	1.09	6.07	6.52
8	0.08	0.01	0.81	6.91	4.12
9	0.57	0.36	1.37	43.42	14.82
Média	1.13	1.22	1.48	24.16	7.68
Desvio	1.06	1.58	1.01	27.68	4.15

- dados não coletados, ND: valores não determinados pela metodologia

Reservatórios

Na Tabela 28 está expressa a variação espacial e temporal das concentrações de nitrito (NO_2^-) para os reservatórios do córrego Macuco.

A maior média de valores de nitrito no período foi registrada no fundo da estação 3 com $1,15 \mu\text{g.L}^{-1}$, enquanto a estação 5 no meio da coluna d'água com média de $0,75 \mu\text{g.L}^{-1}$ correspondeu à menor média.

Os valores das concentrações de nitrito variaram de $0,01 \mu\text{g.L}^{-1}$ na água de superfície das estações 3, 4, 5 e na água do fundo da estação 5 no mês de novembro e no meio da coluna d'água da estação 5 no mês de junho, a $5,48 \mu\text{g.L}^{-1}$ em janeiro na estação 3 no fundo.

Temporalmente, as maiores variações foram observadas na água de fundo da estação 3 com um desvio padrão de $1,50 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Tabela 28. Variação espacial e temporal da concentração de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos reservatórios (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos.

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	1.16	0.98	0.95	0.50	0.77	0.77	0.81	0.67	2.90
10	0.11	0.04	0.04	0.39	0.18	0.22	0.84	0.29	0.11
11	0.01	ND	ND	0.01	0.04	ND	0.01	0.11	0.01
12	1.68	0.91	1.47	2.87	1.54	0.77	0.95	0.91	0.64
1/96	2.10	2.34	5.48	2.34	2.38	1.65	2.41	1.33	2.34
2	1.40	1.26	-	0.98	0.95	0.15	0.98	1.19	1.16
3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4	1.23	1.05	1.58	1.02	1.12	1.16	0.81	1.30	1.30
5	1.51	1.44	1.82	1.30	1.40	1.68	1.75	1.54	1.54
6	0.57	0.50	0.36	0.15	0.08	0.36	0.57	0.01	0.22
7	0.77	1.12	0.64	0.43	0.60	0.60	0.60	0.67	0.57
8	0.25	0.15	0.39	0.71	0.46	0.95	0.29	0.29	0.32
9	0.74	0.91	1.02	1.19	1.16	1.54	1.09	1.40	1.16
Média	0.89	0.82	1.15	0.91	0.82	0.76	0.85	0.75	0.94
Desvio	0.69	0.68	1.50	0.87	0.70	0.61	0.66	0.57	0.91

- dados não coletados, ND: valores não determinados pela metodologia

Nitrogênio total

Córregos

Na Tabela 29 estão representadas as concentrações de nitrogênio total (mg.L^{-1}) para os córregos da microbacia.

As concentrações de nitrogênio total (mg.L^{-1}) variaram de menos que 0,001 mg.L^{-1} (limite de detecção do método) nas estações 1 (maio) e 6 (outubro, fevereiro e maio) a um máximo de 15,34 mg.L^{-1} observado na estação 8 em novembro. A maior média foi observada na estação 8 com 6,94 mg.L^{-1} enquanto que a menor foi observada na estação 6 com 0,13 mg.L^{-1} .

Tabela 29. Variação espacial e temporal das concentrações de nitrogênio total (mg.L^{-1}) nas estações de coleta dos córregos durante o período de estudos. Os valores iguais a 0,00 estão abaixo do limite de detecção do método ($0,001\text{mg.L}^{-1}$).

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	0.37	0.37	0.09	-	0.56
10	0.19	0.09	0.00	0.28	-
11	0.66	0.28	0.05	0.38	15.34
12	0.80	0.91	0.27	0.78	9.31
1/96	0.33	0.73	0.12	1.05	6.76
2	0.58	0.25	0.00	0.91	5.41
3	0.16	0.40	0.05	0.49	1.98
4	0.11	0.44	0.21	0.20	13.07
5	0.00	0.19	0.00	0.29	4.84
6	0.29	0.29	0.07	8.34	8.66
7	0.44	0.17	0.26	0.21	12.10
8	0.63	0.15	0.35	0.57	0.46
9	0.50	0.31	0.25	3.31	4.81
Média	0.39	0.35	0.13	1.40	6.94
Desvio	0.24	0.23	0.12	2.35	4.88

- dados não coletados

Reservatórios

A Tabela 30 apresenta as concentrações de nitrogênio total (mg.L^{-1}) para os reservatórios do córrego Macuco.

As concentrações de nitrogênio total (mg.L^{-1}) variaram de menos que $0,001\text{ mg.L}^{-1}$ (limite de detecção do método), em diferentes estações e profundidades a um máximo de $6,52\text{ mg.L}^{-1}$, observado na água de fundo da estação 3, em fevereiro. A maior média foi obtida no fundo da estação 3, com $1,01\text{ mg.L}^{-1}$, enquanto que a menor foi obtida na superfície da estação 5, com $0,29\text{ mg.L}^{-1}$. O maior desvio padrão foi observado no fundo da estação 3 com $1,68\text{ mg.L}^{-1}$.

Tabela 30. Variação espacial e temporal das concentrações de nitrogênio total (mg.L^{-1}) nas estações de coleta dos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos. Os valores iguais a 0,00 estão abaixo do limite de detecção do método ($0,001 \text{ mg.L}^{-1}$).

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	0.65	0.19	0.28	0.37	0.00	0.28	0.28	0.65	0.00
10	0.09	0.00	0.09	0.28	0.09	0.09	0.00	0.19	0.37
11	0.67	0.45	0.75	1.87	0.91	5.31	0.47	0.21	0.23
12	0.32	0.63	0.88	0.32	0.33	1.04	0.65	0.37	0.45
1/96	0.03	0.29	0.87	0.46	0.77	0.64	0.11	0.17	1.37
2	1.07	0.85	6.52	0.14	0.19	1.05	0.10	0.95	0.18
3	0.22	0.50	1.12	0.00	0.45	0.51	0.06	0.39	0.12
4	0.52	0.60	0.64	0.76	0.28	0.22	0.31	0.33	0.40
5	0.32	0.35	0.11	0.63	0.16	0.06	0.34	0.14	0.48
6	0.66	0.28	0.34	0.41	0.19	0.21	0.57	0.29	0.52
7	0.58	0.69	0.47	0.39	0.19	0.66	0.27	0.37	0.36
8	0.69	0.49	0.73	0.37	0.36	0.44	0.15	0.49	0.52
9	0.55	0.52	0.39	0.37	0.30	0.63	0.43	0.50	0.54
Média	0.49	0.45	1.01	0.49	0.32	0.86	0.29	0.39	0.43
Desvio	0.29	0.23	1.68	0.45	0.26	1.38	0.20	0.23	0.33

Fosfato total e inorgânico dissolvidos e fósforo total

Córregos

Os resultados de fosfato total dissolvido e fosfato inorgânico dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$) para os córregos Macuco, Águas da Prata e São José são apresentados nas Tabelas 31 e 32.

As concentrações de fosfato total dissolvido tiveram variação durante o período de estudos de um mínimo de $1,35 \mu\text{g.L}^{-1}$ na estação 2 em agosto a um máximo de $272,06 \mu\text{g.L}^{-1}$ em junho na estação 7. A maior média foi observada na estação 7 com $134,86 \mu\text{g.L}^{-1}$, enquanto para a estação 1 observou-se a menor com média de $3,84 \mu\text{g.L}^{-1}$.

A maior média dos valores de fosfato inorgânico dissolvido ($116,88 \mu\text{g.L}^{-1}$) ocorreu na estação 7, enquanto a menor média foi observada na estação 3 com $3,00$

$\mu\text{g.L}^{-1}$. A maior concentração foi de 314,99 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (estação 7 no mês de junho) e a menor de 0,46 $\mu\text{g.L}^{-1}$ encontrada na estação 2 em setembro de 1996.

Na Tabela 33 estão representadas as concentrações de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) para os córregos da microbacia.

As concentrações de fósforo total variaram de 13,69 $\mu\text{g.L}^{-1}$ na estação 6 em novembro a um máximo de 884,86 $\mu\text{g.L}^{-1}$ na mesma estação no mês de setembro de 1995. Já, a menor média foi encontrada na estação 1 com 78,40 $\mu\text{g.L}^{-1}$, sendo que a média mais alta foi de 255,39 $\mu\text{g.L}^{-1}$ encontrada na estação 8.

Tabela 31. Variação espacial e temporal das concentrações de fosfato total dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta dos córregos durante o período de estudos.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	4.11	5.95	9.94	-	33.10
10	3.34	3.19	4.72	129.72	-
11	6.87	13.47	10.09	101.35	60.71
12	4.72	12.85	6.10	104.26	47.36
1/96	5.80	4.42	4.88	185.55	22.82
2	2.88	1.66	5.03	240.61	33.10
3	4.57	2.27	8.71	111.78	26.04
4	2.58	1.66	6.87	67.61	75.28
5	5.34	4.11	5.64	73.44	37.85
6	2.42	2.58	3.34	272.06	36.93
7	2.12	1.96	3.65	68.99	104.88
8	3.04	1.35	3.80	127.42	45.21
9	2.12	1.66	5.34	135.55	66.07
Média	3.84	4.39	6.01	134.86	49.11
Desvio	1.53	4.12	2.28	65.98	23.83

- dados não coletados

Tabela 32. Variação espacial e temporal das concentrações de fosfato inorgânico dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta dos córregos durante o período de estudos.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	3.60	3.03	4.17	-	21.97
10	3.03	2.03	3.74	115.42	-
11	7.16	12.15	10.01	96.90	44.62
12	2.03	11.01	4.17	84.79	33.66
1/96	2.89	3.88	4.60	144.48	14.42
2	1.32	1.32	2.17	216.42	21.26
3	4.17	3.60	5.59	90.21	24.54
4	2.03	1.89	3.74	62.15	54.31
5	4.03	3.03	5.59	60.01	32.94
6	2.89	4.03	3.31	314.99	23.26
7	2.17	2.03	2.89	53.46	55.59
8	2.89	1.89	3.31	88.50	23.97
9	0.75	0.46	2.32	75.25	37.93
Média	3.00	3.87	4.28	116.88	32.37
Desvio	1.60	3.58	2.02	76.78	13.39

- dados não coletados

Tabela 33. Variação espacial e temporal das concentrações de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas estações de coleta dos córregos durante o período de estudo.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	144.35	76.83	884.86	-	418.80
10	64.42	82.30	15.51	19.53	-
11	27.92	31.94	13.69	179.02	279.02
12	30.84	62.59	18.43	161.86	149.82
1/96	93.62	268.80	60.04	392.52	190.33
2	45.44	114.05	22.08	332.30	119.16
3	67.34	131.57	65.51	230.84	180.48
4	71.35	42.16	23.18	123.18	246.54
5	93.98	95.44	98.35	232.30	257.85
6	108.58	98.73	32.30	452.38	306.76
7	101.28	77.19	60.04	153.84	424.27
8	105.30	99.46	81.21	258.58	284.49
9	64.78	85.22	126.83	403.84	207.12
Média	78.40	97.41	115.54	245.02	255.39
Desvio	33.46	58.16	233.83	129.13	95.93

- dados não coletados

Reservatórios

As concentrações de fosfato total dissolvido tiveram uma variação durante o período de estudos de um mínimo de $2,88 \mu\text{g.L}^{-1}$ nas estações 3, 4 e 5 em agosto e 5 em julho a um máximo de $10,55 \mu\text{g.L}^{-1}$ em janeiro e fevereiro na estação 3 (Tabela 34). A maior média foi observada na estação 3 com $6,39 \mu\text{g.L}^{-1}$ nas águas de superfície, enquanto a estação 4 no fundo apresentou a menor com média de $4,76 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Para a água de fundo da estação 3 registrou-se a maior média dos valores de concentração de fosfato inorgânico dissolvido ($3,59 \mu\text{g.L}^{-1}$), enquanto a menor média foi observada na estação 4 com $2,77 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Tabela 35). A maior concentração foi de $4,88 \mu\text{g.L}^{-1}$ (água de superfície estação 3 no mês de janeiro) e a menor de $0,61 \mu\text{g.L}^{-1}$ encontrada na mesma estação em setembro de 1996.

A Tabela 36 apresenta as concentrações de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) para os reservatórios do córrego Macuco.

As concentrações de fósforo total variaram de $10,04 \mu\text{g.L}^{-1}$ na superfície na estação 5 em setembro de 1995 a um máximo de $339,60 \mu\text{g.L}^{-1}$ na água de fundo na estação 5 no mesmo mês. Já, a menor média foi encontrada na superfície da estação 4 com $60,04 \mu\text{g.L}^{-1}$, sendo que a média mais alta foi de $88,25 \mu\text{g.L}^{-1}$ encontrada na água de fundo da estação 5. Nesta última estação também se observa o maior desvio padrão ($86,58 \mu\text{g.L}^{-1}$).

Tabela 34. Variação espacial e temporal da concentração de fosfato total dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos reservatórios (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos.

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	4.72	5.80	4.88	5.49	6.10	6.41	5.03	5.18	6.87
10	6.10	5.64	5.80	4.72	4.42	3.85	6.41	4.72	4.11
11	5.64	6.41	5.03	7.94	8.40	6.26	7.48	7.48	6.41
12	10.40	10.09	7.79	4.57	4.42	5.64	5.64	5.80	5.49
1/96	10.55	8.40	10.09	10.25	8.10	3.80	9.02	5.95	8.25
2	10.55	9.63	6.87	7.79	8.10	3.65	6.41	7.02	6.87
3	6.41	5.64	3.50	5.95	5.49	4.57	6.72	5.95	4.26
4	3.80	2.88	5.64	3.50	3.19	4.42	6.26	4.11	3.80
5	5.80	5.64	6.26	6.10	7.94	5.95	5.64	5.18	5.64
6	4.88	5.03	4.26	4.11	4.42	4.57	4.72	3.80	4.42
7	4.72	5.18	4.72	4.11	3.96	4.11	3.19	2.88	3.34
8	4.11	2.88	4.42	2.88	4.42	4.11	2.88	3.65	3.34
9	5.34	6.41	7.48	4.72	4.72	4.57	3.19	4.42	3.04
Média	6.39	6.13	5.90	5.55	5.67	4.76	5.58	5.09	5.06
Desvio	2.46	2.19	1.79	2.06	1.85	0.97	1.79	1.34	1.65

Tabela 35. Variação espacial e temporal da concentração de fosfato inorgânico dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos reservatórios (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos.

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	4.17	3.74	3.46	3.60	4.17	3.46	3.31	3.17	7.30
10	2.60	2.03	2.17	2.74	2.17	1.60	5.17	1.89	1.32
11	4.17	4.17	3.74	6.02	7.16	4.17	5.74	5.45	4.60
12	4.03	3.03	3.46	2.17	2.89	1.18	2.46	2.89	2.74
1/96	4.88	4.31	8.01	4.60	3.60	3.17	5.45	2.60	4.45
2	2.60	1.75	4.31	1.32	1.18	1.03	1.46	1.46	1.46
3	4.03	3.17	3.31	3.60	3.17	2.74	3.74	4.17	4.45
4	3.88	1.89	3.60	2.60	2.32	2.89	2.89	3.03	2.60
5	3.03	4.17	4.03	3.31	4.74	4.31	4.45	6.30	4.45
6	3.03	2.89	4.45	2.60	2.89	3.31	2.60	2.89	2.60
7	2.60	2.89	2.60	2.03	2.32	3.32	1.75	1.75	2.03
8	2.89	2.17	2.46	2.89	3.17	3.17	2.46	2.89	2.74
9	0.61	0.75	1.03	0.89	1.60	1.60	1.32	1.46	0.89
Média	3.27	2.84	3.59	2.95	3.18	2.77	3.29	3.07	3.20
Desvio	1.10	1.09	1.63	1.35	1.54	1.08	1.51	1.47	1.78

Tabela 36. Variação espacial e temporal das concentrações de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudos.

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	30.84	130.84	41.79	22.81	31.57	50.92	10.04	35.95	339.60
10	22.45	24.64	27.92	19.16	22.08	32.30	238.51	14.78	19.53
11	17.70	18.07	30.48	15.88	16.61	17.70	16.61	18.43	17.34
12	25.37	18.07	35.59	13.32	14.05	18.07	14.78	17.34	16.61
1/96	70.62	110.04	142.89	105.30	77.56	171.72	62.96	61.50	73.54
2	32.67	33.03	80.11	22.45	25.37	48.00	20.62	22.08	24.27
3	55.66	43.62	106.39	35.95	73.54	38.87	46.54	49.09	60.04
4	24.27	39.60	45.81	51.28	60.04	65.88	82.30	49.09	42.52
5	129.02	87.78	87.05	77.56	100.55	108.95	97.27	78.65	114.42
6	108.58	142.52	135.59	121.35	121.72	34.86	81.21	53.11	133.03
7	84.13	59.31	103.47	81.21	81.94	127.19	123.18	133.03	72.81
8	95.44	80.11	123.91	99.46	88.87	87.41	97.27	111.86	108.58
9	131.94	157.85	120.62	114.78	108.22	119.89	102.38	146.90	125.00
Média	63.75	72.73	83.20	60.04	63.24	70.90	76.44	60.91	88.25
Desvio	42.19	49.29	42.38	41.20	37.51	48.17	61.93	44.54	86.58

Silicato reativo

Córregos

A Tabela 37 mostra a variação espacial e temporal das concentrações de silicato reativo ($\text{mgSiO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$) nos córregos.

A maior média observada foi de $7,55 \text{ mg.L}^{-1}$ na estação 8. Nas estações 1 e 6 foi observada a média mais baixa de valores de silicato com $1,88 \text{ mg.L}^{-1}$.

As concentrações de silicato reativo variaram de $0,51 \text{ mg.L}^{-1}$ na estação 6 no mês de outubro a $14,44 \text{ mg.L}^{-1}$ observado em dezembro na estação 8.

Tabela 37. Variação espacial e temporal das concentrações de silicato reativo (mg.L^{-1}) nas estações de coleta dos córregos durante o período de estudos.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	1.08	0.95	1.12	-	4.55
10	0.54	0.85	0.51	2.44	-
11	3.64	3.78	3.20	4.06	9.56
12	2.52	5.06	2.35	6.96	14.44
1/96	3.38	4.86	2.97	7.78	10.98
2	6.33	5.14	6.10	9.19	12.12
3	1.50	1.13	1.62	1.69	2.66
4	ND	ND	ND	ND	ND
5	1.45	1.7	1.86	2.87	4.92
6	0.79	0.91	0.99	8.96	14.02
7	1.12	0.99	1.10	1.89	6.97
8	1.05	1.16	1.33	2.18	5.80
9	1.05	1.85	1.33	3.80	4.54
Média	1.88	2.18	1.88	4.32	7.55
Desvio	1.71	1.83	1.56	3.11	4.63

- dados não coletados, ND: dados não determinados pela metodologia

Reservatórios

Para a água de fundo da estação 5 foi registrada a maior média dos valores de concentração de silicato reativo ($2,53\text{mg.L}^{-1}$), enquanto a menor média foi observada na água de fundo da estação 4 com $2,03\text{ mg.L}^{-1}$ (Tabela 38). A maior concentração foi de $5,86\text{ mg.L}^{-1}$ (estação 3 no meio da coluna d'água no mês de fevereiro) e a menor de $0,53\text{ mg.L}^{-1}$, encontrada na água de fundo da estação 3 no mês de outubro.

Tabela 38. Variação da concentração de silicato reativo (mg.L^{-1}) nos reservatórios (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de estudo.

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	1.38	1.49	1.89	1.95	1.95	1.39	1.96	1.96	1.79
10	0.78	0.81	0.53	0.78	0.68	1.02	0.79	1.05	0.85
11	3.37	4.34	3.61	2.84	4.01	3.15	3.98	3.30	3.83
12	3.72	3.86	3.84	3.06	3.54	2.61	2.90	3.24	4.51
1/96	5.45	5.05	5.37	4.89	3.67	3.32	3.95	2.78	4.28
2	5.80	5.86	-	5.39	5.02	5.68	5.80	5.73	5.59
3	1.45	1.21	0.67	0.79	1.30	1.08	0.96	1.50	0.93
4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	2.49	2.16	2.06	2.24	3.27	2.35	1.22	2.41	2.16
6	2.12	2.09	1.62	1.58	2.07	1.21	2.06	2.49	4.12
7	1.49	1.28	1.32	1.55	1.41	1.72	1.61	1.30	1.45
8	1.42	1.36	1.64	1.30	1.36	1.45	1.36	1.50	1.50
9	2.06	1.76	2.01	1.52	1.44	1.36	1.67	1.87	1.82
Média	2.43	2.41	2.05	2.15	2.29	2.03	2.17	2.24	2.53
Desvio	1.73	1.79	1.54	1.57	1.48	1.43	1.59	1.39	1.73

- dados não coletados, ND: dados não determinados pela metodologia

Na Figura 24 observa-se o comportamento das concentrações médias dos distintos nutrientes nos períodos de chuva e seca para todas as estações de coleta. Nesta figura evidenciam-se as diferenças existentes entre os córregos Macuco (est. 1 a 5), Águas da Prata (est. 6 e 7) e córrego São José (est. 8).

As maiores concentrações foram observadas no período de chuva para todos os nutrientes menos o nitrato e o fósforo total. Este último teve concentrações maiores na seca exceto nas estações 2 e 6. As estações 7 e 8 seguiram um padrão um pouco diferente observando-se valores mais altos de nitrato no período de chuvas e menores valores de nitrogênio total.

Figura 24. Concentrações médias dos diferentes nutrientes analisados nos períodos de chuva e seca para todas as estações da microbacia.

j) Balanço de massas dos nutrientes

Nas Tabelas 39 a 46 estão apresentados os balanços de massa para cada nutriente analisado em todas as estações de coleta da microbacia.

Pode-se observar um aumento da carga de nitrogênio total (Tabela 39) entre as estações 1 e 2 do córrego Macuco. Nos reservatórios observa-se uma retenção deste elemento na estação 4. No córrego Águas da Prata observa-se também um aumento a jusante, na estação 7. Para o amônio, o nitrato e o nitrito (Tabelas 40, 41, e 42 respectivamente) a situação foi similar à do nitrogênio total.

Para o fósforo total (Tabela 43) foi observada a mesma situação nos três córregos, sendo que a estação 2 contém, de forma geral, uma carga maior que a estação 3 no córrego Macuco. A estação 4 foi o reservatório que teve menor carga de fósforo total dos três reservatórios. No córrego Águas da Prata foi observada uma situação similar à dos compostos nitrogenados, um aumento considerável da carga de fósforo total na estação 7.

A respeito da carga de fosfato total dissolvido, na estação 2 foi observada uma carga menor que no primeiro reservatório (estação 3), sendo que a estação 5 (terceiro reservatório) apresentou retenção deste composto (Tabela 44). Uma situação similar foi observada para o fosfato total inorgânico (Tabela 45).

O silicato reativo teve uma carga maior na estação 2 que na 1 e aumentaram ainda mais na estação 3 (Tabela 46). No segundo reservatório da cadeia (estação 4) foi observada uma alta retenção deste composto e na estação 5 um incremento considerável da carga de silicato reativo. No córrego Águas da Prata foi observado um aumento a jusante da estação 6, sendo a estação 7 a que apresentou a maior carga.

A estação 8 no córrego São José foi a que teve maior carga de todas as estações e para todos os nutrientes analisados.

De forma geral as cargas de todos os nutrientes foram maiores nos meses que corresponderam ao período de chuvas.

Tabela 39. Carga de nitrogênio total (Kg.mês⁻¹) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	6.77	18.37	30.94	6.19	47.11	0.96	-	318.76
10	2.47	14.85	4.05	16.87	19.80	ND	10.80	-
11	7.15	36.16	61.70	197.99	55.81	0.50	18.98	6428.49
12	10.05	137.41	69.85	47.62	104.57	3.38	45.12	4526.92
1/96	5.86	135.68	88.51	51.84	239.50	2.09	109.28	3945.94
2	63.37	24.24	422.15	30.06	127.21	ND	48.56	2070.52
3	7.37	53.32	87.51	20.16	31.30	0.64	36.21	738.28
4	3.18	43.53	62.44	36.17	70.02	5.14	10.46	4452.86
5	ND	24.30	30.09	24.59	58.97	ND	20.23	144862.27
6	2.60	27.59	30.55	12.13	52.70	1.66	384.16	154657.90
7	6.57	14.14	27.97	5.99	24.31	5.05	7.25	127658.96
8	7.12	9.04	27.06	6.15	30.51	5.43	121.43	2311.89
9	6.10	13.75	19.35	8.63	42.38	4.10	1359.82	851.89
Média	10.72	42.49	74.01	35.72	69.55	2.90	181.02	37735.39
Desvio	16.73	43.62	107.93	51.16	59.70	1.96	385.76	63404.66

- dados não coletados, ND: dados não determinados pela metodologia

Tabela 40. Carga de amônio (Kg.mês⁻¹) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	2.63	1.16	2.06	0.45	2.97	0.47	-	339.46
10	2.30	5.78	1.52	2.87	2.39	0.60	3.50	-
11	3.24	11.17	3.75	2.97	8.48	0.71	4.37	496.88
12	2.10	4.14	5.97	1.02	3.10	0.49	5.39	532.41
1/96	3.01	18.80	28.01	10.59	11.15	0.74	20.25	100.53
2	16.48	8.11	32.62	9.20	4.75	1.36	18.65	294.70
3	9.79	22.64	21.26	6.53	6.42	0.88	11.19	364.54
4	4.16	6.67	3.09	2.14	3.63	2.18	6.14	363.45
5	0.90	3.52	0.71	0.30	3.28	0.98	4.82	27622.84
6	0.95	1.50	0.24	0.40	1.09	1.09	27.75	20250.90
7	1.36	1.72	0.62	0.18	0.88	0.43	1.50	6751.27
8	1.09	1.29	1.11	0.58	1.22	0.33	9.62	3205.00
9	3.87	2.52	1.29	1.19	3.98	0.80	116.76	150.31
Média	3.99	6.85	7.87	2.96	4.10	0.85	19.16	5039.36
Desvio	4.41	6.89	11.42	3.55	3.01	0.49	31.76	9171.40

- dados não coletados

Tabela 41. Carga de nitrato (Kg.mês^{-1}) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	0.29	0.70	1.69	0.26	2.88	0.09	-	96.68
10	0.13	1.50	0.61	0.85	0.92	0.45	6.71	-
11	0.18	3.85	0.70	1.32	2.28	0.56	5.25	22.05
12	0.08	1.87	0.64	0.17	0.56	0.31	5.48	40.38
1/96	0.18	0.91	1.88	0.55	2.78	0.54	25.18	62.58
2	0.54	0.44	0.83	0.33	2.41	0.57	27.53	56.38
3	0.56	1.15	1.62	0.71	1.31	0.44	12.32	54.16
4	0.56	2.24	1.75	1.38	3.18	1.23	13.82	63.77
5	0.16	1.52	1.55	1.19	1.82	1.34	15.13	5015.29
6	0.03	0.40	0.32	0.23	0.53	0.76	17.97	449.87
7	0.03	0.29	0.32	0.04	0.24	0.27	3.36	190.39
8	0.02	0.11	0.10	0.08	0.13	0.22	17.17	67.41
9	0.04	0.10	0.29	0.26	0.82	0.42	77.48	7.33
Média	0.21	1.16	0.95	0.57	1.53	0.55	18.95	510.52
Desvio	0.21	1.06	0.65	0.48	1.08	0.37	19.98	1423.64

- dados não coletados

Tabela 42. Carga de nitrito (Kg.mês^{-1}) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	0.02	0.03	0.09	0.02	0.15	0.02	-	4.73
10	0.01	ND	ND	0.03	0.04	0.01	0.45	-
11	0.02	0.29	ND	ND	0.01	ND	0.13	0.79
12	0.02	0.54	0.16	0.15	0.18	0.03	0.43	3.34
1/96	0.06	0.26	0.74	0.18	0.88	0.04	2.98	2.53
2	0.05	0.02	0.20	0.05	0.34	0.04	3.77	3.29
3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.83	1.95
4	0.04	0.51	0.14	0.09	0.23	0.07	0.50	4.54
5	0.03	0.16	0.19	0.13	0.30	0.09	0.49	397.23
6	ND	0.05	0.03	0.01	0.03	ND	3.92	86.08
7	0.01	0.03	0.04	0.01	0.04	0.02	0.21	68.77
8	ND	ND	0.01	0.01	0.02	0.01	1.47	20.53
9	0.01	0.02	0.04	0.03	0.11	0.02	17.83	2.63
Média	0.02	0.15	0.13	0.05	0.18	0.03	2.75	49.70
Desvio	0.02	0.19	0.20	0.06	0.24	0.03	4.95	113.13

- dados não coletados, ND: dados não determinados pela metodologia

Tabela 43. Carga de fósforo total (Kg.mês^{-1}) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	2.62	3.78	5.63	1.00	12.99	9.17	-	238.82
10	0.86	13.14	1.63	2.67	9.68	0.23	0.76	-
11	0.30	4.14	2.19	1.23	3.21	0.15	8.89	116.92
12	0.39	9.41	3.04	1.29	3.46	0.23	9.33	72.83
1/96	1.68	50.16	24.23	9.80	28.74	1.04	40.70	111.16
2	4.98	11.01	7.30	2.10	6.93	0.41	17.83	45.59
3	3.14	17.49	9.76	3.12	8.59	0.92	17.23	67.36
4	2.05	4.19	3.89	5.10	11.77	0.56	6.61	83.97
5	0.80	12.47	11.81	8.43	18.06	3.06	16.26	7712.73
6	0.98	9.43	9.27	4.16	10.21	0.73	20.83	5478.39
7	1.52	6.54	3.98	1.40	7.96	1.16	5.21	4475.08
8	1.18	6.03	4.26	1.45	8.33	1.28	55.18	1417.48
9	0.79	3.82	5.43	2.27	10.77	2.07	165.81	36.72
Média	1.64	11.66	7.11	3.39	10.82	1.62	30.39	1654.75
Desvio	1.31	12.33	5.99	2.83	6.63	2.41	45.39	2676.15

- dados não coletados

Tabela 44. Carga de fosfato total dissolvido (Kg.mês^{-1}) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	0.07	0.29	0.43	0.17	0.58	0.10	-	18.87
10	0.04	0.51	0.38	0.47	0.54	0.07	5.02	-
11	0.07	1.75	0.57	0.55	1.31	0.11	5.04	25.44
12	0.06	1.93	1.09	0.42	1.20	0.08	6.01	23.02
1/96	0.10	0.82	2.17	0.61	3.37	0.08	19.24	13.33
2	0.32	0.16	1.35	0.43	2.10	0.09	12.91	12.66
3	0.21	0.30	0.74	0.34	0.93	0.12	8.34	9.72
4	0.07	0.16	0.44	0.32	0.96	0.17	3.63	25.64
5	0.05	0.54	0.69	0.59	1.03	0.18	5.14	1132.16
6	0.02	0.25	0.34	0.20	0.49	0.08	12.53	659.53
7	0.03	0.17	0.24	0.06	0.23	0.07	2.34	1106.24
8	0.03	0.08	0.16	0.06	0.26	0.06	27.19	225.26
9	0.03	0.07	0.25	0.09	0.31	0.09	55.65	11.71
Média	0.09	0.54	0.68	0.33	1.02	0.10	13.59	271.97
Desvio	0.09	0.61	0.57	0.20	0.88	0.04	15.13	437.60

- dados não coletados

Tabela 45. Carga de fosfato inorgânico dissolvido (Kg.mês^{-1}) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	0.07	0.15	0.31	0.11	0.46	0.04	-	12.53
10	0.04	0.32	0.15	0.24	0.30	0.05	4.47	-
11	0.08	1.57	0.40	0.42	0.97	0.11	4.81	18.70
12	0.03	1.66	0.40	0.18	0.58	0.05	4.89	16.36
1/96	0.05	0.72	1.29	0.31	1.82	0.08	14.98	8.42
2	0.14	0.13	0.43	0.08	0.45	0.04	11.61	8.13
3	0.19	0.48	0.50	0.20	0.68	0.08	6.73	9.16
4	0.06	0.19	0.33	0.22	0.58	0.09	3.33	18.50
5	0.03	0.40	0.44	0.36	0.95	0.17	4.20	985.29
6	0.03	0.38	0.25	0.13	0.31	0.07	14.51	415.40
7	0.03	0.17	0.13	0.03	0.13	0.06	1.81	586.35
8	0.03	0.11	0.11	0.04	0.21	0.05	18.89	119.43
9	0.01	0.02	0.03	0.02	0.11	0.04	30.90	6.72
Média	0.06	0.49	0.37	0.18	0.58	0.07	10.09	183.75
Desvio	0.05	0.54	0.31	0.13	0.46	0.04	8.54	315.89

- dados não coletados

Tabela 46. Carga de silicato reativo (Kg.mês^{-1}) para todas as estações de coleta durante o período de estudo.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	19.60	46.79	131.60	50.28	192.40	11.61	-	2594.59
10	7.19	135.72	46.16	89.99	95.45	7.40	94.45	-
11	39.31	489.89	374.92	244.80	679.93	34.56	201.70	4006.02
12	31.57	760.70	438.75	261.53	756.06	29.44	401.10	7019.09
1/96	60.74	906.99	1188.35	328.46	1598.12	51.32	806.63	6413.02
2	694.03	496.41	875.85	352.83	1770.56	113.84	493.08	4636.86
3	69.98	150.26	157.95	66.55	187.16	22.67	126.16	992.84
4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	12.40	222.08	260.88	230.90	360.18	57.85	200.85	147165.47
6	7.10	86.88	139.70	72.78	331.10	22.24	412.62	250381.50
7	16.80	83.83	65.96	22.64	105.48	21.29	64.01	73517.55
8	11.79	70.36	62.88	21.54	114.27	20.91	465.23	28898.59
9	12.74	82.86	77.07	28.55	154.21	21.72	1560.18	804.91
Média	75.63	271.75	293.85	136.22	488.07	31.91	402.17	43869.20
Desvio	187.01	295.32	357.77	127.45	576.96	29.33	431.13	78410.78

- dados não coletados, ND: dados não determinados pela metodologia

5.5. Variáveis biológicas

a) *Clorofila a total*

Córregos

Os resultados de clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$) para os córregos da microbacia são mostrados na Tabela 47.

Para a clorofila *a* observa-se uma grande variação temporal com valores mínimos de $0 \mu\text{g.L}^{-1}$, ou impossíveis de determinar com a metodologia utilizada em várias estações e um máximo de $5,92 \mu\text{g.L}^{-1}$ na estação 8 no mês de abril. As médias variaram de $0,10 \mu\text{g.L}^{-1}$ na estação 2 a $1,44 \mu\text{g.L}^{-1}$ na estação 8.

Temporalmente foram observados desvios padrões de 2,02 na estação 8, sendo que a maioria dos desvios foram muito altos quando comparados com o valor médio.

Tabela 47. Variação espacial e temporal de clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$) na microbacia do córrego São José durante o período de coletas.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est. 6	Est. 7	Est. 8
9/95	1.59	0.00	0.00	-	5.18
10	0.40	0.00	0.00	1.40	-
11	0.00	0.00	2.39	1.40	0.70
12	2.20	0.00	0.00	0.70	1.05
1/96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70
2	0.40	0.00	0.40	0.80	0.00
3	0.80	0.40	2.39	0.40	1.59
4	2.11	0.00	0.00	0.85	5.92
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42
6	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.42	0.00	0.00	0.85	0.00
8	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00
9	0.85	0.85	0.00	0.85	1.69
Média	0.71	0.10	0.43	0.60	1.44
Desvio	0.78	0.25	0.88	0.52	2.02

- dados não coletados

Reservatórios

Os resultados de clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$) para os reservatórios do córrego Macuco são mostrados na Tabela 48.

Para a clorofila *a* observa-se uma variação temporal com concentrações de 0 $\mu\text{g.L}^{-1}$ ou impossíveis de determinar, na superfície da estação 4 (agosto e setembro) e na água de fundo da estação 5 (setembro) a um máximo de 18,33 $\mu\text{g.L}^{-1}$ na água de fundo da estação 3 no mês de fevereiro. As médias variaram de 3,87 $\mu\text{g.L}^{-1}$ na estação 5, a 9,07 $\mu\text{g.L}^{-1}$ na estação 3, ambas no fundo.

Tabela 48. Variação espacial e temporal de clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos reservatórios do córrego Macuco (a - superfície, b - meio e c - fundo) durante o período de coletas.

Mês	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
9/95	0.80	3.59	2.79	9.17	9.57	3.19	1.59	5.93	4.78
10	3.19	6.38	13.95	2.79	6.78	11.56	1.99	6.78	7.17
11	4.78	4.78	13.55	3.19	7.17	7.57	7.57	2.39	4.38
12	3.19	4.38	5.02	1.20	3.59	3.99	1.99	3.19	5.18
1/96	2.33	3.47	11.16	1.59	5.18	15.94	4.19	7.17	0.40
2	2.39	4.78	18.33	7.97	6.78	10.36	4.78	3.59	4.38
3	3.19	4.38	7.89	5.98	6.78	5.98	10.76	5.18	0.80
4	10.15	8.03	12.69	10.57	8.46	9.30	5.92	7.61	7.19
5	6.34	6.77	7.19	5.50	6.34	8.03	5.07	7.19	7.61
6	5.50	10.99	4.65	1.69	2.11	5.50	3.38	3.38	3.38
7	3.81	1.27	3.38	4.65	3.38	2.11	2.54	0.85	1.27
8	4.23	4.65	5.07	0.00	2.96	1.27	1.27	3.81	3.81
9	4.23	8.46	12.26	0.00	2.54	0.42	5.50	4.65	0.00
Média	4.16	5.53	9.07	4.18	5.51	6.56	4.35	4.75	3.87
Desvio	2.30	2.54	4.88	3.48	2.39	4.50	2.71	2.10	2.62

b) Análise da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios

A comunidade fitoplanctônica (analisada unicamente nos reservatórios do córrego Macuco) foi caracterizada pelos seguintes grupos: Chlorophyta, Cyanophyta, Chrysophyta, Pyrrophyta e Euglenophyta.

Os gêneros mais frequentes foram *Staurastrum*, *Fragilaria* e *Rhizosolenia*.

O grupo mais abundante foi o das Chrysophyta da Classe Bacillariophyceae representando um total de 63,0 % na estação 3, 56,4 % na estação 4 e 48,9 % na estação 5 como indica a Figura 25.

Existiram diferenças nas abundâncias relativas entre os períodos de estação seca e chuvosa (Figura 26). Na estação chuvosa as Bacillariophyceae foram mais abundantes com 71,3 % na estação 3, 63,1 % na estação 4 e 58,3 % na estação 5. Na estação 3 as Cyanophyta ocorreram em maior abundância (4,2 %) que na estação seca porém, na estação 4 as que apresentaram um maior incremento foram as outras Chrysophyta, (as que não correspondem à Classe Bacillariophyceae) com 3,4 % do total.

Na estação seca as algas mais abundantes pertenceram ao grupo das Chlorophyta com uma abundância relativa de 45,0 % para a estação 3, 51,8 % para a estação 4 e 59,6 % para a estação 5. Nas estações 3 e 4 também foi registrado um incremento na abundância das Cyanophyta e das Pyrrophyta, enquanto na estação 5 observou-se um incremento das Chrysophyta e das Pyrrophyta.

Os resultados da densidade numérica dos diferentes grupos estão apresentados com detalhe no Anexo A.

Na Figura 27 observam-se as densidades do fitoplâncton total nos três reservatórios ao longo dos períodos de chuva e seca. Observa-se um incremento da densidade de organismos nos meses de setembro de 1995, outubro e novembro, continuando com um declínio da mesma nos meses seguintes.

Na Figura 28 estão representadas as densidades para cada grupo nos três reservatórios. Pode-se observar a dominância das Bacillariophyceae nos meses de setembro de 1995, outubro e novembro nos três reservatórios e a maior densidade das algas Chlorophyta na estação 5, reservatório Iembó, ao longo do período de estudos.

Figura 25. Abundâncias relativas dos diferentes grupos fitoplancctônicos nos três reservatórios do córrego Macuco (Iguá - Est. 3, Igaraba - Est. 4 e Iembó - Est. 5) durante o período de estudos. O grupo aqui denominado Chrysophyta inclui as outras crisofíceas excetuando-se as bacilariofíceas.

Figura 26. Abundâncias relativas dos diferentes grupos fitoplanctônicos durante os períodos de chuva e seca nos reservatórios do córrego Macuco (Iguá - Est. 3, Igaraba - Est. 4 e Iembó - Est. 5). O grupo aqui denominado Chrysophyta inclui as outras crisofíceas excetuando-se as bacilariofíceas.

Figura 27. Variação na densidade do fitoplâncton total nos reservatórios do córrego Macuco (Iguá - Est. 3, Igaraba - Est. 4 e Iembó - Est. 5) durante os períodos de chuva e seca em três profundidades (superfície - a, meio - b e fundo - c) da coluna d'água.

Figura 28. Variação da densidade de cada grupo fitoplactônico nos reservatórios do córrego Macuco (Iguá - Estação 3, Igaraba - Estação 4 e Iembó - Estação 5) ao longo do período de estudos.

c) Análise da comunidade zooplancônica nos reservatórios

A comunidade zooplancônica foi dividida em quatro grupos: Rotifera, Cladocera, Copepoda e Insecta.

No Filo Rotifera os organismos mais abundantes foram identificados no nível de gênero (*Keratella*, *Polyarthra*, *Hexarthra*, *Ptygora*, *Conochilus* e *Brachionus*).

Na subordem Cladocera os organismos foram identificados no nível de gênero, sendo que foram identificados três taxa diferentes nas amostras analisadas (*Bosmina*, *Bosminopsis* e *Diaphanosoma*).

A classe Copepoda foi representada em sua maioria por náuplios e formas jovens o que impossibilitou sua identificação a nível de espécie. Os adultos foram diferenciados em Calanoida e Cyclopoida. Os taxa identificados foram: *Argyrodiaptomus* e *Tropocyclops*.

No grupo dos Insecta foram identificadas larvas da família Chaoboridae sendo que foram os organismos menos abundantes em todas as estações.

Os resultados da densidade numérica dos diferentes grupos estão apresentados com detalhe no Anexo B.

O grupo mais abundante foi Rotifera representando um total de 72,7% na estação 3, 62,3% na estação 4 e 83,2 na estação 5 como indica a Figura 29. A estação 4 foi a que teve maiores abundâncias relativas de náuplios (20,1%) e Cladocera (11,6%).

No período de chuvas e no de seca o grupo Rotifera sempre se manteve como o mais abundante sendo que os restantes grupos tiveram algumas diferenças (Figura 30).

Na estação 3 os Cladocera, Copepoda e Insecta foram relativamente mais abundantes no período chuvoso. A mesma situação foi observada na estação 4 com exceção dos Cladocera que foram mais abundantes na seca com uma porcentagem de 19,5% contra uma de 5,7% no período de chuvas.

Na estação 5 os náuplios foram mais abundantes no período de seca sendo que os copepoditos e os Calanoida foram apenas um pouco mais abundantes no período de chuva.

Na Figura 31 se observa a densidade do zooplâncton total para os três reservatórios nos períodos de chuva e seca. Se observa um incremento da comunidade zooplactônica nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. O maior declínio da densidade do zooplâncton foi observada na estação 5 no período de seca.

Na Figura 32 estão representadas as densidades de cada grupo de organismos, sendo que o grupo Rotifera foi o mais abundante nos três reservatórios principalmente nos meses correspondentes ao período seco.

Figura 29. Abundâncias relativas dos diferentes grupos zooplanctônicos nos três reservatórios do córrego Macuco (Iguá - Est. 3, Igaraba - Est. 4 e Iembó - Est. 5) durante o período de estudos.

Figura 30. Abundâncias relativas dos diferentes grupos zooplancônicos durante os períodos de chuva e seca nos reservatórios do córrego Macuco (Iguá - Est. 3, Igaraba - Est. 4 e Iembó - Est. 5).

Figura 31. Variação da densidade total do zooplâncton nos reservatórios do córrego Macuco (Iguá - Estação 3, Igaraba - Estação 4 e Iembó - Estação 5) durante os períodos de chuva e seca.

Figura 32. Variação da densidade de cada grupo zooplanctônico nos reservatórios do córrego Macuco (Iguá - Estação 3, Igaraba - Estação 4 e Iembó - Estação 5) ao longo do período de estudos.

5.6. Índices de estado trófico

Foram aplicados os índices de estado trófico de CARLSON (1977) usando as concentrações de superfície de fósforo total, clorofila *a* e a profundidade do disco de Secchi (Tabelas 49 a 51).

O índice de SALAS & MARTINO (1990) para lagos quentes tropicais foi aplicado utilizando as concentrações médias de fósforo total e clorofila *a* para cada estação. Os resultados podem ser observados nas Tabelas 52 e 53.

Segundo o IET para fósforo total de CARLSON (1977), as estações 3 e 4 podem ser classificadas como eutróficas, enquanto que a estação 5 seria hipereutrófica. Segundo o índice que utiliza a concentração de clorofila *a* os três reservatórios se classificariam como mesotróficos e segundo o índice que utiliza a profundidade do disco de Secchi como eutróficos.

Segundo o índice de SALAS & MARTINO (1990) as estações 3 e 4 se classificariam como mesotróficas e a estação 5 como oligo-mesotrófica.

Tabela 49. Índice de Estado Trófico (IET) utilizando-se as concentrações de fósforo total da água de superfície (H - Hipereutrófico, E - Eutrófico, M - Mesotrófico e O - Oligotrófico).

Mês	Est. 3a	Est. 4a	Est. 5a
9/95	53.61 (E)	49.26 (M)	37.45 (O)
10	29.15 (O)	46.75 (M)	83.13 (H)
11	45.60 (M)	44.04 (M)	44.69 (M)
12	50.80 (M)	41.50 (M)	43.00 (M)
1/96	65.57 (H)	70.33 (H)	62.71 (H)
2	54.45 (E)	49.03 (M)	47.81 (M)
3	62.14 (H)	55.83 (E)	59.55 (M)
4	50.16 (M)	60.95 (E)	67.78 (H)
5	74.26 (H)	66.92 (H)	70.19 (H)
6	71.78 (H)	73.38 (H)	67.58 (H)
7	68.09 (H)	67.58 (H)	73.59 (H)
8	69.92 (H)	70.51 (H)	70.19 (H)
9	74.59 (H)	72.58 (H)	70.93 (H)
Média	59.24 (E)	59.13 (E)	61.43 (H)

Tabela 50. Índice de Estado Trófico (IET) utilizando-se as concentrações de clorofila *a* da água de superfície (H - Hipereutrófico, E - Eutrófico, M - Mesotrófico e O - Oligotrófico).

Mês	Est. 3a	Est. 4a	Est. 5a
9/95	37.16 (O)	52.31 (E)	35.11 (O)
10	41.94 (M)	40.63 (O)	37.32 (O)
11	45.91 (M)	41.94 (M)	50.42 (M)
12	41.95 (M)	32.35 (O)	37.32 (O)
1/96	38.86 (O)	35.11 (O)	44.62 (M)
2	39.11 (O)	50.93 (M)	45.91 (M)
3	41.95 (M)	48.11 (M)	53.87 (E)
4	53.30 (E)	53.70 (E)	48.01 (M)
5	48.68 (M)	47.29 (M)	46.49 (M)
6	47.29 (M)	35.71 (O)	42.51 (M)
7	43.69 (M)	45.64 (M)	39.71 (O)
8	44.71 (M)	-	32.91 (O)
9	44.71 (M)	-	47.29 (M)
Média	43.79 (M)	46.09 (M)	43.19 (M)

- Conc. de clorofila *a* de 0 µg.L⁻¹

Tabela 51. Índice de Estado Trófico (IET), utilizando-se as profundidades do disco de Secchi (H - Hipereutrófico, E - Eutrófico, M - Mesotrófico e O - Oligotrófico).

Mês	Est. 3a	Est. 4a	Est. 5a
9/95	61.52 (H)	60.00 (E)	58.62 (E)
10	64.15 (H)	61.52 (H)	58.89 (E)
11	56.66 (E)	53.22 (E)	58.62 (E)
12	56.21 (E)	53.22 (E)	53.22 (E)
1/96	65.15 (H)	60.74 (E)	56.21 (E)
2	50.74 (M)	48.62 (M)	50.74 (M)
3	60.00 (E)	56.21 (E)	54.15 (E)
4	64.15 (H)	53.22 (E)	52.77 (E)
5	54.64 (E)	52.34 (E)	59.52 (E)
6	58.62 (E)	50.51 (M)	49.29 (M)
7	61.84 (H)	54.15 (E)	52.34 (E)
8	55.14 (E)	46.21 (M)	55.14 (E)
9	58.62 (E)	50.00 (M)	55.14 (E)
Média	58.62 (E)	53.84 (E)	54.97 (E)

Tabela 52. Índice de estado trófico para lagos quentes tropicais utilizando a concentração de fósforo total.

Estação	µg.L ⁻¹	Probabilidade	Est. trófico
3	73.23	0.63	Mesotrófico
4	64.73	0.70	Mesotrófico
5	75.20	0.62	Mesotrófico

Tabela 53. Índice de estado trófico para lagos quentes tropicais utilizando a concentração de clorofila *a*.

Estação	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Probabilidade	Est. trófico
3	6.25	0.56	Mesotrófico
4	5.42	0.57	Mesotrófico
5	4.32	0.53	Oligomesotrófico

5.7. Análise numérica

Córregos

O dendograma obtido através da análise de agrupamento (“cluster”) da variação espacial em relação as variáveis físicas, químicas e biológicas é apresentado na Figura 33.

O dendograma da variação espacial sugere, juntamente com as observações e análises anteriores, a formação de três grupos distintos.

Segundo a análise de componentes principais com base nas variáveis físicas, químicas e biológicas para todo o período de estudos temos que a variação espacial das estações foi mais pronunciada que a variação temporal nesta microbacia em estudo (Figura 34).

A mesma análise de componentes principais, mas nomeando-se as variáveis físicas, químicas e biológicas que determinam a formação dos agrupamentos é apresentada na Figura 35.

O primeiro grupo formado pelas estações 2 e 6 é determinado pelo fator 1 e as variáveis temperatura e CO_2 total segundo a análise de componentes principais das variáveis estudadas.

O segundo grupo é formado pela estações 1 e 8 é influenciado principalmente pelas variáveis condutividade, material em suspensão orgânico e inorgânico, alcalinidade, nitrogênio total, amônio, silicato reativo e fósforo total no fator 1.

O terceiro grupo formado pela estação 7 é principalmente influenciado pelas variáveis oxigênio dissolvido, fósforo total dissolvido, fosfato inorgânico, nitrato e nitrito no fator 2.

Figura 33. Dendograma da análise de agrupamento (“cluster”) das estações de coleta nos córregos da microbacia, com base na média dos valores das variáveis físicas, químicas e biológicas.

Figura 34. Análise de componentes principais com a distribuição das estações dos córregos da microbacia com base nos valores das variáveis físicas, químicas e biológicas para todo o período de estudo. Cada estação está identificada pelo mês correspondente e o número de estação (1, 2, 6, 7 e 8).

Figura 35. Análise de componentes principais com a distribuição das variáveis estudadas nas estações dos córregos da microbacia com base nos valores das variáveis físicas, químicas e biológicas para todo o período de estudo. Cada variável está identificada pela sua abreviatura.

Reservatórios

O dendograma resultante da análise de agrupamento da variação espacial em relação as variáveis físicas, químicas e biológicas está representado na Figura 36.

O dendograma da variação espacial sugere a formação de dois grupos. O primeiro formado pelos reservatórios Igaraba e Iembó (estações 4 e 5) que apresentam maior similaridade entre si e o segundo grupo formado pelo reservatório Iguá (estação 3).

A análise de componentes principais para o reservatório Iguá está representada na Figura 38. Na Figura 37 se observa a distribuição temporal das diferentes datas de coleta observando-se uma clara separação entre o inverno seco, o outono, o verão chuvoso e a primavera pelo factor 1. A distribuição das variáveis segundo o fator 1 e 2 da análise de componentes principais não evidenciou características particulares tornando difícil sua interpretação.

Figura 36. Dendograma da análise de agrupamento dos reservatórios do córrego Macuco (3 - Iguá, 4 - Igaraba e 5 - Iembó) com base na média dos valores das variáveis físicas, químicas e biológicas.

Figura 37. Análise de componentes principais com a distribuição das datas de coleta (estação-profundidade / mês) no reservatório Iguá com base nos valores das variáveis físicas, químicas e biológicas para todo o período de coleta.

Figura 38. Análise de componentes principais com a distribuição das variáveis estudadas no reservatório Iguá para todo o período de estudo. Cada variável está identificada pela sua abreviatura.

Na Figura 39 se observa a distribuição temporal das diferentes datas de coleta para o reservatório Igaraba (estação 4) segundo a análise de componentes principais se observa a separação entre o período do verão e outono e o período de inverno e primavera. A análise de componentes principais em relação as variáveis físicas, químicas e biológicas está representada na Figura 40. Para este reservatório foi observada a mesma situação que para o reservatório Iguá, sendo que o fator 1 é o que mais influencia a distribuição das variáveis físicas, químicas e biológicas.

Figura 39. Análise de componentes principais com a distribuição das datas de coleta (estação-profundidade / mês) do reservatório Igaraba com base nos valores das variáveis físicas, químicas e biológicas para todo o período de coleta.

Figura 40. Análise de componentes principais com a distribuição das variáveis estudadas no reservatório Igaraba para todo o período de estudo. Cada variável está identificada pela sua abreviatura.

A mesma situação foi observada no reservatório Iembó (estação 5) e a distribuição dos pontos de coleta ao longo do período de estudo está representada na Figura 41 onde se observa a separação entre os períodos de inverno e primavera e verão e outono pelo fator 1. O resultado da análise de componentes para as variáveis físicas, químicas e biológicas está representada na Figura 42.

Os demais fatores analisados (fator 3 e 4) para cada reservatório não apresentaram diferenças com os fatores 1 e 2.

Figura 41. Análise de componentes principais com a distribuição das datas de coleta (estação-profundidade / mês) do reservatório Iembó com base nos valores das variáveis físicas, químicas e biológicas para todo o período de coleta.

Figura 42. Análise de componentes principais com a distribuição das variáveis estudadas no reservatório Iembó para todo o período de estudo. Cada variável está identificada pela sua abreviatura.

6. DISCUSSÃO

As principais forças controladoras de uma bacia hidrográfica são o clima e a geologia. Segundo WARD (1994), o clima que controla o fornecimento de energia à água e age sobre a geologia, determinando a geomorfologia e os modelos de drenagem na bacia hidrográfica. As principais forças regentes são a vegetação e o solo, que refletem as interações entre o clima e a geologia. Já o sistema fluvial reflete a interação de todos os fatores maiores ou menores, bióticos e abióticos (WARD, 1994).

A microbacia do córrego São José foi determinada segundo as cotas altimétricas apresentando uma área de 13,9 Km². Comparada com outras bacias estudadas na região é uma bacia pequena.

A velocidade de escoamento de um rio está ligada à geomorfologia da bacia hidrográfica (MAIER, 1983). Segundo VANNOTE *et al.* (1980), em sistemas fluviais que não tenham sofrido ação antrópica é esperado que exista uma diminuição gradativa das velocidades de escoamento, concomitantemente com um aumento da vazão à medida que o rio dirige-se à foz. Essa relação é devida à menor declividade nas regiões em que os rios estão próximos à foz, e, por outro lado, a uma maior declividade nas regiões próximas às cabeceiras. Neste estudo a relação de declividade em função do gradiente espacial na bacia pode ser demonstrada através da relação de relevo, relativamente mais alta quando comparada com bacias de tamanho similar (RIOS, 1993).

A velocidade de escoamento acompanhou a tendência esperada de aumento em direção à foz nos córregos Macuco e Águas da Prata, ao contrário do observado por RIOS (1993) na bacia do Ribeirão do Feijão. Estes córregos são de curta extensão e o relevo da bacia é colinoso, favorecendo o incremento da velocidade de escoamento em direção à foz que se encontra à uma menor altitude.

Ambos os córregos apresentaram pequena vazão de água, pouca profundidade e extensão relativamente pequena. Encontram-se em uma região geomorfológica com uma drenagem de média a baixa densidade, com planícies aluviais interiores restritas e presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes (GONÇALVES, 1986).

Segundo WARD (1982), óbvias alterações ecológicas ocorrem na porção onde o rio é transformado num lago artificial. Os represamentos do córrego Macuco mostraram diferenças na velocidade de escoamento, sendo que o último (Iembó, estação 5), apresentou a maior velocidade, provavelmente influenciada pela topografia, já que logo após o vertedouro encontra-se uma queda d'água.

Segundo ARMENGOL *et al.* (1991), a vazão de um rio não depende somente de precipitações recentes, mas também, e principalmente, de outras mais antigas. Os maiores valores de vazão foram registrados a partir do mês de janeiro e após o início do período de chuvas, no mês de outubro. No mês de janeiro foram registradas as maiores precipitações na região.

Córregos

A dissolução das rochas normalmente é a maior determinante da química das águas dos rios “localmente”, mas este fator varia com a geologia e magnitude de outras vias de entrada, incluindo água de chuva e as fontes de poluição. Os materiais que determinam a química podem, portanto, serem concentrados por evaporação e/ou alterados por interações químicas e biológicas dentro das águas do rio.

A temperatura da água pode ter uma variação considerável atribuída tanto a causas naturais como a artificiais. Normalmente o comportamento reflete as temperaturas médias do meio circundante. O fator principal é a temperatura do ar que segue uma tendência sazonal. A flutuação diária da temperatura das águas correntes é relativamente alta nestes casos devido à pequena profundidade e à turbulência que tende a destruir gradientes e impedir a formação de uma termoclina.

Nos córregos Macuco, Águas da Prata e São José, foram observadas temperaturas mais elevadas no verão e mais frias no inverno. As temperaturas mais baixas foram observadas nas estações com maior cobertura vegetal o que impede a penetração da luz e o aquecimento, como é o caso da estação 6. A variação da temperatura da água observada entre as estações de coleta pode ser atribuída à tendência de aquecimento da nascente à foz (VANNOTE *et al.*, 1980), e também ao aquecimento que é registrado durante o intervalo de tempo entre a primeira e a última estação de coleta. No entanto, este último caso não foi observado durante a realização do presente estudo.

A concentração de oxigênio dissolvido está ligada diretamente à temperatura da água e à pressão atmosférica (HYNES, 1970; MARGALEF, 1983; WETZEL, 1983). Espera-se de modo geral que as águas de um rio sejam ricas em oxigênio. A agitação da água acelera a difusão, mas, esta mesma razão não permite a supersaturação da água em oxigênio. Observa-se exceção à este fato, nas quedas d'água ricas em vegetação ou em trechos lentos com vegetação abundante, sendo que a situação ordinária da água de um rio é o déficit de saturação (MARGALEF, 1983).

As águas correntes podem conter bastante matéria orgânica alóctone, o que aumenta o consumo de oxigênio para oxidação da mesma. A erosão marginal, que depende da constituição da bacia aumenta o fluxo de substâncias oxidáveis para o interior dos rios. O tipo de ocupação do solo pode também ser responsável pelo acréscimo de efluentes agrícolas, que aportam mais matéria orgânica ao rio (MATHEUS & TUNDISI, 1988), dependendo dos usos do solo.

A grande quantidade de material oxidável na água pode ser responsável pelas baixas concentrações observadas de oxigênio dissolvido nas estações 1 e 2 do córrego Macuco. A estação 1 é mais afetada por dejetos de animais e a 2 por material em decomposição (serapilheira). Já a estação 8, no córrego São José, é afetada pelo chorume proveniente do aterro sanitário. As altas concentrações de oxigênio dissolvido na estação 7, no final do inverno e início da primavera, podem ser devidas ao efeito de uma pequena queda d'água a montante da estação de coleta, que promove aeração suficiente para contrabalançar o fato desta receber efluentes agrícolas.

No presente estudo foram observadas na estação 8, menores concentrações de oxigênio dissolvido do que as observadas no estudo realizado por RIOS (1993), na mesma estação, como se observa na Tabela 54. Isto ocorre talvez devido a uma diminuição da capacidade de autodepuração do córrego já que a temperatura média observada e a carga de matéria orgânica foram menores que às encontradas por este autor.

Uma das mais importantes variáveis limnológicas é o pH. As águas brasileiras se caracterizam por ter pH com tendência de neutro a ácido. O pH está relacionado ao tipo de solo que drenam os córregos, os quais nesta região são predominantemente ácidos. O pH pode variar bastante entre diferentes sistemas fluviais, sendo fortemente afetado pela alcalinidade (carbonato-bicarbonato) e pelo CO_2 livre (TALLING, 1976).

A presença de matéria orgânica em decomposição leva à liberação de CO_2 com abaixamento do pH. A atividade fotossintética pode elevar levemente o pH das águas uma vez que existe uma correlação negativa do pH com as concentrações de CO_2 total e CO_2 livre tal como observado no presente estudo para a estação 7.

O pH dos córregos estudados seguiu a tendência esperada para a maioria das águas lóticas brasileiras (de neutro a ácido).

A condutividade elétrica pode fornecer informações sobre o metabolismo aquático e os fenômenos que ocorrem na bacia hidrográfica, podendo variar segundo a composição geológica da bacia e devido à entrada de matéria orgânica alóctone.

Tabela 54. Quadro comparativo dos valores médios das variáveis especificadas para diferentes ribeirões e córregos da região de São Carlos - SP.

Ribeirões e Córregos	pH	cond. $\mu\text{S.cm}^{-1}$	alcalin. meq.L^{-1}	O.D. mg.L^{-1}	N inorg. total $\mu\text{g.L}^{-1}$	N total mg.L^{-1}	PDT $\mu\text{g.L}^{-1}$	P total $\mu\text{g.L}^{-1}$	Mat. susp. mg.L^{-1}	Cl a $\mu\text{g.L}^{-1}$	Referência
C. Macuco (est. 1)	5.51	23.26	0.15	0.72	117.95	0.39	3.84	78.40	11.08	0.71	presente estudo
C. Macuco (est.2)	5.59	37.00	0.22	1.24	67.81	0.35	4.39	97.41	16.62	0.10	presente estudo
C. Águas da Prata (est. 6)	5.09	7.51	0.09	6.56	80.27	0.13	6.01	115.54	3.26	0.43	presente estudo
C. Águas da Prata (est. 7)	6.57	22.58	0.26	9.67	411.78	1.40	134.86	245.02	5.96	0.60	presente estudo
⇒ C. São José (est. 8)	6.29	79.74	0.56	3.13	941.76	6.94	49.11	255.39	15.02	1.44	presente estudo
C. Água Fria	5.89	13.20	0.065	7.59	112.29	2.35	9.19	304.15	90.0	0	SANTOS, 1993
C. Água Quente	6.57	85.90	0.47	6.60	2415.80	3.48	63.25	405.10	190.0	0	SANTOS, 1993
R. do Feijão	5.85	26.80	0.12	6.85	136.97	0.31	22.37	29.31	13.34	ND	TEIXEIRA, 1993
⇒ C. São José	6.50	113.20	0.67	4.20	2009.76	3.92	132.44	271.9	40.64	ND	TEIXEIRA, 1993
C. Laranja Azeda	6.10	33.80	0.20	7.06	300.35	0.58	16.44	35.01	24.72	ND	TEIXEIRA, 1993
R. Monjolinho	5.80	25.50	0.13	6.52	395.79	0.51	12.03	24.83	13.80	ND	TEIXEIRA, 1993
R. do Lobo	5.70	15.60	ND	7.10	56.30	ND	11.90	ND	ND	ND	MATHEUS & TUNDISI, 1988
C. Itaqueri	5.70	15.90	ND	5.00	38.90	ND	13.10	ND	ND	ND	MATHEUS & TUNDISI, 1988
C. da Água Branca	6.00	29.80	ND	5.30	460.50	ND	60.30	ND	ND	ND	MATHEUS & TUNDISI, 1988
C. do Limoeiro	5.60	10.20	ND	6.50	103.30	ND	12.60	ND	ND	ND	MATHEUS & TUNDISI, 1988
C. do Geraldo	5.60	6.10	ND	6.10	37.00	ND	6.70	ND	ND	ND	MATHEUS & TUNDISI, 1988
C. das Perdizes	5.40	4.80	ND	6.80	37.40	ND	6.20	ND	ND	ND	MATHEUS & TUNDISI, 1988
R. do Feijão	5.97	20.51	0.15	7.31	112.54	0.30	9.08	20.06	11.78	2.10	RIOS, 1993
⇒ C. São José	6.52	74.52	0.52	5.96	1243.87	2.16	39.90	96.32	20.54	4.29	RIOS, 1993
C. Laranja Azeda	6.27	30.65	0.22	7.63	280.37	0.52	10.92	25.66	20.13	2.50	RIOS, 1993
R. Monjolinho	5.83	24.43	0.15	6.97	423.22	0.62	5.69	16.09	4.46	1.06	RIOS, 1993

ND - dados não determinados pelo autor

A condutividade também pode indicar a presença de poluentes, assim como o grau de eutrofização do sistema (LAGE FILHO, 1996).

Geralmente a concentração de íons resulta da interação do sistema aquático com as áreas terrestres adjacentes. Alguns íons são derivados diretamente da água das chuvas que apresentam maior condutividade, enquanto outros são provenientes da erosão do solo e das rochas. Como nos rios a água é corrente não há muito tempo para o acúmulo de substâncias dissolvidas. O efeito de diluição da chuva geralmente diminui a condutividade da água dos rios.

A condutividade na microbacia em estudo pode ser classificada de baixa a muito baixa, segundo os valores médios registrados. Nos locais afetados por resíduos de animais, (fezes, urina) como as estações 1 e 7, foram observados valores mais altos devidos talvez ao aporte de cloretos provenientes desses resíduos. Na estação 8 os valores também foram significativamente maiores, porém menores que aqueles observados por RIOS (1993). De forma geral os valores de condutividade registrados se encontram dentro da mesma faixa de variação observada por SANTOS (1993) nos córregos da Água Fria e da Água Quente (Tabela 54).

A presença de mata ciliar, que absorve os íons dissolvidos, pode ter sido o fator responsável pelas baixas condutividades registradas na estação 6.

Não foi observado o efeito de diluição nem o aumento da condutividade no início da estação chuvosa, pelo aporte das águas da chuva, diretamente ou pela entrada de íons através do escoamento superficial.

Para HYNES (1970), a concentração de bicarbonatos varia com a estrutura geológica e hidrológica da bacia e as águas correntes mostram uma complicada relação entre o pH, CO_2 , HCO_3^- , H^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- , Ca^{++} e Mg^{++} .

No presente trabalho, os maiores valores de alcalinidade foram observados na estação 8 provavelmente devido ao lançamento de efluentes ricos em matéria orgânica que provocou o aumento da concentração de CO_2 pela atividade bacteriana. Maiores valores de alcalinidade também foram observados por RIOS (1993), na mesma estação de coleta.

A fonte imediata da maioria do HCO_3^- é o CO_2 dissolvido no solo e nas águas subterrâneas. Altas concentrações são correlacionadas com altos valores de alcalinidade e indicam águas férteis.

Segundo WETZEL & RICH (1973), a maior parte do carbono presente em ecossistemas aquáticos ocorre como produto do equilíbrio iônico do ácido carbônico, sendo que uma menor quantidade de carbono ocorre em compostos orgânicos como carbono detrítico dissolvido ou particulado e uma pequena fração ocorre como carbono da biota.

As concentrações das formas de carbono (CO_2 total, CO_2 livre e HCO_3^-) apresentaram significativa correlação negativa com as concentrações de O_2 , podendo indicar que boa parte desse carbono é de origem de material orgânico alóctone.

No presente estudo foi observada uma alta correlação do HCO_3^- com a alcalinidade e também com as concentrações de amônia e nitrogênio total.

Segundo SANTOS (1993), rios pequenos com menor bacia de drenagem não são bem tamponados e por isso apresentam baixo pH e reserva alcalina baixa, o que é o caso da bacia em estudo.

Nesta bacia não se observou um padrão claro de variação temporal para a alcalinidade e as formas de carbono.

Os sólidos em suspensão em um sistema fluvial indicam a remoção de materiais sólidos da bacia de drenagem e também a entrada de efluentes no curso d'água, sendo que a ação abrasiva das partículas suspensas resultam em erosão adicional (WARD, 1994). A água erosiona, suspende e transporta os materiais, sendo que a turbulência pode manter até vários gramas por litro de partículas sólidas suspensas (MARGALEF, 1983).

O material em suspensão pode ser inorgânico, resultante da decomposição das rochas ou do solo, ou orgânico, resultante da degradação e da atividade bacteriana.

As concentrações de sólidos em suspensão aumentaram à jusante nos córregos Águas da Prata e Macuco (estações 2 e 7), provavelmente devido a lixiviação dos

solos preparados para a agricultura. Na estação 2 registrou-se o maior conteúdo de material em suspensão e principalmente da fração inorgânica. Na estação 8 foram observadas as maiores concentrações de sólidos em suspensão orgânicos, devidos à entrada do efluente do lixão, rico em matéria orgânica.

De modo geral, não foi observado um padrão sazonal na variação das concentrações de sólidos em suspensão totais, orgânicos e inorgânicos.

Segundo GOLDMAN & HORNE (1983), em rios observa-se uma mudança pronunciada na concentração dos nutrientes de um ano para outro. Nos sistemas fluviais não perturbados, estas mudanças não são bem entendidas, pois uma combinação de muitos fatores controla o fluxo de nutrientes nos rios.

A concentração de nutrientes varia sazonalmente pela influência da hidrologia e as mudanças nas entradas antropogênicas. Quando o suprimento de um elemento ou nutriente é relativamente constante, ou a concentração mínima é inferior a da descarga, altas vazões vão diluir e baixas vão concentrar esse elemento ou nutriente.

Em pequenos rios ou córregos a concentração de nitrato, fosfato, nitrogênio total dissolvido e fósforo total dissolvido apresenta uma clara relação com o uso da terra e, surpreendentemente, uma pequena dependência da geologia subjacente, dependendo do tipo de solo drenado. Córregos que drenam terras agrícolas têm concentrações mais altas de nutrientes do que os que drenam terras florestadas (ALLAN, 1995). As concentrações são proporcionais à porcentagem de terra cultivada, e inversamente proporcionais ao percentagem de terras florestadas. O nitrogênio inorgânico dissolvido aumenta cerca de 80% em córregos que drenam bacias agrícolas, presumivelmente pelo uso de fertilizantes nitrogenados. Outros estudos indicaram que a geologia pode ter uma grande função na determinação da concentração de nutrientes, mais que o uso da terra, em águas não poluídas (LIKENS & BORMANN, 1974).

Na microbacia estudada a maior percentagem de terras são utilizadas na agricultura e para o pastoreio do gado, sendo que as áreas florestadas são mínimas,

porém não foram observadas altas concentrações de nitrato e fósforo total dissolvido, principalmente na estação 7, mais afetada pelo gado que utiliza água pra dessedentação.

Segundo MARGALEF (1991), as águas doces podem ocupar uma posição especial na regulação do ciclo do nitrogênio na biosfera. Dessa forma os rios têm um importante papel na desnitrificação uma vez que a proporção que é captada na forma de nitrogênio gasoso é de 5% ou mais, enquanto no ciclo global, a proporção é de apenas 2%.

O nitrogênio pode ser encontrado na forma salina como amônio, nitrito e nitrato e destes, o último é a forma mais utilizada para o crescimento das plantas. Também a forma completamente oxidada é a que mais ocorre em ambientes de água corrente. Esta relação geral não foi observada no presente trabalho, sendo que a forma mais abundante foi o amônio para todas as estações de coleta da microbacia.

O fósforo é mais complexo pois ocorre como ortofosfato iônico simples e na forma de fosfato solúvel e particulado. O fósforo na forma de íons simples é rapidamente absorvido pelas plantas. A porção solúvel e a particulada são constantemente liberados pela ação bacteriana.

Normalmente as concentrações de nitrato e fosfato em solução são baixas nas águas correntes, porque os íons são rapidamente absorvidos pelas plantas. Isto indica que os nutrientes logo são exauridos pelos vegetais e reciclados rapidamente nos riachos (HYNES, 1970).

A entrada de matéria orgânica nos pontos 7 (dejetos de animais) e 8 (chorume do lixão), provocou uma elevação da concentração das formas de nitrogênio (amônio, nitrato e nitrito), de fósforo (fosfato e fósforo total dissolvido) e silicato reativo. A mesma causa provocou um aumento das concentrações de amônia na estação 1 no córrego Macuco, afetada principalmente por dejetos de animais. Nas estações restantes, as concentrações foram menores, mantendo-se praticamente iguais, principalmente em relação do nitrito, com exceção da estação 7.

As altas concentrações de nitrito na estação 7 são provavelmente devidas à oxidação de amônio pelo processo de nitrificação, já que também foram observadas elevadas concentrações deste elemento. Baixas concentrações de nitrato nas estações 1 e 2 podem ser devidas ao fato de que em baixas concentrações de oxigênio dissolvido o processo de nitrificação tem baixa eficiência.

A baixos níveis de fosfato dissolvido a absorção de compostos de fósforo orgânico e inorgânico pelo sedimento ocorre rapidamente, particularmente em sedimentos de granulometria fina e pode regular efetivamente as concentrações de fósforo dissolvido na água do rio (ALLAN, 1995). Na microbacia em estudo predominam sedimentos desse tipo (areias e argilas) e as concentrações do fosfato inorgânico e fosfato total dissolvido observadas foram relativamente baixas, o que estaria indicando a absorção do fósforo pelos sedimentos.

As concentrações de silicato reativo estão geralmente sob um forte controle físico e químico, e em águas não poluídas se encontram em uma faixa de 8 a 12 mg.L⁻¹, devido à solubilidade do SiO₂ e à reações de absorção e desabsorção (ALLAN, *op. cit.*).

No caso dos córregos estudados as concentrações foram muito mais baixas, sendo que o maior valor médio foi de 7,55 mg.L⁻¹ na estação 8, a mais afetada por poluentes.

Em lagos, um indicador de produção fitoplanctônica é a medida dos pigmentos, normalmente clorofila *a* e seu produto imediato de decomposição, a feofitina. Em rios essa relação é um pouco mais complicada, uma vez que segundo MARGALEF (1983), valores muito elevados podem ser encontrados em função de haver muitos pigmentos de vegetais superiores mortos de origem alóctone no material em suspensão. Além disso pode haver pigmentos produzidos por algas bentônicas ou aderidas ao substrato. Assim as funções controladoras da quantidade de pigmentos no

ambiente fluvial podem ser três: a vegetação ripária, o fitoplâncton propriamente dito e as algas bentônicas.

Não se observou para a concentração de clorofila *a* um padrão muito claro, sendo que muitas vezes a concentração foi muito baixa, quase indetectável. O sombreamento, principalmente nas estações 2 e 6 pode ter provocado a baixa produção fotossintética, evidenciada pelas baixas concentrações de clorofila *a*. Entretanto, nos locais mais descobertos a concentração de clorofila *a* também foi mínima, indicando que a biomassa dos produtores primários nos sistemas lóticos da microbacia foi bastante reduzida. Além disso, córregos de primeira ordem e principalmente nas nascentes são sistemas heterotróficos, sendo que a biomassa fitoplanctônica pode ser mínima.

O impacto do homem sobre as águas continentais tem sido grande e vem aumentando, pois tem se empregado os rios para evacuar o material orgânico detrítico resultante das atividades humanas. Outras atividades antrópicas, como o corte e a queima de matas, o uso inadequado do solo para a agricultura provocando erosão, a construção e o uso de cidades e rodovias, contribuem para o aumento da concentração de materiais na água de escoamento (MARGALEF, 1991). Isto é bastante visível na microbacia estudada, onde em uma área relativamente pequena são acumulados resíduos urbanos e agrícolas nos rios e riachos.

Com base nos resultados da análise numérica dos dados (similaridade e ordenação das estações), que agrupou as estações com menores diferenças com as variáveis mais significativas para os grupamentos, concluímos que a microbacia se dividiu em três grupos. Um primeiro grupo formado pelas estações 1 e 8, estações com maior influência das atividades antrópicas (chorume do lixão e limpeza de currais de criação de gado bovino). Estas estações foram caracterizadas principalmente pelo conteúdo de CO₂ total e livre, sendo que a estação 1 foi a mais fortemente influenciada por estas variáveis e a estação 8 o foi pelo conteúdo de nitrogênio total e

amônio, conjuntamente com a alcalinidade, o HCO_3^- , a condutividade e o silicato reativo.

Um segundo grupo foi formado pelas estações 2 e 6 que apresentaram um ambiente pouco impactado pela ação do homem, com baixas concentrações de nutrientes. Porém se encontram influenciadas pelo ambiente terrestre, principalmente pela vegetação ripária que provavelmente contribui com material em suspensão. As variáveis que mais fortemente influenciaram este grupo foram o material em suspensão orgânico e inorgânico e, de forma mais leve, a condutividade, a alcalinidade, o nitrogênio total e os silicatos.

O terceiro grupo foi formado pela estação 7. Esta estação foi a mais distinta de todas. Por encontrar-se afetada pelo despejo de efluentes agrícolas, apresentou uma alta autodepuração, favorecida pela presença de uma pequena queda d'água a montante da estação de coleta, o qual determinou que a variável mais significativa para esta estação seja o oxigênio dissolvido, seguida do fósforo total dissolvido, o fosfato inorgânico, o nitrato, o nitrito e o pH.

Os córregos da microbacia são córregos pequenos, de curta extensão e de primeira ordem e têm uma interferência antrópica muito forte logo nas suas nascentes. Isto produz um deslocamento do equilíbrio do rio onde o lançamento de efluentes e a construção de barragens levaram ao rompimento da continuidade do sistema como também foi observado por SABATER *et al.* (1989) e LAGE FILHO (1996) em distintos sistemas fluviais. SABATER *et al.* (*op. cit.*), estudando o Rio Ter na Espanha, demonstram que o processo de descontinuidade pode ser usado para medir fatores como poluição, entrada de tributários e autodepuração entre outras causas das descontinuidades. Essa série de descontinuidades pode causar profundas mudanças no regime limnológico do corpo de água sendo que essas mudanças afetam a fauna e a flora dos rios. LAGE FILHO (*op. cit.*) estudando a bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas (Minas Gerais), observou ocorrências de fontes de poluição nos ribeirões estudados e grande capacidade de autodepuração do ribeirão das Antas, concluiu que este ribeirão segue o contínuo fluvial, com desvios do equilíbrio teórico causados por represamentos e aporte de material orgânico.

Reservatórios

Estes ecossistemas artificiais, que se comportam como intermediários entre rios e lagos naturais, fornecem importantes informações, não só sobre aspectos de limnologia básica, mas também relativas às atividades humanas que são exercidas na bacia hidrográfica, funcionando como coletores de informações. Sendo assim, a interação dos reservatórios com as bacias hidrográficas é um assunto de extrema importância quando se considera a significância do uso das terras para as atividades agrícolas e industriais, como fonte de nutrientes. Os resultados de todas as atividades exercidas na bacia hidrográfica podem ser medidas efetivamente nos ecossistemas aquáticos e particularmente nos reservatórios, como uma resposta através das mudanças nas variáveis físicas, químicas e biológicas (TUNDISI *et al.*, 1988).

Os processos internos nos reservatórios são controlados por várias características fundamentais dentre as quais se destaca a morfometria. A localização da represa no rio, a orientação da mesma em relação aos ventos predominantes, e o relevo da área a inundar são de extrema importância pois estas características determinam em parte, a amplitude de atuação das funções de força sobre esses ecossistemas artificiais.

Em geral os grandes reservatórios apresentam um gradiente horizontal com uma formação gradual podendo-se distinguir três regiões: o rio, a zona de transição e o reservatório propriamente dito. Estes gradientes horizontais em composição química, sucessão espacial das comunidades e transporte de material ocorrem tanto no eixo principal do reservatório como nos afluentes.

Nas condições de reservatório estabelece-se um gradiente vertical acentuado, com trocas gasosas restritas às camadas superiores e movimentos convectivos restritos.

Nos presentes reservatórios a análise dos três estratos (superfície, meio e fundo) no corpo central, evidenciou a formação de um gradiente vertical.

A ocorrência de uma estratificação térmica, a qual é freqüentemente acompanhada de uma estratificação química e biológica, é muito comum em lagos onde a circulação é reduzida em função de características morfométricas ou pelo efeito reduzido das variáveis principais, cuja amplitude de variação é pequena (TUNDISI, 1988). De um modo geral podem ser formados três compartimentos bem definidos nos reservatórios estratificados: epilímnio, metalímnio e hipolímnio. A um gradiente decrescente de temperatura deve-se acrescentar um gradiente decrescente de oxigênio e um gradiente crescente de condutividade.

Os três reservatórios em estudo (Iguá, Igaraba e Iembó) apresentaram uma marcada estratificação térmica, porém mais acentuada nos meses da estação chuvosa e mais leve nos meses de abril a agosto. O metalímnio formou-se a partir dos dois metros de profundidade nos três reservatórios. Isto não é comum para reservatórios da região como a Represa do Monjolinho e a do Lobo, as quais não apresentam estratificação.

Segundo TUNDISI (1988) e NOGUEIRA (1990) as primeiras chuvas que caem contribuem para o estabelecimento de uma termoclina mais acentuada pois a água de chuva, sendo mais fria e mais densa que a água do epilímnio deposita-se na região metalimnética. Além da água de chuva a radiação solar promove um aquecimento elevado da superfície do reservatório.

Dos três reservatórios, o primeiro, Iguá, foi o que teve as menores temperaturas devido a ter um maior tamanho e conseqüentemente um maior volume de água para ser aquecido e também porque recebe as águas mais frias diretamente do córrego. Nos reservatórios Igaraba e Iembó os perfis foram mais similares entre si.

O oxigênio dissolvido é a variável mais importante dos lagos (WETZEL, 1981). A sua solubilidade é influenciada pela temperatura, de forma não linear, aumentando com a diminuição da temperatura da água.

Em lagos tropicais o perfil vertical é determinado principalmente pela alta temperatura e pelas características morfométricas do lago que facilitam ou dificultam

a ação do vento o qual tem importante papel na distribuição do oxigênio, tanto aumentando a concentração como promovendo a distribuição no interior do sistema.

Nos lagos rasos a concentração de matéria orgânica junto às altas temperaturas contribui para a desoxigenação da água, mais do que a permanência do período de estratificação térmica. O efeito da concentração de matéria orgânica sobre a dinâmica do oxigênio em lagos rasos se manifesta periodicamente durante o período de chuvas (ESTEVES, 1988).

Nos reservatórios do córrego Macuco foi observado um padrão clinógrado da concentração de oxigênio dissolvido, sendo que no período de chuvas o mesmo foi mais intenso observando-se um hipolímnio anóxico, principalmente nos reservatórios Iguá e Igaraba nos meses de janeiro a março. No reservatório Iembó o perfil clinógrado foi menos acentuado, talvez devido à menor profundidade o que favorece a ação do vento na coluna de água. As águas do reservatório Iguá tiveram mais baixa concentração de oxigênio dissolvido ao longo do período de estudos. Este reservatório é o de maior volume e também o que recebe maior concentração de material em suspensão orgânico, carreados pela entrada do córrego Macuco logo após a passagem do córrego por uma fazenda de criação intensiva de gado, fato observado principalmente no hipolímnio.

A perda de oxigênio dissolvido no hipolímnio se produz como resultado do gasto realizado durante a oxidação da matéria orgânica na água, principalmente na interface água-sedimento, na qual a decomposição microbiana é muito mais intensa (WETZEL, 1981).

O pH se manteve relativamente estável ao longo do estudo, no entanto a condutividade variou bastante, tendo sido observada uma grande amplitude de variação dessa variável ao longo do ano.

A condutividade reflete diretamente a concentração de íons na água. Devido às atividades na microbacia, materiais e íons dissolvidos são carreados para os córregos e destes para os reservatórios. Nesta região, no início da estação chuvosa ocorre a preparação do solo para a agricultura. A coincidência temporal destes dois

fatores resulta em maior erosão do solo e carregamento de materiais para os corpos de água. Assim comprova-se que a concentração de material em suspensão total ocorreu em concentrações mais elevadas no período de chuvas devido ao arraste de material originário da bacia.

Os sólidos em suspensão orgânicos foram a maior fração do total dos materiais em suspensão, sendo que sua concentração foi maior no hipolímnio nos dois primeiros reservatórios.

Maiores concentrações de material em suspensão inorgânico no hipolímnio e principalmente no período de chuvas, refletem o processo de sedimentação das partículas de maior tamanho nos corpos de água lânticos.

A distribuição vertical da condutividade está relacionada com o padrão de estratificação térmica da coluna d'água e com a duração da mesma. Os maiores valores de condutividade ocorreram no período de maior precipitação, no hipolímnio.

Os valores de condutividade observados são baixos, quando comparados com os encontrados na represa do Monjolinho (NOGUEIRA, 1990) e na Represa do Lobo por CALIJURI & TUNDISI (1990) como pode ser observado na Tabela 55.

A alcalinidade representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar ácidos. Nestes reservatórios foi observada uma maior alcalinidade nos meses que correspondem ao período de chuvas.

A distribuição de CO_2 e HCO_3^- ao longo da coluna d'água é fortemente influenciada por fatores bióticos e abióticos. Entre os fatores bióticos se encontram a atividade dos organismos fotoautotróficos e heterotróficos e entre os abióticos o pH e a temperatura do meio.

No epilímio ocorreu um empobrecimento do carbono inorgânico, por outro lado, no metalímio e no hipolímnio, devido à decomposição de matéria orgânica e à respiração dos organismos ocorreu um aumento da concentração de CO_2 e HCO_3^- .

Amônio, nitrato e nitrito são compostos que estão diretamente relacionados com processos de produção e decomposição. Em consequência sua distribuição na

coluna d'água é função destes processos que por sua vez são influenciados pelo comportamento térmico da massa de água.

Durante o período de estratificação térmica observaram-se menores concentrações no epilímnio e altas no hipolímnio, principalmente nos dois primeiros reservatórios, que apresentaram uma estratificação térmica mais marcada.

As baixas concentrações no epilímnio e altas no hipolímnio sugerem o consumo do amônio no epilímnio e no metalímnio pelo fitoplâncton e altas taxas de amonificação de nitrato no hipolímnio. A baixa concentração de oxigênio no hipolímnio no período de chuvas pode ter acelerado o processo de amonificação.

As concentrações de amônio encontradas são menores que as observadas em reservatórios pouco profundos, como a represa do córrego Monjolinho (NOGUEIRA, 1990) e também nas represas do Lobo e Barra Bonita (CALIJURI & TUNDISI, 1990). Isto parece indicar que embora os reservatórios estudados sejam mesotróficos, apresentam carga de nutrientes ainda inferiores à aquelas da Represa do Lobo.

Quanto à distribuição de nitrato na coluna d'água, não se evidencia um padrão definido. Segundo ESTEVES (1988) tem se observado, de um modo geral, que durante o período de estratificação térmica as concentrações de nitrato são mais baixas que durante o período de mistura. Isto não foi observado nestes reservatórios em estudo, não tendo ocorrido diferenças marcantes nas concentrações de nitrato no período estratificado e não estratificado. As concentrações observadas são comparáveis com as observadas por PELÁEZ (1997) no período de seca na Represa do Lobo e as observadas por NOGUEIRA (1990) na Represa do córrego Monjolinho.

Tabela 55. Quadro comparativo dos valores médios das variáveis especificadas para diferentes reservatórios da região central do Estado de São Paulo.

Reservatório	pH	cond. $\mu\text{S.cm}^{-1}$	alcalin. meq.L^{-1}	O.D. mg.L^{-1}	N inorg. total $\mu\text{g.L}^{-1}$	N total mg.L^{-1}	PDT $\mu\text{g.L}^{-1}$	P total $\mu\text{g.L}^{-1}$	Mat. susp. mg.L^{-1}	Cl a $\mu\text{g.L}^{-1}$	Referência
Iguá (est. 3)	6.08	16.92	0.15	5.16	180.51	0.65	6.14	73.22	9.68	6.25	presente estudo
Igaraba (est. 4)	6.25	12.16	0.13	6.81	56.84	0.56	5.33	64.73	9.03	5.42	presente estudo
Iembó (est. 5)	6.10	9.69	0.13	7.72	33.89	0.37	15.73	75.20	4.12	4.32	presente estudo
Monjolinho	6.43	34.37	ND	7.32	216.97	ND	19.45	ND	22.54	31.25	NOGUEIRA, 1990
do Lobo (Broa)	6.45	7.66	0.08	6.99	35.92	349.26	5.57	20.54	2.23	15.46	CALIJURI & TUNDISI, 1990
Barra Bonita	7.27	138.50	0.66	6.53	1245.21	1840.0	25.12	19.97	7.02	8.17	CALIJURI & TUNDISI, 1990
do Lobo (Broa)	6.15	8.00	ND	7.00	21.85	0.56	7.10	40.47	ND	5.25	PELÁEZ, 1997
do Lobo (Broa)	5.6	10.0	ND	6.61	ND	ND	ND	ND	4.45	7.30	OLIVEIRA NETO, 1993
Lagoa Dourada	5.82	4.06	ND	6.91	24.04	0.26	3.54	11.62	ND	ND	MELÃO, 1991
Lagoa Dourada	5.81	4.50	0.04	6.40	12.80	0.25	3.70	12.56	8.47	ND	POMPÊO, 1991

ND - dados não determinados pelo autor

Em lagos sem deficiência de oxigênio a concentração de nitrito, comparada com as outras frações de nitrogênio, é baixa. Durante o período de estratificação térmica ocorre no hipolímnio um aumento da concentração deste íon. Este aumento é consequência da desnitrificação que ocorre durante o período de anóxia do hipolímnio. Os valores encontrados são similares aos observados na represa do Lobo por CALIJURI (1985) e PELÁEZ (1997), no período de seca.

Para as concentrações de nitrogênio total não foi observado um padrão definido, porém as maiores concentrações foram registradas no hipolímnio nos três reservatórios, e mostraram-se ligeiramente superiores no período de chuvas, evidenciando a contribuição da bacia, onde ocorrem atividades agrícolas e agropastoris em diversos pontos.

Quanto ao fosfato inorgânico dissolvido e ao fosfato total dissolvido, não existiu uma correlação destas variáveis com as demais analisadas. As baixas concentrações encontradas não implicam que os reservatórios sejam sistemas empobrecidos nutricionalmente, visto que o fósforo é captado rapidamente pelos produtores primários e em sistemas oligomesotróficos se encontra principalmente mobilizado na biomassa. Provavelmente, a ciclagem de fósforo seja bastante rápida e o ciclo se complete na coluna de água sendo rapidamente assimilado pelos organismos o que determinou que não fossem observadas altas concentrações deste elemento.

A liberação de fosfato no sedimento não deve ter sido um processo significativo nestes reservatórios apesar das baixas concentrações de oxigênio no hipolímnio, já que não foram observadas maiores concentrações no hipolímnio durante o período de estratificação térmica, porém foram observadas maiores concentrações de fósforo total no hipolímnio durante o período de seca.

Para o silicato reativo foi observada uma maior concentração no epilímnio e no metalímnio nos três reservatórios em estudo. O aumento desses valores no período de chuvas provavelmente corresponde à maior abundância das algas diatomáceas.

O balanço de massas dos nutrientes nos reservatórios demonstrou que para os compostos nitrogenados (nitrogênio total, amônio, nitrato e nitrito) o segundo reservatório da cadeia (Igaraba) se comporta como um sistema de retenção destes elementos. O primeiro (Iguá) e o terceiro (Iembó) apresentaram uma carga maior, sendo que exportam nutrientes para fora do sistema. As medidas foram pontuais e é possível que não exista diferença significativa entre os sistemas estudados ou, se esta diferença for verdadeira (o que poderá ser comprovado em estudos futuros), serão necessárias investigações de outras variáveis que possam justificá-las.

Para os compostos fosforados e para o silicato reativo foram verificadas situações similares, sendo que para o reservatório Igaraba foram observadas as menores cargas durante todo o período de estudos.

A biomassa fitoplanctônica determinada através da clorofila *a* foi maior no período de chuvas (verão) e nas águas de fundo dos reservatórios Iguá e Igaraba, indicando uma resposta da comunidade fitoplanctônica à entrada de nutrientes neste período.

É importante indicar que o uso de pigmentos como estimadores da biomassa fitoplanctônica não é viável para todas as algas, dependendo do grupo taxonômico predominante, como por exemplo se predominam diatomáceas ou cianofíceas pode não haver correlação direta.

Os valores encontrados de clorofila *a* são comparáveis com os observados por PELÁEZ (1997) na Represa do Lobo, sistema oligomesotrófico, na zona eufótica e no período de seca, e também aos observados por OLIVEIRA NETO (1993) nos períodos de chuva e seca no mesmo reservatório. São no entanto mais baixos que os das represas do Monjolinho, do Lobo e Barra Bonita como pode-se observar na Tabela 55 que compara valores de algumas represas da região central do Estado de São Paulo.

Tanto a heterogeneidade física espacial como a temporal influenciam a estrutura da comunidade fitoplanctônica, impedindo-se que o fitoplâncton atinja uma

comunidade clímax e resultando numa diversificação de nichos que permita a alta diversidade de espécies observadas. Assim a composição de espécies da comunidade fitoplanctônica raramente atinge o equilíbrio competitivo, tendendo a diferentes tipos de equilíbrio nos diferentes períodos (NOGUEIRA, 1990).

A diversidade de espécies em comunidades que habitam os reservatórios tende a ser menor que de comunidades presentes em lagos naturais (MARGALEF, 1983), devido à uma série de condições próprias que controlam a estrutura e o funcionamento daqueles ambientes, e que em geral os tornam menos estáveis no que diz respeito aos processos ecológicos, impedindo o desenvolvimento e o estabelecimento de comunidades “clímax”.

Nos reservatórios do córrego Macuco a análise taxonômica aqui realizada é preliminar pois somente foram identificados os gêneros dos organismos mais abundantes tendo a análise quantitativa sido feita no nível de grupos, dificultando portanto a análise de mudanças na composição de espécies.

Estes reservatórios são sistemas de pequeno porte, de pouca profundidade e, conseqüentemente, estão sujeitos a distúrbios provocados pelos agentes climatológicos. Tais características fazem com que os reservatórios funcionem quase como um rio, selecionando espécies capazes de suportar condições de instabilidade.

Em termos quantitativos a comunidade fitoplanctônica foi dominada pelas Bacillariophyceae, representadas majoritariamente por *Rhizosolenia* e *Fragilaria*, seguidas pelas Chlorophyta. Os grupos restantes: Cyanophyta, Pyrrophyta, Euglenophyta e as restantes Crysophyta foram escassas. Há no entanto modificações sazonais na comunidade, visto que a dominância das Bacillariophyceae se restringe ao período de chuva, principalmente nos meses de setembro de 1995, outubro e novembro, embora picos isolados tenham ocorrido em outras épocas.

Este padrão de dominância não corresponde ao esperado, com base na premissa de que as diatomáceas predominam nos períodos turbulentos, de maior circulação e homogeneidade na coluna d'água, já que houve dominância no período de chuva, quando foi observado um padrão de estratificação física e química das

principais variáveis (oxigênio dissolvido, temperatura e condutividade) nos reservatórios porém, o gênero dominante das diatomáceas é uma alga com frústulas muito leve (*Rhizosolenia*) e de baixa densidade (REYNOLDS, 1984a) o que evita a sedimentação e justifica o fato de ser encontrada em toda a coluna de água, inclusive no período de estratificação.

Apesar das Bacillariophyceae serem algas típicas de ambientes turbulentos elas foram mais abundantes em toda a coluna d'água, no período em que os reservatórios se encontravam estratificados.

Aparentemente a velocidade do vento não teve grandes flutuações durante o período de estudo e não pode ser considerada como um fator chave que afetasse a coluna d'água a ponto de provocar a mistura da mesma mas parece existir um padrão sazonalmente acoplado ao desenvolvimento das diatomáceas. A localização geográfica dos reservatórios em um vale protegido deve ter sido a razão para que estratificações fossem sempre observadas.

Há correspondência entre as concentrações de silicato reativo e a abundância relativa das diatomáceas, sendo que as mesmas foram maiores no período de chuva.

Talvez exista uma mistura nos diferentes estratos formados durante a estratificação, atelomixia (LEWIS, 1983), com uma mistura das camadas quimicamente divergentes, principalmente no epilímnio por causa da chuva e o fato de que os vertedouros dos três reservatórios são superficiais. Esta mistura das camadas individualmente, sem afetar a toda a coluna d'água favoreceria a presença das algas diatomáceas e aumentaria a produtividade do sistema.

As condições encontradas não são comparáveis com outros sistemas da região como a Represa do Lobo e a Represa do Monjolinho que são sistemas polimíticos com períodos de estratificação diária.

Não é possível dizer que a estratificação dos reservatórios, principalmente do primeiro (Iguá) e do segundo (Igaraba), nos quais ela é mais acentuada, seja uma estratificação diária já que as coletas foram feitas no início do período da manhã

(entre as 7:30 e 10:00 hs.), durante o qual a baixa radiação solar não produziu ainda o aquecimento suficiente das camadas superficiais para provocar uma estratificação térmica da coluna d'água, indicando que não houve quebra noturna da estratificação.

Observou-se uma sucessão sazonal na composição dos grupos algais dominantes nos reservatórios. As Chlorophyta foram as algas que ocorreram em maiores densidades no período de seca nos três reservatórios, após uma queda da densidade nas populações de diatomáceas.

Não se observou uma correspondência direta entre a concentração de clorofila a e a abundância dos organismos fitoplanctônicos. Isto é devido ao fato das diatomáceas apresentarem uma menor concentração de clorofila a por unidade de volume, apesar de apresentarem uma quantidade relativamente grande de outros pigmentos fotossintéticos acessórios como a clorofila c, xantofilas e carotenoides, que não são quantificados pelo método utilizado para a extração e quantificação de pigmentos, que foi específico para a clorofila a.

A abundância e a natureza qualitativa do fitoplâncton estão diretamente relacionados com o suprimento de nutrientes disponíveis. Para REYNOLS (1986) a biomassa do fitoplâncton que pode ser sustentada em muitos sistemas limnéticos é mais uma função da limitação por nutrientes do que da limitação energética.

Atualmente se considera que a biomassa do fitoplâncton não está limitada pelos nutrientes, devido à rápida reciclagem destes no sistema aquático, sendo que a dinâmica das algas seria controlada mais por fatores físicos e perdas por predação.

A rápida ciclagem dos nutrientes, principalmente do nitrogênio e do fósforo permite às algas se dividirem a taxas próximas a seu máximo fisiológico, ainda que a concentração dos nutrientes dissolvidos na água esteja baixo.

Nos reservatórios estudados, durante o período de desenvolvimento máximo do fitoplâncton, o período de chuvas, ocorreu uma depleção do fósforo total mas as formas nitrogenadas ocorreram em concentrações baixas similarmente ao período de seca. A maior concentração de sílica na água foi observada durante o período de maior dominância das algas diatomáceas, porém essa alta concentração pode ter sido

resultado de uma entrada externa ao sistema, por escoamento superficial, já que coincide com o período de maiores precipitações.

REYNOLDS (1984b) fez uma revisão sobre a periodicidade do fitoplâncton para lagos temperados e propõe um esquema de sucessão onde reúne as espécies em grupos, baseado no grau de trofia do ambiente: a dominância passando de espécies oportunistas com alta velocidade de crescimento para espécies de crescimento mais lento, e que são menos vulneráveis aos processos de perda e adaptadas a operar em níveis próximos à capacidade de suporte do ambiente. O autor acredita que nos trópicos a sucessão seja análoga para os mesmos tipos de sistemas.

Durante o período estudado não se verificou um padrão de sucessão organizado, com a substituição sucessiva de diferentes espécies ou de grupos de espécies já que a análise qualitativa não foi feita no nível de gênero ou espécie. Foi no entanto observada uma diferença na dominância dos grupos de algas sendo que, no período de chuva houve dominância das Bacillariophyceae e no período de seca das Chlorophyta. Foi observado um acréscimo do número de algas do grupo das Pyrrophyta nos três reservatórios no período de seca, assim como também do número de algas do grupo das Cyanophyta nas estações 3 e 4 no mesmo período. É difícil estabelecer correlações com os dados das variáveis físicas e químicas, ou determinar as funções de força desencadeadoras da sucessão.

Os padrões de abundância relativa observados nestes reservatórios do córrego Macuco não correspondem aos encontrados por NOGUEIRA *et al.* (1996) na Represa do Monjolinho, reservatório pouco profundo, com alta turbulência que não permite a estratificação da coluna d'água. Também não corresponde ao observado por TUNDISI *et al.* (1994) no Lago Dom Helvécio (Minas Gerais), lago monomíctico profundo, no qual foi observada a dominância das algas clorofíceas no período de estratificação, nem com o observado no Reservatório de Barra Bonita (TUNDISI *et al.*, *op. cit.*), reservatório polimíctico, eutrófico, relativamente raso, onde em agosto de 1992 foi observada uma dominância das algas cianofíceas e em novembro de 1992 uma dominância das diatomáceas sendo que em ambos meses a

coluna d'água se encontrava desestratificada. Pelos exemplos citados observa-se que nas regiões tropicais, ou em reservatórios, não há um padrão geral que se repete em diferentes ambientes como aquele observado nos ecossistemas lênticos temperados.

O número de fatores físicos e químicos e de interações biológicas que influenciam a dinâmica da comunidade zooplânctônica é imenso, assim como é extremamente diferenciada a intensidade e a forma de atuação dessas variáveis sobre a estrutura da comunidade.

Durante o período de estudos o zooplâncton dos reservatórios do córrego Macuco foi caracterizado, em termos de densidade numérica, pela presença de uma maior abundância de Rotifera, seguidos pelas formas naupliares dos Copepoda e pelos Cladocera.

A alta dominância dos rotíferos permite considerá-los como o grupo mais importante do zooplâncton destes reservatórios.

A dominância dos rotíferos em reservatórios deve estar associada ao ciclo biológico rápido desses organismos oportunistas que atingem a maturidade mais cedo e apresentam tempos de reposição da população menores que os crustáceos, além de que ambientes de tipo raso e dinâmico, como são estes reservatórios, favorecem o estabelecimento e a manutenção das populações de rotíferos, melhor do que as de organismos planctônicos maiores como os cladóceros e copépodos.

Os cladóceros e copépodos não chegaram a dominar numericamente a comunidade em qualquer período.

As características hidrodinâmicas dos reservatórios e a ausência de macrófitas e de uma região litorânea desenvolvida limitam a diversidade e abundância de cladóceros e copépodos.

De acordo com o estado trófico do sistema pode ocorrer ou não um melhor desenvolvimento de determinados grupos zooplânctônicos. Os sistemas oligotróficos são caracterizados pelas populações de copépodos enquanto que lagos altamente

eutróficos exibem usualmente grandes populações de pequenos herbívoros (rotíferos e cladóceros).

Em relação à composição zooplanctônica os reservatórios do córrego Macuco podem ser considerados ambientes mesotróficos, com dominância absoluta dos Rotifera, seguida dos Copepoda (incluindo as formas jovens).

Considerando-se o zooplâncton total dos reservatórios observa-se uma flutuação sazonal pouco clara, excetuando-se os Rotifera.

A maior densidade de organismos ocorreu durante o período de chuvas na estação 5, devida principalmente ao grupo dos rotíferos. No período de seca a maior densidade de organismos ocorreu na estação 3, também devida aos rotíferos, os quais apresentaram uma maior abundância relativa. Uma maior densidade de rotíferos no período de chuvas também foi observado por NOGUEIRA *et al.* (1996) na Represa do Monjolinho.

Para os Cladocera obteve-se um padrão de variação sazonal não diferenciado, com picos de abundância de uma forma irregular, ao longo do ano, sendo a maior abundância relativa registrada no reservatório Igaraba (estação 4), no período de seca. Já para o grupo dos Copepoda observa-se um padrão sazonal mais definido, com maior abundância no período de chuvas, principalmente na represa Igaraba. As formas mais abundantes foram os copepoditos e os náuplios, sugerindo um padrão normal para as populações com mortalidade atingindo as fases jovens e reduzindo drasticamente o número de indivíduos que se tornam adultos.

Nos ambientes em estudo, o desenvolvimento do zooplâncton como um todo, correlacionou-se positivamente com o desenvolvimento do fitoplâncton, embora os grupos individuais tenham se comportado de forma diferenciada. Os rotíferos tiveram densidades mais elevadas logo após os picos de abundância do fitoplâncton, assim como também os náuplios nos reservatórios Iguá e Igaraba (estações 3 e 4).

A densidade das larvas de *Chaoborus* (Insecta, Diptera) foi bastante baixa, com abundância relativa variando de 0,4% na estação 4 a 0,2 % nos reservatórios Igua e Iembó (estações 3 e 5). Estas foram mais abundantes no período de chuvas coincidindo com a maior dominância dos rotíferos. Estes predadores apresentam baixa taxa de sobrevivência quando não há rotíferos em número suficiente para alimentação (NEILL & PEACOCK, 1980). Estes autores destacam também que em ambientes onde ocorre intensa competição entre cladóceros e rotíferos, as chances de sucesso de *Chaoborus* é reduzida o que provavelmente seja o caso destes reservatórios em estudo.

As comunidades planctônicas incluem tanto animais como vegetais e bactérias, sendo que grande parte desses animais se alimentam diretamente das algas e bactérias existentes na massa de água.

Geralmente as atividades tróficas do zooplâncton reduzem a biomassa do fitoplâncton podendo ter um efeito significativo sobre sua dinâmica. Assim, da mesma forma que a disponibilidade de recursos alimentares é um fator vital para o zooplâncton, as taxas de consumo destes animais são relevantes no fluxo energético através de ecossistemas aquáticos (NOGUEIRA, 1990).

As opiniões sobre quão efetiva é a ação do zooplâncton sobre o fitoplâncton são contraditórias e se faz mais complicado devido às susceptibilidades diferenciais das distintas espécies de algas à predação e pela modificação da comunidade de herbívoros pelos predadores invertebrados e pelos peixes.

Muitos ambientes similares física e quimicamente podem apresentar biomassa e composição planctônica diferentes entre si em função dos tipos de interações bióticas que ocorrem no nível da comunidade.

Nestes reservatórios verificou-se um incremento significativo do zooplâncton total quando a densidade do fitoplâncton esteve elevada, e a queda do fitoplâncton pode ter sido devida à intensa atividade de predação por parte dos rotíferos. Após o declínio do fitoplâncton seguiu-se a diminuição do zooplâncton. Estas observações parecem indicar que o desenvolvimento e a manutenção de ambas as comunidades

apresentou um controle recíproco, embora faltem dados experimentais que comprovem a hipótese.

Outro fator que atua na dinâmica das comunidades planctônicas é a regeneração de nutrientes dissolvidos para o meio devido às atividades do zooplâncton, como excreção, defecação e egestão. Tais nutrientes podem ser prontamente assimilados por algas e bactérias de forma que uma rápida ciclagem de materiais entre herbívoros e algas promova altas taxas de produção primária do fitoplâncton, mesmo quando as entradas alóctones e os nutrientes dissolvidos não são elevados.

Nos três reservatórios estudados existiu uma correlação entre a concentração de nutrientes e a abundância do plâncton. Durante o período de chuva foram observadas as maiores concentrações dos nutrientes analisados, exceto fósforo total, e neste mesmo período foi observada a maior abundância de organismos fitoplanctônicos, seguidos dos zooplanctônicos.

A eutrofização de reservatórios ou lagos é o processo que resulta em um aumento de nutrientes essenciais para o fitoplâncton e macrófitas aquáticas, principalmente nitrogênio, fósforo, carbono e ferro.

Existem diversos critérios que já foram utilizados para a determinação do estado trófico de um ecossistema como: condições de oxigênio dissolvido, transparência da água através da leitura do Disco de Secchi, composição de espécies da fauna dos sedimentos, e várias medidas de biomassa ou produção. Na realidade, esses diversos critérios tem contribuído para a afirmação de que o conceito de trofia de lagos é multidimensional (CALIJURI, 1988).

O estado trófico não pode ser avaliado apenas pelo exame de uma ou duas variáveis, pois alguns lagos podem ser considerados oligotróficos por um certo critério e eutróficos por outro.

Nos reservatórios do córrego Macuco foram aplicados dois índices de estado trófico, o de CARLSON (1977) e o de SALAS & MARTINO (1990). Ambos índices

utilizam variáveis como fósforo total e clorofila, sendo que o primeiro também utiliza a transparência da água.

Segundo o IET de CARLSON (1977) os reservatórios foram classificados como eutróficos para as concentrações de fósforo total e para a transparência da água observadas. Segundo a concentração de clorofila os reservatórios se classificariam como mesotróficos.

Segundo o índice de estado trófico para lagos quentes tropicais (que seria o mais adequado para nossa região de estudo) de SALAS & MARTINO (1990) utilizando-se as concentrações de fósforo total e clorofila os três reservatórios são classificados como mesotróficos.

Segundo CARLSON (*op. cit.*), o número obtido é somente um índice do estado trófico do lago e não define o estado trófico. Assim, clorofila ou fósforo total não são considerados como base de uma definição de estado trófico mas somente como indicadores de mais um conceito amplamente definido.

Indicadores tróficos para lagos e reservatórios incluem variáveis físicas, químicas e biológicas. O melhor indicador pode variar de lago para lago e também sazonalmente, por isso o melhor índice a ser utilizado deveria ser escolhido em bases pragmáticas.

Segundo MARGALEF (1976), esses índices e os sistemas de classificação propostos deveriam ser vistos com base do conhecimento local e experiência com os ecossistemas regionais.

Esta é uma primeira tentativa de classificar estes reservatórios que estão sendo estudados pela primeira vez e não se conta com a informação suficiente, principalmente biológica, para tentar enquadrá-los numa classificação de estado trófico mais exata. Contudo, estes dados podem ser analisados dentro do contexto regional e fornecem informações importantes para o manejo e manutenção da qualidade da água.

Os reservatórios estudados são recentes (construídos há aproximadamente 20 anos) de pequeno porte e bastante utilizados para finalidades múltiplas como o abastecimento à população local recreação e pesca esportiva. É importante constatar

que eles já se encontram em estado mesotrófico, o que revela um processo de eutrofização bastante rápido.

A qualidade da água na microbacia encontra-se comprometida em alguns trechos, devido a impactos localizados. Na microbacia estudada foram dignos de nota: 1) os resíduos orgânicos provenientes da criação de gado, porcos e frangos no Sítio Macuco, logo abaixo das nascentes e da criação intensiva de gado Nelore na Fazenda São João, determinando baixas concentrações de oxigênio no córrego Macuco e valores ligeiramente mais baixos no primeiro reservatório (Iguá), do qual o córrego é afluente; 2) os resíduos orgânicos provenientes da criação intensiva e em grande escala de frangos na Granja Hildebrand e de gado, cujos resíduos orgânicos líquidos, embora não sejam despejados diretamente no córrego Águas da Prata, são dispostos no solo em terreno mais elevado e acabam sendo lixiviados para o riacho; 3) o chorume do aterro sanitário de São Carlos (atualmente desativado), que é infiltrado no solo e escoar subsuperficialmente até o córrego São José, acarretando concentrações de nutrientes bastante elevadas.

Assim este trabalho permitiu verificar que as microbacias estão sujeitas a diferentes impactos, e que no âmbito do Município será necessário a curto prazo promover campanhas informativas e um trabalho de divulgação dos resultados das pesquisas limnológicas que levem a uma mudança de comportamento dos usuários dos recursos hídricos a fim de garantir a manutenção da qualidade da água, um recurso valioso do qual eles próprios dependem.

7. CONCLUSÕES

- Em relação ao conjunto das variáveis físicas e químicas analisadas nos córregos concluiu-se que os diferentes pontos estudados se encontram influenciados, em maior ou menor grau pelas atividades antropogênicas que se realizam na bacia hidrográfica.
- No córrego São José foram observadas concentrações de oxigênio dissolvido menores do que as registradas em estudos anteriores, o que poderia estar indicando uma menor capacidade de autodepuração do sistema.
- Das formas de nutrientes nitrogenados, o amônio foi a mais abundante para toda a microbacia, evidenciando uma poluição orgânica.
- A microbacia estudada está sofrendo enriquecimento das águas superficiais através da exportação de nutrientes dos ecossistemas terrestres circundantes, fato evidenciado pela entrada de matéria orgânica alóctone (estação 7 no córrego águas da Prata e estação 8 no córrego São José) com a elevação da concentração das formas de nitrogênio (amônio, nitrato e nitrito), de fósforo (fosfato e fósforo total dissolvido) e de silicato reativo.
- A concentração de clorofila *a* foi quase indetectável nos córregos em estudo, o que se justifica pelo fato destes sistemas serem de primeira ordem e predominantemente heterotróficos, com uma biomassa fitoplanctônica mínima.
- A análise numérica dos dados comprovou que existem diferenças entre as estações estudadas dividindo-as em três grupos segundo as variáveis mais significativas para

cada grupo. Um primeiro grupo formado pelas estações 1 e 8, com maior influência das atividades antrópicas. Um segundo grupo formado pelas estações 2 e 6, pouco influenciadas pela ação do homem, porém influenciadas pelo ambiente terrestre, e um terceiro grupo formado pela estação 7, afetada pela despejo de efluentes agrícolas, porém com uma alta autodepuração favorecida pela morfologia do canal com quedas d'água que favorecem a oxigenação das águas.

- ↙
- Com relação a sazonalidade concluiu-se que existem dois fenômenos que se contrabalançam fazendo com que aparentemente, nos córregos, não existam diferenças significativas entre o período seco e chuvoso: o efeito diluidor do aumento da vazão na microbacia durante o período chuvoso e o aporte de materiais (nutrientes, material em suspensão) pelo lixiviamento.
 - Apesar do pequeno tamanho e baixa profundidade os reservatórios Iguá, Igaraba e Iembó do córrego Macuco apresentaram uma marcada estratificação térmica nos meses do período chuvoso, com um padrão clinógrado de oxigênio dissolvido e hipolímnia anóxica originada pela oxidação da matéria orgânica na água, revelando o papel da geomorfologia local, no caso um vale abrigado da ação do vento.
 - O balanço de massas dos nutrientes analisados nos reservatórios demonstrou que para os compostos nitrogenados, os fosforados e o silicato reativo o reservatório Igaraba se comportou como um sistema de retenção destes nutrientes, sendo que o reservatório Iguá e o Iembó exportam esses nutrientes, mas o comportamento diferenciado não pode ser explicado pelas variáveis analisadas, requerendo portanto investigações futuras.
 - Em termos qualitativos a comunidade fitoplanctônica foi dominada pelas Bacillariophyceae e Chlorophyta, que são indicadoras de condições nutricionais condizentes com características oligomesotróficas.

- A comunidade zooplanctônica foi caracterizada pela presença de uma maior abundância dos Rotífera nos três reservatórios durante todo o período de estudos, provavelmente em consequência do baixo tempo de residência dos mesmos.
- A relação fito-zooplâncton observada, correlacionou-se positivamente com o desenvolvimento do fitoplâncton, seguindo o padrão tradicional de um leve deslocamento temporal dos picos zooplanctônicos em relação aos picos fitoplanctônicos.
- Concluiu-se que os reservatórios da microbacia são mesotróficos visto que segundo o IET os reservatórios do córrego Macuco se classificam como eutróficos para as concentrações de fósforo total e a transparência da água e como mesotróficos para a concentração de clorofila a e segundo o índice de Salas & Martino para lagos quentes tropicais os três reservatórios se classificam como mesotróficos, sendo este último índice mais adequado a região geográfica em que se encontram estes reservatórios.
- Os locais mais impactados corresponderam às estações afetadas por atividades agro-industriais (1 e 2 do córrego Macuco e estação 7 do córrego Águas da Prata) e pela disposição dos resíduos sólidos urbanos (estação 8 do córrego São José).

8. RECOMENDAÇÕES

- Com base nas informações obtidas da microbacia hidrográfica no presente trabalho recomenda-se que deveriam ser implementadas medidas efetivas para a preservação da qualidade da água dos córregos e reservatórios nas áreas ainda não afetadas e medidas de recuperação para as áreas que já se encontram impactadas.
- As medidas de recuperação recomendadas são: a reconstituição da mata ciliar em grande parte dos córregos que se encontram descobertos; a implantação de um sistema de tratamento do efluente da granja avícola, por exemplo através de lagoas de oxidação, e reaproveitamento da água resultante para a adubação das culturas locais; uma maior cobertura de terra sobre o aterro sanitário da cidade de São Carlos que já se encontra desativado, reaproveitando-se a área para reflorestamento da região.
- Preparação e distribuição de material explicativo, incluindo alguns dados do presente trabalho apresentados de forma didática e decodificada, visando alertar aos proprietários e residentes na microbacia sobre a necessidade e importância da manutenção da qualidade da água.
- O estudo das comunidades planctônicas dos reservatórios do córrego Macuco deveria ser complementado e aprofundado através de investigações futuras.
- Deveria ser realizado um estudo das comunidades planctônicas e bentônicas dos córregos da microbacia para serem observadas as mudanças na composição específica do plâncton entre os sistemas lóticos e os sistemas lênticos e determinar o grau de poluição e estado trófico dos córregos.

9. ANEXOS

Anexo A. Valores absolutos da densidade da comunidade fitoplanctônica (org.mL^{-1}) nos reservatórios do córrego Macuco (estações 3, 4 e 5) nas profundidades de superfície (a), meio (b) e fundo (c) da coluna d'água para todo o período de estudos.

Mês: SETEMBRO / 1995

Classe	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
Chlorophyta	10852	14678	10741	15274	-	17097	12567	11252	10814
Bacillariophyceae	70989	22030	14248	20331	-	19582	12713	12860	14467
Cyanophyta	585	1195	1583	940	-	0	292	1169	1754
Crysophyta	0	338	244	381	-	0	292	0	0
Pyrrophyta	254	130	146	102	-	146	146	0	0
Euglenophyta	25	0	24	102	-	146	0	0	438
Total	82705	38371	26986	37130	-	36971	26011	25281	27473

Mês: OUTUBRO

Classe	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
Chlorophyta	8183	8037	7307	12860	13298	16074	13444	13444	12421
Bacillariophyceae	125088	87679	78034	77596	61813	80664	53484	60498	62252
Cyanophyta	3069	1900	438	1169	1461	1607	1023	1023	585
Crysophyta	146	146	438	292	731	146	438	438	1461
Pyrrophyta	0	0	292	0	0	0	0	0	146
Euglenophyta	292	0	146	146	146	292	146	585	146
Total	136779	97762	86656	92062	77449	98785	68535	75988	77011

Mês: NOVEMBRO

Classe	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
Chlorophyta	5553	7307	9937	10375	6599	13882	11690	10814	13152
Bacillariophyceae	38871	8768	21189	14029	12314	27765	20020	26304	23673
Cyanophyta	2630	1315	1461	438	623	877	1169	1315	438
Crysophyta	877	438	585	731	468	0	292	438	877
Pyrrophyta	0	0	0	0	312	0	0	0	0
Euglenophyta	0	0	585	0	78	146	438	0	0
Total	47931	17828	33756	25573	20394	42670	33610	38871	38140

Anexo A. Continuação. Valores absolutos da densidade da comunidade fitoplanctônica (org.mL⁻¹) nos reservatórios do córrego Macuco (estações 3, 4 e 5) nas profundidades de superfície (a), meio (b) e fundo (c) da coluna d'água para todo o período de estudos.

Mês: DEZEMBRO

Classe	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
Chlorophyta	6284	7891	10083	8183	8183	9645	6722	8768	8329
Bacillariophyceae	5991	5845	3946	3215	8183	9791	5553	3799	5115
Cyanophyta	2192	1461	3215	1169	731	877	585	292	731
Crysophyta	1461	731	438	585	438	0	585	0	731
Pyrrophyta	0	0	0	0	292	0	0	0	0
Euglenophyta	0	0	292	0	146	0	0	0	0
Total	15928	15928	17974	13152	17974	20312	13444	12860	14905

Mês: JANEIRO / 1996

Classe	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
Chlorophyta	4238	5991	6576	5553	5261	2923	5991	7453	8476
Bacillariophyceae	3215	2338	2484	4530	6722	5261	3215	3946	2630
Cyanophyta	0	2484	1169	146	438	0	438	585	438
Crysophyta	292	1023	585	438	585	731	1169	0	438
Pyrrophyta	0	585	438	292	0	0	438	0	438
Euglenophyta	0	292	438	0	292	0	0	0	292
Total	7745	12713	11690	10960	13298	8914	11252	11983	12713

Mês: FEVEREIRO

Classe	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
Chlorophyta	3507	3361	2776	3215	4530	6722	5699	6868	8329
Bacillariophyceae	877	1754	4676	1607	1461	5115	2338	1607	1754
Cyanophyta	292	438	146	0	292	146	585	146	146
Crysophyta	585	146	585	877	2776	731	438	1023	731
Pyrrophyta	146	438	146	292	438	731	438	731	292
Euglenophyta	0	0	0	0	0	585	731	0	0
Total	5407	6138	8329	5991	9499	14029	10229	10375	11252

Mês: MARÇO

Classe	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
Chlorophyta	6576	3799	6576	6576	7307	5407	9206	5991	6722
Bacillariophyceae	4676	2484	5115	5115	2923	2484	3361	2630	2776
Cyanophyta	1461	3069	0	0	292	146	1023	0	146
Crysophyta	585	1754	6868	6868	2484	585	585	2923	1169
Pyrrophyta	438	146	877	877	292	0	0	292	0
Euglenophyta	585	0	292	292	146	438	292	0	292
Total	14321	11252	19728	19728	13444	9060	14467	11837	11106

Anexo A. Continuação. Valores absolutos da densidade da comunidade fitoplancônica (org.mL^{-1}) nos reservatórios do córrego Macuco (estações 3, 4 e 5) nas profundidades de superfície (a), meio (b) e fundo (c) da coluna d'água para todo o período de estudos.

Mês: ABRIL

Classe	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
Chlorophyta	4530	5407	5991	6576	7453	8329	9060	7745	5991
Bacillariophyceae	2630	3507	5115	3799	4092	3507	1900	2192	3069
Cyanophyta	292	731	146	585	146	0	292	0	438
Crysophyta	438	1169	292	292	877	292	585	877	1023
Pyrrophyta	0	585	438	292	146	292	438	0	0
Euglenophyta	146	292	438	292	146	0	146	146	0
Total	8037	11690	12421	11837	12860	12421	12421	10960	10521

Mês: MAIO

Classe	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
Chlorophyta	9352	7453	6868	8914	8037	8329	8914	6430	9791
Bacillariophyceae	3069	3946	2776	4384	5115	5553	3361	4822	2046
Cyanophyta	731	585	877	438	292	877	292	292	292
Crysophyta	292	292	731	585	292	0	292	585	146
Pyrrophyta	292	585	438	146	438	146	585	0	146
Euglenophyta	292	585	0	146	438	0	0	146	146
Total	14029	13444	11690	14613	14613	14905	13444	12275	12567

Mês: JUNHO

Classe	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
Chlorophyta	5845	6284	5991	8476	8329	7307	6430	9206	9060
Bacillariophyceae	4968	7014	6430	11544	10375	9937	2923	7160	8037
Cyanophyta	585	3069	877	438	438	292	0	0	292
Crysophyta	146	438	0	292	146	292	292	146	292
Pyrrophyta	2484	3215	1754	731	292	731	146	877	292
Euglenophyta	0	0	0	0	0	0	0	0	146
Total	14029	20020	15051	21481	19582	18559	9791	17390	18120

Mês: JULHO

Classe	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
Chlorophyta	8037	4822	5845	8622	9791	7160	7745	6284	5407
Bacillariophyceae	7014	5699	3799	9791	9791	11544	3653	4968	4676
Cyanophyta	731	877	292	292	146	292	292	585	292
Crysophyta	146	438	731	146	146	292	1023	292	438
Pyrrophyta	1315	1315	1169	292	146	438	731	1315	1169
Euglenophyta	0	0	0	0	0	0	0	292	0
Total	17243	13152	11836	19143	20020	19728	13444	13736	11983

Anexo A. Continuação. Valores absolutos da densidade da comunidade fitoplancônica (org.mL^{-1}) nos reservatórios do córrego Macuco (estações 3, 4 e 5) nas profundidades de superfície (a), meio (b) e fundo (c) da coluna d'água para todo o período de estudos.

Mês: AGOSTO

Classe	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
Chlorophyta	5115	4238	4676	5845	5553	4092	8183	6868	10668
Bacillariophyceae	10083	9060	4530	1754	1315	2192	3946	3799	4676
Cyanophyta	1023	731	146	585	438	0	0	438	0
Crysophyta	585	438	146	0	146	0	146	292	2046
Pyrrophyta	731	731	292	292	0	438	1023	1023	1023
Euglenophyta	146	146	0	0	292	0	146	292	0
Total	17682	15344	9791	8476	7745	6722	13444	12713	18413

Mês: SETEMBRO

Classe	Est. 3a	Est. 3b	Est. 3c	Est. 4a	Est. 4b	Est. 4c	Est. 5a	Est. 5b	Est. 5c
Chlorophyta	7453	8037	6722	5699	6430	4822	16805	12860	13152
Bacillariophyceae	6868	6722	5553	1169	2338	4092	7014	5699	5845
Cyanophyta	292	438	146	292	146	585	146	146	146
Crysophyta	0	438	1023	0	146	585	731	877	1023
Pyrrophyta	0	146	0	146	438	0	731	731	292
Euglenophyta	438	0	585	438	292	146	585	0	1607
Total	15051	15782	14029	7745	9791	10229	26011	20312	22066

Anexo B. Valores absolutos da densidade da comunidade zooplanctônica (ind.L⁻¹) nos reservatórios do córrego Macuco (estações 3, 4 e 5) em toda a coluna d'água para todo o período de estudos.

Mês:	OUTUBRO			NOVEMBRO			DEZEMBRO		
Grupo	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 3	Est. 4	Est. 5
Rotifera	5.60	13.10	22.41	3.37	16.64	28.52	30.30	23.22	227.67
Cladocera	3.33	3.39	7.54	2.55	3.92	2.93	8.87	13.24	2.82
Cyclopoida	0.77	0.08	0.00	2.50	0.12	0.00	0.32	0.10	0.13
Calanoida	0.21	0.21	0.48	3.37	1.58	0.95	3.05	1.28	1.03
Copepoditos	1.09	0.57	0.14	2.84	0.87	2.14	1.07	1.84	2.18
Nauplios	1.47	0.00	2.72	9.14	3.96	2.38	12.28	6.24	8.98
Insecta	0.03	0.28	0.00	0.10	0.63	0.32	0.14	0.69	0.26
Total	12.50	17.62	33.27	23.86	27.73	37.24	56.03	46.62	243.07

Mês:	JANEIRO/1996			FEVEREIRO			MARÇO		
Grupo	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 3	Est. 4	Est. 5
Rotifera	9.08	47.64	120.48	60.63	86.19	93.17	84.13	59.64	21.86
Cladocera	0.09	1.01	3.19	0.77	0.54	1.72	1.49	2.14	6.33
Cyclopoida	1.14	2.35	0.44	1.60	1.34	0.11	2.98	1.13	0.46
Calanoida	0.33	1.08	0.22	0.30	0.25	0.06	0.75	0.16	0.23
Copepoditos	0.70	6.11	2.01	2.15	2.87	0.39	2.59	0.93	1.61
Nauplios	1.16	20.83	8.73	8.52	18.58	2.22	43.31	10.72	7.48
Insecta	0.35	0.43	0.22	0.24	0.06	0.06	0.67	0.25	0.29
Total	12.86	79.44	135.28	74.22	109.82	97.71	135.92	74.98	38.26

Mês:	ABRIL			MAIO			JUNHO		
Grupo	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 3	Est. 4	Est. 5
Rotifera	21.31	36.76	29.92	47.53	18.53	32.12	11.44	28.22	50.80
Cladocera	1.84	1.84	8.97	0.48	1.47	1.46	0.63	1.47	1.45
Cyclopoida	1.87	1.63	2.07	1.95	2.66	0.49	0.71	0.48	0.24
Calanoida	0.17	0.17	0.17	0.20	0.12	0.04	0.05	0.06	0.24
Copepoditos	1.92	1.44	1.27	8.09	1.67	0.63	0.15	0.06	0.56
Nauplios	14.36	13.73	14.96	26.60	32.59	21.29	4.38	7.26	29.03
Insecta	0.24	0.19	0.46	0.00	0.02	0.15	0.00	0.00	0.16
Total	41.71	55.75	57.82	84.85	57.05	56.17	17.35	37.56	82.49

Mês:	JULHO			AGOSTO			SETEMBRO		
Grupo	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 3	Est. 4	Est. 5
Rotifera	81.40	41.41	63.98	122.49	45.45	57.68	45.05	11.96	67.60
Cladocera	0.69	17.86	1.03	0.70	29.32	1.91	1.99	8.67	4.59
Cyclopoida	0.12	0.36	0.00	0.15	0.11	0.04	0.29	0.06	0.12
Calanoida	0.21	0.47	0.06	0.20	0.47	0.04	0.96	1.26	0.91
Copepoditos	0.66	0.54	0.36	1.08	1.58	0.41	2.79	0.93	0.97
Nauplios	0.12	0.05	0.16	2.55	0.37	0.10	0.89	0.73	0.01
Insecta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.06
Total	83.20	60.70	65.59	127.17	77.30	60.19	51.99	23.61	74.26

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, J.D. (1995). **Stream ecology. Structure and fuction of running waters.** Chapman & Hall. 388 p.
- APHA (1995). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19 ed. Washington, American Public Health Association.
- ARMENGOL, J., SABATER, S., VIDAL, A. & SABATER, F. (1991). Using the rescaled analysis for the study of hidrological records: the River Ter as an example. In: ROS, J.D. & PRAT, N. (eds.) *Homage to Ramón Margalef, or, Why there is such pleasure in studying nature. Oecologia Aquatica.* Vol. 10: 21-33.
- BOURRELLY, P. (1968). **Les algues d'eau douce. Initiation à la Systématique. Tome II: Les algues jaunes et brunes. Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées.** Éditions N. Boubée & Cie. 438 p.
- BOURRELLY, P. (1970). **Les algues d'eau douce. Initiation à la Systématique. Tome III: Les algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines.** Éditions N. Boubée & Cie. 512 p.
- BOURRELLY, P. (1972). **Les algues d'eau douce. Initiation à la Systématique. Tome I: Les algues vertes.** Éditions N. Boubée & Cie. 572 p.

- CALIJURI, M.C. (1985). **Curvas de Luz-Fotossíntese e fatores ecológicos em ecossistema artificial e não estratificado - Represa do Broa (Lobo) - São Carlos - SP.** Dissertação de mestrado. Departamento de Ciências Biológicas. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 280 p.
- CALIJURI, M. C. (1988). **Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplanctônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização.** Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos. 293 p.
- CALIJURI, M.C. & TUNDISI, J.G. (1990). Limnologia comparada das Represas do Lobo (Broa) e Barra Bonita - Estado de São Paulo: Mecanismos de funcionamento e bases para o gerenciamento. **Rev. Brasil. Biol.**, 50(4): 893-913.
- CARLSON, R.E. (1977). A trophic state index for lakes. **Limnol. Oceanog.** Vol. 22 n: 2. p. 361-369.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1969). Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Not. Geomorfol.**, Campinas. 9(18): 35-64.
- DA SILVA, F.A.M. (1994). Bacias hidrográficas como unidade de estudo, experimentação e planejamento. Monografia. EESC, CRHEA, USP.
- ESPÍNDOLA, E.L.G. (1994). **Dinâmica da associação congênica das espécies de *Notodiaptomus* (Copepoda, Calanoida) no reservatório de Barra Bonita, São Paulo.** Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 363 p.
- ESTEVES, F.A. (1988). **Fundamentos de limnologia.** Interciência. Rio de Janeiro. FINEP. 575 p.
- GARCEZ, L.N. (1967). **Hidrologia.** Edgard Blucher, São Paulo. 449 p.

- GOLDMAN, C.R. & HORNE, A.J. (1983). **Limnology**. Mc Graw-Hill Book Company, Tokio. 464 p.
- GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S. & OHNSTAD, M.A.M. (1978). **Methods for physical and chemical analysis of fresh waters**. 2 ed.- IBP. Handbook nº 8. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 213 p.
- GONÇALVES, A.R.L. (1986). **Geologia ambiental da área de São Carlos**. Tese (Doutorado). Área de concentração: Geologia geral e de aplicação. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. São Paulo. 138 p.
- HEDIN, L.O. & BROWN, M.G. (1994). Watershed-level coupling of nitrogen and sulfur in a heterogeneous landscape. **Verh. Internat. Verein. Limnol.** Vol. 25: 1477-1482.
- HYNES, H.B.N. (1970). **The ecology of running waters**. University of Toronto Press. 555 p.
- HYNES, H.B.N. (1975). Edgardo Baldi Memorial Lecture: The stream and its valley. **Verh. Internat. Verein. Limnol.** Vol. 19: p. 1-15.
- I.B.G.E. (1971). Mapa de São Carlos. Ministério de Planejamento e Coordenação Geral. Instituto Brasileiro de Geografia. Departamento de Cartografia. Carta do Brasil: Folha SF 23-Y-A-I-1. Escala 1:50000.
- KOROLEFF, F. (1976). Determination of nutrients. In: **Methods of seawater analysis**. GRASSNOF, K. (ed.), Verlag. Chemie. Weinheim: p. 117-181.
- KOSTE, W. (1978). **Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropes Ein Bestimmungswerk, begründet von Max Voigt. Überordnung Monogononta**. Gebrüder Borntraeger-Berlin-Stuttgart. Vol. 2. 234 pl.

- LAGE FILHO, A.L. (1996). **Características ecológicas e limnológicas da bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas, no período de menores precipitações (Poços de Caldas, MG)**. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia da São Carlos, USP, São Carlos. 192 p.
- LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P. (1983). **Numerical ecology**. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York. 419 p.
- LEWIS Jr, W.M. (1983). A revised classification of lakes based on mixing. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 40: 1779-1787.
- LIKENS, G.E. (1992). **The ecosystem approach: its use and abuse**. (Excellence in Ecology). 165 p.
- LIKENS, G.E. & BORMANN, F.H. (1974). Linkages between terrestrial and aquatic ecosystems. **Bioscience**, 24: 447-456.
- LIKENS, G.E. & BORMANN, F.H. (1985). An ecosystem approach. In: **An ecosystem approach to aquatic ecology**. LIKENS, G.E. (ed.), Springer, New York. p. 1-8.
- LOVE, S.K. (1961). Relationship of impoundment to water quality. **Jour. AWWA**. 53:559-568
- MACKERETH, F.J.H., HERON, J. & TALLING, J.F. (1978). **Water analysis: some revised methods for limnologists**. Freshwater Biological Association. Scientific Publication 36. Titus Wilson & Son Ltd., Kendall. 117 p.
- MAIER, M.A. (1983). **Geoecologia, hidrografia, hidroquímica, clima e processos antrópicos da bacia do Rio Jacaré Pepira (SP)**. Tese de doutorado. Dep. de Ciências Biológicas, UFSCar, São Carlos. 305 p.

- MARGALEF, R. (1976). **Limnología de los embalses españoles**. Dirección General de Obras Hidráulicas, Dep. de Ecología de la Universidad de Barcelona. 423 p.
- MARGALEF, R. (1983). **Limnología**. Ed. Omega, Barcelona. 1100 p.
- MARGALEF, R. (1991). **Teoría de los sistemas ecológicos**. Universitat de Barcelona Publicacions. 290 p.
- MARGALEF, R. (1994). The place of epicontinental waters in global ecology. In: **Limnology now. A paradigm of planetary problems**. R. MARGALEF (ed.) Elsevier Science B.V. p. 195-218.
- MARKER, F.H., NUSH, E.A., RAI, H. & RIEMANN, B. (1980). The measurement of photosynthetic pigments in freshwater and standarization of methods: conclusions and recomendations. **Arch. für Hydrobiol.**, vol. 14, p. 91-106.
- MATHEUS, C.E. & TUNDISI, J.G. (1988). Estudo físico-químico e ecológico dos rios da bacia hidrográfica do Ribeirão do Lobo (Broa). In: TUNDISI, J.G. (ed.) **Limnologia e manejo de represas**. Série: Monografias em Limnologia. EESC-USP/CRHEA/ACIESP. Vol. I, tomo 1, p. 419-472.
- MATSUMURA-TUNDISI, T. (1983). Tipologia de reservatórios do Estado de São Paulo. Ecologia do zooplâncton e do fitoplâncton. Relatório técnico científico, Processo nº 40.6021/91 - CNPq.
- MATTOS, A. (1984). Bacia representativa do Rio Jacaré-Guaçu. Publicação Convênio EESC-DNAEE. São Carlos.
- MELÃO, M.G.G. (1991). **Importância ecológica e produtividade de Porífera na "Lagoa Dourada", Bacia Hidrográfica do Lobo, Brotas - SP**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 140 p.

- MOED, J.R. & HALLEGRAEF, G.M. (1978). Some problems in the estimation of Chlorophyll-a and phaeopigments from pre- and postacidification spectrophotometric measurements. **Int. Rev. ges Hydrobiol.**, vol. 63, n. 6, p. 787-800.
- NEILL, W.E. & PEACOCK, A. (1980). Breaking the bottleneck: interactions of invertebrate predators and nutrients in oligotrophic lakes. In: KERFOOT, W.C. (ed.) **Evolution and Ecology of Zooplankton Communities**. Am. Soc. Limnol. Oceanogr. Spec. Symp. 3 Univ. Press New England, Hanover, N. H.: 715-724.
- NOGUEIRA, M.G. (1990). **Dinâmica das populações planctônicas e fatores físico-químicos de um pequeno sistema artificial raso (Represa do Monjolinho, São Carlos, São Paulo)**. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos. 244 p.
- NOGUEIRA, M.G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. (1996). Limnologia de um sistema artificial raso (Represa do Monjolinho - São Carlos, SP). Dinâmica das populações planctônicas. **Acta Limnologica Brasiliensia**. Vol. 8: 149-168.
- NUSH, E.A. (1980). Comparison of different methods for chlorophyll and pheopigments determination. **Arch. Hydrobiol. Bieh. Ergbn. Limnol.** 14: 14-36.
- NUSH, E.A. & PALME, G. (1975). Biologische methoden für die Praxis der gewässeruntersuchung. **Gmf. Wasser/Abwasser**, vol. 116: 562-565.
- ODUM, E.P. (1988). **Ecologia**. Guanabara, Rio de Janeiro. 434 p.
- OLIVEIRA NETO, A.L. (1993). **Estudo da variação da comunidade zooplanctônica, com ênfase na comunidade de rotíferos, em curtos intervalos de tempo (variações diárias e nictemerais) na Represa do Lobo**

- (Broa) Itirapina, SP. Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. São Paulo. 74 p.
- PELÁEZ, M.R. (1997). **Análise da dinâmica e produção das espécies dominantes de Rotifera na Represa do Ribeirão do Lobo (Broa), SP no período seco (inverno).** Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos. 86 p.
- PENNAK, R.W. (1958). **Freshwater invertebrates of the United States.** The Roland Press Company. 769 p.
- POMPÊO, M.L.M. (1991). **Aspectos ecológicos da "Lagoa Dourada" (Brotas-SP), com ênfase na produtividade primária do fitoplâncton, perifiton e da macrófita aquática *Urticularia gibba*.** Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos. 201 p.
- PRAT, N. & WARD, J.V. (1994). The tamed river. In: MARGALEF, R. (ed.) **Limnology now. A paradigm of planetary problems.** Elsevier Science B.V. p. 219-236.
- REYNOLDS, C.S. (1984a). **The ecology of freshwater phytoplankton.** Cambridge University Press. 384 p.
- REYNOLDS, C.S. (1984b). Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. **Freshwater Biology**. 14: 111-142.
- REYNOLDS, C.S. (1986). Experimental manipulations of the phytoplankton periodicity in large limnetic enclosures in Blelham Tarn, English Lake District. **Hydrobiologia**. 138: 43-64.
- RIOS, L. (1993). **Estudo limnológico e fatores ecológicos em ribeirões e córregos da bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão (Estado de São Paulo).**

Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos. 146 p.

ROCHA, O. & MATSUMURA-TUNDISI, T. (1976). **Atlas do zooplâncton (Represa do Broa, São Carlos)**. Vol. 1. Copépoda. Universidad Federal de São Carlos. Centro de Ciências e Tecnologia. Departamento de Ciências Biológicas.

RYDER, G.I. & SCOTT, D. (1988). The aplicability of the River Continuum Concept to New Zealand streams. **Verh. Internat. Ver. Limnol.** 23: 1441-1445.

SABATER, F., ARMENGOL, J. & SABATER, S. (1989). Measuring discontinuities in the Ter River. **Regulated Rivers: Res. Monog.** 3: 133-142.

SALAS, H. & MARTINO, P. (1990). **Metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación en lagos cálidos tropicales**. Programa Regional CEPIS / HPE / OPS 1981-1990. 51 p.

SANTOS, M.J. dos. (1993). **Estudo limnológico dos córregos da Água Fria e da Água Quente**. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos. 291 p.

SÉ, J.A. da S. (1992). **O Rio Monjolinho e sua bacia hidrográfica como integradores de sistemas ecológicos. Um conjunto de informações para o início de um processo de pesquisas ecológicas, de educação, planejamento e gerenciamento ambientais a longo prazo**. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos. 381 p.

S.I.C.C.T. (1981). Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Cartografia: M. do Carmo Soares Rodrigues dos Santos. São Paulo. Escala 1:1.000.000.

- STATZNER, B. (1987). Characteristics of lotic ecosystems and consequences for future research directions. In: SCHULZE, E.D., ZWOLFER, H., (Eds.) **Potentials and limitations of ecosystem analysis**. Berlin, Springer-Verlag. p. 365-389.
- STRAHLER, A.N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, V.T. **Handbook of applied hydrology**. MacGraw-Hill. New York.
- STRICKLAND, J.D. & PARSONS, T.R. (1960). A manual of sea water analysis. **Bull. Fish. Res. Bd. Can.**, 125:1-185.
- TALLING, J.F. (1976). The depletion of carbon dioxide from lake water by phytoplankton. **J. Ecol.** Vol. 64: 79-121.
- TEIXEIRA, D. (1993). **Caracterização limnológica dos sistemas lóticos e variação temporal e espacial de invertebrados bentônicos da Bacia do Ribeirão do Feijão (São Carlos - SP)**. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, SP, São Carlos. 210 p.
- TUNDISI, J.G. (1988). Impactos ecológicos da construção de represas: aspectos específicos e problemas de manejo. In: TUNDISI, J.G. (ed.) **Limnologia e manejo de represas**. Série: Monografias em Limnologia. EESC- USP / CRHEA / ACIESP. Vol. I, tomo 1, p. 1-75.
- TUNDISI, J.G., MATSUMURA-TUNDISI, T., HENRY, R., ROCHA, O. & HINO, K. (1988). Comparações do estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo: eutrofização e manejo. In: TUNDISI, J.G. (ed.) **Limnologia e manejo de represas**. Série: Monografias em Limnologia. EESC- USP / CRHEA / ACIESP. Vol. I, tomo 1, p. 165-204.

- TUNDISI, J.G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. (1994). Plankton diversity in a warm monomictic lake (Dom Helvécio, Minas Gerais) and a polymictic reservoir (Barra Bonita): a comparative analysis of the intermediate disturbance hypothesis. **An. Acad. Bras. Ci.**, 66: 15-28.
- UTERMÖHL, H. (1958). Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton. **Methodik. Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.**, 9: 1-38.
- VANNOTE, R.C., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W., SEDELL, J.R. & CUSHING, C.E. (1980). The river continuum concept. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, 37:130-137.
- VOLLENWEIDER, R.A. (1989). Evaluación del balance de masa. In: JØRGENSEN, S.E. & VOLLENWEIDER, R.A. (eds.) **Directrices para la gestión de lagos**. Principios generales sobre gestión de lagos. Vol. 1 Capítulo 5. Comité Internacional de Ambientes Lacustres (ILEC), UNEP, p. 43-58.
- WARD, J.V. (1982). Ecological aspects of stream regulation: responses in downstream lotic reaches. **Water Pollutions and Management Reviews** (New Delhi) Vol. 2, p. 1-26.
- WARD, J.V. (1994). The structure and dynamics of lotic ecosystems. In: MARGALEF, R. (ed.) **Limnology now. A paradigm of planetary problems**. Elsevier Science B.V. p. 195-218.
- WARD, J.V. & STANDFORD, J.A. (1983). The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. In: FONTAINE, T.D. & BARTELL, S.M. (eds.). Dynamics of lotic ecosystem. **Ann. Arbor Science Publ. MI.**, p. 29-42.
- WETZEL, R.G. & RICH, P.H. (1973). Carbon in freshwater systems. In: WOODWELL, G.M. & PECAN, E.V. (eds.) **Carbon and biosphere**. Proc. 24th Brookhaven Symposium in Biology. U.S. Atomic Energy Commission Symposium

Ser. CONF. 720510, Nat. Technical Inform. Service. Springfield, Virginia. p. 241-262.

WETZEL, R.G. (1981). **Limnología**. Ediciones Omega. Barcelona. 669 p.

WETZEL, R.G. (1983). **Limnology**. Sounders College Publishing. Second edition. Philadelphia. 767 p.