Campus de São Carlos

**AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA REPRESA DA
PAMPULHA (MG) E SEUS PRINCIPAIS
TRIBUTÁRIOS**

Giselle Paulino Lopes Vargas

Orientadora Profª Dra Arnola Cecília Rietzler

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

**AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA REPRESA DA
PAMPULHA (MG) E SEUS PRINCIPAIS TRIBUTÁRIOS**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 06/12/02

Ass.:

GISELLE PAULINO LOPES VARGAS

**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 ARNOLA CECÍLIA RIETZLER

SÃO CARLOS - SP

Class.	TESE - EESC
Cutt.	3138
Tombo	70227/02
Sysno

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP**

L864a Vargas, Giselle Paulino Lopes
Avaliação ecotoxicológica da Represa da Pampulha (MG) e
seus principais tributários / Giselle Paulino Lopes Vargas. – São
Carlos, 2002.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São
Carlos – Universidade de São Paulo, 2002.

Área: Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Profa. Dra. Arnola Cecília Rietzler.

1. Variáveis limnológicas. 2. Cladóceros. 3. Ensaio de
toxicidade. 4. Metais pesados.

I. Título

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Licenciada **GISELLE PAULINO LOPES VARGAS**

Dissertação defendida e julgada em 15-03-2002 perante a Comissão Julgadora:

Profa. Dra. **ARNOLA CECILIA RIETZLER (Orientadora)**
(Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG)

APROVADA

Profa. Dra. **ANA LÚCIA FONSECA**
(Escola Federal de Engenharia de Itajubá/EFEI)

Aprovada

Prof. Dr. **EVALDO LUIZ GAETA ESPÍNDOLA**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADA

Prof. Doutor **VALDIR SCHALCH**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Engenharia Ambiental

JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

À DEUS

*Dedico esta Dissertação
ao meu filho Diego e
ao meu sobrinho Kaíque,
pelo companheirismo e compreensão.
Aos meus pais, Cecília e Andrade,
pelo apoio em todos os momentos
da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

À Profa Dra Arnola Cecília Rietzler pela orientação, confiança e incentivo. A quem admiro por seu exemplo como profissional e sobretudo como pessoa.

Ao Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola por me apresentar a Limnologia e pelo apoio nesta jornada, os quais foram fundamentais.

Ao CNPq pela bolsa concedida.

À Dra Ana Fonseca pelos primeiros ensinamentos em ecotoxicologia e sugestões no exame de qualificação.

À Clarice pelas orientações e companheirismo no laboratório.

Ao Afrânio pela amizade e pelo incentivo no início do trabalho.

À Diana por me acolher em sua casa e pelo grande aprendizado de vida que tive durante nossa convivência.

Aos técnicos e funcionários do CRHEA Miro, Marcelo, Regina, Claudete, Mara, América, Marcelo, Matheus e principalmente ao Amândio pela amizade e valiosa ajuda.

Ao biólogo Luiz da UFMG pela ajuda nas coletas.

Aos amigos do Laboratório de Ecotoxicologia, Juliana, Renata, Susi, Clarice, Cendi e Fabiano.

Ao maninhos Paulino e Silvia, pela amizade sincera e ajuda em todos os momentos.

Ao Fabiano pela amizade, sugestões e bibliografias.

Aos amigos de república, Diana, Eder, Pazú, Paulino, Pinzon, Fabiano, Muller, Caê, Rosana, Evinha e Naysa pelas horas de alegria e pela compreensão.

À Luci Zanata e ao Fábio pela amizade e apoio na conclusão da dissertação.

Aos amigos São Carlense, John e Andréa pelo apoio e por me permitirem fazer parte de suas famílias.

À Marirah e ao Luciano pela hospitalidade para conclusão desse trabalho.

Aos meus mestres de graduação, Ângela, Uchoa e Jesiel, pelos ensinamentos, amizade e incentivos.

Aos amigos do Campus de Aquidauana/UFMS: Bruna, Mônica, Adriana, Wagner, Gilson, Ziliane, Kátia, Vera, Eduardo pela amizade e pelo incentivo.

Ao Amapá que me mostrou uma nova realidade e a cada dia me faz acreditar que vale a pena reinventar a utopia do Desenvolvimento Sustentável.

À Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia do Amapá/SETEC, na pessoa do secretário Manoel Cabral de Castro, pelas oportunidades e apoio.

Aos amigos em Macapá: Ewerton, Carol, Sonia, Helenilza, Nilce, Silvana, Silvia, Lenora, Francisco, Helder e Edielson pelo incentivo e companheirismo e à mascote Vitória pela alegria.

Ao Zacarias pelo auxílio na informática.

Ao Dafran pelas palavras de incentivo no final deste trabalho e por me mostrar novos horizontes.

À minha família: meus irmãos Carlos e Paulo, minhas cunhadas Liz e Ingrid, meus sobrinhos e sobrinhas, Kaíque, Netinho, Marcos, Kelvia e Paola pela amizade e incentivo.

Finalmente, as pessoas sem as quais o sonho não se tornaria realidade, meus pais, Andrade e Cecília, pelo amor incondicional e ao meu filho Diego pela compreensão nas horas de ausência, pelo companheirismo e que pela existência me faz lutar por um mundo melhor.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS	05
3. BASES CIENTÍFICAS	06
3.1 Considerações gerais	06
3.2-Ecotoxicologia	07
3.3-Sedimento	10
3.4-Organismos-Teste.....	11
3.5-Metais Pesados	13
3.5.1- Cádmio.....	15
3.5.2- Cromo.....	15
3.5.3- Zinco.....	16
3.5.4- Cobre.....	17
3.5.5- Manganês e Ferro.....	17
4.0- MATERIAIS E MÉTODOS	18
4.1- Área de estudos.....	18
4.2- Ponto de coleta e frequência de amostragem.....	21
4.3- Procedimentos de campo	25

4.3.1- Coleta e preparo das amostras -----	25
4.3.2- Dados climatológicos-----	25
4.3.3-Temperatura, OD, pH e condutividade -----	26
4.4- Procedimentos de laboratório -----	26
4.4.1-Material em suspensão-----	26
4.4.2- Clorofila-a e feofitina..-----	27
4.4.3- Nutrientes -----	28
4.4.4- Metais pesados-----	28
4.4.4.1-Metais totais (água)-----	28
4.4.4.2- Metais biodisponíveis (sedimento) -----	29
4.4.4- Teor de matéria orgânica e granulometria do sedimento -----	29
4.4.5- Manutenção dos organismos-teste -----	30
4.4.5.1- Cultivo de <i>Ceriodaphnia dubia</i> , <i>C. silvestrii</i> e <i>Daphnia similis</i> --	30
4.4.5.2- Água de cultivo -----	31
4.4.5.3- Alimentação -----	31
4.4.7. Bioensaios de toxicidade -----	32
4.4.7.1- Bioensaios de toxicidade aguda com amostras de água -----	32
4.4.7.2- Bioensaios de toxicidade aguda com amostras de sedimento-	32
 5-RESULTADOS e DISCUSSÃO -----	 34
5.1-Variáveis climatológicas -----	35
5.1.1- Temperatura do ar e precipitação -----	35
5.2- Caracterização física e química da água -----	37
5.2.1- Temperatura e concentração de oxigênio dissolvido -----	37
5.2.2- pH e condutividade elétrica -----	43
5.3- Clorofila-a e feofitina -----	47
5.4- Material em suspensão -----	50
5.5- Concentração de nutrientes totais e dissolvidos -----	52
5.5.1- Formas nitrogenadas -----	52
5.5.2- Formas fosfatadas -----	56

5.6- Metais totais -----	59
5.7- Caracterização física e química do sedimento -----	66
5.7.1- Granulometria e matéria orgânica -----	66
5.7.2- Metais biodisponíveis -----	72
5.8- Bioensaios de toxicidade aguda -----	66
5.8.1- Bioensaios de toxicidade com amostra de água -----	77
5.8.2- Bioensaios de toxicidade com amostras de sedimento -----	81
 6-CONCLUSÕES -----	 85
7-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	87
8- ANEXOS -----	98

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Planta geral da Bacia da Pampulha (MG) -----	20
FIGURA 2: Córrego Sarandi próximo ao distrito industrial de Contagem, ponto 1. -----	21
FIGURA 3: Córrego Ressaca próximo ao aterro sanitário de Belo Horizonte, ponto 2. -----	22
FIGURA 4: Junção dos córregos Sarandi e Ressaca, ponto 3. -----	22
FIGURA 5: Entrada da represa, ponto 4 -----	23
FIGURA 6: Centro da represa, ponto 5 -----	23
FIGURA 7: Barragem da represa, ponto 6 -----	24
FIGURA 8: Córrego Olhos d'Água, ponto 7 -----	23
FIGURA 9: Variação da temperatura do ar em Belo Horizonte/MG, no ano de 1999 -----	35
FIGURA 10: Variação da precipitação em Belo horizonte/MG, no ano de 1999 -----	36
FIGURA 11: Perfis verticais de temperatura (—) e oxigênio dissolvido (—) na coluna d'água da represa da Pampulha, no ponto 4 (entrada da represa)-----	39
FIGURA 12: Perfis verticais de temperatura (—) e oxigênio dissolvido (—) na coluna d'água da represa da Pampulha, no ponto 5 (entrada da represa)-----	40
FIGURA 13: Perfis verticais de temperatura (—) e oxigênio dissolvido (—) na coluna d'água da represa da Pampulha, no ponto 6 (entrada da represa) -----	41
FIGURA 14: Perfis verticais de pH (—) e condutividade (—) na coluna d'água da represa da Pampulha, no ponto 4 (entrada da represa)-----	45

- FIGURA 15: Perfis verticais de pH () e condutividade () na coluna d'água da represa da Pampulha, no ponto 5 (entrada da represa) -
----- 46
- FIGURA 16: Perfis verticais de pH () e condutividade () na coluna d'água da represa da Pampulha, no ponto 6 (entrada da represa) -
----- 47
- FIGURA 17: Concentrações de clorofila -a e feofitina na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água), nos meses de março e dezembro----- 48
- FIGURA 18: Concentrações de clorofila -a e feofitina na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água), nos meses de agosto e outubro ----- 49
- FIGURA 19: Concentrações de matéria orgânica e inorgânica em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água), no mês de dezembro ----- 51
- FIGURA 20: Concentrações de matéria orgânica e inorgânica em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água), nos meses de agosto e dezembro ----- 52
- FIGURA 21: Concentrações de nitrogênio orgânico total em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água) ----- 53
- FIGURA 22: Concentrações de nitrito em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água)----- 54

FIGURA 23: Concentrações de amônio em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água)-----	55
FIGURA 24: Concentrações de nitrato em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água) -----	56
FIGURA 25: Concentrações de fosfato total em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água) -----	58
FIGURA 26: Concentrações de fósforo total dissolvido em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água) -----	58
FIGURA 27: Concentrações de ortofosfato em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água) -----	59
FIGURA 28: Concentrações de manganês em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água) -----	60
FIGURA 29: Concentrações de cobre em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água) -----	61
FIGURA 30: Concentrações de cádmio em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água) -----	62
FIGURA 31: Concentrações de chumbo em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água) -----	63
FIGURA 32: Concentrações de zinco em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água) -----	64

- FIGURA 33: Concentrações de ferro em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água) ----- 65
- FIGURA 34: Granulometria e matéria orgânica em amostras de sedimento da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água), no mês de março de 1999 ----- 68
- FIGURA 35: Granulometria e matéria orgânica em amostras de sedimento da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água), no mês de agosto de 1999 ----- 69
- FIGURA 36: Granulometria e matéria orgânica em amostras de sedimento da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água), no mês de outubro de 1999 ----- 70
- FIGURA 37: Granulometria e matéria orgânica em amostras de sedimento da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água), no mês de dezembro de 1999 ----- 71
- FIGURA 38: Concentrações de cádmio biodisponível em amostras de sedimento na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água) ----- 73
- FIGURA 39: Concentrações de cobre biodisponível em amostras de sedimento na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água)----- 74
- FIGURA 40: Concentrações de Ferro biodisponível em amostras de sedimento na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água) ----- 75

- FIGURA 41: Concentrações de manganês biodisponível em amostras de água na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água) ----- 75
- FIGURA 42: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em março de 1999 ----- 78
- FIGURA 43: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em agosto de 1999 ----- 78
- FIGURA 44: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em outubro de 1999 ----- 79
- FIGURA 45: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em dezembro de 1999 ----- 79
- FIGURA 46: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em março de 1999 ----- 81
- FIGURA 47: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em agosto de 1999 ----- 82
- FIGURA 48: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para

Daphnia similis, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em ...
outubro de 1999 ----- 82

FIGURA 49: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em dezembro de 1999 ----- 83

LISTA DE TABELAS

TABELA 01: Valores de temperatura e oxigênio dissolvido medidos "in situ" nos córregos Sarandi, Ressaca e Olhos d' Água ----- 38

TABELA 02: Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) e pH medidos "in situ" nos córregos Sarandi, Ressaca e Olhos d' Água ----- 44

TABELA 03: Comparação entre a média das concentrações de metais biodisponíveis na represa da Pampulha (MG), na represa de Barra Bonita (SP) e no reservatório de Salto Grande (SP) ----- 76

RESUMO

LOPES, G.P. (2002) Avaliação ecotoxicológica da represa da Pampulha (MG) e seus principais tributários. São Carlos, 97p. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

A represa da Pampulha está inserida em uma grande área de lazer da cidade de Belo Horizonte/MG, exercendo um importante papel no contexto social. Entretanto, apresenta sérios problemas ambientais incluindo a eutrofização e contaminação da água. O presente estudo visou avaliar a qualidade da água e sedimento do sistema e completar os programas de monitoramento, que até então, não tinham uma abordagem ecotoxicológica. Para tanto, foram realizadas 4 coletas no período de um ano, em 7 pontos de amostragem distribuídos na represa da Pampulha, nos seus principais tributários, os córregos Sarandi e Ressaca e em um ponto referência na nascente do córrego Olhos d'Água. Foram analisadas as variáveis limnológicas (temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade, nutrientes totais e dissolvidos; granulometria e matéria orgânica do sedimento) e as concentrações de metais totais na água e metais biodisponíveis no sedimento, além da realização de bioensaios de toxicidade aguda com amostras de água e de sedimento, utilizando os cladóceros *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* como organismos-teste. Os resultados obtidos para as variáveis limnológicas demonstraram estratificação térmica na represa da Pampulha e anoxia nos córregos Sarandi e Ressaca. As altas concentrações das formas fosfatadas e nitrogenadas conferiram ao sistema características de ambientes eutróficos e os valores encontrados para metais pesados demonstraram que os ambientes estudados encontram-se fora dos padrões fixados pela resolução CONAMA/86 para águas classe 2. Os bioensaios de toxicidade aguda com

amostras de água permitiram detectar que os tributários da represa da Pampulha estão altamente contaminados, incluindo-se, o ponto 7, considerado a princípio, como ponto Controle. As amostras de sedimento também apresentaram efeito de toxicidade aguda ou indício de toxicidade aos organismos-teste, indicando que o compartimento sedimento da represa encontra-se mais contaminado do que o compartimento água.

Palavras-chave: ecotoxicologia; bacia da Pampulha (MG); variáveis limnológicas; metais pesados; ensaios de toxicidade; cladóceros;

ABSTRACT

Pampulha Reservoir, located in Belo Horizonte city (MG), plays an important role in the social context of the city. However, it shows serious environmental problems such as eutrophication and water contamination. This study aimed to evaluate water and sediment quality of this system and improve monitoring programs, through an ecotoxicological approach. Four campaigns were carried out at seven sampling points including Pampulha Reservoir, Sarandi and Ressaça streams (main tributaries) and one reference site (Olhos d'Água stream). Limnological variables (temperature, dissolved oxygen, pH, conductivity, granulometry and organic matter of sediments) and metal concentrations in water and sediments were analyzed. Acute toxicity bioassays with water and sediment were also performed, using *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* and *Ceriodaphnia silvestrii* as test organisms. The limnological variables showed thermal stratification in the reservoir and absence of oxygen in the Sarandi and Ressaça streams. High concentrations of nitrogen and phosphorus indicated a eutrophic system and the concentrations of metals showed that the studied areas are over CONAMA 20/86 resolution for class 2 waters. The acute toxicity bioassays with water samples showed that Pampulha reservoir tributaries are highly contaminated, including point 7, initially considered as Control site. The sediment samples, also showed effects or signs of acute toxicity on the test organisms, indicating that the reservoir sediment compartment is more contaminated than the water compartment.

Key words: ecotoxicology; Pampulha waterbasin (MG); limnological variables; heavy metals; bioassays.

1- INTRODUÇÃO

A água, essência da vida, constitui-se em elemento vital não somente à natureza de modo geral, mas a todas as atividades desenvolvidas pelo homem, verificando-se que o desenvolvimento econômico e social de qualquer país está fundamentado na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de conservação e proteção desse recurso (TUNDISI, 1999).

Com o aumento da industrialização e o rápido crescimento das populações urbanas, a poluição nos ambientes aquáticos tem se tornado um problema cada vez mais freqüente. Os ecossistemas aquáticos estão diretamente expostos à agentes químicos provenientes de efluentes industriais e domésticos, ou indiretamente através das águas pluviais e escoamento superficial dos solos.

A contaminação química merece maior atenção em nossa sociedade, pois as substâncias sintetizadas pelo homem tem aumentado de maneira exponencial.

Deve-se também considerar que os problemas decorrentes dos efeitos tóxicos não se restringem apenas aos desequilíbrios ecológicos provocados nos corpos d'água receptores, mas podem afetar a saúde humana através da utilização dessa água para uso vital como consumo humano, para fins recreacionais ou para irrigação, com a ocorrência dos fenômenos de bioacumulação e persistência de poluentes tóxicos ao longo da cadeia alimentar (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB, 1992).

Segundo SALOMONS & FORSTNER (1984) há quatro reservatórios abióticos de micropoluentes nos ambientes aquáticos: matéria em suspensão, sedimento, água superficial e água intersticial, todos interagindo fortemente entre si.

O sedimento é um importante componente dos ecossistemas aquáticos, pois fornece um substrato para uma grande variedade de organismos e

funciona como um reservatório de inúmeros contaminantes aquáticos de baixa solubilidade. Constitui uma fonte primária de contaminação para os organismos bentônicos e secundária para a coluna da água (ADAMS et al, 1992), sendo um acumulador e transferidor de contaminantes (REYNOLDSON, 1987).

Neste contexto, programas de monitoramento empregando métodos físicos, químicos e biológicos, incluindo estudos de campo e laboratório (RIBEYRE & BAUDOU, 1989; LA POINT et al. 1989), podem fornecer informações importantes quanto a extensão da poluição no ambiente e seu provável impacto, além da melhoria gerada em uma dada escala temporal (CHAPMAN, 1989).

Uma das formas de avaliar e monitorar os efeitos das atividades antrópicas da bacia hidrográfica sobre a qualidade da água é o emprego de Índices de Qualidade de Água (IQA), que se baseiam principalmente em fatores físico-químico. Embora o IQA tenha sido elaborado para condições regionais do hemisfério norte, no Brasil ele tem sido aplicado como índice geral de qualidade das águas (CARVALHO, et al., 2000).

Segundo BURTON (1992), o monitoramento biológico pode ser subdividido em dois tipos: o passivo, em que são analisadas as comunidades biológicas e o ativo, o qual inclui ensaios de toxicidade aguda e crônica realizadas sob condições de laboratório ou "in situ".

Bioensaios de toxicidade são uma importante ferramenta para se avaliar o impacto de substâncias tóxicas em ecossistemas aquáticos, não bastando apenas determinar suas concentrações químicas, uma vez que os processos de interações destas substâncias com o meio e a biota não são compreendidos ou são difíceis de precisar.

Nesse contexto, a realização de bioensaios de toxicidade constitui uma ferramenta indispensável no controle da poluição hídrica, estando fundamentada na utilização de organismos vivos que são diretamente afetados pelos desequilíbrios que eventualmente ocorram nos ecossistemas aquáticos onde vivem.

No sentido de se conhecer e encontrar formas de conservação dos recursos hídricos, a abordagem ecotoxicológica, associada às análises químicas, permite analisar cientificamente o potencial e a ação dos poluentes ambientais sobre os organismos (CAIRNS, 1989), permitindo uma avaliação mais precisa da qualidade da água e efeitos dos poluentes, utilizando-se destas informações para propostas de controle da poluição.

A represa da Pampulha apesar de estar inserida em uma grande área de lazer da cidade de Belo Horizonte (MG), exercendo um importante papel no contexto social, apresenta sérios problemas ambientais incluindo a eutrofização, assoreamento e contaminação da água e sedimento (CHAMPS, 1992).

Programas de monitoramento têm sido empreendidos pela COPASA MG- Companhia de Saneamento de Minas Gerais, FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente, e UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, visando a avaliação da qualidade da água. No entanto, as informações obtidas não possuem uma abordagem ecotoxicológica.

Neste contexto, o presente trabalho vem complementar o monitoramento para avaliação da qualidade da água da represa da Pampulha e de seus principais tributários, córregos Ressaca e Sarandi e um ponto referência na nascente do córrego Olhos d'Água, incluindo-se a realização de bioensaios de toxicidade aguda com amostras de água e sedimento em sete pontos de amostragem utilizando-se, como organismos-teste, os cladóceros *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*.

Alguns parâmetros foram comparados com a deliberação normativa da Comissão de Política Ambiental-COPAM n^o 10/86, com base na resolução CONAMA 20/86, que consolida as normas e padrões para qualidade das águas do Estado de Minas Gerais. Os corpos d'água da área estudada estão enquadrados na classe 2, sendo destinados ao abastecimento humano após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação

de contato primário, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, à criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas a alimentação humana.

2- OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água e sedimento da represa da Pampulha, no município de Belo Horizonte/MG, de seus principais tributários, os córregos Sarandi e Ressaca e do ponto controle, córrego Olhos d' Água, através da análise de variáveis físicas e químicas e de bioensaios de toxicidade com cladóceros. Para tanto, foram considerados os seguintes aspectos:

- Análise das características físicas e químicas da água, incluindo-se a temperatura, pH, condutividade, oxigênio dissolvido e nutrientes totais e dissolvidos.
- Análise de algumas características do sedimento, considerando-se a granulometria e o conteúdo de matéria orgânica.
- Determinação das concentrações de ferro, manganês, cádmio, chumbo, cobre, zinco, na água (total) e de ferro, cádmio, cobre, manganês no sedimento (biodisponível).
- Realização de bioensaios de toxicidade aguda com amostras ^{de} água e sedimento utilizando as espécies *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia*, e *Ceriodaphnia silvestrii* como organismos-teste.

3- BASES CIENTÍFICAS

3.1- Considerações gerais

A partir do século XVII, para garantir o ritmo e o sustento das economias industriais emergentes, durante o processo de extração e transformação da matéria-prima em energia e bens de consumo, um grande número de compostos sintéticos passou a ser produzido, lançado e acumulado no meio ambiente (BRANCO, 1986). Desde então, vem aumentando a complexidade dos resíduos, com conseqüências imprevisíveis até mesmo para a própria espécie humana.

No Brasil, a deterioração do ambiente tornou-se acentuada à partir da década de 30, pois houve incorporação de novas técnicas de produção com o processo de industrialização, gerando, conseqüentemente, uma quantidade cada vez maior de substâncias de características diversas, cujo destino final é o meio ambiente (PRÓSPERI, 1993).

Tanto as águas superficiais quanto as subterrâneas têm sido amplamente deterioradas, quer seja pela adição de novos produtos químicos ou por contaminação biológica (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY- U.S.EPA, 1989). Entretanto, o conceito de poluição e contaminação na água, na prática, requer uma definição do que é água limpa e da quantificação desta limpeza. Deve, portanto, ser balizado através de parâmetros indicativos.

Segundo BOUDOU & RIBEYRE (1989) os mecanismos que determinam a distribuição dos poluentes na coluna d'água são complexos e dependem da interação de três componentes: as condições de descarga, as propriedades físicas e químicas do poluente e as reações entre poluente e os fatores bióticos e abióticos do meio.

Embora os ecossistemas aquáticos tenham mecanismos de assimilação, o nível de contaminação pode afetar a sobrevivência, o desenvolvimento, o

crescimento, a reprodução e/ou o comportamento dos organismos, se ultrapassar esta capacidade de assimilação do corpo receptor (RAND et al., 1995). Considerando que as substâncias tóxicas persistem e se acumulam no meio, não apenas animais e vegetais, mas também o homem podem ser afetados através da transferência de contaminantes na cadeia trófica ou pela água de abastecimento (OECD, 1994).

Devido a importância dos recursos hídricos para a manutenção da própria vida, têm-se observado uma crescente preocupação com o controle da qualidade dos mesmos. Nas últimas décadas surgiram legislações baseadas em análises físicas e químicas para detecção, monitoramento e controle da poluição. No Brasil a resolução CONAMA nº 20/86 classifica as águas doces, salobras e salinas do território nacional e estabelece de acordo com seu uso, 11 parâmetros com indicadores de qualidade e 66 substâncias potencialmente prejudiciais. O Estado de Minas Gerais, através do Conselho Estadual de Política Ambiental- COPAM instituiu em 1997 o enquadramento das águas do estado, segundo a resolução CONAMA.

No entanto, devido a complexidade e variabilidade do compostos sintéticos e orgânicos é difícil estabelecer normas de concentração máxima permissível. Além do que, o atendimento aos padrões da legislação em termos de análises físicas e químicas, muitas vezes não é suficiente para evitar a toxicidade em um ecossistema aquático (BERTOLETTI, 1990), pois muitos mecanismos de toxicidade letal e sub-letal não são compreendidos (BAUDO, 1987).

3.2- Ecotoxicologia

O termo Ecotoxicologia foi utilizado pela primeira vez por Truhaut em 1969 (MORIARTY, 1983) e pode ser definido como a ciência que utiliza-se da toxicologia e da ecologia para avaliar os efeitos das substâncias tóxicas nos

ecossistemas, visando a proteção de todo o ecossistema e não apenas de seus componentes isolados (HARRIS et al., 1990). Para tanto, estuda a contaminação natural ou antrópica do ambiente e seus efeitos sobre o conjunto de seres vivos. De acordo com SOARES (1990), a ecotoxicologia estuda os efeitos e influências dos agentes químicos nos indivíduos e suas conseqüências na estrutura e funcionamento de populações, comunidades e ecossistemas.

A ecotoxicologia utiliza como ferramenta bioensaios e testes de toxicidade. Existem várias modalidades de testes de toxicidade, em laboratório e "in situ", incluindo-se os ensaios de toxicidade aguda, crônica, parcial crônica, bioacumulação, biodegradação, bioconcentração e biomagnificação, além dos bioensaios sub-letais que podem ser reunidos em três grupos básicos: bioquímicos e fisiológicos, comportamentais e histológicos (RAND & PETROCELLI, 1985).

Os efeitos passíveis de serem observados são numerosos e dependem das características de cada método empregado, da biologia da espécie teste, do tipo do composto avaliado e do objetivo de cada estudo (ZAMBONI, 1993).

Os primeiros protocolos técnicos de estudos ecotoxicológicos foram desenvolvidos nos EUA e Canadá, logo após a Segunda Guerra Mundial na Inglaterra, e reconhecidos pela ASTM (American Society for Testing and Materials) e APHA (American Public Health Association) e no Brasil ABNT (Associação de Normas Técnicas). Atualmente os testes de toxicidade são obrigatórios para a implantação e funcionamento de plantas industriais e de tratamento de esgotos em vários países (CETESB, 1996).

De acordo com MUNAWAR et al. (1999), os testes de toxicidade ganharam importância quando as soluções tecnológicas e as análises físicas e químicas falharam na proteção do meio ambiente. Enquanto as análises químicas identificam e quantificam alguns poluentes, os testes avaliam o efeito global dos poluentes sobre os sistemas biológicos. Segundo CAIRNS & PRATT (1989), ambas as abordagens são necessárias para avaliar o risco efetivo a um ecossistema aquático.

Para o monitoramento biológico, os testes de toxicidade mais utilizados em laboratório são os de toxicidade aguda, em que os organismos são expostos aos agentes tóxicos em um curto período de tempo (entre 24 e 96 horas). Porém, conforme os objetivos podem ser realizados teste de toxicidade crônica, onde o tempo de exposição é maior podendo até incluir todo ciclo de vida.

Segundo RAND & PETROCELLI (1985), os testes para avaliação de toxicidade aguda podem ser estáticos, semi estáticos ou de renovação, com recirculação ou de fluxo contínuo. Os resultados são expressos em termos de CE50 e/ ou CL50 (Concentração Efetiva e Letal para 50% da população teste) e seus limites de confiança a 95%.

De acordo GHERARDI-GOLDSTEIN (1988), os testes de toxicidade crônica permitem avaliar os possíveis efeitos adversos de concentrações sub-letais de um composto químico ou uma amostra ambiental sobre os organismos. O tempo de exposição dos organismos varia conforme a espécie, em função da duração do ciclo de vida dos organismos. As técnicas mais utilizadas são de renovação. A partir dos seus resultados pode-se estimar a CTMA- Concentração Tóxica Máxima Aceitável e estabelecer valores de CENO- Concentração do Efeito não Observado, CEO- Concentração do Efeito Observado e VC- Valor Crônico.

Testes de toxicidade com amostras ambientais não diluídas são denominados bioensaios de toxicidade, utilizando as mesmas classificações dos testes de toxicidade e os resultados são expressos a partir da comparação entre a média de sobrevivência (para testes agudos) e de fecundidade, crescimento, entre outras, (para teste crônico) obtida na amostra e no controle.

Existem vários manuais de agências e institutos ambientais que contemplam metodologias para testes padronizadas, como por exemplo: American Society for Testing and Materials (ASTM), Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), American Public Health Association (APHA), Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

3.3- Sedimento

Uma vez introduzidos nos corpos hídricos , muitos poluentes que têm uma forte afinidade com o material particulado, dependendo das propriedades químicas e das características do ambiente receptor, podem ser sorvidos pelo material biótico e abiótico em suspensão, retirados da coluna d'água e depositar-se no fundo (De Pinto et al., 1994).

Segundo PATELLA (1998) o compartimento sedimento não é apenas um sítio integrador dos “produtos” gerados na coluna d'água e daqueles de origem nas bacias hidrográficas, mas um compartimento que processa esses materiais e que pode alterar a qualidade da coluna d'água. Assim, os sedimentos podem fornecer diversas indicações no estudo da qualidade da água.

Nos últimos dez anos, têm sido desenvolvidas várias metodologias de avaliação da qualidade de sedimentos (ADAMS, et al.,1992), sendo considerados uma extensão do controle da qualidade da água, pois fornecem substrato para uma grande variedade de organismos, funcionando como reservatório e fonte de inúmeros contaminantes de baixa solubilidade, desempenhando um importante papel no ecossistema aquático. Entretanto, a heterogeneidade na composição e fatores específicos ligados as suas características faz com que o controle da qualidade do sedimento seja mais complexo do que de águas (BURTON, 1992).

De acordo com BURTON & MACPHERSON (1994), grande parte das substâncias de origem antropogênica como os pesticidas, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos-PAH, os hidrocarbonetos clorados e metais pesados tendem a se concentrar nos sedimentos, e por serem bastante estáveis físico-quimicamente, podem liberar estas substâncias para água quando ocorre um distúrbio qualquer no ambiente.

Os efeitos relacionados a sedimentos contaminados não são restritos aos organismos bentônicos, podendo afetar organismos pelágicos pela dissorção de contaminantes na coluna d'água e pela transferência na cadeia alimentar (KNEZOVICH et al., 1987).

A avaliação dos sedimentos através de testes de toxicidade permite concluir se o sedimento é tóxico aos organismos. Além do mais, em locais contaminados por mais de um composto ou por uma mistura de compostos químicos, os ensaios e testes de toxicidade são as únicas ferramentas capazes de avaliar o potencial tóxico dos sedimentos (SETAC, 1993). Neste contexto, a USEPA (1994) desenvolveu metodologias visando a preservação, remediação e o manejo dos sedimentos contaminados.

Segundo ADAMS (1995), abordagens integradas, envolvendo análises químicas, físicas e biológicas, são mais adequadas, considerando que os bioensaios de toxicidade são essenciais quando se visa a proteção dos organismos no ecossistema e os parâmetros físicos e químicos podem influenciar de forma determinante na toxicidade. Nesse sentido, através de bioensaios com sedimentos é possível estabelecer critérios de qualidade para os mesmos.

CHAPMAN et al (1987) estudando três locais da Baía de São Francisco, California-EUA, propuseram a aplicação da "tríade de qualidade do sedimento" para se determinar a degradação ambiental pela poluição. Esta tríade compreende análises químicas, testes de toxicidade e avaliação da fauna residente, fornecendo, dessa maneira, uma forte evidência de poluição ambiental. Atualmente, esta abordagem tem sido priorizada em avaliações de qualidade de sedimento.

3.5- Organismo-Teste

A escolha do organismo-teste em estudos ecotoxicológicos é de suma

importância e deve seguir alguns princípios. De acordo com a USEPA- United State Environmental Protection Agency, (1994) os organismos-teste devem ser de fácil cultivo e manutenção em laboratório, ter representatividade ecológica, além de se ter um adequado corpo de informações em relação à biologia e à ecologia da espécie.

Os organismos- testes padronizados *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia* são mundialmente utilizados na avaliação da toxicidade aguda e crônica tanto da água quanto do sedimento, sendo que a metodologia para estes organismos-teste foi padronizada pela U.S.EPA e APHA (USEPA, 1994; PERSONE & JARSEN, 1995). Entretanto, espécies de *Ceriodaphnia* são mais utilizadas em testes de toxicidade crônica por apresentarem algumas vantagens em relação às espécies de *Daphnia*, como menor ciclo de vida e maior número de neonatos.

Estes microcrustáceos pertencem a família Daphnidae, sendo abundantes em lagos e reservatórios desempenhando um papel importante para a transferência de energia de um nível trófico a outro.

A utilização de representantes da família Daphnidae como organismos-teste se deve ao fato de apresentarem a maioria dos requisitos exigidos, tais como: representatividade dentro de um grupo ecológico em termos de taxonomia ou nível trófico; facilidade de cultivo e de manutenção em laboratório; estabilidade genética, conhecimento da biologia da espécie e sensibilidade a uma grande variedade de contaminantes ambientais (ZAGATTO, 1988; FONSECA, 1991; RAND et al., 1995).

Na maioria dos testes realizados no Brasil são utilizados organismos-teste exóticos que dificultam uma avaliação eficaz da qualidade do ecossistema. Nesse sentido, CHAPMAN (1995) sugere que os testes em laboratório devem usar as mesmas espécies que são encontradas no campo. Assim, tem sido realizados esforços para se desenvolver metodologias utilizando espécies nativas.

A espécie *Ceriodaphnia silvestrii* tem sido muito utilizada em testes de

toxicidade no Brasil por apresentar ampla distribuição geográfica em ecossistemas continentais brasileiros (TUNDISI et al., 1993; FONSECA, 1997), relevância ecológica, estabilidade genética (RAND, et. al 1995), conhecimento da biologia (FONSECA, op cit.) e sensibilidade semelhante a outros microcrustáceos utilizados como organismos-teste em regiões temperadas (OLIVEIRA NETO, 2000).

3.6- Metais Pesados

Os metais pesados têm sido alvo de muita atenção devido a sua liberação para o meio ambiente, alta persistência e toxicidade para uma grande variedade de organismos, incluindo o homem (TRAVORS et al., 1986). O advento da era industrial e a mineração em alta escala, possibilitaram o aparecimento de enfermidades relacionadas com vários metais tóxicos (GERHARDSSON, 1996).

Segundo BRASIL (1988) e CURI (1993), metais pesados são metais que têm densidade maior que 5 g/cm^3 . Muitos destes metais são essenciais para o crescimento de organismos eucariotos e procariotos, sendo exigidos em concentrações muito pequenas e quando presentes em elevadas concentrações podem retardar ou inibir o processo biológico aeróbio ou anaeróbio e ser tóxico aos organismos vivos.

Um termo muito utilizado para identificar os metais pesados são “elementos-traços” que é um indicativo da quantidade natural dos mesmos, ou seja, metais com ocorrência natural na crosta terrestre. Esses são considerados importantes em termos de contaminação ambiental, tendo em vista seus efeitos em organismos vivos (MERBACH Jr., 1989).

WOOD (1974) apud MORAES (1999) classificou os metais pesados quanto ao potencial poluidor em três grupos: i) não-crítico (Na, K, Mg, Ca, H, O, N, C, P, Fe, S, Cl, Br, F, Li, Rb, Sr, Al, Si); ii) tóxico mas muito insolúvel ou

muito raro (Ti, Hf, Zr, W, Nb, Ta, Re, Ga, La, Os, Rh, Ir, Ru, Ba); iii) muito tóxico e relativamente acessível (Be, Co, Ni, Cu, Zn, Sn, As, Se, Te, Pd, Ag, Cd, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Sb, Bi).

KENNISH (1997) classifica os metais pesados em duas categorias: 1) os de transição (ex. Co, Cu, Fé, Mn), que são essenciais ao metabolismo em baixas concentrações, mas podem ser tóxicos quando ultrapassam certos níveis, e 2) os metalóides (ex. As, Cd, Pb, Hg, Se e Zn), que geralmente não são requeridas para as funções metabólicas mas que normalmente são tóxicas mesmo em baixas concentrações.

No ambiente aquático, o processo de assimilação dos metais pesados é influenciado por diversos fatores, tais como a forma química do metal na água (solúvel ou particulado), as condições físicas e químicas do ambiente (temperatura, pH, salinidade, oxigênio dissolvido). Segundo ABEL (1989), os metais pesados mais importantes no estudo dos problemas de poluição aquática são: zinco, cobre, chumbo, cádmio, mercúrio, níquel e cromo.

Associado a esta classificação, é preciso considerar as diferentes características físicas e químicas da água e do sedimento, pois pode haver diferenças no grau de contaminação por metais pesados nestes ambientes. As avaliações feitas neste sentido, não podem apenas ter como base os teores de metais encontrados na água, pois estes elementos, sob determinadas condições, são adsorvidos pelo material particulado em suspensão e conseqüentemente ao sedimento.

A presença de metais pesados nos ecossistemas aquáticos tem provocado uma série de impactos negativos, tanto na comunidade biológica que ali vive como na saúde humana que se alimenta destes organismos. Por serem elementos que permanecem por longo tempo no ambiente, devem ser vistos com grande preocupação, uma vez que representam um risco de toxicidade potencial aos organismos na cadeia alimentar.

Conforme Damasceno (1996), as principais características de alguns metais, são:

3.6.1- Cádmio

O cádmio é o elemento número 48 da tabela periódica com densidade 8,60 g/cm³. O uso industrial do cádmio deve-se ao baixo ponto de fusão (320,9°C), sendo utilizado em indústrias de galvanoplastia, na fabricação de baterias, em tubos de televisores, lâmpadas fluorescentes, utilizado, também, como pigmento e estabilizador de plásticos polivinílicos.

As águas não poluídas contêm menos do que 1µg/L de Cd, e no caso de contaminação das águas superficiais, esta se dá por descarga de resíduos industriais e lixiviação de aterro sanitário, ou de solos que recebem lodo de esgoto. A adsorção ao sedimento aumenta com o pH e a partir de um pH maior ou igual a 7,0, praticamente todo material é adsorvido. Na presença de materiais em suspensão, este valor tende a cair (TONISSI, 1999).

As principais vias de exposição ao Cd são os alimentos, a água para o consumo humano, o ar, os cigarros e exposição industrial. Quando introduzido no organismo via oral é pouco absorvido, sendo que 95% é eliminado (GERHARDSSON op. cit.).

Os efeitos de intoxicação aguda por Cd são muitos sérios, entre eles: hipertensão, problemas nos rins, destruição dos tecidos dos testículos e destruição dos glóbulos vermelhos do sangue. Acredita-se que grande parte da ação fisiológica do Cd é devida a sua similaridade ao Zn; o Cd pode substituir o Zn em algumas enzimas, causando alterações e impedindo a atividade catalítica de tais enzimas.

3.6.2- Cromo

O cromo (Cr) é um metal lustroso, branco e rígido, com densidade de 7,19 g/cm³. É usado na fabricação de ligas metálicas empregadas na indústria

de transporte, construções e fabricação de maquinários, na fabricação de tijolos refratários; na indústria têxtil, fotográfica e de vidros.

O Cr (III) é um cátion essencial ao ser humano, que se mostra necessário para o metabolismo da glicose, lipídeos e para a utilização de aminoácidos em vários sistemas; parece ser necessário, também, para a prevenção de diabetes e arteriosclerose. As principais vias de exposição ao Cr são água para consumo humano, alimentos, ar, cigarros. A forma hexavalente do Cr é reconhecida como carcinogênica, causando câncer no trato digestivo e nos pulmões, podendo causar, também, dermatites e úlceras na pele e nas narinas; a níveis de 10 mg/kg de peso corporal o Cr^{6+} pode causar necroses no fígado, nefrites e morte, e a níveis inferiores podem ocorrer irritações na mucosa gastrointestinal.

3.6.3- Zinco

O zinco (Zn) faz parte do grupo IIB na tabela periódica, possui densidade de $7,14 \text{ g/cm}^3$ e tem habilidade de formar complexos com amônia, aminas e cianetos.

Trata-se de um elemento essencial, com uma média diária necessária de 10 a 20 mg; tem uma função na síntese e metabolismo de proteínas e ácidos nucléicos e na divisão mitótica das células. Este metal tende a ser menos tóxico que os outros metais pesados, porém, os sintomas de toxicidade por Zn são vômitos, desidratação, dores de estômago, náuseas, desmaios e descoordenação dos músculos. O Zn mostra uma relação fortemente positiva sobre o Cd, a hipertensão induzida pelo Cd pode ser reduzida pelo Zn.

É empregado na galvanização de produtos de ferro; utilizado em baterias, fertilizantes, lâmpadas, televisores e aros de rodas. Componentes de Zn, são usados em pinturas, plásticos, borrachas, em alguns cosméticos e produtos farmacêuticos.

3.6.4- Cobre

O cobre (Cu) é encontrado na natureza no estado livre e associado em sulfetos, arsenatos, cloretos e carbonatos. Trata-se de um metal mole e dúctil possuindo alta condutividade térmica e elétrica, característica que permitem o uso desse metal em diversos processos industriais, resultando um aumento em diversas áreas.

No ambiente aquático a concentração de cobre geralmente se encontra abaixo de 5 $\mu\text{g Cu L}^{-1}$, porém em regiões industrializadas, a concentração de cobre pode chegar até 50 $\mu\text{g Cu L}^{-1}$ em alguns períodos (CETESB, 1996).

3.6.5- Manganês e Ferro

São elementos essenciais aos seres vivos e têm importante papel no metabolismo dos organismos aquáticos, uma vez que participam de um grande número de processos fisiológicos (ESTEVES, 1988). Porém, em grande concentrações, apresentam alta toxicidade.

O ferro (Fe) atua como agente catalizador redox, transformando a forma tóxica do cromo (Cr VI) na forma essencialmente não tóxica (Cr III) em ambientes ricos em matéria orgânica, embora o efeito da especiação do ferro não seja bem conhecido (BURGE & HUG, 1998). Segundo estes autores, a princípio, o Fe II é um potente agente para remediação de áreas contaminadas com Cr VI. Entretanto, hidróxidos de manganês (Mn) III e IV, presentes nestes locais, podem atuar como reoxidante, retornando a condição de Cr VI.

4 - MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 - Área de Estudo

A represa da Pampulha, inserida na sub-bacia do Ribeirão da Onça, localiza-se no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, nas coordenadas geográficas 19° 55' 09" S e 43° 56' 47" W.

Segundo PINTO-COELHO et al. (1999), o clima da região é classificado como tropical com déficit hídrico moderado, apresentando duas estações distintas: uma quente e chuvosa - de novembro a março- e outra mais fria e seca - de abril a outubro.

Os solos residuais constituintes da superfície da bacia são provenientes de rochas granito-gnaissicas, o que lhes confere homogeneidade morfológica e suscetibilidade à erosão (Programa de Recuperação e de Desenvolvimento Ambiental da Bacia da Pampulha- PROPAM, 1998).

Quanto a vegetação, restam apenas algumas manchas de matas situadas nas sub-bacias da Ressaca (Parque Ursulina de Andrade Melo), na região central do vale do Sarandi, na região da Fazenda Bela Vista (sub- bacia Água Funda) (PROPAM op cit.).

A represa da Pampulha foi construída em 1938 pelo represamento do Ribeirão Pampulha e apresenta as seguintes características:

Área	2,6 Km ²
Volume	12.960.000 m ³
Profundidade máxima	16 m
Profundidade média	5 m

Originalmente seus objetivos eram o de contenção de cheias, abastecimento de água, recreação e harmonia paisagística. Porém, a ocupação humana desordenada de sua bacia de drenagem, levando à ocorrência de inúmeros focos de erosão, juntamente com o recebimento de esgotos

domésticos e industriais, conduziram a uma acelerada degradação da qualidade de água, evidenciada através dos fenômenos de assoreamento e eutrofização fazendo com que o uso da represa como manancial abastecedor fosse então abandonado (FEAM, 1998).

A bacia da Pampulha (Figura 01) possui cerca de 97 km² de área, estendendo-se os municípios de Contagem, Belo Horizonte, Betim e Ribeirão das Neves, área metropolitana de Belo Horizonte.

A represa da Pampulha tem como principais tributários os córregos Sarandi e Ressaca, que juntos possuem uma área de drenagem de 6,152 hectares. Estes tributários, além de serem contaminados com esgoto sanitário, recebem efluentes de centenas de indústrias de pequeno e médio portes do Distrito Industrial de Contagem e chorume do aterro sanitário de Belo Horizonte. Segundo BARBOSA et al. (1998), estes tributários são responsáveis por grande transporte de nitrogênio e fósforo que entram na represa.

De acordo com CHAMPS (1992), os problemas ambientais existentes na represa da Pampulha tem origem na sua bacia hidrográfica, sendo várias as fontes de poluição. De um modo geral, podem ser enumeradas pelo menos quatro: o esgoto doméstico, o esgoto industrial, os resíduos sólidos e os resíduos transportados pelo deflúvio. Estes poluentes, ao lado do aspecto negativo que emprestam à lagoa, causam mau odor e contaminação tóxica, também trazendo cargas de nutrientes que provocam freqüentes ocorrências de superpopulação de vegetação aquática, conferindo à represa uma degradação acentuada e crescente a cada ano.

FIGURA 1: Planta geral da Bacia da Pampulha (MG)

4.2 - Pontos de coleta e frequência de amostragem

Os estudos ecotoxicológicos da água e do sedimento da represa da Pampulha consideraram 7 pontos de amostragem (Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8).

Quanto a frequência de amostragem, foram realizadas 4 coletas durante o ano de 1999, nos meses de março, agosto, outubro e dezembro.

FIGURA 2: Córrego Sarandi próximo ao distrito industrial de Contagem, ponto 1.

FIGURA 3: Córrego Ressaca próximo ao aterro sanitário de Belo Horizonte, ponto 2.

FIGURA 04: Junção dos córregos Sarandi e Ressaca, ponto 3.

FIGURA 5: Entrada da represa, ponto 4.

FIGURA 6: Centro da represa, ponto 5.

FIGURA 7: Barragem da represa, ponto 6.

FIGURA 8: Córrego Olhos d'Água, ponto 7.

4.3 – Procedimentos de Campo

4.3.1- Coleta e preparo das amostras

Amostras de água superficial foram coletadas e mantidas sob refrigeração até o início dos ensaios, que não ultrapassou o tempo máximo de 96 horas. Para análise da concentração de nutrientes, as amostras de água foram acondicionadas em frascos de polietileno e congeladas até o momento da análise, sendo que para os nutrientes dissolvidos as amostras de água foram filtradas previamente em filtros GF/C. Quanto as análise de metais pesados, as amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno de 1 litro, fixadas com HNO₃ concentrado, na proporção de 1,5 ml/L e conservadas em geladeira a 4 °C para posterior análise.

A coleta de sedimento foi realizada com draga de Eckman e acondicionadas em potes plásticos e mantidas em isopor com gelo até chegar no laboratório. As amostras para determinação de matéria orgânica, granulometria e metais biodisponíveis foram colocadas para secar à temperatura ambiente e após estarem secas foram maceradas em cadinhos de porcelana, acondicionadas em potes plásticos e mantidas em temperatura ambiente. Para os bioensaios de toxicidade aguda e crônica as amostras foram acondicionadas em potes plásticos e mantidas úmidas em geladeira a 4° C.

4.3.2- Dados climatológicos

Os dados climatológicos como precipitação e temperatura do ar, referentes ao período de coleta foram obtidos junto ao aeroporto da Pampulha.

4.3.3- Temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade

Para caracterizar limnologicamente o sistema, foram efetuadas medidas *"in situ"* de temperatura (°C), pH, condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e oxigênio dissolvido (mg/L), através de um sensor de qualidade de água (Horiba-U 10). Considerou-se os perfis obtidos ao longo da coluna d'água em cada ponto de amostragem.

4.4- Procedimentos de Laboratório

4.4.1 -Material em suspensão

A concentração do material em suspensão (mg/L) da superfície foi obtida segundo técnica descrita por TEIXEIRA et al. (1965) e TUNDISI (1969), com modificações baseadas em WETZEL & LIKENS (1991).

Foram filtrados volumes conhecidos (50 a 200 ml) de amostras de água em filtros MILLIPORE (GF/C). Esses filtros foram previamente calcinados em mufla a 480°C, por uma hora para eliminação dos resíduos orgânicos e após o resfriamento, pesados em balança analítica METTLER AE 240 (P1). Após a filtração, os filtros foram colocados em estufas a 60°C, por 24 horas e novamente pesados (P2). Em seguida, os filtros foram calcinados em mufla a 480°C por duas horas e após esfriarem em dessecadores, foram novamente pesados (P3). A partir da diferença dos valores encontrados (P1, P2 e P3) estimou-se o valor do material em suspensão total (P2-P1); o peso da matéria orgânica (P2-P3) e pela diferença entre o peso do material em suspensão total e a matéria orgânica, estimou-se o peso da matéria inorgânica.

4.4.2 – Clorofila-a e feofitina

Para a análise de clorofila-a e feofitina, foram filtradas de 50 a 200 ml das amostras de água, com réplicas, em filtros GF/C ($\approx 0,7 \mu\text{m}$ de porosidade). Após a filtração, os filtros foram colocados em envelope de papel e acondicionados em frascos escuros com sílica gel e mantidos à baixa temperatura até o momento da extração, que foi realizada de acordo com o método descrito por NUSCH (1980) e MARKER et al. (1980), utilizando-se etanol 80%, aquecido a 75°C , como solvente.

Após a extração, as amostras foram conservadas no escuro por um período de 14 horas. A leitura das absorbâncias foram feitas em espectrofotômetro (MICRONAL B280) nos comprimentos de onda de 665 e 750 nm.

Para determinação da feofitina foram acidificados os extratos logo após a leitura de clorofila-a, com HCl 0.05 N, de forma que o pH da amostra ficasse entre 2,6 e 2,8. Após 15 minutos, novas leituras foram realizadas nos comprimentos de onda de 665 e 750 nm.

Para o cálculo da clorofila-a e feofitina utilizou-se as equações:

$$\text{Clorofila-a } (\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}) = 27.9 \{E^U_{665} - E^U_{750}\} - (E^a_{665} - E^a_{750}) \cdot v/V \cdot 1$$

$$\text{Feofitina } (\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}) = 27.9 \{[1.7(E^a_{665} - E^a_{750})] - (E^U_{665} - E^U_{750})\} \cdot v/V \cdot 1 \quad (2)$$

onde:

E^U = amostra não acidificada

E^a = amostra acidificada

v = volume do extrato

V = volume da amostra filtrada

1 = espessura da cubeta (cm)

27.9 = coeficiente de absorção específica da clorofila-a

1.7 = razão de rendimento da clorofila a não acidificada para acidificada

4.4.3 – Nutrientes

As análises de nutrientes foram realizadas no laboratório de Limnologia do CRHEA/USP (São Carlos), utilizando-se espectrofotômetro SHIMADZU UV – 2101PC. A metodologia específica está descrita abaixo:

Metodologia para análise dos nutrientes totais e dissolvidos.

NUTRIENTES	FONTE METODOLÓGICA (AUTOR)
Nitrogênio orgânico total	GOLTERMAN et al. (1978)
Nitrito	GOLTERMAN et al. (1978)
Nitrato	MACKERETH et al. (1978)
Íon amônio	KOROLEFF (1976)
Fósforo total	STANDARD METHODS (1995)
Fosfato total dissolvido	GOLTERMAN et al. (1978)
Ortofosfato	GOLTERMAN et al. (1978)

4.4.4 – Metais pesados

4.4.4.1 - Metais totais (água)

A determinação de metais totais na água foi realizada de acordo com STANDARD METHODS (1995). A análise consiste na digestão com ácido nítrico concentrado em capela, evitando-se a fervura e o ressecamento até a

redução do volume final de ± 50 ml. As amostras foram transferidas para balões de 50 ml e armazenadas em frascos na geladeira para posterior leitura em espectrometria de absorção atômica. Os resultados foram expressos em mg/L.

4.4.3.2 – Metais biodisponíveis (sedimento)

Para a determinação de metais potencialmente biodisponíveis no sedimento pesou-se 2 g de sedimento seco, em um erlenmeyer e adicionou-se 50 ml de ácido clorídrico 0,01 M. A mistura foi agitada por 2 horas em mesa agitadora. Em seguida, a suspensão foi filtrada em papel filtro comum e armazenada em frascos de polietileno a 4°C até a leitura em espectrometria de absorção atômica. Os resultados foram expressos em mg/Kg de sedimento seco (CAMPBELL et al. 1988).

4.4.4 – Teor de matéria orgânica e granulometria e do sedimento

A metodologia utilizada para determinação da matéria orgânica e inorgânica do sedimento seguiu os procedimentos do STANDARD METHODS (1995).

Foram pesados 10 g de sedimento seco e colocados em cápsulas de porcelana previamente incineradas a 550°C (P0). Em seguida foram levados à estufa mantida a 100°C por 24 hora (P1) e depois incinerados a 550°C por duas horas (P2).

Para os cálculos, foram utilizadas as seguinte equações:

$$\% \text{ MO} = (P1-P2)*100$$

PS

$$\% \text{ MI} = \frac{(P2-P0)*100}{PS}$$

onde:

S = peso seco em gramas (P1-P0)

P0 = peso do cadinho vazio em gramas

P1 = peso do cadinho com sedimento seco após estufa

P2 = peso do cadinho com sedimento após incineração

% MO = porcentagem de matéria orgânica

% MI = porcentagem de matéria inorgânica

A análise granulométrica foi realizada no laboratório da Faculdade de Engenharia e Tecnologia/UNESP, Campus de Bauru/SP. Os procedimentos utilizados seguiram os descritos na norma ABNT- NBR 7181/1984.

4.4.5– Manutenção dos organismos-teste

4.4.5.1- Cultivo de *Ceriodaphnia dubia*, *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis*

O cultivo destes organismos- teste foram realizados de acordo com a metodologia padronizada pela CETESB (1992), com algumas modificações.

Os organismos foram mantidos em cristalizadores de 2 litros, com cerca de 60 organismos por cristalizador, em estufa incubadora com controle de temperatura ($22 \pm 2^{\circ}\text{C}$) e luz (fotoperíodo de 12 horas).

4.4.5.2 - Água de cultivo

A água de cultivo foi preparada misturando-se 1 parte de água coletada nos tanques de cultivo de zooplâncton da Universidade Federal de São Carlos/UFSCar, previamente fervida ou autoclavada e filtrada em rede de plâncton com malha de 300 e 20 μm , com 6 partes de água destilada. Após a mistura, ajustou-se a dureza para a faixa de 40 a 48 mg/L de CaCO_3 , o pH para a faixa de 7.2 – 7.6 e a condutividade para 160 $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

4.4.5.3 – Alimentação

Como fonte alimentar foram utilizadas culturas de alga da espécie *Selenastrum capricornutum* em fase exponencial de crescimento e alimento composto (ração de peixe fermentada e levedura).

A suspensão de *Selenastrum capricornutum* foi decantada em geladeira para eliminação do sobrenadante e ressuspensa em água de manutenção das culturas. Logo em seguida foi feita a contagem de células em microscópio óptico, utilizando-se câmaras de contagem para obter o número de células da suspensão. Com o resultado, calculou-se o volume de alimento fornecido (de 5×10^6 por litro/dia) através da fórmula:

$$V1 N1 = V2 N2, \text{ onde:}$$

V1= volume da suspensão algal a ser adicionado na cultura

N1= número de células/mL da suspensão algal

V2= 1 litro

N2= concentração desejada (10^5 células/L).

4.4.7- Bioensaios de toxicidade

4.4.7.1 - Bioensaios de toxicidade aguda com amostras de água

Os ensaios de toxicidade aguda com água dos diferentes pontos de amostragem foram realizados com as espécies *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia silvestrii* e *Ceriodaphnia dubia* de acordo com os procedimentos descritos pela CETESB (1992). Para cada ensaio, foram expostos 5 organismos jovens (neonatos com até 24 horas), com 3 réplicas à amostras de água sem diluição (100%) e um controle de laboratório (água de cultivo) por um período de 48 horas.

Os ensaios foram mantidos sem alimento, em sala com temperatura de 22 a 25°C. Após o período de exposição, procedeu-se à contagem dos organismos imóveis, sendo considerados imóveis aqueles que não conseguissem nadar no intervalo de 15 segundos, após leve agitação da amostra. Medidas de pH, condutividade e dureza foram realizadas no início e no final dos ensaios.

Foram consideradas tóxicas as amostras que causaram imobilidade igual ou superior a 50% para os organismos e taxas de imobilidade entre 30 e 49% foram consideradas indícios de toxicidade.

4.4.7.2 - Bioensaios de toxicidade aguda com amostras de sedimento

Os ensaios de toxicidade com amostras de sedimento foram realizados de acordo com os procedimentos descritos por BURTON & MACPHERSON (1994) e por USEPA (1994), em que se utiliza a proporção de 1:4 de sedimento/água de diluição.

Um dia antes do início dos ensaios, foram pesados 10g de sedimentos, aos quais foram adicionados 30 ml de água de manutenção e deixados em repouso para permitir a decantação do sedimento.

Os ensaios de toxicidade aguda com amostras de sedimento foram realizados com as espécies *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia silvestrii* e *Ceriodaphnia dubia*. Os organismos jovens (neonatas com até 24 horas) foram expostos às amostras de sedimento com água de manutenção, além de um controle de laboratório, durante um período de 48 horas em sala com fotoperíodo de 12 horas e temperatura entre 22 e 25°C. Os ensaios foram realizados com 4 réplicas, com 5 neonatas por réplica.

Após o período de exposição, procedeu-se à contagem dos organismos imóveis, sendo considerados imóveis aqueles que não conseguissem nadar no intervalo de 15 segundos, após leve agitação da amostra. Medidas de pH, condutividade e dureza foram realizadas no início e no final dos ensaios.

Foram consideradas tóxicas as amostras que causaram imobilidade igual ou superior a 50% para os organismos e taxas de imobilidade entre 30 e 49% foram consideradas indícios de toxicidade.

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas aquáticos são considerados sensores de uma bacia hidrográfica, estando sujeitos à atividades, de origem natural ou antrópica, que podem alterar as características químicas, físicas e biológicas de rios, represas ou lagos.

Dos inúmeros impactos causados nos sistemas hídricos, um dos mais preocupantes tem sido a “eutrofização artificial” devido a uma série de alterações no ambiente, principalmente na biota aquática. Como conseqüências da eutrofização, tem-se o aumento da produtividade primária e secundária, uma diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água no hipolímnio, aumento de macrófitas aquáticas, aumento de matéria orgânica no sedimento e conseqüente aumento da decomposição e aumento da concentração de gases como H_2S e CH_4 . Todos esses fatores contribuem para uma perda da qualidade de água do sistema.

A avaliação das condições ambientais, através de variáveis físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas é uma importante ferramenta não apenas para o conhecimento do funcionamento dos ecossistemas, como também para o balizamento de medidas a serem tomadas para a “melhoria ambiental” (PAMPLIM, 1999).

É importante lembrar que a área de estudo compreende ambientes aquáticos com mecanismos de funcionamento distintos: córregos (Sarandi, Ressaca e Olhos d'Água), com fluxo de água, baixa profundidade e alta taxa de transporte de material alóctone; e represa (Pampulha) considerado um sistema híbrido entre rios e lagos (THORNTON et al., 1990) sendo que no presente estudo estas características foram levadas em consideração.

5.1- Variáveis climatológicas

5.1.1- Temperatura do ar e precipitação

É conhecido que os fatores climatológicos exercem considerável influência no sistema aquático, de acordo com as estações do ano. Entre esses fatores verifica-se principalmente os efeitos da temperatura do ar e da precipitação.

Nas regiões tropicais, o verão apresenta valores de temperatura e precipitação mais elevados, enquanto o inverno apresenta temperaturas mais baixas e menor precipitação, conforme constatado na região da bacia da Pampulha.

Na região de estudo, os valores médios de temperatura do ar caracterizaram o período de maio a agosto como período mais frio e entre setembro e abril como o período mais quente (Figura 9).

Os meses de janeiro e fevereiro foram os meses com temperaturas mais elevadas, com média de 25 °C e 25,6 °C, respectivamente, sendo que nos meses estudados a temperatura média do ar apresentou os seguintes valores: 22,7 °C em março; 19,8 °C em agosto; 22,0 °C em outubro e 23,2 °C no mês de dezembro.

FIGURA 9: Variação da temperatura do ar em Belo Horizonte/MG, no ano de 1999.

Conforme pode-se observar na Figura 10, os dados de precipitação na região de Belo Horizonte/MG apresentaram uma variação estacional definida. Os menores índices de precipitação foram observados entre os meses de abril e outubro e os maiores índices entre os meses de novembro e março.

A primeira coleta foi efetuada no final de março, mês em que a precipitação foi de 243,0 mm. Em agosto, ocasião da segunda coleta, registrou-se precipitação de 0,6 mm. No mês de outubro, período da terceira coleta, a precipitação foi de 52,2 mm, inclusive com chuva leve no dia anterior ao da coleta. No mês de dezembro a precipitação foi a mais elevada durante o ano, com 308,3 mm.

Altos índices de precipitação desencadeiam processos que alteram as condições físicas e químicas do sistema. De acordo com CHAPMAN (1996), as máximas concentrações de materiais introduzidos no ambiente por fontes difusas ocorrem no período de maior precipitação, como, por exemplo, maior aporte de material em suspensão, fato observado por ZANATA (2000) no reservatório de Salto Grande, embora na Bacia da Pampulha, não tenha sido verificado o maior aporte de material em suspensão no sistema no mês de dezembro.

FIGURA 10: Variação da precipitação em Belo Horizonte/MG, no ano de 1999.

5.2- Caracterização física e química da água

5.1.1- Temperatura e concentração de oxigênio dissolvido

A temperatura influencia na solubilidade dos gases na água, na velocidade e no equilíbrio das reações químicas e no metabolismo da fauna e flora. De acordo com WETZEL (1993) a temperatura na água é mais constante que no ambiente terrestre, sendo resultado do acúmulo de calor pela absorção da energia dos raios solares.

No presente estudo, em geral, as estações foram bem definidas, com maiores temperaturas em março e dezembro, com máximas de 29,8°C e 26,5°C, respectivamente. A temperatura no mês de agosto atingiu o valor máximo de 23,3°C e em outubro a temperatura mais elevada foi de 24,5°C. As menores temperaturas foram verificadas em agosto, com variação entre 18°C (ponto 1) e 19,4°C (ponto 6).

A variação da temperatura da coluna d'água não foi expressa para os pontos de amostragem 1, 2, 3 e 7 por tratarem-se de tributários da represa da Pampulha com pouca profundidade. Os valores de temperatura e oxigênio dissolvido para estes pontos estão apresentados na Tabela 02.

TABELA 01: Valores de temperatura e oxigênio dissolvido medidos "in situ" nos córregos Sarandi, Ressaca e Olhos d' Água.

Ponto 1- Sarandi	março	agosto	outubro	dezembro
Temperatura	25,60	18,00	22,70	24,50
O D	0	8,60	6,21	3,06
Ponto 2- Ressaca	março	agosto	outubro	dezembro
Temperatura	29,80	24,50	24,50	25,80
O D	2,00	5,90	5,90	4,19
Ponto 3-Junção	março	agosto	outubro	dezembro
Temperatura	29,80	22,00	22,70	24,50
O D	0	7,17	6,21	3,06
Ponto 7- Olhos d' Água	março	agosto	outubro	dezembro
Temperatura	25,20	15,10	20,20	21,60
O D	4,82	9,48	7,84	5,13

Analisando-se os perfis de temperatura, verifica-se que valores mais elevados ocorreram nas camadas superficiais (Figuras 5, 6 e 7). Segundo INFANTE (1988), o calor proveniente dos raios solares é retido no primeiro metro superficial, sendo distribuído pela coluna d'água pela ação do vento. A maior heterogeneidade na coluna d'água ocorreu em outubro, com diferença de 4,2°C. A maior variação foi de 4,0°C, no mês de dezembro.

FIGURA 11: Perfis verticais de temperatura (—) e oxigênio dissolvido (—) na coluna d'água da represa da Pampulha, no ponto 4 (entrada da represa).

FIGURA 12: Perfis verticais de temperatura (—) e oxigênio dissolvido (—) na coluna d'água da represa da Pampulha, no ponto 5 (centro da represa).

FIGURA 13: Perfis verticais de temperatura (—) e oxigênio dissolvido (—) na coluna d'água da represa da Pampulha, no ponto 6 (barragem da represa).

Uma das consequências da estratificação térmica é a distribuição irregular de gases, como o oxigênio, na coluna d'água, com possibilidade de formação de uma camada anóxica no hipolímnio.

A maior concentração de oxigênio dissolvido, na represa da Pampulha ocorreu no mês de março, com valor de 10,92 mg/L no ponto 5. Porém, foi observada anoxia nas camadas mais profundas da coluna d'água, no mês de março e dezembro no ponto 6.

A distribuição de oxigênio na coluna d'água em represas depende de outros fatores como vazão, morfometria, a entrada de material alóctone, o vento, a fotossíntese e a respiração. A diminuição do oxigênio dissolvido, nos pontos 4, 5 e 6 chegando a anoxia ou próximo a anoxia, pode ter sido devido ao aumento da decomposição de matéria orgânica, indicada pelo aumento considerável da feofitina.

A anoxia próximo ao sedimento é um dos mais sérios fenômenos que afetam a qualidade da água de reservatórios (STRASKABA & TUNDISI, 1999), induzindo a liberação rápida de substâncias, incluindo fósforo, ferro e manganês, as quais acarretam o surgimento ou o aumento das concentrações de gases, como o sulfídrico, metano, entre outros, que são formados pela decomposição de materiais orgânicos e que podem ser tóxicos (WETZEL, 1993; STRASKABA & TUNDISI, 1999).

Segundo MARGALEF (1983) o oxigênio dissolvido em corpos de água corrente apresenta um percentual de saturação próximo a 100%, ou seja, entre 9 e 11 mg/L, dependendo da temperatura e pressão atmosférica locais. Entretanto, os ambientes lóticos, referentes aos pontos de amostragem 1, 2, 3 e 7, em geral, apresentaram os menores valores de oxigênio dissolvido, ocorrendo anoxia nos pontos 1 (próximo ao aterro sanitário de BH) e 3 (junção entre o Sarandi e Ressaca). A depleção de oxigênio dissolvido é geralmente causada pela degradação bacteriológica, como provavelmente é o caso, tendo sido observado, nos locais da coleta, a presença de chorume. Para esse período, apenas o ponto 7 (nascente do córrego Olhos d'Água), em dezembro/99, apresentou o valor superior (não menor que 5 mg/L) ao estabelecido pela deliberação normativa COPAM nº 10/86 para as águas de classe 2.

Nos meses de agosto e outubro, os tributários apresentaram-se em acordo com os padrões estabelecidos pela referida deliberação, nas duas coletas, sendo que os valores variaram entre 5,9 mg/L (ponto 2, em outubro) e 9,48 mg/L (ponto 7, em agosto).

5.2.2- pH e Condutividade elétrica

O potencial hidrogeniônico (pH) é um parâmetro importante a ser considerado na avaliação da qualidade da água, pois afeta diretamente a viabilidade da biota aquática.

As variações de pH e condutividade elétrica para o período amostrado encontram-se na Tabela 03 (pontos 1, 2, 3 e 7) e nas Figuras 14, 15 e 16 (pontos 4, 5 e 6). Os valores de pH não apresentaram grandes variações, tanto no período chuvoso como no período seco. De modo geral, houve uma pequena tendência a diminuição do pH nas camadas mais profundas, porém os valores apresentaram-se dentro da faixa (6,0 a 9,0) estabelecida pela deliberação COPAM nº 10 para as águas de classe 2. Os maiores valores foram observados no período chuvoso (7,9 em dezembro), sendo que no período seco o valor máximo foi de 7,6 no mês de outubro.

Segundo BARRETO (1999), a condutividade elétrica pode ser utilizada para identificar indícios de poluição.

Em geral, a condutividade elétrica da água foi maior nos tributários 1, 2 e 3 com valores de 700 $\mu\text{S/cm}$ (agosto), 506 $\mu\text{S/cm}$ (outubro) e 542 $\mu\text{S/cm}$ (dezembro) respectivamente. A alta concentração de íons pode ter sido consequência das atividades as margens dos tributários e emissões de fontes poluidoras, como, por exemplo, chorume proveniente dos aterros sanitários próximos ao ponto 1 e 2 e efluentes industriais.

No ponto 7, considerado ponto referência ou controle, com pequena ação antrópica em suas margens, observou-se valores baixos de condutividade, variando entre 80 $\mu\text{S/cm}$ e 161 $\mu\text{S/cm}$.

Na represa da Pampulha, observou-se um pequeno acréscimo da condutividade próximo ao sedimento, com exceção do ponto 6 no mês de agosto. O aumento da condutividade está associado à redução da

concentração de oxigênio dissolvido envolvido na degradação da matéria orgânica e conseqüente liberação de íons.

No ponto 4, o menor valor de condutividade foi 112 $\mu\text{S/cm}$ (março) e o maior foi de 349 $\mu\text{S/cm}$ (outubro). Os valores de condutividade no ponto 5 variaram entre 311 $\mu\text{S/cm}$ (outubro) e 327 $\mu\text{S/cm}$ (agosto). A variação no ponto 6 foi de 230 $\mu\text{S/cm}$ (março) a 390 $\mu\text{S/cm}$ (dezembro).

Em geral, houve uma diluição das concentrações de íons com o aumento de precipitação.

TABELA 02: Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) e pH medidos "in situ" nos córregos Sarandi, Ressaca e Olhos d' Água.

Ponto 1- Sarandi	março	agosto	outubro	dezembro
Condutividade	324	700	664	594
pH	7,3	7,2	6,95	7,33
Ponto 2- Ressaca	março	agosto	outubro	dezembro
condutividade	214	207	506	199
pH	6,19	6,31	6,84	7,00
Ponto 3- Junção	março	agosto	outubro	dezembro
condutividade	410	171	400	542
pH	6,74	6,95	7,19	7,39
Ponto 7- Olhos d' Água	março	agosto	outubro	dezembro
condutividade	122	82	112	161
pH	7,13	6,68	6,54	6,81

FIGURA 14: Perfis verticais de pH (—) e condutividade (—) na coluna d'água da represa da Pampulha, no ponto 4 (entrada da represa).

FIGURA 15: Perfis verticais de pH (—) e condutividade (—) na coluna d'água da represa da Pampulha, no ponto 5 (centro da represa).

FIGURA 16: Perfis verticais de pH (—) e condutividade (—) na coluna d'água da represa da Pampulha, no ponto 6 (barragem).

5.3- Clorofila-a e Feofitina

As variações de clorofila-a e feofitina no período chuvoso e seco encontram-se na Tabela 01 (anexa) e nas Figuras 17 e 18, respectivamente.

As concentrações de clorofila-a apresentaram significativas variações. Os meses de agosto e outubro apresentaram uma variação entre $1,4 \mu\text{g/L}$ e $458,26 \mu\text{g/L}$, coincidindo com o aumento da temperatura, o que provavelmente

contribuiu para uma maior produção de biomassa do sistema. Nos meses de março e dezembro, as concentrações ficaram entre 0 e 60 $\mu\text{g/L}$.

Os dados demonstraram maior produção de biomassa no sistema lântico (represa da Pampulha) no meses de março e dezembro, sendo os maiores valores registrados no ponto 6. Já no meses de agosto e outubro, a maior produtividade ocorreu no ponto 5.

Em relação a feofitina, foi observada uma variação de 0 a 67,5 $\mu\text{g/L}$ no período chuvoso, sendo que no período seco a variação ficou entre 0 a 157,43 $\mu\text{g/L}$. Nos pontos 1, 3, 4, 6 e 7, no mês de março e nos pontos 2, 4 e 6, em dezembro, foram observadas concentrações maiores de feofitina do que para clorofila-a, fato possivelmente relacionado com aumento da decomposição de matéria orgânica.

FIGURA 17: Concentrações de clorofila a e feofitina na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água), nos meses de março e dezembro.

FIGURA 18: Concentrações de clorofila a e feofitina na represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaça) e do ponto Controle (Olhos d' Água), nos meses de agosto e outubro.

5.3- Material em Suspensão

Segundo WETZEL (1993), o material em suspensão está relacionado à erosão e também intimamente ligado ao transporte de nutrientes (especialmente fósforo), metais e ampla faixa de substâncias químicas industriais e de agricultura. Altas concentrações de material em suspensão podem afetar o uso da água por limitar a penetração de luz e contribuir para o assoreamento do reservatório.

No presente estudo, a concentração de material em suspensão total (Tabela 02, em anexo) variou de 11,9 mg/L (ponto 7 em outubro) a 518 mg/L (ponto 1 em agosto) no meses de agosto e outubro. Em dezembro a variação foi de 6,87 mg/L (ponto 7) a 382,8 mg/L (ponto 2). Devido a problemas operacionais não foi possível calcular o material em suspensão referente ao mês de março.

Os valores apresentados no ponto 1 em agosto e no ponto 6 em outubro foram superiores ao estabelecido pela deliberação COPAM nº 10/86 para classe 2, cujo valor máximo permitido é de 500 mg/L.

As figuras 19 e 20 mostram as concentrações das frações orgânicas e inorgânicas, nos períodos amostrados. A concentração de matéria orgânica foi maior no mês de agosto (período de estiagem), com exceção dos pontos 2 e 6, onde concentração de matéria inorgânica superou a matéria orgânica. A concentração de matéria orgânica variou de 1,23 mg/L (ponto 7) a 466,46 mg/L (ponto 1), ambos no mês de agosto e a de matéria inorgânica de 3,69 mg/L (ponto 6 em agosto) a 469,13 mg/L (ponto 7 em outubro).

No mês de outubro, a concentração de matéria inorgânica foi maior nos pontos 2, 3 e 6. Já em dezembro, houve predomínio de matéria inorgânica, com exceção do ponto 3, sendo observado o maior valor (325,6 mg/L) no ponto 2 e a menor concentração (2,75 mg/L) no ponto 7.

Comparando as frações orgânica e inorgânica presentes no material em suspensão na área de estudo realizado por MARINELLI et al. (2000) no rio

Monjolinho, trecho que encontra-se dentro da área urbana do município de São Carlos (SP), e com os resultados apresentados por ZANATA (2000) na represa de Barra Bonita, verificou-se valores consideravelmente superiores, demonstrando a entrada de material alóctone, pela da bacia de drenagem.

FIGURA 19: Concentrações de matéria orgânica e inorgânica em amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d'Água) no mês de dezembro.

FIGURA 20: Concentrações de matéria orgânica e inorgânica em amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d'Água), nos meses de agosto e outubro.

5.5- Concentração de nutrientes totais e dissolvidos

5.5.1- Formas nitrogenadas

De acordo com ESTEVES (1988), o nitrogênio é um dos elementos mais importante no metabolismo de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de nitrogênio, segundo WETZEL (1993), são precipitação direta sobre o lago, fixação na água, liberação do sedimento e drenagem superficial e subterrânea.

A concentração de nitrogênio orgânico total nos pontos amostrados encontra-se na Figura 21 e tabela 3, 4, 5 e 6 (em anexo). As maiores concentrações de nitrogênio foram observadas no ponto 2, onde houve uma significativa variação de 42,89 mg/L a 254,56 mg/L, devido ao fato de se tratar de um ponto de amostragem adjacente ao aterro controlado de Belo Horizonte. Em geral, as menores concentrações de nitrogênio foram encontradas nos meses de março e dezembro, demonstrando o efeito de diluição pelas águas da

chuva, sendo que em março a maior concentração foi de 61,97 mg/L (ponto 2) e a menor 3,62 mg/L (ponto 4). Em dezembro, a variação foi de 0,47 mg/L (ponto 7) a 42,89 mg/L (ponto 2). No mês de março, a concentração de nitrogênio variou de 1,29 mg/L (ponto 1) a 233,98 mg/L (ponto 4). Em outubro, o ponto 1 também apresentou o menor valor (11,9 mg/L) e o ponto 2 apresentou a maior concentração (254,56 mg/L).

FIGURA 21: Concentrações de nitrogênio orgânico total em amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d'Água).

Quanto ao nitrito (Figura 22 e Tabelas 3, 4, 5 6-anexa), as maiores concentrações foram observadas no mês de outubro, nos pontos 3, 4, 5 e 6. As menores concentrações foram amostradas no pontos 2 e 7, ambos ambientes lóticos. Apenas o ponto 1, no mês de dezembro, apresentou valor superior permitido pela COPAM.

No período chuvoso, houve uma significativa variação entre os valores encontrados no mês de março e no mês de dezembro, sendo que em março as concentrações foram menores, com uma variação de 3,61 µg/L (ponto 4) a 61,18 µg/L (ponto 1) e em dezembro a maior concentração foi 311,37 µg/L (ponto 6) e a menor 4,66 µg/L (ponto 7).

No período seco, as menores concentrações de nitrito foram encontradas nos tributários da represa (1, 2, 3 e 7), com exceção do ponto 3 no mês de

outubro. Na represa da Pampulha, as concentrações variaram entre 101,79 $\mu\text{g/L}$ no mês de agosto a 851,28 $\mu\text{g/L}$ no mês de dezembro, ambos no ponto 5.

Verificou-se um crescente aumento na concentração de nitrito no sentido montante-jusante.

FIGURA 22: Concentrações de nitrito em amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d'Água).

A amônia é um produto final da decomposição da matéria orgânica pelas bactérias heterotróficas, encontrada principalmente, sob a forma de íon amônio (WETZEL, 1993). Em geral, na área de estudo, observa-se que o íon amônio apresentou concentrações elevadas, principalmente no período seco, com exceção do ponto 7, onde em todo período de coleta apresentou valores mais baixos (Figura 23 e Tabelas 3, 4, 5, 6 em anexo). No período seco houve uma variação de 4,52 $\mu\text{g/L}$ (ponto 7 em outubro) a 241,35 $\mu\text{g/L}$ (nos pontos 1 e 2, em agosto e outubro). Todos os pontos e períodos amostrados ultrapassaram o valor máximo permitido pela COPAM.

FIGURA 23: Concentrações de amônio em amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d'Água).

O nitrato se constitui na forma mais comum de nitrogênio para os ecossistemas aquáticos. Segundo MEYBECK (1989), a concentração de nitrato em água poluídas é de 100 µg/L a 1.000 µg/L. Níveis de nitrato acima de 1 mg/L indicam influências antropogênicas, como introdução de esgoto e escoamento superficial urbano e agrícola. Para o nitrato (Figura 24 e Tabela 3, 4, 5 e 6-anexa), também observou-se uma variação significativa nas concentrações nos meses de março e dezembro. No mês de março, a variação ficou entre 16,50 µg/L (ponto 7) e 559,39 µg/L (ponto 2). Em dezembro a variação foi de 65,85 µg/L (ponto 7) a 1 083,50 µg/L (ponto 1, ultrapassou o limite permitido).

Em geral, nos meses de agosto e outubro, as maiores concentrações de nitrato foram observadas na represa da Pampulha, nos pontos 4, 5 e 6, sendo que no mês de agosto a concentração variou de 8,7 µg/L (ponto 3) a 249,04 µg/L (ponto 4). No mês de outubro, a maior concentração verificada foi de 780,49 µg/L (ponto 5) e a menor 18,21 µg/L (ponto 7).

FIGURA 24: Concentrações de nitrato em amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d'Água).

5.5.2- Formas fosfatadas

Segundo WETZEL (1993), a concentração de fósforo total da maior parte das águas de superfície não contaminadas varia entre 10 e 50 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. De acordo com a deliberação COPAM a concentração máxima de fósforo total permitida para águas classe 2 é de 25 $\mu\text{g/L}$.

Analizando os resultados apresentados nas Figuras 25, 26 e 27 (Tabelas 3, 4, 5, 6, em anexo), observa-se que as maiores concentrações dos nutrientes fosfatados (total, dissolvido e inorgânico) amostrados na bacia da Pampulha foram encontradas no período seco e que os pontos 5, 6 e 7 apresentaram as menores concentrações.

As maiores concentrações de fosfato total foram observados em agosto com valores de 2 875,80 $\mu\text{g/L}$ (ponto 4); 2 263,10 $\mu\text{g/L}$ (ponto 2) , seguidos de 2060,30 $\mu\text{g/L}$ (ponto 1) e 1555,30 $\mu\text{g/L}$, em outubro. Os pontos 1 e 3 apresentaram os maiores valores, com uma variação de 129,07 $\mu\text{g/L}$ a 2060.30 $\mu\text{g/L}$, enquanto que nos pontos 5, 6 e 7 as concentrações foram menores,

variando de 17,68 $\mu\text{g/L}$ a 696,65 $\mu\text{g/L}$. Com exceção do ponto 7, que em dezembro apresentou uma concentração de fósforo total de 17,68 $\mu\text{g/L}$, todos os outros pontos amostrados no período de estudo apresentaram valores que ultrapassaram os valores permitidos para a classe 2.

Em geral, as maiores concentrações de fósforo total foram mais elevadas nos tributários (Sarandi, Ressaca e junção) e na porção inicial do reservatório, indicando descarga de efluentes, principalmente municipais.

VOLLENWEIDER (1968) estabeleceu que concentrações de fósforo total entre 30 $\mu\text{g/L}$ e 100 $\mu\text{g/L}$ para lagos em regiões temperadas e considerado eutrófico.

Os pontos 1 e 3 apresentaram as maiores concentrações de fósforo dissolvido, sendo que os maiores valores ficaram entre 3 511,00 $\mu\text{g/L}$ (agosto) e 1436,30 $\mu\text{g/L}$ (outubro), ambos no ponto 1. As menores concentrações foram observadas no período chuvoso nos pontos 5 (14,65 $\mu\text{g/L}$) e 6 (9,34 $\mu\text{g/L}$) em março e no ponto 7 (7,48 $\mu\text{g/L}$) em dezembro.

De acordo com CHAPMAN (1992), as concentrações de fósforo dissolvido em ambientes naturais variam entre 5 $\mu\text{g/L}$ e 20 $\mu\text{g/L}$. No presente estudo verifica-se um decréscimo do fósforo dissolvido a partir da entrada da represa, provavelmente porque são utilizados rapidamente pelos produtores. Em geral, os valores encontrados são considerados altos.

De forma semelhante ao fosfato dissolvido, observou-se que os pontos 1 e 3 apresentaram os maiores valores de ortofosfato durante os períodos amostrados, sendo que as maiores medidas foram 3114,30 $\mu\text{g/L}$ e 1288,20 $\mu\text{g/L}$ (em agosto e outubro, respectivamente). Para o ponto 1 e para o ponto 3, as maiores concentrações foram de 883,82 $\mu\text{g/L}$ e 683,75 $\mu\text{g/L}$ (em agosto e outubro, respectivamente).

No presente estudo a ação antrópica é evidenciada pelas altas concentrações dos compostos fosfatados e nitrogenados, principalmente nos pontos 1, 2 e 3, onde sofrem influência direta de aterros sanitários.

FIGURA 25: Concentrações de fosfato total em amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água).

FIGURA 26: Concentrações de fosfato total dissolvido em amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d'Água).

FIGURA 27: Concentrações de ortofosfato em amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d'Água).

5.6- Metais totais

De acordo com PELÁEZ-RODRÍGUEZ et al. (2000), entre as substâncias tóxicas que chegam aos ecossistemas aquáticos, os metais pesados merecem especial atenção devido a ação residual (baixa degradabilidade) e principalmente a seu efeito cumulativo na cadeia trófica.

Os resultados referentes às concentrações de manganês obtidos para as amostras de água dos diferentes pontos de amostragem são apresentados na Figura 28 e Tabela 7, em anexo. Observa-se uma variação entre 0 mg/L e 1,41 mg/L no período de agosto e outubro e de 0 mg/L a 1,71 mg/L nos meses de março e dezembro. Em geral, os pontos que apresentaram as mais altas concentrações foram 2, 4 e 7, sendo que, em março, o ponto 2 (1,19 mg/L) atingiu o maior valor. As menores concentrações foram observadas nos pontos 5 e 6 (0,28 mg/L e 0, mg/L, respectivamente). Em geral, os pontos amostrados apresentaram-se acima dos limites estabelecidos pela deliberação COPAM nº

10/86 (0,1mg/L). Os valores encontrados por RIETZLER et al. (2001) no ano de 1998 para esse metal foi muito superior nos pontos 1 e 3 chegando a ultrapassar o valor permitido cerca 193 e 65 vezes nos respectivos pontos.

Segundo MOREIRA (2001), os íons de manganês são raramente encontrados na água em concentrações superiores a 1 mg/L. A faixa de tolerância varia de 1,5 a 1000 mg/L. Portanto, para este mesmo autor o manganês não é considerado um problema em águas doces.

FIGURA 28: Concentrações de Manganês em amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água).

Nas análises das concentrações de cobre foi observado que os valores ultrapassaram as concentrações permitidas na deliberação COPAM nº 10/86 (0,02mg/L) em todos os pontos amostrados, em diferentes períodos. Observa-se na Figura 29 e Tabela 8, em anexo, que os pontos 1, 2 e 3, em geral, apresentaram as maiores concentrações, com os valores entre 0,66 mg/L e 0,04 mg/L e que os pontos 5, 6 e 7 apresentaram os menores valores, variando de 0,03 mg/L a 0,01 mg/L.

De acordo com BOLDRINI & PEREIRA (1987), concentrações de cobre entre 0,005 e 0,015 mg/L não causam efeitos deletérios para diversos

organismos aquáticos. Entretanto, no presente estudo as concentrações de cobre ultrapassaram esta faixa em alguns períodos amostrados, o que pode ter afetado a biota aquática.

FIGURA 29: Concentrações de Cobre em amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água).

Os teores de cádmio na água sofreram pouca oscilação com valor máximo de 1,00 mg/L, sendo que, nos meses de agosto, outubro e dezembro os valores foram inferiores ao limite de detecção do espectrofotômetro (Figura 30 e Tabela 9, em anexo).

Os resultados obtidos demonstraram concentrações de cádmio superiores ao permitido pela deliberação COPAM nº 10/86 (0,001 mg/L) nos dois períodos analisados. Comparando-se com os valores encontrados por RIETZLER et al. (2001) em 1998, verificou-se que houve um aumento nas concentrações de cádmio no sistema estudado.

FIGURA 30: Concentrações de Cádmio em amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água).

Os valores de chumbo estão apresentados na Figura 31 e Tabela 10, em anexo, onde observa-se que as concentrações oscilaram entre não detectadas a 0,43 mg/L. Não foi observado a presença de chumbo nos pontos 1 (em agosto), 2 (em março e agosto), 3 (em março), 4 (em março e agosto), 5 (em março), 6 (em março e agosto) e 7 (em março e outubro). As maiores concentrações variaram entre 0,43 mg/L (ponto 2 em dezembro) e 0,41 mg/L (ponto 1 em dezembro), ultrapassando, portanto, o limite permitido para águas de classe 2 (0,03 mg/L). Revelando uma contaminação na área de estudo por este metal.

FIGURA 31: Concentrações de Chumbo em amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água).

Em relação ao zinco, as concentrações variaram de 0 mg/L (ponto 2, em dezembro) a 0,70 mg/L (ponto 1, em dezembro) nos meses de março e dezembro, e entre 0,08 mg/L e 1,19 mg/L nos meses de agosto e outubro. Em geral, os pontos 4, 5 e 6 apresentaram os menores valores (Figura 32 e Tabela 11, anexa). Os pontos 1, 2 e 3 apresentaram concentrações de zinco superiores ao permitido pela deliberação COPAM 10/86 (0,18 mg/L).

PINTO-COELHO & GRECO (1998) ao avaliarem os teores de metais pesados em organismos zooplanctônicos e na macrófita *Eichhornia crassipes* no reservatório da Pampulha verificaram que zinco foi o metal com níveis mais elevados na biomassa desses organismos.

FIGURA 32: Concentrações de zinco em amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água).

O ferro, em quantidade adequada, é essencial ao sistema bioquímico das águas. Porém, em grandes quantidades torna-se nocivo. No presente estudo, os teores encontrados nos meses de março e dezembro oscilaram entre 0,39 mg/L (ponto 6) e 20,83 mg/L (ponto 2), ambos em dezembro. Em agosto, as concentrações de ferro variaram de 0,14 mg/L (ponto 4) a 22,00 mg/L (ponto 1). Em geral, os pontos 1 e 2 apresentaram as maiores concentrações, enquanto o ponto 6 apresentou os menores teores (Figura 33 e Tabela 12, anexa).

A concentração máxima permitida pela deliberação COPAM 10/86 para ferro é de 0,3 mg/L, no entanto, as concentrações deste metal foi superior a este valor em todos os pontos e períodos amostrados, com exceção do ponto 1 em dezembro e do 4 em agosto.

FIGURA 33: Concentrações de ferro em amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água).

RIETZLER et al. (2001), em 1998 ao avaliarem as concentrações de metais na mesma área de estudo detectaram valores máximos 19,3mg/L (Ressaca) de manganês; 0,38 mg/L (junção) de cobre; 0,18mg/L (Ressaca) de cádmio; 0,82 mg/L de chumbo; 2,5 mg/L (Ressaca) de zinco e 125,0 mg/L (Olhos d'Água) de ferro. Comparando estes resultados com o presente estudo verifica-se que houve um decréscimo nas concentrações desses metais, com exceção do cobre que apresentou um sensível aumento.

5.7- Caracterização física e química do sedimento

Os sedimentos atuam como locais de armazenagem de materiais orgânicos e inorgânicos. Grande parte das substâncias de origem antropogênica como pesticidas, hidrocarbonetos e metais pesados tendem a se concentrar nos sedimentos (BURTON, 1992). É neles que ocorre a maioria dos processos de decomposição da matéria orgânica alóctone ou autóctone e a reciclagem do carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre (ADAMS, 1992, BURTON, 1992).

De acordo com esses autores, os sedimentos constituem-se fonte primária de contaminação para os organismos bentônicos e secundária para a coluna da água, sendo, portanto, necessário o controle de qualidade dos sedimentos, até mesmo como extensão da qualidade da água.

5.7.1- Granulometria e matéria orgânica

Nas Figuras 34, 35, 36 e 37 encontram-se os resultados obtidos para granulometria e matéria orgânica do sedimento. Os resultados das análises estão expressos em porcentagem de areia, argila e silte.

Segundo SOARES (1999), o tamanho das partículas dos sedimentos estão diretamente relacionadas com a capacidade de adsorver poluentes. Quanto menor as partículas que compõem o sedimento, maior a capacidade de ligação aos poluentes.

Foram considerados sedimentos orgânicos aqueles cuja concentração de matéria orgânica foi superior a 10%. Assim, os pontos de amostragem 4, 5 e 6 apresentaram o chamado sedimento orgânico na maioria das coletas. Esse resultado já era esperado pois a sedimentação é maior em ambientes lânticos, permitindo assim o acúmulo de matéria orgânica. No ponto 1 (ambiente lótico), considerou-se o sedimento orgânico apenas no período chuvoso, encontrando-

se uma maior fração de matéria orgânica, com valores de 18,3% e 16,6% nos meses de dezembro e março respectivamente. Essa matéria orgânica foi proveniente de descargas de efluentes e lixiviação do aterro controlado de Belo Horizonte. Já o ponto 7 apresentou 10,4% de matéria orgânica, no mês de dezembro, sendo, portanto, considerado sedimento orgânico apenas neste mês. Nos sedimentos orgânicos observou-se um predomínio de silte, sendo que no período chuvoso, houve uma variação de 28,4% a 71,98% enquanto no período seco a variação de silte ficou entre 75,4% e 82,27%.

O regime pluviométrico pode ter exercido influência na caracterização do sedimento na represa da Pampulha, uma vez que pode-se observar uma porcentagem maior de areia nos meses com maior precipitação (março e dezembro), em comparação com os meses com os meses com menor precipitação (agosto e outubro).

Os pontos 2, 3 e 7 (ambientes lóticos) foram considerados sedimentos minerais constituídos principalmente de areia, em todos os períodos amostrados, sendo que a porcentagem desta fração granulométrica variou, com maiores concentrações em locais que apresentaram menor fração de matéria orgânica.

FIGURA 34: Granulometria e matéria orgânica presentes nas amostras de sedimentos da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água), em março de 1999.

FIGURA 35: Granulometria e matéria orgânica presentes nas amostras de sedimentos da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaça) e do ponto Controle (Olhos d' Água), em agosto de 1999.

FIGURA 36: Granulometria e matéria orgânica presentes nas amostras de sedimentos da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água), em outubro de 1999.

FIGURA 37: Granulometria e matéria orgânica presentes nas amostras de sedimentos da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água), em dezembro de 1999.

5.7.2- Metais biodisponíveis

Segundo TONISSI (1999), os metais pesados lançados em águas superficiais, tendem a se ligar no material particulado, não permanecendo na forma solúvel na coluna d'água e podendo ser ressuspensos e liberados à coluna d'água ou ainda, atingir a cadeia alimentar.

A contaminação dos sedimentos por metais pesados são originados de fontes difusas ou pontuais. Fontes difusas típicas são originadas pela atmosfera, pelas deposições sólidas e a lavagem do solo, principalmente em áreas agrícolas. As fontes pontuais são as emissões de despejos industriais, esgotos domésticos, depósitos de lixo, despejos de mineração, que causam poluição por metais em uma escala local (CALMANO, 1996).

Para avaliação do impacto dos impactos dos sedimentos poluídos, a determinação dos metais totais não é insuficiente, pois não prevê o comportamento e mobilidade (MOALLA et al. ,1998). Neste sentido, para avaliar o grau de toxicidade dos metais nos organismos, faz-se necessário conhecer a fração biodisponível destes elementos. A fração biodisponível é definida como a fração da concentração total de metais em reservatório abiótico que é ingerida pelos organismos.

A biodisponibilidade de metais pesados no sedimento está associada a uma ampla variedade de fatores físicos e químicos (PAIN, 1995), como por exemplo, a redução do pH do ambiente e condições anóxicas.

Segundo RAND (1995) a faixa de limite entre biodisponibilidade e toxicidade é muito estreita, pois os elementos não essenciais possuem características físico-químicas semelhante aos metais essenciais, conferindo-lhes caráter tóxicos mesmo em pequenas concentrações.

As variações das concentrações de metais biodisponíveis no sedimento encontram-se nas Figuras 29, 30, 31 e 32 (Tabelas 13, 14, 15 e 16, em anexo).

As concentrações de cádmio no mês de março variaram de 1,00 mg/L a 3,00 mg/L. Em agosto, a menor concentração foi de 1,00 mg/Kg (ponto 2) e a maior foi de 5,00 mg/Kg (ponto 6). No mês de outubro, apenas os pontos 1 e 7 mostraram a presença de cádmio, enquanto que em dezembro não foram obtidas concentrações de cádmio em todas as amostragens.

Em geral, as maiores concentrações de cádmio foram observadas nos pontos onde a concentração de areia no sedimento é maior, corroborando com LUOMA (1989) relaciona a área de partículas e a superfície de ligação e cita casos onde a bioacumulação do Cádmio, resultante de maior biodisponibilização, aumentou quando se adicionou partículas de areia em um sedimento argiloso.

Os sedimentos arenosos tem menor área por unidade de massa, do que os sedimentos finos, possuindo menores locais para ligação, como consequência o autor

FIGURA 38: Concentrações de Cádmio biodisponível em amostras de sedimento da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d'Água).

Os valores obtidos para cobre foram menores no mês de março, com uma variação de 1,00 mg/Kg a 14,00 mg/Kg, sendo que nos pontos 2 e 6 não

foi detectada a presença de tal metal. Em agosto, todos os pontos amostrados apresentaram cobre, variando de 1,00 mg/Kg (ponto 7) a 13,00 mg/Kg (ponto 3). As concentrações de cádmio em outubro foram significativamente maiores, variando de 1,00 mg/Kg (ponto 2) a 109,00 mg/Kg (ponto 3).

Em geral, as maiores concentrações de cobre foram verificadas nos pontos 1, 3, 4, 5 e 6 em diferentes períodos amostrados.

FIGURA 39: Concentrações de Cobre biodisponível em amostras de sedimento da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água).

Dentre os metais determinados nesse estudo, o ferro foi o que apresentou os maiores níveis. Em geral, as maiores concentrações ocorreram no mês de dezembro, onde o maior valor foi de 9753,00 mg/Kg (ponto 7) e o menor de 203,00 mg/Kg (ponto 2). As menores concentrações foram observadas no mês de março, com concentrações variando de 87,00 mg/Kg (ponto 6) a 978,00 mg/Kg (ponto 5).

FIGURA 40: Concentrações de Ferro biodisponível em amostras de sedimento da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água).

Com relação ao manganês, observou-se a presença deste metal em todos os pontos amostrados, porém não houve uma significativa variação na sua concentração durante o estudo. Em geral, o ponto 1 foi o que apresentou maiores concentrações de manganês.

FIGURA 41: Concentrações de Manganês biodisponível em amostras de sedimento da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto Controle (Olhos d' Água).

Segundo REYNOLDSON (1987), em regiões naturais não impactadas as concentrações de metais no sedimento são de 0,2 mg/Kg para cádmio e 0,2 mg/Kg de cobre. No presente estudo, para estes metais apenas o cobre nos pontos 1 e 3 apresentaram médias acima destes valores. Porém deve-se considerar que foi detectada a fração biodisponível, ao invés dos metais totais.

SISINNO & MOREIRA (1996) encontraram em amostras de sedimento do córrego Mata-Paca, sob influência do aterro controlado Morro do Céu-Niterói (RJ), concentrações de metais biodisponível de 0,002 mg/Kg para cádmio; 0,34 mg/Kg para cobre; 56,5 mg/Kg de ferro e 9,9 mg/Kg de manganês. Quando comparados com estes resultados observa-se que nos principais tributários (Sarandi e Ressaca, ambos sob influência direta de aterro sanitário) da represa da Pampulha as concentrações foram superiores, com exceção ao ferro em outubro no ponto 2 (Ressaca).

A Tabela 04 demonstra as concentrações médias de metais biodisponíveis no sedimento encontradas no presente estudo comparadas com os resultados encontrados por TONISSI (1999) na represa de Salto Grande (SP), com as concentrações observadas no reservatório de Barra Bonita (SP) por COSTA (2001).

TABELA 03: Comparação entre a média das concentrações de metais biodisponíveis na represa da Pampulha (MG), na represa de Barra Bonita (SP) e no reservatório de Salto Grande (SP).

Metais (mg/kg)	LOPES & RIETZLER (2002)	COSTA (2001)	TONISSI (1999)
Cádmio	2,00	0,003	0,08
Cobre	10,00	0,201	24,50
Ferro	1415,00	80,39	246,11
Manganês	970,00	23,75	246,11

As concentrações encontradas para fração biodisponível na represa da Pampulha apresentaram valores significativamente superiores com relação aos valores encontrados por TONISSI (op cit.) e em relação as concentrações obtidas por COSTA (op cit.). As altas concentrações de metais biodisponíveis podem estar relacionadas a condições redutoras, como por exemplo anoxia, destes metais no sedimento.

5.8- Bioensaios de Toxicidade aguda

5.8.1- Bioensaios de toxicidade com amostras de água

Os ensaios de toxicidade aguda com amostras de água foram realizados utilizando-se como organismos-teste os microcrustáceos *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia* – espécies padronizadas – e *Ceriodaphnia silvestrii* – espécie em fase de padronização.

Os resultados dos bioensaios de toxicidade aguda estão apresentados nas Figuras 42, 43, 44, e 45 para os meses de março, agosto, outubro e dezembro, respectivamente.

FIGURA 42: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em março de 1999.

FIGURA 43: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em agosto de 1999.

FIGURA 44: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em outubro de 1999.

FIGURA 45: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em dezembro de 1999.

No mês de março, houve apenas indício de toxicidade no ponto 2 para *Daphnia similis*. Os pontos de amostragem 1 e 2 (ambos próximos à aterro sanitários) apresentaram toxicidade aguda nos meses de agosto e dezembro. Em outubro, verificou-se 100% de mortalidade nos pontos 2 e 3. Possivelmente os resultados de toxicidade tenham sido efeito de um alto valor da dureza e condutividade da água na sobrevivência do organismo-teste.

Os bioensaios de toxicidade mostraram toxicidade aguda para *Ceriodaphnia dubia* quando expostas à amostras de água do ponto 1 (em agosto, outubro e dezembro), do ponto 2 (em todos os períodos amostrados), do ponto 3 (em agosto, outubro e dezembro) e do ponto 4 (em dezembro). Indícios de toxicidade foram observados em março apenas no ponto 3, em agosto no ponto 6, em outubro nos pontos 4 e 6, e no mês de dezembro no ponto 6.

Os bioensaios revelaram toxicidade aguda para *Ceriodaphnia silvestrii*, quando expostas às amostras dos pontos 1 (em agosto, outubro, dezembro); 2 e 3 (em todos os períodos); 4 (em outubro e dezembro) e 7 (em março e outubro). Indícios de toxicidade foram observados nos pontos 5 e 6 em março e agosto, respectivamente.

Verificou-se que os parâmetros pH, condutividade e dureza apresentaram uma variação ao longo dos bioensaios, o que pode ter contribuído para a toxicidade aguda.

Através dos bioensaios de toxicidade aguda com os diferentes organismos-teste detectou-se que o sistema estudado está altamente contaminado, principalmente nos tributários (Sarandi e Ressaca) da represa da Pampulha.

A nascente do córrego Olhos d'Água, a princípio considerada como controle ambiental, provocou, como as demais amostras ambientais, toxicidade aguda, comprovando que a bacia da Pampulha se encontra em adiantado

estágio de degradação ambiental. Dessa forma, o controle foi realizado com água de cultivo.

5.8.2- Bioensaios de toxicidade com amostras de sedimento

Os bioensaios de toxicidade aguda com amostras de sedimento foram realizados com as espécies planctônicas *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*. Os resultados obtidos são apresentados nas Figuras 46, 47, 48 e 49 (Tabelas 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36 e 37, em anexo).

FIGURA 46: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em março de 1999.

FIGURA 47: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em agosto de 1999.

FIGURA 48: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em outubro de 1999.

FIGURA 49: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii* em dezembro de 1999.

Os bioensaios utilizando amostras de sedimento para *Daphnia similis* apresentaram apenas toxicidade aguda nos pontos 2 e 6, nos meses de março e agosto respectivamente. Indícios de toxicidade foram observados nos pontos 1, 3, 4 e 5 no mês de março, nos tributários (pontos 1, 2, 3 e 7) em agosto; nos pontos 3 e 7 em outubro e nos pontos 1, 2, 4 e 5 no mês de dezembro.

Os bioensaios de toxicidade aguda com amostras de sedimento para *Ceriodaphnia dubia* demonstraram toxicidade no ponto 1 (agosto e dezembro), no ponto 3 (agosto), no ponto 6 (agosto), no ponto 7 (agosto e outubro), e 2 e 4 (todos os períodos amostrados). As amostras de sedimento que apresentaram indício de toxicidade foram dos seguintes pontos: 1 (março e outubro); 3 (março); 5 (março, agosto, outubro, e dezembro), e 6 (março, outubro e dezembro).

Nos resultados obtidos para os bioensaios de toxicidade aguda com amostras de sedimento, realizados com *Ceriodaphnia silvestrii* observou-se que todas as amostras apresentaram toxicidade aguda ou indício de toxicidade. No entanto, evidenciando que a represa da Pampulha apresenta o

compartimento sedimento muito mais contaminado do que no compartimento água.

Em geral, os resultados dos bioensaios tanto para água como para sedimento permitiram avaliar o grau de sensibilidade dos organismos-teste. Dentre os organismos utilizados, a espécie *Ceriodaphnia silvestrii* demonstrou maior sensibilidade, seguida por *Ceriodaphnia dubia* e *Daphnia similis*.

6. Conclusões

- A represa da Pampulha e seus principais tributários, córregos Sarandi e Ressaca encontram-se em adiantado estado de degradação ambiental. Os tributários Sarandi e Ressaca apresentaram alto nível de contaminação aquática, evidenciando os impactos de efluentes industriais e do lançamento de chorume.
- As altas concentrações de nutrientes nas formas fosfatadas e nitrogenadas caracterizaram os ecossistemas estudados como ambientes ambiente eutrófico, principalmente os tributários Sarandi e Ressaca.
- As análises de metais pesados em amostras de água demonstraram que os valores encontrados estiveram muito acima dos valores permitidos pela legislação para água de classe 2. Em geral, os valores não estiveram relacionados com a sazonalidade.
- Os sedimentos dos tributários apresentaram predominância de areia enquanto que no reservatório, verificou-se maiores teores de matéria orgânica e silte.
- As características físicas e químicas do sedimento indicaram menor disponibilidade de metais à biota no reservatório do que nos tributários.
- Os bioensaios de toxicidade aguda com amostras de água com os diferentes organismos-teste permitiram detectar que os tributários da represa da Pampulha estão altamente contaminados.
- Os bioensaios com amostras de sedimento, mostraram efeito de toxicidade aguda ou indício de toxicidade aos organismos-teste, evidenciando que a

área estudada apresenta o compartimento sedimento mais contaminado do que o compartimento água.

- Entre os cladóceros utilizados como organismos-teste, *Ceriodaphnia silvestrii* mostrou-se mais sensível nos bioensaios de toxicidade aguda, tanto para água como para sedimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEL, P. D. (1989). *Water Pollution Biology*. Chichester, Ellis Horwood Limited.
- ADAMS, W. J.; KIMERLE, R. A.; BARNETT Jr., J. W. (1992). Sediment quality and aquatic life assessment. *Environ. Scien and Tecnol.*, v.26, n.10,p.1865-1873.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (1995). American Water Works Association, Water Environment Federation. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19^a Ed. Byrd Prepress Springfield. Washington. 1134p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. (1984). Solo- Análise Granumétrica. NBR 7181/1984
- BARBOSA, F; GARCIA, F. C.;MARQUES, M. M. G. S. M.; NASCIMENTO, F. A. (1998). Nitrogen and phosphorus balance in a eutrophic reservoir in Minas Gerais: A first approach. *Rev. Brasil. Biol.*, 58(2):233-239.
- BARRETO, A.S., (1999). *Estudo da distribuição de metais em ambientes lóticos, com ênfase na assimilação pelas comunidades biológicas e sua quantificação no sedimento e água*. São Carlos. 274p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BAUDO, A.; RIBEYRE, F. (1989). *Aquatic ecotoxicology : fundamentals concepts and methodologies*. Flórida, CRC Press. V.1, p.36-51
- BOLDRINI, C. V. & PEREIRA, D.N. (1987). Metais pesados na baía de Santos e estuários de Santos e São Vicente: bioacumulação. *Ambiente*, 1(3):118-127.
- BRANCO, S. M. (1986). *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*, São Paulo, CETESB/ASCETESB, 640Pp.
- BRASIL (1988). Secretaria do Meio Ambiente. *Glossário de engenharia ambiental*. Brasília: SEMA, 118p.
- BERTOLETTI, E. (1990). Toxicidade e concentração de agentes tóxicos em efluentes industriais. *Ciencie e Cultura*, v.42(3) p.271-277.

- BURGE, I.J. & PEREIRA, D.N. (1987). Influence of organic ligands on chromium (VI) reduction by Iron (II). *Environ. Sci. Technol.*, v. 32, p. 2092-2099.
- BURTON, G.A. Jr. (1992). *Sediment toxicity assessment*. Lewis Publishers, Boca Raton, 465p.
- BURTON, G.A. Jr. & MACPHERSON C. (1994). *Sediment toxicity testing issues and methods*. Published in Handbook of Ecotoxicology. In: HOFFMAN, D.J. RATTNER, G. A BURTON Jr, J. CAIRNS Jr, Eds. Lewis Publishers, Boca Raton F1, 70p.
- CAIRNS, J. Jr. (1989) *Applied ecotoxicology*. Calow, P. (ed.). Blackwell Science. 487p
- CAIRNS, J. Jr. & PRATT, J. R. (1989). The scientific basis of bioassays. *Hydrobiologia*, n.188/189, p.5-20.
- CALMANO, W. 1996. Metals in sediments: Remobilization and environment hazards. In: MUNAWAR, M.; DAVE, G. (Ed.). *Development and Progress in Sediment Quality Assessment: Rationale, Challenges, Techniques & Strategies*. p.1-13.
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A.S. (1986). *Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo, Campinas*. Instituto Agrônomo, Campinas, Boletim Técnico n.106 94p.
- CAMPBELL, P. G. C.; LEWIS, A.G.; CHAPMAN, P. M.; CROWDER, A. A.; FLETCHER, W. K.; IMBER, B.; LUOMA, S.N.; STOKES, P. M.; WINFREY, M. (1988). Biologically available metals in sediments. NRCC Report 27694. Ottawa, Canadá.
- CARVALHO, A.R.; SCLITTNER, F.H.M.; TORNISIELO, V.L. (2000). Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. *Química Nova*, 23 (5), p.618-622.
- CHAMPS, R. B. (1992). Algumas considerações sobre a situação sanitária da bacia da Pampulha. *Anais do Seminário da Bacia Hidrográfica da Pampulha*, SEGRAC- Belo Horizonte. p.134-42.

- CHAPMAN, P. M. (1992). *Water quality assessment. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring.* 1ed. UNESCO/WHO/UNEP. Chapman & Hall.
- CHAPMAN, D. V. (1989). *Concepts and strategies for biological monitoring.* London GEMS Monitoring and Assessment Research Center, 25p.
- CHAPMAN, P. M.; DEXTER, R. N.; LONG, E. R. (1987). Synoptic measures of sediment contamination, toxicity and infaunal community composition (The Sediment Quality Triad). In: *San Francisco Bay. Mar. Ecol. Prog. Ser.*, v.37, p.75-96.
- CHAPMAN, P. M. (1995). *Extrapolating laboratory toxicity results to the field.* In: *Environmental Toxicology and Chemistry.* v.14, nº 6. pp. 929-930.
- CHAPMAN, D. (1996) *Water Quality Assessments: Guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring.* 2ª Ed. Chapman & Hall Editors.
- COLE, G.A. (1975). *Textbook of limnology.* St. Louis, Mosby Company, 427p.
- COPAM 10- Comissão de Política Ambiental – Deliberação Normativa COPAM 10, de 16 de dezembro de 1986. *Diário do Executivo*, Minas Gerais, 10 de janeiro de 1987.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL- CETESB. (1996). *Métodos de avaliação da toxicidade de poluentes a organismos aquáticos.* Vol. 1. São Paulo. Apostila de treinamento prático especializado. P.110.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL- CETESB. (1992). *Bioensaios microbianos aplicados no controle de contaminantes tóxicos ambientais.* São Paulo. 76p.
- CONAMA 20- Conselho Nacional do Meio Ambiente- Resolução CONAMA 20 de 12 de junho de 1986. In; *Coletânea de legislação Ambiental Federal-Estadual*, 1991.
- COSTA, J.B. (2001). Avaliação ecotoxicológica da água e sedimento de tributários do reservatório de Barra Bonita (Médio Tietê Superior- SP). São

- Carlos. 165p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- CURI, N. (1993). *Vocabulário de ciência do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 90p.
- DAMASCENO, S. (1996). *Remoção de metais pesados em sistemas de tratamento de esgoto sanitário por processo de lodo ativado e por um reator compartimentado anaeróbio*. São Carlos, 141p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- DEBERDT, G.L.B. (1997). *Produção primária e caracterização da comunidade fitoplanctônica no reservatório de Salto Grande (Americana) em duas épocas do ano*. São Carlos, 104p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ESTEVES, F. A. (1988). *Fundamentos de limnologia*. Editora Interciência/FINEP. 575p.
- FEAM- Fundação Estadual de Meio Ambiente. (1998) *Diagnóstico do rio das Velhas*. Belo Horizonte.
- FONSECA, A. L. (1991). *A biologia das espécies Daphnia laevis, Ceriodaphnia silvestrii (Crustacea- Cadocera) e Poecilia reticulata (Pisces, poecillidae) e o comportamento destes em testes de toxicidade aquática com efluentes industriais*. São Carlos. 210 p. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FONSECA, A. L. (1997). *Avaliação da qualidade da água na bacia do rio Piracicaba/SP através de testes de toxicidade com invertebrados*. São Carlos. 184p. Tese (doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- GERHARDSSON, L.; SKERFVING, S. (1996). Concepts on Biological Markers and Biomonitoring for Metal Toxicity. In: CHANG, L. W. Toxicology of Metal. Boca Raton, Flórida: CRC Press IC, cap. 06, p.81-112.
- GHERARDI-GOLDSTEIN, E. (1988). Testes de toxicidade de efluentes industriais. *Ambiente*.v2, n^o1, p.33-37.

- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAND, M. A. (1978). *Methods for physical and chemical analysis of fresh water*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 213p.
- HARRIS, H.J.; SAGER, P.E.; REGIER, H.A.; FRANCIS, G.R. (1990). Ecotoxicology and ecosystem integrity: the great lakes examined. *Environ. Sci. Technol.* 24(5): 598-603.
- INFANTE, A.G. (1982). Annual variations in abundance of zooplankton in lake Valencia (Venezuela). *Arch. Hridrobiol.*, v. 93 nº 2. p. 194-208.
- KENNISH, M.J. (1997). *Pollution impacts on marine biotic communities*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida. 310p.
- KNEZOVICH, J. P.; HARRISON, F. L. & WILHELM, R. G. (1987). The bioavailability of sediment- sorbed organic chemicas: a review. *Wat. Air Soil Pollut*, 32: 233.
- KOROLEFF, F. (1976). *Determinations of nutrients*. In: GRASHOFF. K. (ed). *Methods of seawater analysis*. Verlag Chenie Weinheim. pp. 177-181.
- La POINT, T. W.; FAIRCHILD, J. F.; LITTLE, E. E.; FINGER, S. E. (1989). Laboratory and field techniques in ecotoxicological research: strenghts and limitations. In: BOUDOU, A. & RIBEYRE, F. (eds.). *Aquatic Ecotoxicology- Fundamental concepts and methodologies*. v.11.CRM- Press, Boca Raton. P.239-256.
- LEITE, M.A. (1998). *Variação espacial e temporal da taxa de sedimentação no reservatório de Salto Grande (Americana-SP) e sua influência sobre as características limnológicas do sistema*. São Carlos. 170p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- LUOMA, S.N. 1989. Can we determine the biological availability of sediment-bound trace elements? *Hydrobiol.* V.176/177, p. 379-396.
- MARGALEF, R. (1993). *Limnologia*. Barcelona, Omega S.A.

- MACKERETH, F. J. H.; HERN, J.; TALLING, F. J. (1978). *Water analysis some revised methods for limnologists*. Freshwater Biological Association. 120p.(Scientific Publication, In. 36).
- Methods for physical and chemical analysis of freshwater*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 213p. (IPB Handbook, n.8).
- MAOLLA, S.M.N., AWADALLAH, R.M., RASHED, M.N., SOLTAN, N.E. (1998). Distribution and chemical fractionation of some heavy metal in bottom sediments of lake Nasser. *Hidrobiologia*. 364: 31-40.
- MARINELLI, C.E.; MORETO, E.M.; BRUCHA, G.; LUCCA, J.V. (2000). Limnologia. In: *A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho*. Espíndola, E.L.G., SILVA, J.S.V., MARINELLI, C.E., ABDON, M.M. (org.). pp.133-149.
- MARKER, F.H.; NUSCH, E.A. & RAI, H. (1980). The measurement of photosunthetic pigments in freshwater and standartization of methods: conclusios and recomendations. *Arch. Fur Hydrobiol.*, v.14, p.91-106.
- MERBACH JR., P. S. (1989). *Estudos de avaliação de metais pesados em percolado de aterro sanitário em função do tempo de disposição*. São Carlos, 83p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo.
- MEYBECK, M. (1989). *Global freshwater quality: a first assessment*. Blackwell Reference. Oxford.
- MORAES, A. R. (1999). *Estimativa do Estoque de Elementos Químicos em Macrófitas Aquáticas do Reservatório de Salto Grande (Americana- SP)*. São Carlos. 94 p. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- MORIARTY, F. (1983). *Ecotoxicology – the sudy of pollutants in ecosystems*. 2ed., London, Academic Press.
- MUNAWAR, M.; DERMOTT, R.; MCCARTHY, L. H.; MUNAWAR, H. A. van STAM. (1999). *A comparative bioassessment of sediment toxicity in lentic and lotic ecosystems of the North American Great Lakes*. *Aquatic Ecosystem Health and Mnagement*. v.2. pp. 367-378.

- NUSCH, E. A. (1980). Comparaison of different methods for chlorophyll and phaeopigments determination. *Arch. Fur Hydrobiol.*, v. 14, p. 14-36.
- OECD- Organization for Economic Co-operation and Development. (1994). *In: Environmental Indicators*. Paris. 159 p.
- OLIVEIRA NETO, A.L. (1999). Toxicidade de alguns metais pesados (Cd, Cr e Pb) em organismos planctônicos lacustres de região subtropical. 91p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, universidade de São Paulo.
- PAIN, D.J. (1995). Lead in the environment, pp.356-391. *In: HOFFMAN, D.J.; RATTNER, G.A. BURTON Jr, J.; CAIRNS, Jr (eds). Handbook of ecotoxicology*, Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- PATELLA, E. (1998). *Caracterização biogeoquímica dos estoques de metais pesados contaminantes e nutrientes de testemunhas de sedimentos e particulados do reservatório de Guarapiranga, São Paulo*. São Carlos. 65p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PELÁEZ-RODRIGUEZ, M., PERET, A.M., MATSUMURA-TUNDISI, T., ROCHA, O. (2000). Análise da qualidade da água e aplicação do índice de proteção da vida aquática (IVA) em duas sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu. *Em: Ecotoxicologia: Perspectivas para o século XXI*. Evaldo L. G. Espíndola *et al.* (eds.) Ed. RiMa Artes e Textos. pp. 95 - 114.
- PERSOONE, G; JASSEN, C. R.. (1995). Freshwater invertebrate toxicity test. *In: CALOW, P. (ed) Handbbok of Ecotoxiclogy*, Cap. 4, p.51-65.
- PINTO-COELHO, R.M & GRECO, M.k. (1998) Teores de metais pesados em organismos zooplancônicos e na macrófita *Eichhornia crassipes* no reservatório da Pampulha, Belo Horizonte, MG. *Ciência e Tecnologia*. Ano VI, 10:64-69.
- PINTO-COELHO, R.M.; COELHO, M.M.; ESPÍRITO SANTO, M.M.; CORNELISSEN, T. G. (1999). Efeitos da Eutrofização na Estrutura da Comunidade Planctônica na Lagoa da Pampulha, Belo Horizonte/MG. *In:*

- Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais*. Cap. 18, p.551-572.
- PROPAM- Programa de recuperação e de desenvolvimento ambiental da bacia da Pampulha.(1998). Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.
- PRÓSPERI, V.A. (1993). *Aplicação de teste de toxicidade com organismos marinhos para a análise de efluentes industriais lançados em áreas estuarinas*. São Carlos. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- RAND,G.M. & PETROCELLI, S.R. (1985). Introduction. In: *Fundamentals of aquatic toxicology*. Washington. Hemisphere Publ. Co. pp. 1-28.
- RAND, G.M., WELLS, P.G. & McCARTY, L.S. (1995). Introduction to aquatic toxicology. In : RAND, G.M. 1995. *Fundamentals of aquatic toxicology: effects, environmental fate and risk assessment*. Taylor e Francis Publishers . Washington D. C., USA. 3-67.
- REYNOLDSON, T.B. (1987). Interactions between sediment contaminants and benthic organisms. *Hydrobiologia*, 149: 53-66.
- RIBEYRE, F. & BOUDOU, A. (1989). Trophic chains and experimental ecosystems study of bioaccumulation and transfer processes. In: BOUDOU, A. & RIBEYRE (eds.) *Aquatic Ecotoxicology- Fundamental concepts and methodologies*. v.11. CRM-Press, Boca Raton.p.3-46.
- RIETZLER, A.C.; FONSECA, A.L.; LOPES, G.P. (2001). Heavy metals in tributaries of Pampulha reservoir, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Biologia*, 61(3): 363-370.
- SALOMONS, W. & FORSTNER, U. (1984). *Metals in the hydrocycle*. Springer-Verlang, Berlin. 349p.
- SETAC- Society of Environmental Toxicology and Chemistry (1993). *Guidance document on sediment toxicity teste and bioassays for freshwater and marine envoronment*. In: WORKSHOP ON SEDIMENT TOXICITY ASSESSMENT, Renesse, The Netherlands, 1993. Edited by I. R. Hill, P. Matthiessen & F.Heimbach. SETAC. 105p.

- SISINNO, C.L.S. & MOREIRA, J.C. (1996). Avaliação da Contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. *Cad. Saúde Públ.*, Rio de Janeiro, 12 (4): 515-523.
- SOARES, A.M.V.M. (1990). *Ecotoxicologia e determinação de riscos ecológicos. Práticas e Perspectivas*. 2ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente, v.1, 4 a 6 abril, b.41-b.52
- STANDARD METHODS (1995). *For examination of water and wastewater*. 19th edition, Ed. Eaton.
- STRASKRABA, M. & TUNDISI, J. G. (1999). *Reservoir of water quality management*. Ostu, ILEC/UNEP. (Guidelines of lakes management handbook-vol.9)
- TEIXEIRA, C.; TUNDISI, J.G.; KUTNER, M.B. (1965). Plankton studies in a mangrove environment. II The standing-stock and some ecological factors. *Bolm. Inst. Oceanogr. USP*, v.24, p.23-41.
- THORNTON, K.W.; KIMMEL, L.B.; FONEST, E.P. (1990). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. New York, John Wiley. 246p.
- TONISSI, F. B. (1999). *Avaliação ecotoxicológica do reservatório de Salto Grande, Americana (SP) como subsídio para a análise da qualidade ambiental do sistema*. São Carlos. 137p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- TRAVORS, J.T.; STRATTON, G.W.; GADD, G.M. (1986) Cadminun transport, resistance and toxicity in bacteria, algae and fungi. *Canadian Journal of Microbiology*. V.32, n06, p.447-464.
- TRINDADE, M. (1980). *Nutrientes em sedimentos da Represa do Lobo (Itirapina, SP)*. Dissertação de mestrado. Dep. Ciências Biológicas, UFSCar, São Carlos, 219p.
- TUNDISI, J. G. (1969). *Produção primária, "standing-stock" e fracionamento do fitoplâncton na região lagunar de Cananéia*. Tese (Doutorado). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.

- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; CALIJURI, M. C. (1993). *Limnology and management of reservoirs in Brazil*. In: Developments in hidrobiology. Comparative reservoir limnology and water quality management. M. Straskraba; J. G. Tundisi & A. Duncan (eds.). Kluwer Academic Publishers. pp. 25-55.
- TUNDISI, J. G. (1999). Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: *Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. HENRY, R. (org).pp.19-38.
- USEPA- UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. (1989). USEPA/570/9-89-005. *Is your drinking water safe?* Wasshington, D.C. 25p.
- USEPA- UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. (1994). USEP/600/R -94/024. *Methods for measuring the toxicityand bioaccumulation of sediment associated contaminants with freshwater invertebrates*.Washington. D. C.,133p.
- VOLLENWEIDER, R.A. (1968). *Scientific fundaments of the eutrophication of lake and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication*. Paris Rep. OECD. 192p.
- WETZEL, R. G. & LIKENS, G. E. (1991). *Limnological analyses*. New York: W. B. Saudder Company, 2 ed., 391p.
- WETZEL, R.G. (1993). *Limnologia*. Trad. Por Maria Boa Vida. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian. 919p.
- ZAGATO, P. A. (1988). Sensibilidade de *Daphnia similis*: controle de qualidade de culturas. *Ambiente*, v2, n.2, p.79-83.
- ZANATA, L. H. (2000). *Heterogeneidade ambiental do reservatório de Salto Grande (Americana/SP) com ênfase na distribuição das populações de cladócero*. São Carlos. 218p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ZAMBONI, A. J. (1993). *Avaliação da qualidade da água e sedimentos do canal de São Sebastião, por meio de testes de toxicidade com Lytechinus*

variegatus (Echinodermata: Echinoidea). São Carlos.149p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ANEXOS

Tabela 01: Concentração de clorofila *a* e feofitina ($\mu\text{g/L}$), nas amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributário (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d'Água).

Pontos	Março		Agosto		Outubro		Dezembro	
	Clorofila <i>a</i>	Feofitina	Clorofila <i>a</i>	Feofitina	Clorofila <i>a</i>	Feofitina	Clorofila <i>a</i>	Feofitina
1	2,8	24,6	18.60	7.44	13.95	5.58	7.0	3.8
2	0,0	0,0	2.99	2.59	5.58	0.00	0.0	11.7
3	2,8	3,1	4.65	1.48	5.58	0.28	9.3	1.9
4	51,6	67,5	173.91	70.87	36.27	11.58	2.8	11.3
5	60,0	53,1	196.03	64.02	124.85	65.8	58.6	50.2
6	25,1	39,8	239.24	2.44	458.26	157.43	28.8	41.2
7	4,2	22,5	1.40	1.05	1.99	1.49	7.0	2.44

Tabela 02: Valores de material em suspensão total, matéria orgânica e matéria inorgânica (mg/L), nas amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributário (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d'Água)

	Pontos	Mat. Suspensão total	Matéria orgânica	Matéria inorgânica
agosto	1	518,26	466,46	51,8
	2	91,35	12,9	78,45
	3	188,33	113,94	74,39
	4	36,47	32,47	4
	5	46,67	41,8	4,87
	6	37,22	33,53	3,69
	7	466,48	1,23	464.25
outubro	1	84,44	59,31	25,13
	2	459,48	72,48	387
	3	95,9	39,6	56,3
	4	30,2	25,7	4,5
	5	29,3	21,33	7,98
	6	501,18	32,05	469,13
	7	11,9	5,3	66
dezembro	1	260,08	80,5	180,25
	2	382,8	57,2	325,6
	3	84,1	64	20,1
	4	25,05	7,4	17,65
	5	24,7	12,2	12,5
	6	14.6	3,3	11,3
	7	6,87	2,75	4,12

Tabela 3:Concentração de nutrientes nas amostras de água do reservatório da Pampulha, de seus principais tributário (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d'Água), em março de 1999.

Pontos	Nitrito	Nitrato	Amônia	Nitrogênio	Silicato	Ortofosfato	P- Total dis.	P-Total
Horto	61.175	232.78	2076.1	17.460	7.6166	1109.9	528.87	1224.1
Aterro BH	31.828	559.39	1641.3	61.973	4.5250	325.35	4.0552	56.058
Junção	13.718	53.571	1931.6	13.811	6.9449	472.51	468.76	1345.3
Enter canal	3.6060	62.255	2083.5	3.620	8.5510	216.41	277.33	210.00
Cabo de aço	12.514	76.939	1726.1	7.120	7.7403	10.14	14.652	180.65
Barragem	12.566	83.616	1884.0	5.683	7.3461	4.450	9.3415	126.54
Olhos d'Água	8.6438	16.504	42.958	9.499	4.6204	5.016	7.725	20.518

Tabela 04:Concentração de nutrientes nas amostras de água do reservatório da Pampulha, de seus principais tributário (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d'Água), em agosto de 1999.

Pontos	Nitrito	Nitrato	Amônia	Nitrogênio	Silicato	Ortofosfato	P- Total dis.	P-Total
Horto	6.3232	50.284	231.28	1.297	10.446	3114.3	3511.0	129.07
Aterro BH	41.650	42.354	241.35	233.940	8.8335	730.44	832.26	2263.1
Junção	6.3058	8.0737	190.66	11.683	9.0724	883.82	1327.4	288.59
Enter canal	197.02	249.04	172.28	233.986	10.746	34.111	52.506	2875.8
Cabo de aço	101.79	120.31	160.19	26.596	5.5885	16.818	48.970	617.87
Barragem	164.38	211.36	190.66	11.776	9.2593	12.431	912.22	356.10
Olhos d'Água	54.144	71.066	22.774	19.811	9.9618	220.80	18.565	1178.1

Tabela 05:Concentração de nutrientes nas amostras de água do reservatório da Pampulha, de seus principais tributário (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d'Água), em outubro de 1999.

Pontos	Nitrito	Nitrato	Amônia	Nitrogênio	Silicato	Ortofosfato	P- Total dis.	P-Total
Horto	86.039	92.763	241.35	11.900	10.017	1288.2	1436.3	2060.3
Aterro BH	27.978	144.01	221.19	254.560	15.072	156.31	266.01	640.53
Junção	400.74	353.62	34.114	80.030	8.4073	683.75	660.17	1555.3
Enter canal	498.71	402.15	38.281	40.366	8.9446	15.379	42.602	433.24
Cabo de aço	851.28	780.49	10.419	12.366	10.804	17.431	81.234	428.98
Barragem	403.07	367.45	231.27	49.745	10.046	8.3969	69.118	696.65
Olhos d'Água	2.3840	18.211	4.5249	38.266	10.591	3.5547	9.3658	199.22

Tabela 06:Concentração de nutrientes nas amostras de água do reservatório da Pampulha, de seus principais tributário (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d'Água), em dezembro de 1999.

Pontos	Nitrito	Nitrato	Amônia	Nitrogênio	Silicato	Ortofosfato	P- Total dis.	P-Total
Horto	166.99	1083.50	1965.10	12.04	7.27	673.00	665.82	1536.7
Aterro BH	70.31	623.43	1383.50	42.89	14.37	24.59	41.97	309.98
Junção	254.17	738.87	2086.30	30.19	12.91	590.23	624.51	1429.10
Enter canal	35.41	87.77	1208.20	3.36	6.59	14.10	25.03	322.31
Cabo de aço	218.22	305.32	1742.20	7.61	7.63	10.37	26.03	127.28
Barragem	311.37	447.35	1482.00	9.99	7.77	13.33	29.20	113.22
Olhos d'Água	4.66	65.85	80.13	0.47	9.35	6.40	7.48	17.68

Tabela 7: Concentração de manganês ($\mu\text{g/L}$) nas amostras de água da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários nos períodos seco e chuvoso

Ponto	março	agosto	outubro	dezembro
1	0,45	0,45	0,39	-
2	1,19	0,46	0,41	-
3	0,46	0,72	0,29	0,42
4	1,40	0,32	0,41	0,29
5	0,32	0,31	0,38	0,28
6	-	0,49	-	0,54
7	0,31	-	1,41	1,71

Tabela 8: Concentração de cobre ($\mu\text{g/L}$) nas amostras de água da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários nos períodos seco e chuvoso

Ponto	março	agosto	outubro	dezembro
1	0,06	0,32	0,10	0,13
2	0,04	0,11	0,07	0,07
3	0,44	0,07	0,66	0,09
4	0,05	0,05	0,05	0,01
5	0,03	0,02	0,03	0,02
6	0,01	0,02	0,03	0,01
7	0,01	0,03	0,03	0,02

Tabela 9: Concentração de cádmio($\mu\text{g/L}$) nas amostras de água da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários nos períodos seco e chuvoso

Ponto	março	agosto	outubro	dezembro
1	0,17	-	-	-
2	0,19	-	-	-
3	0,21	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-
6	-	-	-	-
7	0,20	-	-	-

Tabela 10: Concentração de chumbo ($\mu\text{g/L}$) nas amostras de água da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários nos períodos seco e chuvoso

Ponto	março	agosto	outubro	dezembro
1	0,01	-	0,17	0,41
2	-	-	0,09	0,43
3	-	0,11	0,19	0,05
4	-	-	0,09	0,02
5	-	0,05	0,012	0,10
6	-	-	0,10	0,15
7	-	0,17	-	0,09

Tabela 11: Concentração de zinco ($\mu\text{g/L}$) nas amostras de água da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários nos períodos seco e chuvoso

Ponto	março	agosto	outubro	dezembro
1	0,58	0,14	0,89	0,70
2	0,11	1,19	1,17	-
3	0,16	0,302	0,16	0,16
4	0,15	0,08	0,17	0,14
5	0,06	0,08	0,14	0,07
6	0,07	0,15	0,11	0,25
7	0,34	0,14	0,17	0,17

Tabela 12: Concentração de ferro ($\mu\text{g/L}$) nas amostras de água da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários nos períodos seco e chuvoso

Ponto	março	agosto	outubro	dezembro
1	2,36	22,00	4,94	-
2	1,48	6,68	2,52	20,83
3	2,79	3,683	2,56	2,29
4	2,26	0,14	1,31	4,14
5	0,55	0,88	0,83	0,81
6	0,41	0,49	0,41	0,39
7	3,92	4,29	2,13	2,13

Tabela 13- Concentração de cádmio (mg/g) nas amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários nos períodos seco e chuvoso

Pontos	março	agosto	outubro	dezembro
1	3.00	2.00	5.00	0.00
2	3.00	1.00	0.00	0.00
3	1.00	2.00	0.00	0.00
4	3.00	3.00	0.00	0.00
5	1.00	2.00	0.00	0.00
6	3.00	5.00	0.00	0.00
7	2.00	4.00	6.00	0.00

Tabela 14- Concentração de cobre (mg/g) nas amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários nos períodos seco e chuvoso

Pontos	março	agosto	outubro	dezembro
1	14.00	4.00	10.00	75.00
2	0.00	2.00	1.00	1.00
3	1.00	13.00	109.00	16.00
4	5.00	11.00	28.00	10.00
5	5.00	5.00	12.00	13.00
6	0.00	7.00	22.00	17.00
7	1.00	1.00	5.00	4.00

Tabela 15 - Concentração de ferro (mg/g) nas amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários nos períodos seco e chuvoso

Pontos	março	agosto	outubro	dezembro
1	829.00	7.20	1009.00	2750.00
2	136.00	33.25	250.00	203.00
3	154.00	10.01	1003.00	279.00
4	978.00	17.02	3653.00	1528.00
5	929.00	12.78	2452.00	2669.00
6	87.00	33.37	6790.00	6484.00
7	633.00	2481.00	538.00	9753.00

Tabela 16- Concentração de manganês (mg/g) nas amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários nos períodos seco e chuvoso

Pontos	março	agosto	outubro	dezembro
1	120.00	124.00	152.00	247.00
2	017.00	119.00	30.80	29.00
3	29.00	123.00	128.00	52.00
4	79.00	122.00	201.00	165.00
5	80.00	84.00	156.00	185.00
6	5.00	69.00	205.00	115.00
7	14.00	52.00	23.00	147.00

TABELA 17: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d'Água) para *Daphnia similis* e variáveis físicas e químicas em março de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH		Cond. (µS/ cm)		Dureza (mg/l CaCO ₃)	
	I	F		I	F	I	F	I	F
Controle	15	15	0	7.0	7.1	120	126	44	44.
1	15	13	13.3	7.4	7.8	360	392	86	88
2	15	8	46.6	7.1	7.3	1726	1740	320	330
3	17	12	29.4	7.3	7.5	431	439	123	128
4	15	14	6.6	7.7	7.9	376	380	94	96
5	1	13	13.3	8.0	8.1	254	260	92	95
6	15	13	13.3	7.8	8.0	254	262	94	97
7	15	1	6.6	7.3	7.7	137	152	65	76

* Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em azul correspondem a Indício de Toxicidade.

TABELA 18: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d'Água) para *Daphnia similis* e variáveis físicas e químicas em agosto de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH		Cond. (µS/ cm)		Dureza (mg/l CaCO ₃)	
	I	F		I	F	I	F	I	F
Controle	15	15	0	7.20	7.25	136	140	42	42
1	15	1	93.3	7.70	8.42	720	778	102	120
2	15	7	53.3	6.99	7.26	2090	2110	220	265
3	15	13	13.3	8.00	8.52	206	429	140	147
4	15	12	20	7.94	8.30	260	329	136	145
5	15	13	13.3	7.59	8.29	280	289	140	140
6	15	14	6.6	7.60	8.01	284	306	140	142
7	15	13	13.3	7.02	7.98	98	120	56	67

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade.

TABELA 19: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d'Água) para *Daphnia similis* e variáveis físicas e químicas em outubro de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH		Cond. (µS/ cm)		Dureza (mg/l CaCO ₃)	
	I	F		I	F	I	F	I	F
Controle	15	15	0	7.32	7.30	193	190	48	49
1	15	13	10	7.92	8.37	710	710	108	120
2	15	0	100	8.32	8.40	3170	3430	190	230
3	15	0	100	7.92	8.37	470	600	90	120
4	15	13	10	7.96	8.30	379	370	104	110
5	15	14	5	8.11	8.35	348	406	100	109
6	15	14	5	8.11	8.38	350	439	100	110
7	15	11	20	7.80	8.24	132	209	56	80

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade.

TABELA 20: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d'Água) para *Daphnia similis* e variáveis físicas e químicas em dezembro de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH		Cond. (µS/ cm)		Dureza (mg/l CaCO ₃)	
	I	F		I	F	I	F	I	F
Controle	15	15	0	7.32	7.35	193	190	48	48
1	15	7	53.3	7.41	7.73	498	501	98	110
2	15	1	93.3	7.60	7.96	1200	1290	380	420
3	15	10	33.3	7.69	7.95	479	489	120	129
4	15	10	33.3	7.02	7.84	236	265	10	118
5	15	9	40	7.63	7.86	290	270	90	106
6	15	10	33.3	7.87	7.93	296	326	86	94
7	15	14	6.6	7.10	7.80	172	223	70	80

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Indício de Toxicidade.

TABELA 21: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d' Água) para *Ceriodaphnia dubia* e variáveis físicas e químicas em março de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH		Cond. (µS/ cm)		Dureza (mg/l CaCO ₃)	
	I	F		I	F	I	F	I	F
Controle	15	15	0						
1	15	13	13.3	7.4	7.7	360	378	86	92
2	15	0	100	7.1	7.3	1726	1731	320	340
3	17	10	33.3	7.3	7.4	431	440	123	126
4	15	13	13.3	7.7	7.9	376	402	94	95
5	1	11	26.6	8.0	8.5	254	270	92	93
6	15	13	13.3	7.8	8.1	254	263	94	96
7	15	11	26.6	7.3	7.5	137	166	65	70

Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Indício de Toxicidade.

TABELA 22: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d' Água) para *Ceriodaphnia dubia* e variáveis físicas e químicas em agosto de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH		Cond. (µS/ cm)		Dureza (mg/l CaCO ₃)	
	I	F		I	F	I	F	I	F
Controle	15	15	0	7.21	7.25	132	134	46	48
1	15	1	93.3	7.70	8.0	720	776	102	129
2	15	0	100	6.99	8.3	2090	2213	220	270
3	15	4	73.3	8.00	8.1	206	431	140	149
4	15	12	20	7.94	8.1	260	327	136	145
5	15	12	20	7.59	8.2	280	290	140	142
6	15	10	33.3	7.60	8.0	284	312	140	146
7	15	12	20	7.02	7.8	98	121	56	68

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Indício de Toxicidade.

TABELA 23: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d' Água) para *Ceriodaphnia dubia* e variáveis físicas e químicas outubro de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH		Cond. (µS/ cm)		Dureza (mg/l CaCO ₃)	
	I	F		I	F	I	F	I	F
Controle	15	15	0	7.32	7.31	193	192	48	48
1	15	1	93.3	7.92	8.30	710	658	108	132
2	15	0	100	8.32	8.37	3170	3890	190	210
3	15	0	100	7.92	8.26	470	477	90	109
4	15	8	46.6	7.96	8.31	379	389	104	120
5	15	14	6.6	8.11	8.34	348	366	100	110
6	15	13	13.3	8.11	8.41	350	397	100	112
7	15	8	46.6	7.80	8.15	132	154	56	78

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Índice de Toxicidade.

TABELA 24: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d' Água) para *Ceriodaphnia dubia* e variáveis físicas e químicas em dezembro de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH		Cond. (µS/ cm)		Dureza (mg/l CaCO ₃)	
	I	F		I	F	I	F	I	F
Controle	15	15	0	7.32	7.39	193	197	48	49
1	15	2	86.6	7.41	7.75	498	509	98	114
2	15	0	100	7.60	7.94	1200	1210	380	418
3	15	2	86.6	7.69	7.96	489	474	120	130
4	15	4	73.3	7.02	7.83	236	251	100	120
5	15	1	93.3	7.63	7.83	270	298	90	100
6	15	8	46.6	7.87	7.96	296	319	86	98
7	15	12	20	7.10	7.85	172	220	70	86

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Índice de Toxicidade.

TABELA 24: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d' Água) para *Ceriodaphnia silvestrii* e variáveis físicas e químicas em março de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH		Cond. (µS/ cm)		Dureza (mg/l CaCO ₃)	
	I	F		I	F	I	F	I	F
Controle	15	15	0						
1	15	11	26.6	7.4	7.7	360	372	86	90
2	15	0	100	7.10	7.5	1726	1740	320	359
3	17	1	93.3	7.3	7.5	431	440	123	126
4	15	11	26.6	7.7	8.0	376	398	94	102
5	1	9	40	8.0	8.3	254	265	92	98
6	15	15	0	7.8	7.9	254	256	94	96
7	15	7	53.3	7.3	7.6	137	156	65	72

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Indício de Toxicidade.

TABELA 13: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d' Água) para *Ceriodaphnia silvestrii* e variáveis físicas e químicas em agosto de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH		Cond (µS/ cm)		Dureza (mg/l CaCO ₃)	
	I	F		I	F	I	F	I	F
Controle	15	15	0						
1	15	1	93.3	7.70	8.5	720	810	102	128
2	15	0	100	6.99	8.52	2090	2272	220	270
3	15	2	86.6	8.00	8.63	206	490	140	152
4	15	12	20	7.94	8.38	260	356	136	150
5	15	12	20	7.59	8.38	280	358	140	150
6	15	8	46.6	7.60	8.43	284	310	140	146
7	15	11	26.6	7.02	8.41	98	152	56	72

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Indício de Toxicidade.

TABELA 25: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (olhos d' Água) para *Ceriodaphnia silvestrii* e variáveis físicas e químicas em outubro de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH		Cond. (µS/ cm)		Dureza (mg/l CaCO ₃)	
	I	F		I	F	I	F	I	F
Controle	15	15	0	7.32	7.29	193	192	48	48
1	15	2	86.6	7.92	8.33	710	656	108	80
2	15	0	100	8.32	8.41	3.170	3.280	190	260
3	15	1	93.3	7.92	8.33	470	528	90	98
4	15	2	86.6	7.96	8.28	379	420	104	120
5	15	11	26.6	8.11	8.40	348	384	100	110
6	15	13	13.3	8.11	8.36	350	449	100	115
7	15	5	66.6	7.80	8.24	132	242	56	84

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Índice de Toxicidade.

TABELA 26: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de água da represa da Pampulha, de seus principais tributários (Sarandi e Ressaca) e do ponto controle (Olhos d' Água) para *Ceriodaphnia silvestrii* e variáveis físicas e químicas em dezembro de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH		Cond. (µS/ cm)		Dureza (mg/l CaCO ₃)	
	I	F		I	F	I	F	I	F
Controle	15	14	6.6	7.32	7.42	193	197	48	50
1	15	2	86.6	7.41	7.73	498	509	98	110
2	15	0	100	7.60	8.00	1.200	1.240	380	420
3	15	1	93.3	7.69	8.03	489	509	120	132
4	15	5	66.6	7.02	7.72	236	256	100	112
5	15	1	93.3	7.63	7.87	270	295	90	110
6	15	12	20	7.87	7.97	296	360	86	94
7	15	12	20	7.10	7.75	172	217	70	84

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade.

TABELA 27: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis* e variáveis físicas e químicas em março de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH	Cond. (µS/ cm)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
	I	F				
Controle	20	20	0	7.3	140	45
1	20	14	30	7.8	346	128
2	20	10	50	7.9	281	90
3	20	14	30	7.6	240	109
4	20	14	30	8.1	349	120
5	20	14	30	8.0	297	130
6	20	15	25	7.6	190	64
7	20	18	10	7.4	143	50

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Indício de Toxicidade.

TABELA 28: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis* e variáveis físicas e químicas em agosto de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	PH	Cond. (µS/ cm)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
	I	F				
Controle	20	20	0	7.3	160	48
1	20	14	30	6.80	785	120
2	20	12	40	8.53	1.199	240
3	20	14	30	8.52	432	110
4	20	16	20	8.42	333	90
5	20	14	30	8.45	339	100
6	20	10	50	8.50	349	170
7	20	13	35	8.50	252	72

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Indício de Toxicidade.

TABELA 29: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha e de seus principais tributários para *Daphnia similis* e variáveis físicas e químicas em outubro de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	PH	Cond. (µS/ cm)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
	I	F				
Controle	20	20	0	7.60	154	44.0
1	20	15	25	7.55	405	102
2	20	12	40	7.70	381	70
3	20	17	15	7.55	239	78
4	20	16	20	7.56	415	70
5	20	17	15	7.58	321	72
6	20	14	20	7.00	286	74
7	20	13	35	7.41	235	88

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em azul correspondem a Índice de Toxicidade.

TABELA 30: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Daphnia similis* e variáveis físicas e químicas em dezembro de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH	Cond. (µS/ cm)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
	I	F				
Controle	20	20	0	7.35	150	48
1	20	12	40	7.52	635	110
2	20	13	35	7.50	350	94
3	20	16	20	7.17	326	112
4	20	11	45	7.23	422	130
5	20	14	30	7.14	394	132
6	20	15	25	6.39	356	68
7	20	17	15	6.85	240	44

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em azul correspondem a Índice de Toxicidade.

TABELA 31: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Ceriodaphnia dubia* e variáveis físicas e químicas em março de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH	Cond. (µS/ cm)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
	I	F		F	F	F
Controle	20	20	0	7.4	145	46
1	20	11	45	8.1	332	124
2	20	10	50	7.8	273	88
3	20	12	40	7.9	242	100
4	20	2	90	8.2	355	110
5	20	13	35	8.1	337	132
6	20	14	30	7.4	185	60
7	20	16	20	7.3	120	49

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Indício de Toxicidade.

TABELA 32: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Ceriodaphnia dubia* e variáveis físicas e químicas em agosto de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH	Cond. (µS/ cm)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
	I	F		F	F	F
Controle	20	20	0	7.9	154	46
1	20	9	55	7.03	781	165
2	20	10	50	8.47	1146	106
3	20	7	65	8.47	404	200
4	20	8	60	8.33	333	135
5	20	11	45	7.58	330	150
6	20	6	70	7.05	327	100
7	20	10	50	8.50	147	80

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Indício de Toxicidade.

TABELA 33: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha e de seus principais tributários para *Ceriodaphnia dubia* e variáveis físicas e químicas em outubro de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH	Cond. (µS/ cm)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
	I	F				
Controle	20	20	0	7.60	150	44
1	20	13	35	7.55	405	109
2	20	9	55	7.70	381	79
3	20	16	20	7.55	239	78
4	20	9	55	7.56	415	70
5	20	12	40	7.58	321	80
6	20	12	40	7.00	286	78
7	20	3	85	7.41	235	86

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Indício de Toxicidade.

TABELA 34: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Ceriodaphnia dubia* e variáveis físicas e químicas em dezembro de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH	Cond. (µS/ cm)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
	I	F				
Controle	20	20	0	7.4	146	44
1	20	2	90	7.52	598	130
2	20	8	60	7.50	283	90
3	20	12	40	7.17	320	110
4	20	7	65	7.23	432	140
5	20	12	40	7.14	380	138
6	20	12	40	6.39	332	70
7	20	15	25	6.85	160	48

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Indício de Toxicidade.

Tabela 35: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Ceriodaphnia silvestrii* e variáveis físicas e químicas em março de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH	Cond. (µS/ cm)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
	I	F				
Controle	20	20	0	7.4	140	46
1	20	12	40	8.4	320	120
2	20	9	55	7.9	286	87
3	20	12	40	8.2	242	101
4	20	14	30	8.4	365	114
5	20	12	40	8.4	320	112
6	20	16	20	7.9	231	62
7	20	14	30	7.4	135	46

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade, valores em azul correspondem a Índice de Toxicidade

TABELA 36: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Ceriodaphnia silvestrii* e variáveis físicas e químicas em agosto de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH	Cond. (µS/ cm)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
	I	F				
Controle	20	20	0	7.9	154	46
1	20	7	65	7.9	536	187
2	20	6	70	8.0	381	105
3	20	6	70	8.3	620	210
4	20	5	75	8.2	415	127
5	20	9	55	8.2	385	157
6	20	8	60	7.7	270	90
7	20	4	80	8.3	210	75

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade.

TABELA 37: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha e de seus principais tributários para *Ceriodaphnia silvestrii* e variáveis físicas e químicas em outubro de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH	Condutividade (µS/ cm)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
	I	F				
Controle	20	20	0	7.50	165	46
1	20	13	35	7.45	411	106
2	20	10	50	7.64	363	66
3	20	12	40	7.44	244	72
4	20	9	55	7.28	417	82
5	20	10	50	7.34	318	80
6	20	12	40	7.00	282	72
7	20	1	95	7.26	235	90

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Índice de Toxicidade.

TABELA 38: Bioensaios de toxicidade aguda (48h) com amostras de sedimento da represa da Pampulha (MG) e de seus principais tributários para *Ceriodaphnia silvestrii* e variáveis físicas e químicas em dezembro de 1999.

Ponto	Nº de Organismos		% de Imobilidade	pH	Cond. (µS/ cm)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
	I	F				
Controle	20	19	5	7.5	152	43
1	20	1	95	7.60	600	150
2	20	5	75	7.60	292	88
3	20	11	45	7.37	326	112
4	20	7	65	7.14	425	84
5	20	10	50	7.04	367	126
6	20	12	40	6.5	336	72
7	20	16	20	7.6	176	46

*Controle com água de cultivo; I = inicial e F = final; valores em vermelho correspondem a Toxicidade e valores em azul correspondem a Índice de Toxicidade.