

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
ENGENHARIA AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO DA ÁREA
RURAL DO MUNICÍPIO DE BOM REPOUSO, MG.

Aluna: Juliana Cristina de Resende

Orientador: Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola

Monografia apresentada ao curso de
graduação em Engenharia Ambiental
da Escola de Engenharia de São
Carlos, da Universidade de São Paulo.

São Carlos, SP
2009

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Juliana Cristina de Resende

Monografia defendida e aprovada em: 27 de agosto de 2009 pela Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola

Dra. Janete Brigitte

Dra. Suzelei Rodquer

Prof. Dr. Marcelo Zaiat
Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

*Dedico esta monografia aos meus pais, Celso e Graça,
e ao meu irmão, Eduardo, pelo amor incondicional,
incentivo e apoio em todos os momentos da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por todas as oportunidades que tive no decorrer da vida e por ter me dado a força necessária para vencer os obstáculos encontrados no caminho.

Ao Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola pela orientação, pelo incentivo, pela oportunidade única de aprendizado e crescimento profissional e, sobretudo, pela confiança em mim depositada.

À Dra. Janete Brigante e à Dra. Suzelei Rodgher pela disponibilidade em participar da banca julgadora e pelas sugestões apresentadas para o aprimoramento deste trabalho.

À doutoranda Giselle de Paula Queiroz Cunha pelo incentivo, orientações sobre o município de Bom Repouso e pela constante disponibilidade em ajudar.

À Dra. Fernanda Teixeira e Marciano pelo auxílio nas análises estatísticas e, principalmente, pela orientação, atenção e paciência durante o trabalho no córrego São José (São Carlos, SP), que foram de extrema importância para o meu amadurecimento profissional.

A todos os funcionários e pesquisadores do NEEA (CRHEA-EESC-USP) por tornar o ambiente de trabalho tão agradável. Em especial, à Dra. Clarice Rispoli Botta, ao mestrandos Danilo Sandro Barbosa e aos técnicos Amandio de Menezes Nogueira e Marcelo de Menezes Nogueira, pessoas fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos moradores de Bom Repouso (MG) pela receptividade e, principalmente, aos funcionários da unidade da COPASA do município por terem permitido a utilização do laboratório e nos recebido tão cordialmente.

A todos os meus amigos, que, mesmo que inconscientemente, foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. Obrigada pelas palavras de apoio e por, muitas vezes, simplesmente me escutarem.

Ao Davi e a toda a minha família, em especial aos meus pais, Celso e Graça, ao meu irmão, Eduardo, à minha tia Dora e ao meu avô materno José Lúcio. Não tenho palavras para agradecer todo o amor, carinho, dedicação, atenção, apoio e confiança.

À minha avó materna, Maria Sebastiana de Resende (*in memoriam*), pelo grande exemplo de vida.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de iniciação científica (Processo 08/50556-7).

Enfim, a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta pesquisa.

"O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada.

Caminhando e semeando, no fim terás o que colher."

Cora Coralina

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	II
LISTA DE FIGURAS.....	III
LISTA DE TABELAS	VIII
RESUMO.....	X
ABSTRACT.....	XI
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. A DEGRADAÇÃO DOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS	1
1.2. AGROTÓXICOS.....	2
1.3. METAIS PESADOS.....	4
1.4. ECOTOXICOLOGIA AQUÁTICA	5
2. JUSTIFICATIVA.....	6
3. OBJETIVOS	7
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	8
5. MATERIAIS E MÉTODOS	11
5.1. ESTAÇÕES DE COLETA E PERÍODOS DE AMOSTRAGEM	11
5.2. PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	17
5.3. VARIÁVEIS DA ÁGUA	17
5.4. VARIÁVEIS DO SEDIMENTO	18
5.5. ENSAIOS DE TOXICIDADE	18
5.5.1. <i>Testes de toxicidade aguda</i>	18
5.5.2. <i>Testes de toxicidade crônica</i>	20
5.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	21
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6.1. PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	23
6.2. VARIÁVEIS DA ÁGUA	24
6.3. VARIÁVEIS DO SEDIMENTO	47
6.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	54
6.5. ENSAIOS DE TOXICIDADE	56
6.5.1. <i>Toxicidade aguda</i>	56
6.5.2. <i>Toxicidade crônica</i>	57
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
8. CONCLUSÕES.....	62
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXO A	73
ANEXO B	86
ANEXO C	87
ANEXO D	88
ANEXO E	89
ANEXO F	90
ANEXO G	91
ANEXO H	92
ANEXO I	93
ANEXO J	94
ANEXO K.....	103

LISTA DE ABREVIATURAS

- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA Agência Nacional das Águas
CETESB Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Cluster Análise de Agrupamento
Conama Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRHEA Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Universidade de São Paulo
DBO Demanda Bioquímica de Oxigênio
EESC Escola de Engenharia de São Carlos
IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LD Limite de detecção
LQ Limite de quantificação
MANOVA Análise Multivariada da Variância
MSI Material em suspensão inorgânico
MSO Material em suspensão orgânico
MST Material em suspensão total
NEEA Núcleo de Estudos em Ecossistemas Aquáticos
NMP Número mais provável
NOT Nitrogênio Orgânico Total
OD Oxigênio dissolvido
PCA Análise de Componentes Principais
PETROBRAS Petróleo Brasileiro S/A
pH Potencial hidrogeniônico
T Temperatura
UNT Unidade Nefelométrica de Turbidez

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica de montante do rio Mogi-Guaçu. Em destaque a região de estudo, correspondente aos limites municipais de Bom Repouso – MG. Fonte: Hanai (2009).</i>	9
<i>Figura 2 - Área de cultivo de morango (esquerda) e de batata (direita) no município de Bom Repouso (MG). Fontes: Arquivo pessoal (2008) e acervo fotográfico do Projeto Mogi-Guaçu (2005), respectivamente.</i>	9
<i>Figura 3 - Agricultores aplicando agrotóxicos em uma lavoura de batata no município de Bom Repouso. Fonte: Arquivo pessoal (2008).</i>	10
<i>Figura 4 - Descarte inadequado de embalagens vazias de agrotóxicos no município de Bom Repouso. Fonte: Arquivo pessoal (2008).</i>	11
<i>Figura 5 - Distribuição aproximada dos pontos de amostragem entre os bairros do município de Bom Repouso, MG (Escala: 1:40.000). Fonte: Zoneamento Agroclimático do Estado de Minas Gerais e V Distrito de Meteorologia – Bom Repouso, adaptado por Mendonça, A. H. & Sakakibara, N. (Projeto Mogi-Guaçu, 2005).</i>	16
<i>Figura 6 - <i>Daphnia</i> sp. Fonte: Costa (2007).</i>	19
<i>Figura 7 - <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>. Fonte: Costa (2007).</i>	20
<i>Figura 8 - Precipitação total mensal (mm) nos meses de janeiro a agosto de 2008. Em destaque os dois meses em que as coletas foram realizadas. Fonte: posto pluviométrico de Inconfidentes (MG), código 2246056 (ANA, 2008).</i>	23
<i>Figura 9 - Precipitação diária (mm) no mês de janeiro de 2008, com destaque para os dias em que foram efetuadas as coletas do período chuvoso. Fonte: posto pluviométrico de Inconfidentes (MG), código 2246056 (ANA, 2008).</i>	24
<i>Figura 10 - Resultados de temperatura nas estações de coleta durante a amostragem realizada no mês de janeiro de 2008.</i>	25
<i>Figura 11 - Resultados de temperatura nas estações de coleta durante a amostragem realizada no mês de julho de 2008.</i>	25
<i>Figura 12 - Potencial hidrogeniônico (pH) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de janeiro de 2008. Em vermelho, o limite inferior de pH</i>	

<i>estabelecido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde para consumo humano e pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 1 (pH entre 6 e 9).....</i>	26
<i>Figura 13 - Potencial hidrogeniônico (pH) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008. Em vermelho, o limite inferior de pH estabelecido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde para consumo humano e pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 1 (pH entre 6 e 9).....</i>	26
<i>Figura 14 - Oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de janeiro de 2008. Em vermelho, o valor mínimo de oxigênio dissolvido estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 1 (6 mg.L⁻¹).</i>	27
<i>Figura 15 - Oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008. Em vermelho, o valor mínimo de oxigênio dissolvido estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 1 (6 mg.L⁻¹).</i>	27
<i>Figura 16 - Condutividade (μS.cm⁻¹) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de janeiro de 2008.....</i>	28
<i>Figura 17 - Condutividade (μS.cm⁻¹) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008.....</i>	29
<i>Figura 18 - Turbidez (UNT) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de janeiro de 2008. Em verde, o padrão de aceitação para consumo humano de turbidez estabelecido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (5 UNT).</i>	29
<i>Figura 19 - Turbidez (UNT) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008. Em verde, o padrão de aceitação para consumo humano de turbidez estabelecido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (5 UNT).</i>	30
<i>Figura 20 - Amostra de água da estação de coleta 31 no dia da coleta, após precipitação intensa ocorrida no dia da coleta.....</i>	30
<i>Figura 21 - Nitrogênio orgânico total (mg.L⁻¹) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008.....</i>	31
<i>Figura 22 - Nitrogênio orgânico total (mg.L⁻¹) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008. Em vermelho, o limite de nitrogênio orgânico total (NOT) estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 1 (2,18 mg.L⁻¹).</i>	32

<i>Figura 23 - Filtros utilizados na determinação da concentração de material em suspensão da amostra de água referente à estação de coleta 6, no coleta realizada em julho.</i>	32
<i>Figura 24 - Nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008.</i>	33
<i>Figura 25 - Nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008.</i>	33
<i>Figura 26 - Nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008.</i>	34
<i>Figura 27 - Nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008.</i>	34
<i>Figura 28 - Amônia ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008. Em vermelho, o limite de concentração de amônia estabelecido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde para consumo humano ($1500 \mu\text{g.L}^{-1}$).</i>	35
<i>Figura 29 - Amônia ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008.</i>	35
<i>Figura 30 - Fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008. Em vermelho, o valor máximo de fósforo total estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para ambientes lóticos de classe 1 ($100 \mu\text{g.L}^{-1}$).</i>	36
<i>Figura 31 - Fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008. Em vermelho, o valor máximo de fósforo total estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para ambientes lóticos de classe 1 ($100 \mu\text{g.L}^{-1}$).</i>	36
<i>Figura 32 - Fosfato total dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008.</i>	37
<i>Figura 33 - Fosfato total dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008.</i>	37
<i>Figura 34 - Fosfato inorgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008.</i>	38
<i>Figura 35 - Fosfato inorgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008.</i>	38

<i>Figura 36 - Silicato (mg.L⁻¹) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008.....</i>	39
<i>Figura 37 - Silicato (mg.L⁻¹) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008.....</i>	39
<i>Figura 38 - Teores de material orgânico (MSO) e inorgânico (MSI) em suspensão (mg.L⁻¹) na água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de janeiro de 2008.....</i>	40
<i>Figura 39 - Teores de material orgânico (MSO) e inorgânico (MSI) em suspensão (mg.L⁻¹) na água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008.</i>	40
<i>Figura 40 - Número mais provável (NMP) de coliformes totais em 100 mL nos diversos pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008.</i>	41
<i>Figura 41 - Número mais provável (NMP) de coliformes fecais em 100 mL nos diversos pontos de amostragem na coleta realizada no mês de janeiro de 2008. Em vermelho, o limite de coliformes fecais estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (200 NMP em 100 mL). Em verde, o valor máximo de coliformes fecais aceito para consumo humano pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (Ausência em 100 mL).</i>	42
<i>Figura 42 - Número mais provável (NMP) de coliformes fecais em 100 mL nos diversos pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008. Em vermelho, o limite de coliformes fecais estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (200 NMP em 100 mL). Em verde, o valor máximo de coliformes fecais aceito para consumo humano pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (Ausência em 100 mL).</i>	42
<i>Figura 43 - Dados de granulometria do sedimento de 14 estações de coleta, durante a coleta de janeiro de 2008.</i>	48
<i>Figura 44 - Dados de granulometria do sedimento de 11 estações de coleta, durante a coleta de julho de 2008.....</i>	48
<i>Figura 45 - Porcentagem de nitrogênio orgânico total no sedimento dos pontos de amostragem caracterizados como nascentes durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.....</i>	49

<i>Figura 46 - Porcentagem de nitrogênio orgânico total no sedimento dos pontos de amostragem caracterizados como nascentes durante a coleta realizada no mês de julho de 2008.....</i>	49
<i>Figura 47 - Níveis de fósforo total ($\mu\text{g.g}^{-1}$) no sedimento dos pontos de amostragem caracterizados como nascentes durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.....</i>	50
<i>Figura 48 - Níveis de fósforo total ($\mu\text{g.g}^{-1}$) no sedimento dos pontos de amostragem caracterizados como nascentes durante a coleta realizada no mês de julho de 2008.</i>	50
<i>Figura 49 - Porcentagem de matéria orgânica do sedimento dos pontos de amostragem caracterizados como nascentes durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.....</i>	51
<i>Figura 50 - Porcentagem de matéria orgânica do sedimento dos pontos de amostragem caracterizados como nascentes durante a coleta realizada no mês de julho de 2008.</i>	51
<i>Figura 51 - Porcentagem de imobilidade de neonatos de <i>Daphnia similis</i> obtidos de bioensaios de toxicidade aguda com amostras de água, das diversas estações de amostragem, coletadas no mês de janeiro de 2008. Nessa amostragem, não houve coleta de amostra da estação 17. Em vermelho, porcentagem a partir da qual se considerou indício de toxicidade (10%)......</i>	57
<i>Figura 52 - Porcentagem de imobilidade de neonatos de <i>Daphnia similis</i> obtidos de bioensaios de toxicidade aguda com amostras de água, das diversas estações de amostragem, coletadas no mês de julho de 2008. Em vermelho, porcentagem a partir da qual se considerou indício de toxicidade (10%)......</i>	57
<i>Figura 53 - Porcentagem de neonatos de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> em relação à amostra-controle, obtida de bioensaios de toxicidade crônica com água, para a coleta realizada no mês de janeiro de 2008. Em destaque, as estações de coleta cujas amostras causaram efeito tóxico significativo nos organismos-teste.</i>	59
<i>Figura 54 - Porcentagem de neonatos de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> em relação à amostra-controle, obtida de bioensaios de toxicidade crônica com água, para a coleta realizada no mês de julho de 2008. Em destaque, as estações de coleta cujas amostras causaram efeito tóxico significativo nos organismos-teste.</i>	59

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 - Caracterização geral das estações de coleta no município de Bom Repouso, MG.</i>	12
<i>Tabela 2 - Metodologias e referências utilizadas nas análises das variáveis físicas, químicas e biológicas da água.</i>	17
<i>Tabela 3 - Metodologias e referências utilizadas nas análises das variáveis físicas e químicas do sedimento.</i>	18
<i>Tabela 4 - Concentração de metais totais (Fe, Ni, Cr, Zn, Pb, Cu, Cd e Mn) - ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem na coleta realizada no mês de janeiro de 2008.</i>	44
<i>Tabela 5 - Concentração de metais totais (Fe, Ni, Cr, Zn, Pb, Cu, Cd, Mn, Co, Na e Al) - ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008.</i> ..	45
<i>Tabela 6 - Pesticidas encontrados nas amostras de água ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$).</i>	46
<i>Tabela 7 - Concentração de metais potencialmente biodisponíveis (Fe, Ni, Cr, Zn, Pb, Cu, Cd e Mn) - ($\text{mg}.\text{Kg}^{-1}$) nas diferentes estações de amostragem, na coleta realizada no mês de janeiro de 2008.</i>	53
<i>Tabela 8 - Concentração de metais potencialmente biodisponíveis (Fe, Ni, Cr, Zn, Pb, Cu, Cd, Mn, Na, Al e Co) - ($\text{mg}.\text{Kg}^{-1}$) nas diferentes estações de amostragem, na coleta realizada no mês de julho de 2008.</i>	53
<i>Tabela 9 - Parâmetros orientadores para a concentração de metais no sedimento ($\text{mg}.\text{Kg}^{-1}$) segundo Thomas (1987) – Controle de despejos dos sedimentos dragados (EPA).</i>	54
<i>Tabela 10 - Resultados dos coeficientes de correlação cofenética.</i>	56
<i>Tabela 11 - Variáveis analisadas e respectivas estações de coleta em desacordo com os limites estabelecidos pela Portaria 518/04 e Resoluções CONAMA 357/05 e 396/08.</i>	60
<i>Tabela 12 - Precipitação total mensal (mm) nos meses de janeiro a agosto de 2008. Fonte: posto pluviométrico de Inconfidentes (MG), código 2246056 (ANA, 2008).</i>	73
<i>Tabela 13 – Valores de pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido (OD - $\text{mg}.\text{L}^{-1}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e turbidez (UNT) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.</i>	74

<i>Tabela 14 - Valores de pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido (OD - $\text{mg}.\text{L}^{-1}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e turbidez (UNT) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de julho de 2008.....</i>	75
<i>Tabela 15 - Valores de nitrogênio orgânico total ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$) e de fósforo total ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.....</i>	76
<i>Tabela 16 - Valores de nitrogênio orgânico total ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$) e de fósforo total ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de julho de 2008... </i>	77
<i>Tabela 17 - Valores de nitrito ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$), silicato ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$), fosfato inorgânico ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$), nitrato ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$), fosfato total dissolvido ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$) e amônia ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.....</i>	78
<i>Tabela 18 - Valores de nitrito ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$), silicato ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$), fosfato inorgânico ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$), nitrato ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$), fosfato total dissolvido ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$) e amônia ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de julho de 2008.</i>	79
<i>Tabela 19 - Valores de material em suspensão total (MST), material em suspensão orgânico (MSO) e material em suspensão inorgânico (MSI) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.....</i>	80
<i>Tabela 20 - Valores de material em suspensão total (MST), material em suspensão orgânico (MSO) e material em suspensão inorgânico (MSI) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de julho de 2008.</i>	81
<i>Tabela 21 - Valores dos coliformes fecais (NMP em 100 mL) analisados nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.</i>	82
<i>Tabela 22 - Valores dos coliformes totais e fecais (NMP em 100 mL) analisados nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de julho de 2008.....</i>	83
<i>Tabela 23 - Valores de granulometria do sedimento referente à coleta do mês de janeiro de 2008.....</i>	84
<i>Tabela 24 - Valores de granulometria do sedimento referente à coleta do mês de julho de 2008.....</i>	84
<i>Tabela 25 - Valores de nitrogênio total (%), fósforo total ($\mu\text{g}.\text{g}^{-1}$) e matéria orgânica (%) do sedimento durante a coleta do mês de janeiro de 2008.....</i>	85
<i>Tabela 26 - Valores de nitrogênio total (%), fósforo total ($\mu\text{g}.\text{g}^{-1}$) e matéria orgânica (%) do sedimento durante a coleta do mês de julho de 2008.....</i>	85

RESUMO

RESENDE, J. C. **Avaliação das águas de abastecimento da área rural do município de Bom Repouso, MG.** 2009. 132 f. Monografia de Graduação, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

Os ecossistemas aquáticos, de maneira geral, constituem um dos recursos naturais mais relevantes tanto do ponto de vista ecológico quanto do econômico e social. Localizado na bacia hidrográfica de montante do rio Mogi-Guaçu, o município de Bom Repouso é considerado estratégico quanto à questão hídrica, visto que se caracteriza pela presença de elevada quantidade de nascentes (368 nascentes catalogadas). No entanto, as atividades antrópicas como, por exemplo, os cultivos de batata e morango, base da economia do município, estão sendo responsáveis por uma série de impactos ambientais na região, colocando em risco a permanência das nascentes, a qualidade da água e, consequentemente, a saúde da população local, que utiliza a água das nascentes como alternativa de abastecimento doméstico. Neste contexto, o presente estudo buscou avaliar a qualidade das águas de abastecimento, principalmente, da área rural do município de Bom Repouso (MG) em diferentes períodos hidrológicos, por meio de coletas realizadas em janeiro e julho de 2008. Para tornar possível essa avaliação, realizaram-se análises físicas, químicas e biológicas da água, análises físicas e químicas do sedimento e bioensaios de toxicidade aguda e crônica da água utilizando-se, respectivamente, *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia silvestrii* como organismos-teste. Dentre as variáveis físicas, químicas e biológicas analisadas nas amostras de água, 11 apresentaram, em pelo menos um dos períodos de coleta, valores em desacordo com os limites estabelecidos pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e/ou pelas Resoluções Conama 396/08 e 357/05. Em relação aos bioensaios de toxicidade, duas amostras (estação 6 e 26) provocaram efeito tóxico agudo nos organismos-teste ($>50\%$ de imobilidade dos organismos-teste). Além disso, cerca de 40% das amostras coletadas em janeiro e 36% das coletadas em julho causaram porcentagem superior a 10% de imobilidade dos neonatos e, dessa forma, foram consideradas com indício de toxicidade. Nos bioensaios de toxicidade crônica, constatou-se efeito tóxico significativo (85,7 % das amostras coletadas em janeiro e 76% das coletadas em julho causaram toxicidade crônica nos organismos-teste). Assim, os resultados obtidos permitem inferir que as atividades humanas, particularmente relacionadas ao uso do solo, têm alterado a qualidade da água na região. Além disso, considerando-se o número de coliformes fecais encontrados em algumas amostras, é possível afirmar que as mesmas não apresentaram condições sanitárias satisfatórias, exigindo medidas preventivas quanto à contaminação das mesmas e a desinfecção para consumo humano.

Palavras-chave: água de abastecimento, nascentes, limnologia, ecotoxicologia, Bom Repouso (MG).

ABSTRACT

RESENDE, J. C. **Assessment of water supply in rural areas of the city of Bom Repouso, MG.** 2009. 132 p. Course Conclusion Monograph, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

Aquatic ecosystems, in general, are one of the most important natural resources of both the ecological point of view about the economic and social. Situated in the region of the hydrographic basin of sum of the river Mogi-Guaçu, the City of Bom Repouso is considered strategical how much to the water question, since it is characterized for the presence of the great amount of springs (368 springs cataloged). However, human activities such as the potato and strawberry crops, the economic base of the city, are responsible for many environmental impacts in the region, putting at risk the permanence of springs, water quality and thus the health of the local population, that use the springs water as alternative of domestic supply. In this context, this study aimed to evaluate the quality of water supply, mainly, of rural area of the city of Bom Repouso (MG) during different hydrological periods, through two sampling campaigns, in January and July, 2008. To enable this assessment, were performed physical, chemical and biological analysis of water, chemical and physical analysis of sediment and acute and chronic toxicity tests of the water by using, respectively, *Daphnia similis* and *Ceriodaphnia silvestrii* as test-organisms. Among the physical, chemical and biological analysis on water samples, 11 had, at least one of the periods of collection, values in disaccord with the limits established by the 518/04 decree of the Ministry of Health and / or the Conama 396 / 08 and 357/05 resolutions. For the toxicity tests, two samples (sampling stations 6 and 26) cause acute toxic effects in organisms-test (> 50% of immobility of the test-organisms). Moreover, about 40% of samples collected in January and 36% of the samples collected in July caused more than 10% of immobility of organisms and thus were considered with evidence of toxicity. At the chronic toxicity tests, it was significant toxic effect (about 85.7% of the samples collected in January and 76% of collected in July caused chronic toxicity in organisms-test). So, the results obtained in this study suggest that human activities, particularly related to the use of land, have changed the water quality in the region. Moreover, considering the number of fecal coliform found in some samples, it is possible to say that they did not show satisfactory sanitary conditions, requiring preventive measures to the contamination and the disinfection of the water for human consumption.

Keywords: water supply, springs, limnology, ecotoxicology, Bom Repouso (MG).

1. INTRODUÇÃO

1.1. A degradação dos ecossistemas aquáticos

Os ecossistemas aquáticos podem ser diferenciados em ambientes lênticos, lóticos e regiões alagadas, que possuem características químicas, físicas e biológicas distintas entre si, mas que também apresentam alguns elementos em comum, determinando assim um equilíbrio dinâmico global (Margalef, 1974; Tundisi, 1979; Pianka, 1982). Esse equilíbrio, no entanto, tem sido ameaçado por pressões ambientais crescentes, resultando em uma variedade de efeitos prejudiciais aos recursos hídricos e no consequente comprometimento de seus usos múltiplos.

Nesse contexto, torna-se fundamental o gerenciamento, a conservação e a recuperação desses sistemas. Esse gerenciamento, no entanto, é bastante complexo, uma vez que depende de uma base de dados consistente e do desenvolvimento de mecanismos de transferência do conhecimento científico básico para a sociedade (CUNHA, 2007).

No Brasil, a situação de poluição dos recursos hídricos apresenta-se de forma bastante diversificada como reflexo da variabilidade de desenvolvimento socioeconômico e disponibilidade hídrica nas regiões, dificultando a sistematização de dados abrangentes e, consequentemente, prejudicando o planejamento e o desenvolvimento de políticas voltadas para a área (ZAMPIERON & VIEIRA, 2003).

Uma alternativa para amenizar os problemas decorrentes dessa variabilidade foi o enquadramento dos corpos de água em classes segundo os seus usos preponderantes. O enquadramento é um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos que visa estabelecer metas de qualidade para os corpos de água de maneira a compatibilizar os usos múltiplos dos recursos hídricos, com base na qualidade ambiental desejada para os mesmos, com o desenvolvimento econômico, auxiliando no planejamento ambiental das bacias hidrográficas e no uso sustentável dos recursos naturais.

A avaliação da qualidade da água de mananciais de uma determinada região já não pode se restringir a um simples balanço entre oferta e potenciais, mas deve abranger também os seus inter-relacionamentos geoambientais e sócio-culturais, em especial as condições de uso e conservação dos seus recursos naturais em geral, permitindo a determinação de políticas de planejamento adequadas e a atenuação dos impactos ambientais (REBOUÇAS, 2002).

Essa avaliação tem sofrido ao longo dos últimos anos mudanças substanciais em sua concepção, afetando, direta e indiretamente, a elaboração de programas de monitoramento em diversos países. Essa mudança de paradigma leva a uma nova abordagem, que inclui a

avaliação da qualidade dos sedimentos, compartimento dos ecossistemas aquáticos que deixou de ser considerado apenas como um ambiente de geoacumulação de nutrientes (bem como, e, às vezes, especialmente de contaminantes), mas também de trocas e/ou interações dessas espécies com a coluna de água e a biota residente (neste caso, bioacumulação) (MOZETO et al., 2006).

Segundo Lemes (2001), as fontes de poluição das águas estão associadas ao tipo de uso e ocupação do solo, e cada uma dessas fontes possui características próprias quanto aos poluentes que transportam. Dentre as formas de poluição não pontuais, o escoamento agrícola é bastante preocupante, uma vez que a atividade é amplamente disseminada no Brasil, ocupa grandes extensões do território e inclui uma grande variedade de atividades (BAPTISTA; BUSS; EGLER, 2003).

Desta maneira, o estudo de um sistema aquático, como o apresentado nesse trabalho, pode contribuir para aprimorar a gestão e o monitoramento da região pesquisada, fornecendo subsídios para a criação de um plano de manejo que concilie desenvolvimento social, econômico e ambiental.

1.2. Agrotóxicos

A poluição potencial por agrotóxicos tem se tornado, cada vez mais, fator de preocupação. Ainda que não se possa negar que os agrotóxicos possibilitaram o aumento da produtividade agrícola e que têm ajudado a eliminar vetores transmissores de doenças, seu uso desordenado está sendo responsável por sérios impactos ao ambiente, uma vez que não afetam somente os organismos-alvo, podendo promover a eliminação de organismos benéficos, a redução da biodiversidade, causar a seleção biológica de organismos indesejáveis e alterar a ciclagem de nutrientes e de matéria orgânica, induzindo a um desequilíbrio biológico (BETTIOL & GHINI, 2003; VIEIRA, 2004).

Vale ressaltar também que, conforme mencionado por Zagatto & Bertoletti (2006), a combinação de suas propriedades físico-químicas, tais como alta lipofilicidade (evidenciada pelo elevado coeficiente de partição octanol/água) e lenta eliminação (devido ao seu metabolismo limitado, decorrente de sua estabilidade química), resulta na sua persistência e bioacumulação.

Além dos efeitos potenciais ao meio ambiente, estes resíduos podem chegar ao homem através da cadeia alimentar e ocasionar danos à saúde. (TOMITA & BEYRUTH, 2002). A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que em cada ano pelo menos 1 milhão de pessoas são intoxicadas por pesticidas e de 3.000 a 20.000 dessas são levadas a óbito (WHO,

1990). Pelo menos metade dessas intoxicações e 75% dessas mortes ocorrem em populações de agricultores nos países em desenvolvimento, onde o nível educacional é baixo, os cuidados são poucos, e a regulamentação e os métodos de controle são frequentemente negligentes ou inexistentes.

Todavia, do ponto de vista epidemiológico, correlacionar os efeitos de compostos químicos específicos sobre a saúde humana é uma tarefa bastante complexa, pois depende do perfil toxicológico do produto, do tipo e da intensidade da exposição experimentada pelos indivíduos e da susceptibilidade da população exposta. As dificuldades são inúmeras em face da variedade dos métodos de utilização dos produtos, a multiplicidade de fatores de risco no ambiente, a dificuldade de mensurar com precisão os níveis e tempo de exposição aos contaminantes e o desconhecimento da toxicidade apresentada por misturas de substâncias (DELGADO & PAUMGARTTEN, 2004; MAXIMIANO et al., 2005).

Segundo Dores & De-Lamonica-Freire (2001), em climas tropicais existem poucos estudos sobre o comportamento ambiental dos agrotóxicos e afins. Além disso, as propriedades físico-químicas e toxicológicas podem diferir grandemente entre os compostos de diferentes classes químicas e, inclusive, para os de uma mesma classe química, o que torna extremamente difícil fazer generalizações sobre os destinos e impactos dos mesmos no ambiente.

Uma quantidade considerável dos agrotóxicos aplicados em campo é dissipada para o ambiente. Segundo Bettoli & Ghini (2003), estima-se que cerca de 90% dos agrotóxicos não atingem o alvo. Os recursos hídricos aparecem como destino final desses compostos, uma vez que os mesmos podem alcançar os ambientes aquáticos através de diferentes rotas como, por exemplo, através da aplicação intencional, deriva e escoamento superficial a partir de áreas onde ocorrem aplicações (DA SILVA, 2004). De acordo com Miller et al. (1966) e Schulz (2004), o escoamento superficial parece ser a maior fonte de poluição difusa de agrotóxicos dos corpos de água.

Uma vez na água, os resíduos dos agrotóxicos interagem continuamente com os sedimentos e a coluna de água. Essa interação depende, dentre outros fatores, do grau de turbulência da água e da temperatura da mesma. Assim, os agrotóxicos podem ser aderidos ao material em suspensão, depositados nos sedimentos do fundo, absorvidos pelos organismos, transportados através do sistema aquático por difusão nas correntes de água ou nos corpos de organismos aquáticos ou ainda retornar à atmosfera por volatilização (TOMITA & BEYRUTH, 2002).

A conscientização quanto aos riscos oferecidos pelos agrotóxicos ainda é incipiente e o uso intensivo dos mesmos persiste como uma realidade em muitas regiões. O município de Bom Repouso (MG), por sua característica essencialmente agrícola, é um exemplo, com destaque para o cultivo de batata e morango, em que a aplicação de agrotóxicos é intensiva.

Diante do exposto, torna-se de fundamental importância o estudo do impacto dos agrotóxicos nos sistemas aquáticos, preocupando-se com a saúde ambiental (estabilidade dos ecossistemas) e do ser humano. Afinal, apesar dos mesmos constituírem pequena porcentagem dos poluentes totais, não se pode ser complacente com seu uso intensivo e abusivo, uma vez que, por sua natureza e propósitos, são venenos e seu impacto no ambiente pode ser considerável (SILVA & FAY, 2004).

1.3. Metais pesados

Metais pesados constituem parte integrante do ambiente e da matéria viva, ocorrendo naturalmente em pequenas concentrações, na ordem de partes por bilhão a partes por milhão. Entre esses, zinco, ferro, manganês, cobre, cobalto e molibdênio são alguns que se destacam por serem essenciais aos organismos, ainda que em quantidades mínimas, pois participam de processos fisiológicos como a cadeia respiratória (Fe e Cu integram os citocromos); outros elementos-traço como mercúrio, chumbo e cádmio não tem função biológica conhecida e seus efeitos sobre os elementos da biota normalmente são deletérios. Mesmo os que possuem função biológica, quando em concentrações um pouco mais elevadas do que o considerado essencial, podem causar toxicidade aos organismos (ESTEVES, 1988).

Esses compostos podem ser perigosos nos níveis registrados no ambiente, pois são poluentes conservativos, ou seja, não são passíveis de degradação, o que acarreta sua permanente adição ao meio aquático. Consequentemente, eles apresentam significativo potencial para bioacumulação na biota aquática, podendo, inclusive, biomagnificar-se ao longo de cadeias alimentares.

As fontes de poluição por metais em ecossistemas aquáticos, segundo Forstner & Wittman (1983), podem ser divididas da seguinte forma: erosão geológica, efluentes de mineração, efluentes industriais, efluentes domésticos, escoamento superficial urbano, escoamento de áreas rurais e fontes atmosféricas.

Concentrações elevadas dos mesmos ocorrem em muitos ecossistemas aquáticos devido às atividades antropogênicas, e sabe-se que os sedimentos constituem o mais importante reservatório de metais e de outros poluentes (BERVOETS et al., 1997). Os mesmos autores consideram que os componentes de maior importância para a disponibilidade

de metais são os níveis de matéria orgânica e argila, a concentração de óxidos de ferro e manganês e as características físicas e químicas da água intersticial.

Segundo Salomons & Forstner (1984), os sedimentos são importantes carreadores de metais no ciclo hidrológico, podendo refletir a atual qualidade do sistema, bem como o desenvolvimento histórico de certos parâmetros hidrológicos e químicos.

Assim, dentre as justificativas para se estudar a contaminação dos sedimentos por metais, pode-se afirmar que: (1) a presença desses contaminantes nos sedimentos dos corpos de água representa um potencial latente da degradação continuada desses ambientes mesmo que a coluna de água e sua biota não apresentem concentrações desses elementos acima daquelas previstas na legislação vigente, e (2) os sedimentos são uma fonte significativa de poluição que pode (dada a eventual baixa taxa de liberação desses contaminantes à coluna de água e à biota) deteriorar, persistentemente, a qualidade da água desses mananciais mesmo após a redução ou mesmo o abatimento completo das emissões (MOZETO, 2001).

Verifica-se, portanto, que esses poluentes estão distribuídos em diversos compartimentos dos ecossistemas aquáticos (água, sedimento e organismos), com efeitos significativos à biota, podendo atingir o ser humano através do processo de bioacumulação ou pela ingestão direta da água contaminada (DORNFELD, 2002).

Dessa maneira, considerando-se os riscos à saúde do ecossistema e a necessidade de se monitorar os sistemas aquáticos com a finalidade de atender os usos múltiplos ao qual eles se destinam, a determinação dos metais que estão envolvidos na dinâmica desse sistema é de fundamental importância.

1.4. Ecotoxicologia aquática

A ecotoxicologia é uma ciência multidisciplinar que objetiva proteger o ecossistema como um todo, avaliando, a partir de parâmetros ecológicos, os efeitos dos poluentes no ambiente, levando em consideração a interação existente entre o agente tóxico e o ambiente físico em que os organismos habitam (HOFFMAN et al., 1995).

A ecotoxicologia aquática, por sua vez, estuda os efeitos de compostos químicos sobre os organismos aquáticos, destacando especialmente os efeitos prejudiciais dos mesmos. Esses efeitos podem ser letais ou sub-letais, esses últimos incluindo alterações no crescimento, desenvolvimento, reprodução, respostas farmacocinéticas, fisiológicas e de comportamento, sendo expressas através de critérios mensuráveis como, por exemplo, o número de organismos mortos, porcentagem de ovos não viáveis e alterações no tamanho e peso (LUNA et al., 2004).

Os efeitos toxicológicos podem ser classificados em agudos ou crônicos. O efeito agudo é aquele que é identificado, em um curto período de tempo, após a ingestão de uma dose única, o contato com a pele ou a inalação do produto tóxico em questão. A intensidade dos efeitos depende da toxicidade do produto, da duração da exposição e do tipo de exposição. Já o efeito crônico é aquele que ocorre quando um organismo é exposto a múltiplas pequenas doses não letais de uma substância tóxica por longos períodos de tempo tais como semanas, meses ou anos (WAXMAN, 1998; ADAMS & ROWLAND, 2003).

Diversos organismos são utilizados para realizar testes ecotoxicológicos como, por exemplo, bactérias, fungos, algas, helmintos, microcrustáceos, plantas e peixes. Nesse estudo, foram utilizados como organismos-teste os microcrustáceos de água doce, *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia silvestrii*, pertencentes à classe Crustácea, da ordem Cladocera. No Brasil, a utilização dessas espécies para testes de toxicidade é normatizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, agência que indicou *C. silvestrii* para testes crônicos e *D. similis* para testes agudos (MASUTTI, 2005).

O conhecimento das propriedades físicas e químicas dos contaminantes orgânicos e inorgânicos é necessário para prever, por exemplo, onde ocorrerão maiores concentrações desses compostos. No entanto, para avaliar o impacto de substâncias tóxicas em ecossistemas aquáticos não basta simplesmente determinar suas concentrações químicas, pois as interações entre essas substâncias, o meio e a biota não são sempre esclarecidas através dessa quantificação (RODGHER, 2005).

Nesse contexto, a ecotoxicologia representa uma ferramenta essencial para uma melhor avaliação da toxicidade dessas substâncias em ambientes aquáticos e, portanto, a estratégia mais eficiente tem se mostrado, como no caso dessa pesquisa, o uso integrado de análises físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas (BERTOLETTI, 1990; ZAGATTO & BERTOLETTI, 2006).

2. JUSTIFICATIVA

Através dos estudos realizados por Brigante & Espíndola (2003), no decorrer de toda a extensão do rio Mogi-Guaçu, foi verificado o potencial hídrico da região de Bom Repouso e a crescente demanda de água para a irrigação dos cultivos de morango e batata, a qual vem ocasionando a poluição de nascentes. Além disso, os resultados de análises realizadas em três nascentes da região (nascentes do rio do Peixe, do rio Espraiado e do rio Mogi-Guaçu), demonstraram o impacto das atividades de cultivo na qualidade da água das nascentes e rios.

Os ensaios ecotoxicológicos realizados por Rodrigues (2007) também acusaram um impacto considerável da atividade agrícola e do uso indiscriminado de agrotóxicos na região, pois mesmo áreas tidas como livres da influência de agrotóxicos, apresentaram-se contaminadas com esses produtos. Situação similar também foi verificada por Lima (2006), ao avaliar os efeitos dos pesticidas utilizados nas lavouras de morango e batata no organismo-teste *Eisenia foetida* por meio de testes agudos e de evitamento. Estudos atuais, desenvolvidos na região por Espíndola et al. (em fase de elaboração) também demonstram os riscos ambientais e de saúde humana que estão associados ao uso indiscriminado dos agrotóxicos, o que foi avaliado e confirmado em entrevistas com a população rural, destacando o uso contínuo de mais de 30 produtos, a incidência de doenças como câncer e inúmeros casos de suicídio.

A escolha do município de Bom Repouso (MG) como área para o desenvolvimento deste projeto levou em consideração vários aspectos de degradação como os mencionados anteriormente, além da riqueza de nascentes presentes na região, o caráter limitado dos recursos hídricos diante do aumento da demanda por água e da degradação de sua qualidade pelos usos múltiplos, e a relevância da região de cabeceira para a manutenção do equilíbrio da bacia hidrográfica como um todo.

Dessa maneira, a realização de análises limnológicas com as amostras de água e sedimento da região e de ensaios ecotóxicológicos (agudos e crônicos) pode subsidiar o diagnóstico de irregularidades ambientais tendo como base a legislação ambiental, permitindo assim a conscientização dos moradores locais e a elaboração de um plano de monitoramento para as propriedades agrícolas. Além disso, o presente estudo complementa aqueles desenvolvidos ou em desenvolvimento pela equipe de pesquisadores do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Universidade de São Paulo (CRHEA/EESC/USP) que compõem o Projeto Mogi-Guaçu, o qual foi financiado pela Petrobras dentro do Programa Petrobras Ambiental. Adicionalmente, apresenta-se como subsídio a programas de educação ambiental que foram iniciados anteriormente pela equipe acima mencionada e que ainda continuam em andamento junto às escolas rurais e municipais da região de estudo.

3. OBJETIVOS

O objetivo principal do presente estudo foi avaliar a qualidade das águas de abastecimento do município de Bom Repouso (MG), em dois períodos amostrais distintos, com ênfase na área rural. Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Caracterizar do ponto de vista físico, químico e biológico (coliformes totais e fecais) as amostras de água;
- Avaliar as características físicas e químicas do sedimento das estações de coleta caracterizadas como nascentes e do Ribeirão da Boa Vereda;
- Avaliar a toxicidade das amostras de água por meio de bioensaios de toxicidade aguda e crônica da água utilizando-se, respectivamente, *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia silvestrii* como organismos-teste;
- Comparar os resultados obtidos com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde e as Resoluções 357/2005 e 396/2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu localiza-se na região sudoeste do estado de Minas Gerais e nordeste do estado de São Paulo, e desenvolve-se no sentido sudoeste-noroeste entre os paralelos 20° 55' e 22° 43' e os meridianos 46° 10' e 48° 26' (IBGE, 1982 apud BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003). É uma bacia de oitava ordem, com 20.193 canais. A área total de drenagem é de 17.460 Km², sendo 2.650 Km² localizados no estado de Minas Gerais e 14.653 Km² no estado de São Paulo (GANDOLFI, 1971).

A área localizada no estado de Minas Gerais é denominada bacia hidrográfica de montante do rio Mogi-Guaçu e abriga três microbacias: do rio Mogi-Guaçu, do rio Espraiado e do rio do Peixe. Dos 2.650 Km² da bacia de montante, 229,79 Km² correspondem ao município de Bom Repouso, que possui 10.482 habitantes (IBGE, 2007), apresenta as maiores altitudes da bacia e, como pode ser verificado no mapa apresentado no item 5.1 desse trabalho, uma alta densidade hidrográfica. Segundo a historiadora da região de Bom Repouso, Rosina Mariano, existem no município 368 nascentes catalogadas, mas estudos atuais desenvolvidos por Cunha¹ (em fase de elaboração) já mencionam aproximadamente 700.

A região é considerada Área Prioritária para a Conservação, indicada pelo Grupo de Fatores Abióticos de Minas Gerais, por fazer parte da Serra da Mantiqueira (COSTA, 1998). No entanto, a área vem sofrendo com as perdas quantitativas e qualitativas de recursos

¹ CUNHA, G. P. Q. (em fase de elaboração) Caracterização ambiental da região de montante do rio Mogi-Guaçu (Bom Repouso – MG): estratégias para replicabilidade e diretrizes para elaboração do plano de adequação ambiental. Dissertação (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

hídricos, o que se deve em grande parte ao cultivo de morango e batata em terrenos de elevada declividade, à retirada da vegetação nativa e ao uso maciço de agrotóxicos.

A Figura 1 apresenta a localização da bacia hidrográfica de montante do rio Mogi-Guaçu com destaque para a região administrativa de Bom Repouso, onde foi desenvolvido o presente estudo.



Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica de montante do rio Mogi-Guaçu. Em destaque a região de estudo, correspondente aos limites municipais de Bom Repouso – MG. Fonte: Hanai (2009).

A principal atividade econômica no município é a agricultura, com predomínio do cultivo de batata e morango (Figura 2).



Figura 2 - Área de cultivo de morango (esquerda) e de batata (direita) no município de Bom Repouso (MG). Fontes: Arquivo pessoal (2008) e acervo fotográfico do Projeto Mogi-Guaçu (2005), respectivamente.

No ano de 2005, foi realizada uma caracterização da atividade agrícola do município através de visitas a propriedades rurais e realização de entrevistas com os agricultores. Essa caracterização fez parte das atividades desenvolvidas pelo Núcleo de Agrotóxicos/Agricultura Alternativa do Projeto Mogi-Guaçu, patrocinado pelo Programa Petrobras Ambiental (LIMA, 2006).

O levantamento permitiu verificar que a estrutura fundiária do município está baseada em propriedades agrícolas de pequeno porte, onde a mão-de-obra é quase exclusivamente familiar, e que o modelo de produção agrícola predominante na região favorece o uso excessivo e inadequado de agrotóxicos (pulverizações de agrotóxicos constantes e sem a utilização de equipamentos de proteção adequados - 69% dos agricultores entrevistados utilizam apenas o pulverizador costal) (Figura 3), a utilização de áreas de grande declividade para o estabelecimento das plantações, a destruição da cobertura vegetal dos solos para plantio e a não conservação das matas ciliares e das vegetações protetoras de nascentes. Além disso, em geral, as embalagens vazias são queimadas, enterradas, jogadas próximo a rios e nascentes, abandonadas em áreas próximas a lavoura (Figura 4) ou misturadas ao lixo comum (prática de 29% dos entrevistados), favorecendo o aumento do risco de contaminação ambiental (NUNES et al., 2006; LIMA, 2006).



Figura 3 - Agricultores aplicando agrotóxicos em uma lavoura de batata no município de Bom Repouso. Fonte: Arquivo pessoal (2008).



Figura 4 - Descarte inadequado de embalagens vazias de agrotóxicos no município de Bom Repouso. Fonte: Arquivo pessoal (2008)

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Estações de coleta e períodos de amostragem

Durante o ano de 2008 foram realizadas duas amostragens de água e sedimento em diversos bairros do município de Bom Repouso. A primeira foi realizada entre os dias 23 e 26 de janeiro de 2008, caracterizando o período chuvoso, e a segunda entre os dias 9 e 11 de julho de 2008, caracterizando o período seco. Na primeira coleta, foram mantidos os 32 pontos de amostragem previstos no projeto inicial desse estudo. Já na coleta subsequente, não foi possível a realização da amostragem de dados em algumas das estações de coleta previstas anteriormente, sendo, porém, acrescentados mais dois locais aos já existentes (P33 e P34).

A escolha dos pontos foi baseada nas formas de uso e ocupação do solo próximo ao local de coleta, no número de usuários da água e nos seus principais usos. Deve-se mencionar que o município é formado por 22 bairros, que distam entre 4 e 15 km do centro urbano, o que faz com que aproximadamente 6.000 pessoas (mais que 55% da população local) resida em área rural, desprovida, muitas vezes, de serviços de saúde, escola e abastecimento de água tratada e serviços. Desta forma, os bairros, geralmente formados por 5 a 15 famílias (entre 7 e 180 pessoas), vivem isolados, coletando águas das nascentes (difusas ou pontuais) diretamente para uso doméstico, agricultura ou pecuária, por meio de encanamentos que descem os morros até as caixas de água, para armazenamento, ou uso direto, sem qualquer forma de tratamento, apesar dos usos inadequados da área de entorno (presença de gado e atividades da agricultura).

A Tabela 1 apresenta uma breve descrição dos pontos de amostragem, que foi baseada principalmente em observações de campo.

Tabela 1 - Caracterização geral das estações de coleta no município de Bom Repouso, MG.

Estação de coleta	Características gerais	
P1		<p>Bairro: Campo Alegre Nascente difusa localizada na zona rural de Bom Repouso. A paisagem circundante é formada por cerca de 30m de mata ciliar e plantações de batata e milho. Verifica-se certo grau de erosão nas proximidades, e a água é utilizada principalmente para consumo humano e irrigação.</p>
P2		<p>Bairro: Campo Alegre Nascente difusa localizada em área rural. Acima do ponto de coleta, verifica-se a presença de cerca de 40m de mata ciliar. No entanto, na parte inferior do terreno, há o predomínio de pastagem, sendo possível notar a compactação do solo devido à presença de gado. Os principais usos da água são: consumo humano e dessedentação de animais.</p>
P3		<p>Bairro: Campo Alegre Água de abastecimento da Escola Municipal José Manoel da Costa.</p>
P4		<p>Bairro: Campo Alegre Estação de Tratamento de Água do bairro. Verifica-se certo abandono do local. Segundo relato de morador local, a estação funciona apenas como um centro de redistribuição da água coletada em nascentes, sem que a mesma passe por nenhum tipo de tratamento prévio.</p>
P5		<p>Bairro: Campo Alegre Caixa d'água diretamente conectada à nascente e responsável pela redistribuição da água em parte do bairro. A paisagem circundante é constituída por uma pequena porção de mata ciliar, pequenas plantações de batata e uma vasta área de pasto.</p>
P6		<p>Bairro: Garcias Nesta estação de coleta, a água da nascente chega através de uma tubulação, permanecendo represada e exposta à insolação direta (não há nenhuma cobertura vegetal no entorno, apenas pasto). A água era utilizada para a irrigação de uma plantação de morango orgânico localizada logo abaixo.</p>
P7		<p>Bairro: Garcias Nascente difusa localizada em região de mata ciliar de curta extensão, pasto e cultivo de batata na parte superior do terreno. A água é distribuída para parte do bairro através de um encanamento e utilizada para irrigação, dessedentação de animais e consumo humano.</p>

P8		<p>Bairro: Garcias Torneira da primeira casa a receber a água da nascente descrita anteriormente (P7).</p>
P9	SF	<p>Bairro: Boa Vereda de Baixo (Rodrigues) Caixa d'água responsável pela distribuição da água à parte do bairro. A água da nascente chega até ela através de um cano subterrâneo. Verifica-se a ausência de mata ciliar próximo à nascente.</p>
P10	SF	<p>Bairro: Boa Vereda de Baixo (Rodrigues) Ribeirão da Boa Vereda. O córrego é utilizado pela população para consumo humano, dessedentação de animais e também como destino final de esgoto doméstico. Verifica-se ausência total de vegetação ciliar.</p>
P11		<p>Bairro: Caetanos Nascente difusa responsável pelo abastecimento da Escola Municipal Manoel Pereira. Seu entorno é composto por uma vasta extensão de pasto e algumas residências. Verifica-se que a nascente encontra-se bastante degradada.</p>
P12	SF	<p>Bairro: Caetanos Torneira da primeira casa a receber a água da nascente responsável pelo abastecimento de grande parte do bairro. Nascente esta caracterizada como pontual e de fluxo contínuo, e localizada no topo de um morro. A água é utilizada principalmente para consumo humano e irrigação.</p>
P13		<p>Bairro: Marques Nascente protegida por uma infra-estrutura de alvenaria, cuja água é redistribuída, através de canalização, a cerca de 30 famílias residentes no bairro dos Marques. Essa água é utilizada principalmente para consumo humano e irrigação de plantações de morango e batata.</p>
P14	SF	<p>Bairro: Brandões de Cima Água captada na Fazenda São José, onde chega através da canalização da água de uma nascente próxima à casa. É utilizada principalmente para consumo humano e abastece quatro casas do bairro.</p>
P15		<p>Bairro: Brandões de Cima Nascente difusa situada no Sítio São José (I). Verifica-se a presença de mata ciliar bastante preservada ao redor da mesma e de uma plantação de batata na parte superior do terreno. É responsável pelo abastecimento de cinco famílias e seus principais usos são: irrigação de plantações de batata, consumo humano e dessedentação de animais.</p>
P16		<p>Bairro: Brandões do Meio Nascente difusa responsável pelo abastecimento de uma escola, oito famílias e irrigação de uma extensa área de cultivo de morango e milho. Verifica-se a existência de uma pequena faixa de mata ciliar, envolvida por áreas de cultivo.</p>

P17		<p>Bairro: Brandões do Meio Água canalizada diretamente de uma nascente e usada principalmente para consumo humano</p>
P18	SF	<p>Bairro: Borges Água canalizada diretamente de uma nascente e responsável pelo abastecimento de três casas do bairro.</p>
P19		<p>Bairro: Borges Água canalizada de uma cachoeira, e responsável pelo abastecimento de três famílias, a escola municipal do bairro e a igreja. Seus usos principais são: consumo humano e irrigação.</p>
P20		<p>Bairro: Campestre Água canalizada localizada no Sítio São José (II). A canalização é diretamente conectada a uma nascente responsável pelo abastecimento de seis famílias do bairro. Os usos preponderantes da água são: consumo humano e irrigação.</p>
P21		<p>Bairro: Campestre Nascente difusa localizada no Sítio N.S. Aparecida e responsável pelo abastecimento de cerca de seis famílias. Verifica-se que a mesma está envolvida por uma pequena faixa de vegetação ciliar, abaixo de uma plantação de milho.</p>
P22		<p>Bairro: Brandões de Baixo Nascente difusa responsável pelo abastecimento de três famílias e da Escola Municipal Presidente Tancredo Neves. Está localizada “entre dois morros”. Em um deles, verifica-se a existência de um cultivo de morango e no outro, de pasto. Os principais usos da água são: consumo humano e irrigação.</p>
P23		<p>Bairro: Bentos Caixa de concreto responsável pelo armazenamento e redistribuição da água proveniente de uma nascente para aproximadamente 26 famílias residentes no bairro.</p>
P24		<p>Bairro: Brandões de Cima Nascente difusa protegida por quatro manilhas colocadas no solo. É responsável pelo abastecimento de quatro famílias e da “casa de reuniões” do bairro. Verifica-se a existência de pequena porção de mata ciliar e de vasta extensão de pasto. A água é utilizada principalmente para consumo humano e irrigação.</p>

P25		<p>Bairro: Brandões de Cima Torneira de uma das casas que recebem a água da nascente descrita anteriormente (P24).</p>
P26		<p>Bairro: Centro Torneira pública localizada na “Rua da Santa”. É utilizada por parte da população como fonte alternativa para a diminuição do valor pago na conta de água.</p>
P27		<p>Bairro: Centro Torneira pública localizada próximo ao cartório do município. Também é utilizada por parte da população como fonte alternativa para a diminuição do valor pago na conta de água.</p>
P28		<p>Bairro: Centro Nascente localizada no Morro da Alvorada. Verifica-se a presença de lixo na área e de um grau acentuado de erosão.</p>
P29		<p>Bairro: Boa Vereda de Cima Estação de Tratamento de Água do bairro. Sua manutenção é realizada por um morador do bairro, e a água, coletada em uma nascente da região, é redistribuída sem tratamento prévio.</p>
P30		<p>Bairro: Damásios Água encanada proveniente de uma nascente próxima. É responsável pelo abastecimento da igreja do bairro, da Escola Municipal Cândido Crispim e de algumas casas.</p>
P31		<p>Bairro: Damásios Nascente difusa responsável pelo abastecimento de quatro famílias, cuja água é utilizada principalmente para consumo humano e irrigação. Verifica-se que seu entorno encontra-se bastante preservado.</p>
P32		<p>Bairro: Araújos Nascente difusa responsável pelo abastecimento de três famílias e de um lavador de batatas. Verifica-se a presença de uma faixa pequena de mata ciliar e de um alto grau de erosão na área. As famílias abastecidas com essa água a utilizam principalmente para consumo próprio e irrigação.</p>

P33		<p>Bairro: Garcias Água encanada proveniente de uma nascente localizada a 500m da residência. É utilizada para abastecimento doméstico sem prévia desinfecção e/ou filtração.</p>
P34		<p>Bairro: Campo Alegre Nascente difusa localizada próximo a uma plantação de morangos. É responsável pelo abastecimento de duas famílias e utilizada principalmente para consumo humano e irrigação. Verifica-se a presença de erosão na área e a existência de solo bastante compactado devido à presença de animais.</p>

SF: Sem foto

Na Figura 5, é possível observar a distribuição das estações de coleta entre os 15 bairros do município de Bom Repouso incluídos no estudo (no mapa, o bairro dos Brandões abrange os bairros denominados na tabela anterior como Brandões de Baixo, do Meio e de Cima). Pela análise deste mapa, é possível verificar a grande abrangência, no município, do presente estudo além de constatar a riqueza hídrica do mesmo.

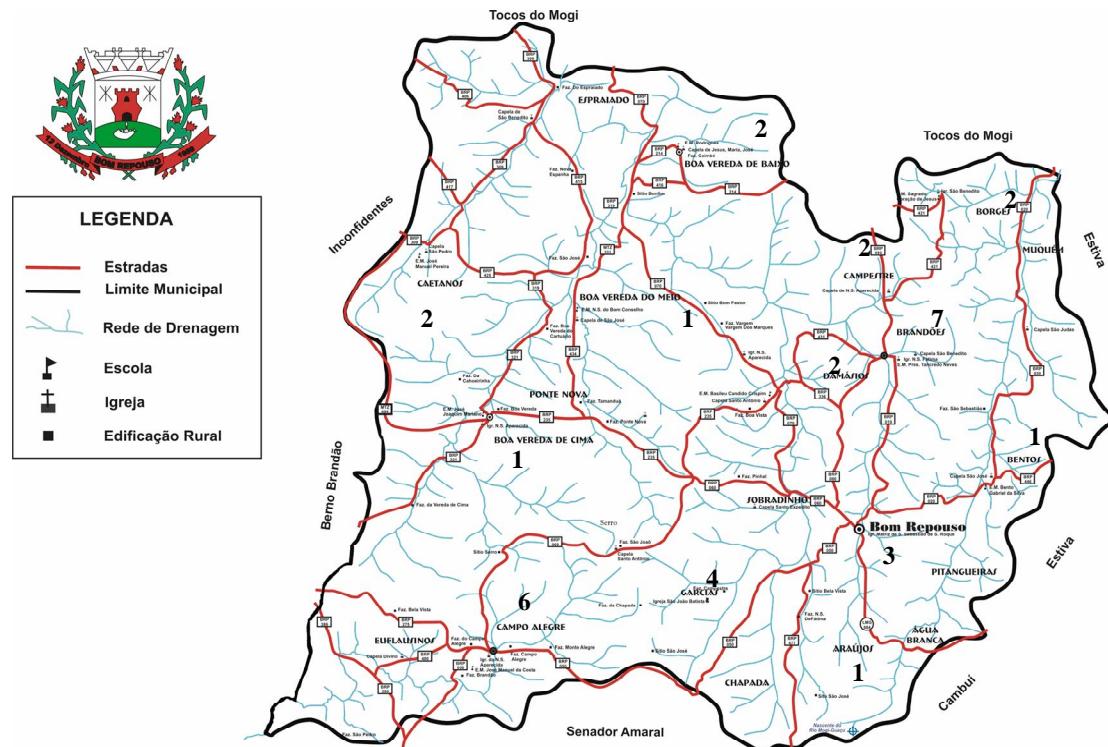


Figura 5 - Distribuição aproximada dos pontos de amostragem entre os bairros do município de Bom Repouso (número de estações de coleta em cada bairro), MG (Escala: 1:40.000). Fonte: Zoneamento Agroclimático do Estado de Minas Gerais e V Distrito de Meteorologia – Bom Repouso, adaptado por Mendonça, A. H. & Sakakibara, N. (Projeto Mogi-Guaçu, 2005).

5.2. Precipitação pluviométrica

Os dados de precipitação pluviométrica mensal e diária foram obtidos do posto pluviométrico da Agência Nacional das Águas (ANA) localizado em Inconfidentes (MG), município vizinho ao estudado (ANA, 2008).

5.3. Variáveis da água

Durante o mês de janeiro, as amostras de água foram coletadas em 32 pontos de amostragem, e em 26 na coleta realizada em julho do mesmo ano. Essas amostras foram armazenadas diretamente em recipientes adequados, sendo acondicionadas e preservadas para posterior análise conforme as metodologias de referência para cada variável, como pode ser observado na Tabela 2. Todas as análises, exceto as de agrotóxicos (determinadas no Instituto de Química da Universidade de São Paulo, em São Carlos), foram realizadas nos laboratórios do Núcleo de Estudos em Ecossistemas Aquáticos, do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Os resíduos líquidos e sólidos gerados nos procedimentos laboratoriais foram armazenados e encaminhados ao Laboratório de Resíduos Químicos da EESC/USP para tratamento e disposição adequada, conforme normas da instituição local.

Tabela 2 - Metodologias e referências utilizadas nas análises das variáveis físicas, químicas e biológicas da água.

Variáveis	Metodologia/Referência
pH	Multi-sensor HORIBA U-10
Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	Multi-sensor HORIBA U-10
Oxigênio dissolvido (mg.L^{-1})	Multi-sensor HORIBA U-10
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Multi-sensor HORIBA U-10
Turbidez (UNT)	Multi-sensor HORIBA U-10
Material em suspensão (mg.L^{-1})	Gravimetria / Wetzel & Likens (1991)
Nitrito e nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Espectrofotometria/ Mackereth et al. (1978)
Íon amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Espectrofotometria/ Koroleff (1976)
Nitrogênio orgânico total (mg.L^{-1})	Espectrofotometria/ APHA (1995)
Fosfato total dissolvido e fosfato inorgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Espectrofotometria/ Golterman (1978)
Fósforo Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Espectrofotometria/ APHA (1995)
Sílica (mg.L^{-1})	Espectrofotometria/ Golterman (1978)
Coliformes (NMP)	Colorimétrico (Collilert)/ APHA (1995)
Metais totais (Fe, Ni, Cr, Zn, Pb, Cu, Cd, Mn, Co, Na e Al) - (mg.L^{-1})	Espectrofotometria / APHA (1995)
Pesticidas Organoclorados ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Cromatografia gasosa (extração em fase sólida)/ Lanças (1997)

5.4. Variáveis do sedimento

As amostras de sedimento foram coletadas nas estações de amostragem caracterizadas como nascentes (totalizando 14 pontos de amostragem na primeira coleta e 11 na segunda) com uma pequena pá, sendo imediatamente homogeneizadas e armazenadas em potes plásticos de 1L. Uma parte dessas amostras foi imediatamente resfriada para a quantificação dos agrotóxicos organoclorados presentes no sedimento (realizada no Instituto de Química da Universidade de São Paulo, em São Carlos), o restante permaneceu em temperatura ambiente (para secagem) para posterior análise de matéria orgânica, granulometria, fósforo total, nitrogênio orgânico total, metais potencialmente biodisponíveis e pesticidas organoclorados, segundo as metodologias e referências apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Metodologias e referências utilizadas nas análises das variáveis físicas e químicas do sedimento.

Variáveis	Metodologia/Referência
Matéria orgânica (%)	Incineração em mufla/ Trindade (1980)
Granulometria (%)	Peneiramento e densímetro/ ABNT (1968)
Fósforo total ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Espectrofotometria/ Andersen (1976)
Nitrogênio orgânico total (%)	KJELDAHL/ APHA (1995)
Metais potencialmente biodisponíveis (Cd*, Cr*, Cu*, Fe, Ni, Mn, Zn, Pb, Co, Na e Al) (mg.Kg^{-1})	Espectrofotometria (Absorção Atômica por Chama e Forno de grafite*)/ Silvério (1999)
Pesticidas organoclorados ($\mu\text{g.Kg}^{-1}$)	Cromatografia gasosa (extração em fase sólida)/ Lanças (1997)

5.5. Ensaios de toxicidade

Para a avaliação ecotoxicológica das amostras, foram realizados bioensaios de toxicidade aguda e crônica das amostras de água coletadas no mês de janeiro e julho utilizando-se, respectivamente, *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia silvestrii* como organismos-teste.

5.5.1. Testes de toxicidade aguda

Daphnia similis é um microcrustáceo zooplânctônico de água doce que mede até 3,5 mm de comprimento e apresenta forma arredondada (Figura 6). A espécie pertence à família Daphnidae, sendo popularmente conhecida como pulga d'água. Além disso, são abundantes no meio aquático e desempenham relevantes funções na cadeia alimentar, uma vez que atuam

como consumidores primários e possibilitam a conversão de organismos vivos e de biomassa morta em alimento para outros níveis.

Os organismos pertencentes à ordem Cladocera, incluindo *D. similis*, são amplamente utilizados em bioensaios de toxicidade, com procedimentos de cultivo e de bioensaios padronizados. Essa amplitude de utilização se deve a sua facilidade de cultivo em laboratório, sensibilidade constante aos agentes tóxicos (em função de sua reprodução partenogênica, que propicia homogeneidade de seu material genético), curto ciclo de vida e outras características intrínsecas do grupo (USEPA, 2002; MASUTTI, 2004; COSTA, 2007).



Figura 6 - *Daphnia sp.* Fonte: Costa (2007).

As culturas de *D. similis* foram mantidas no Laboratório de Ecotoxicologia e Ecofisiologia de Organismos Aquáticos do NEEA/CRHEA/EESC/USP, seguindo metodologia recomendada pela Norma ABNT, NBR 12713/2004 - *D. similis*.

Grupos de aproximadamente 50 organismos adultos foram mantidos em cristalizadores de vidro de 2 L, contendo água reconstituída filtrada e ajustada para pH entre 7,0 e 7,6 e dureza de 40 a 48 mgCaCO₃.L⁻¹. Os cristalizadores permaneceram em câmara incubadora de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), com temperatura de 23 ± 2°C e fotoperíodo de 16 horas luz: 8 horas escuro.

O alimento, fornecido diariamente, constituiu-se de uma solução composta por ração microfloculada de alevinos de peixe e fermento tipo *Fleishman*, e uma suspensão algácea de *Pseudokirchneriella subcapitata* na concentração de 1x10⁶ células de alga por organismo.

Os ensaios de toxicidade aguda seguiram as recomendações descritas na norma ABNT mencionada anteriormente. Para cada uma das amostras de água coletadas e para o controle, foram preparadas quatro réplicas contendo cinco organismos jovens (neonatos de 6 a 24 horas de vida) em 10 mL de amostra, sendo o controle constituído pela própria água utilizada no

cultivo de *D. similis* (água reconstituída). Durante o teste, com duração de 48 horas, os organismos não receberam alimentação nem aeração e a temperatura foi mantida a 22 ± 2 °C. No início e final dos testes foram verificados os valores de pH, oxigênio dissolvido, dureza e condutividade das amostras e do controle, sendo considerado como parâmetro para a avaliação do nível de toxicidade o número de organismos imóveis em cada amostra após as 48 horas de teste.

5.5.2. Testes de toxicidade crônica

A espécie *Ceriodaphnia silvestrii* também é um microcrustáceo zooplânctônico de água doce pertencente à família Daphniidae, que mede de 0,8 a 0,9 mm de comprimento (Figura 7).

Como os microcrustáceos em geral, *C. silvestrii* ocupa lugar de destaque na cadeia trófica, pois atua como consumidor primário, alimentando-se por filtração de material orgânico particulado. Ao contrário da *D. similis*, esta espécie é bastante encontrada em águas continentais brasileiras, principalmente em ambientes lênticos (COSTA, 2007).



Figura 7 - *Ceriodaphnia silvestrii*. Fonte: Costa (2007).

As culturas de *C. silvestrii* também foram mantidas no Laboratório de Ecotoxicologia e Ecofisiologia de Organismos Aquáticos do NEEA/CRHEA/EESC/USP, seguindo, neste caso, a metodologia recomendada pela Norma ABNT, NBR 13373/2005 – *C. silvestrii*.

Os organismos-teste foram mantidos em cristalizadores de vidro de 2 L com água reconstituída filtrada e ajustada para pH entre 7,0 e 7,6, com dureza de 40 a 48 mgCaCO₃.L⁻¹. Cada cristalizador, contendo cerca de 50 fêmeas adultas, permaneceu em câmara incubadora de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), com temperatura de 23 ± 2 °C e fotoperíodo de 16 horas luz: 8 horas escuro.

O alimento, fornecido diariamente, constituiu-se de suspensão algácea de *Pseudokirchneriella subcapitata* na concentração de 1×10^5 células de alga por organismo, e de uma solução composta por ração microfloculada de alevinos de peixe e fermento tipo *Fleishman*.

Dentre as amostras de água coletadas no mês de janeiro, optou-se por selecionar, para a realização dos ensaios de toxicidade crônica, apenas as amostras do Ribeirão da Boa Vereda (Estação 10) e das estações de coleta caracterizadas como nascentes. No entanto, visto que a maioria das amostras referentes à primeira coleta causou efeito tóxico crônico significativo no organismo-teste, realizou-se ensaios com 25 das 26 amostras de água coletadas no mês de julho, abrangendo assim quase a totalidade dos pontos de coleta.

Os ensaios foram realizados de acordo com os procedimentos descritos na norma ABNT (op. cit.). Para cada uma das estações de coleta e para o controle, foram preparadas 10 réplicas contendo um neonato (entre 6 e 24 horas de idade) em 15 mL de amostra, sendo o controle constituído pela mesma água utilizada no cultivo de *C. silvestrii* (água reconstituída). A cada dois dias foram efetuadas trocas de água e foi fornecida alimentação, porém não foi adicionada aeração e o fotoperíodo foi de 16 horas luz: 8 horas escuro. A temperatura foi mantida em $22 \pm 2^\circ\text{C}$ ao longo do bioensaio.

Durante a realização dos testes, avaliou-se tanto a sobrevivência (mobilidade) dos organismos adultos como o número de neonatos produzidos por fêmea. No início e final dos testes (após a terceira reprodução dos organismos – cerca de sete dias) foram verificados os valores de pH, oxigênio dissolvido, dureza e condutividade das amostras e do controle.

5.6. Análises estatísticas

Para a realização das análises estatísticas foram considerados os compartimentos água e sedimento separadamente. Após proceder-se a coleta e análise de todos os dados, foram realizadas análises exploratórias multivariadas (MANOVA) e testes univariados para verificar a possível existência de diferenças significativas entre as épocas sazonais de coleta. Em função desses resultados, foi aplicada uma Análise de Componentes Principais (PCA). Já para a avaliação dos resultados dos testes de toxicidade crônica, empregou-se o programa computacional Toxstat 3.4 (GULLEY et al., 1994), considerando um nível de significância de 5%.

5.6.1. Análise de componentes principais (PCA)

A Análise de Componentes Principais (PCA) possibilita a obtenção de combinações lineares do conjunto de dados, de modo que elas se tornem responsáveis pela maior proporção de variância dos dados em escala decrescente (ou seja, as variáveis que formarem o primeiro eixo possuirão maior porcentagem de explicação das variáveis em relação aos demais eixos, o segundo, a terceira maior parte, etc.) e que não tenham correlação entre si (eixos ortogonais). De forma breve, pode-se afirmar que a PCA supõe relações lineares entre as variáveis, e é feita a partir de uma matriz de variância-covariância ou correlação entre as variáveis (MINTE-VERA, 1999).

Neste caso específico, a PCA foi utilizada para hierarquizar tanto as variáveis limnológicas do sistema quanto as variáveis físicas e químicas do sedimento. Já com os resultados de pesticidas e de metais foram realizadas análises de agrupamento (cluster), utilizando apenas a presença ou ausência destes compostos nas estações de coleta, tanto para água como para sedimento.

5.6.2. Análise de agrupamento (Clusters)

A análise de agrupamento consiste em estabelecer grupos naturais de objetos (formados a partir da distância e similaridade entre eles) ou de descritores (estabelecidos pela dependência entre eles), de modo a reuni-los num mesmo conjunto.

Dentre os métodos existentes, optou-se pelo agrupamento pela associação não ponderada (UPGMA), recomendado por atribuir similaridade entre pares de grupos de forma menos extrema que os demais métodos e também por proporcionar a utilização de qualquer coeficiente de associação (RIBEIRO, 1994).

A partir do processamento das etapas de agrupamento, obtém-se uma matriz cofenética, que, quando comparada à matriz de associação, possibilita avaliar o grau de distorção proporcionado pela análise sobre os dados originais. Segundo Legendre & Legendre (1983), índices superiores a 0.80 dessas relações cofenéticas são sugeridos como aceitáveis para a maioria dos autores.

Dessa maneira, esta análise foi realizada com o intuito de agrupar as estações de amostragem que se apresentassem similares durante o período de estudo em relação às variáveis selecionadas da água e do sedimento.

5.6.3. Avaliação estatística dos resultados dos testes de toxicidade crônica

Para a interpretação dos resultados de toxicidade crônica, utilizou-se o teste de Fisher com o intuito de verificar a ocorrência de diferenças significativas ou não na sobrevivência dos organismos-teste entre tratamentos com amostras ambientais e o controle. Os resultados dos testes de toxicidade com *C. silvestrii* foram então submetidos à análise de normalidade (teste do Chi-square) e homogeneidade dos dados (teste de Hartley) e, quando constatada a distribuição normal, analisados através do teste de Bonferroni t, o qual compara cada tratamento com o controle experimental.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Precipitação pluviométrica

Na Figura 8 e Tabela 12 (Anexo A) são apresentados os dados de precipitação pluviométrica total mensal (mm) obtidos no posto pluviométrico da ANA (Agência Nacional das Águas) em Inconfidentes (MG), município vizinho ao estudado. É possível observar que a estação seca e a chuvosa estiveram bem definidas durante o período de estudo, sendo, assim como esperado, a menor precipitação mensal (0 mm) observada no mês de julho e a maior (385,9 mm) em janeiro.

Segundo Viana (2005), a precipitação pluviométrica interfere em vários processos físicos e químicos dos ecossistemas aquáticos como, por exemplo, no transporte de sedimentos, na turbidez, no pH, entre outras variáveis, sendo sua análise importante para a contextualização dos resultados obtidos.

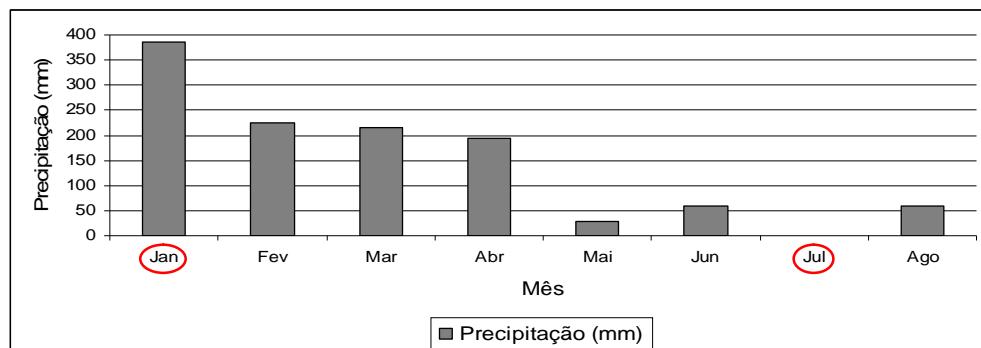


Figura 8 - Precipitação total mensal (mm) nos meses de janeiro a agosto de 2008. Em destaque os dois meses em que as coletas foram realizadas. Fonte: posto pluviométrico de Inconfidentes (MG), código 2246056 (ANA, 2008).

A Figura 9 apresenta dados de precipitação diária do mês de janeiro de 2008. Pode-se observar que para a coleta de janeiro, efetuada entre os dias 23/01/2008 e 26/01/2008, só houve chuva no último dia de coleta (26/01/2008), com total de 43,1 mm.

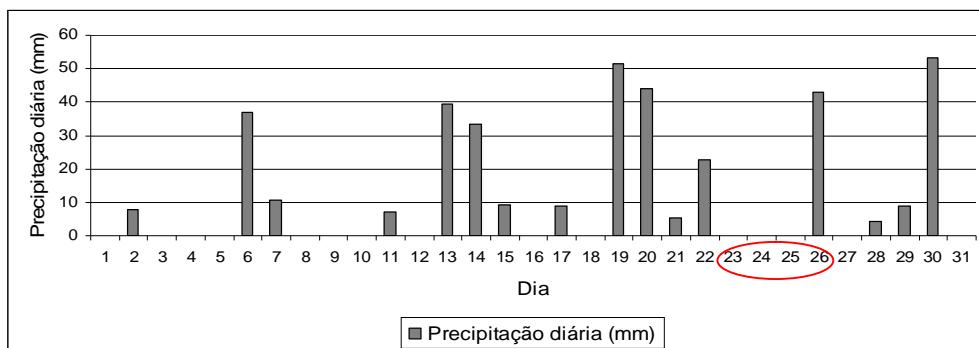


Figura 9 - Precipitação diária (mm) no mês de janeiro de 2008, com destaque para os dias em que foram efetuadas as coletas do período chuvoso. Fonte: posto pluviométrico de Inconfidentes (MG), código 2246056 (ANA, 2008).

6.2. Variáveis da água

As Figuras 10 e 11 apresentam as temperaturas médias da água (°C) das diferentes estações de amostragem nas coletas de janeiro e julho de 2008, respectivamente. De acordo com Cetesb (2006), dentre as características físicas e químicas da água, a temperatura é uma das variáveis de maior relevância, pois influencia uma série de outras variáveis físico-químicas da coluna de água.

As maiores médias de temperatura da água foram encontradas durante o mês de janeiro (18,82 °C), sendo a média das temperaturas da água encontradas em julho de 15,69 °C. Deve-se salientar que, provavelmente, as variações de temperatura da água são consequências, dentre outros fatores, do regime climático natural, grau de sombreamento do curso de água e altitude em que o mesmo se encontra. Além disso, vale mencionar como fator que influenciou os valores de temperatura da água, as variações diurnas, visto que as coletas não foram realizadas simultaneamente.

Durante a coleta realizada no mês de janeiro, o menor valor de temperatura foi encontrado na estação de coleta 7 (16,7 °C) e o maior, na estação 12 (21 °C). Já no mês de julho, as temperaturas máxima e mínima foram, respectivamente, 18,4 °C, na estação 24, e 12,3 °C, na estação 6.

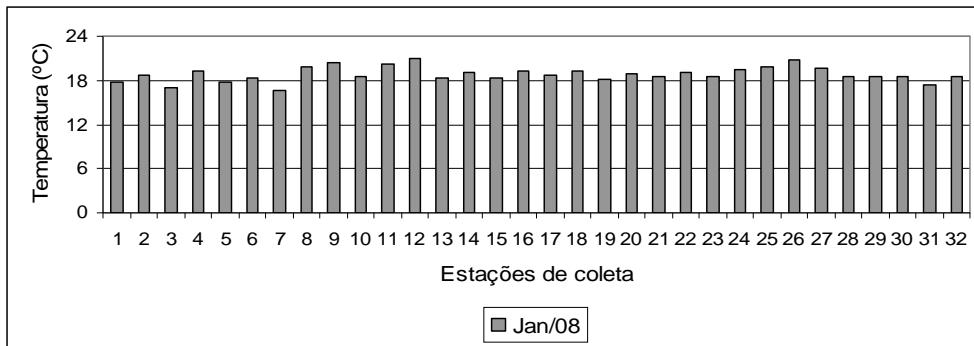


Figura 10 - Resultados de temperatura nas estações de coleta durante a amostragem realizada no mês de janeiro de 2008.

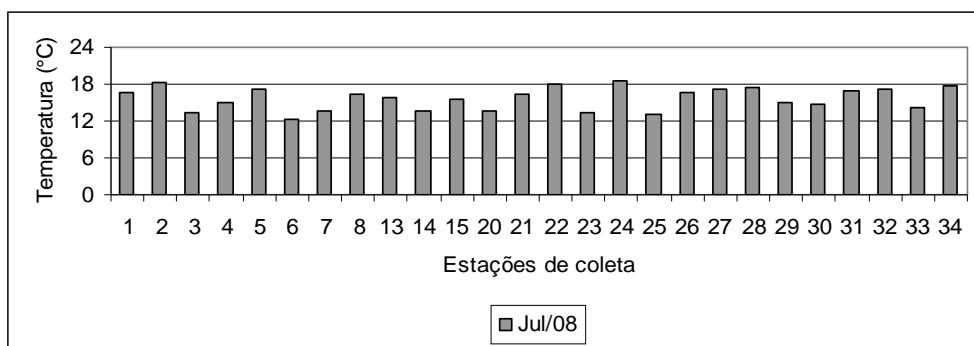


Figura 11 - Resultados de temperatura nas estações de coleta durante a amostragem realizada no mês de julho de 2008.

Os valores médios de pH observados nas diversas estações de coleta, durante as coletas de janeiro e julho de 2008, são apresentados, respectivamente, nas Figuras 12 e 13. Esses valores estiveram, em geral, dentro da variação que, segundo Maier (1983), é característica das águas brasileiras (tendência de neutro a ácido), corroborando o que foi verificado por Brigante & Espíndola (2003) para três nascentes situadas na mesma região e por Novelli (2005) para a nascente do rio Monjolinho (São Carlos, SP).

Em janeiro, os valores de pH estiveram entre 6,7 (ponto 6) e 4,69 (ponto 5) e a média dos valores encontrados foi de 5,98. Já em julho, quando não ocorreram chuvas, o menor valor encontrado foi de 5,36, novamente no ponto 5, o maior de 7,83, no ponto 8, e a média de 6,19.

Cunha (2007), no entanto, ao estudar o comportamento do rio Jacupiranguinha (Vale do Ribeira – SP), obteve valores de pH elevados para todo o curso do rio. O ponto mais próximo à nascente, por exemplo, apresentou, durante a coleta realizada no mês de janeiro, pH igual a 9. Segundo o autor, os valores encontrados podem ser associados às características

naturais da região onde o sistema se localiza, que é caracterizada por rochas fosfatadas, que conferem alcalinidade às águas.

Em janeiro, as amostras de água de 15 estações de coleta não estavam de acordo com a Portaria 518 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade da água ($\text{pH} > 6$) e nem com os critérios de proteção à vida aquática da Resolução CONAMA 357/05 para rios de classe 1 (pH entre 6 e 9). Em julho, metade das amostras coletadas também não atendeu a esses padrões.

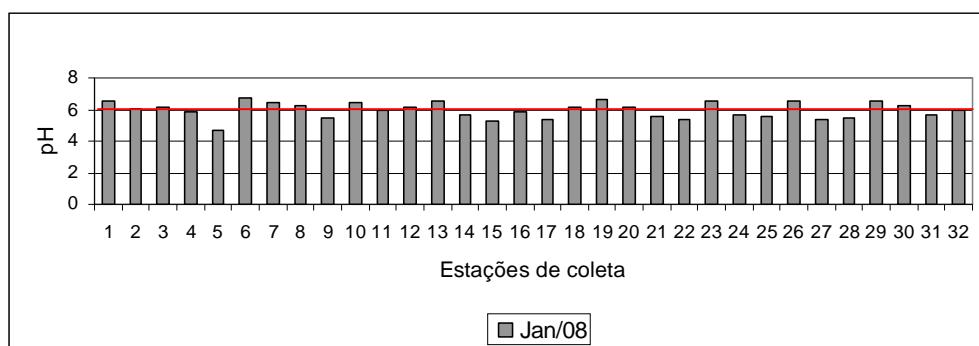


Figura 12 - Potencial hidrogeniônico (pH) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de janeiro de 2008. Em vermelho, o limite inferior de pH estabelecido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde para consumo humano e pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 1 (pH entre 6 e 9).

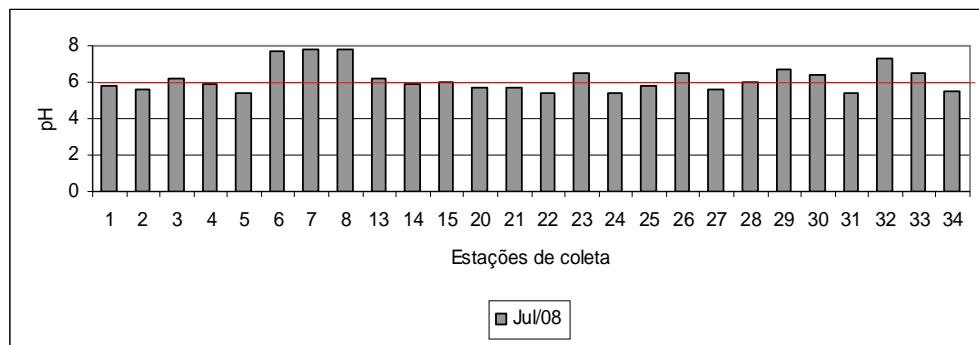


Figura 13 - Potencial hidrogeniônico (pH) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008. Em vermelho, o limite inferior de pH estabelecido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde para consumo humano e pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 1 (pH entre 6 e 9).

Nas Figuras 14 e 15, estão representadas as concentrações de oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), em cada uma das estações de coleta, para as coletas realizadas, respectivamente, nos meses de janeiro e julho de 2008.

Na amostragem de janeiro, as concentrações de oxigênio dissolvido variaram entre 1,03 mg.L⁻¹ (Estação 9) e 9,42 mg.L⁻¹ (Estação 6). Já na realizada em julho, as concentrações oscilaram entre 4,52 mg.L⁻¹ (Estação 24) e 8,68 mg.L⁻¹ (Estação 23).

As maiores concentrações médias foram obtidas, em geral, na coleta do período seco (média de 6,47 mg.L⁻¹ em julho e de 5,61 mg.L⁻¹ em janeiro). Isso pode estar associado às menores temperaturas da água no período, o que favorece a solubilização do oxigênio. Além disso, o aumento do fluxo da água em janeiro, devido à maior ocorrência de precipitações, provavelmente acarretou o aumento no input de matéria orgânica nos corpos d'água, ocasionando o decréscimo na concentração de oxigênio dissolvido no período chuvoso.

Dentre as 32 estações de coleta analisadas em janeiro, 21 apresentaram valores de oxigênio dissolvido abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para rios de classe 1 (6 mg.L⁻¹), e, em julho, das 26 estações analisadas, 11 não obedeceram ao padrão estabelecido.

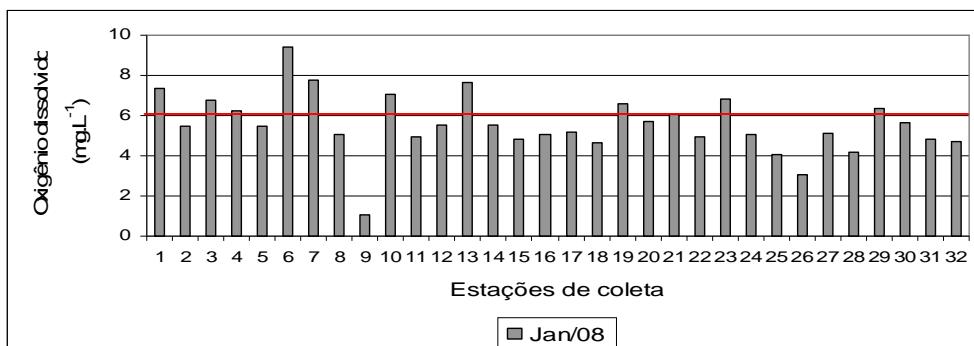


Figura 14 - Oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de janeiro de 2008. Em vermelho, o valor mínimo de oxigênio dissolvido estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 1 (6 mg.L⁻¹).

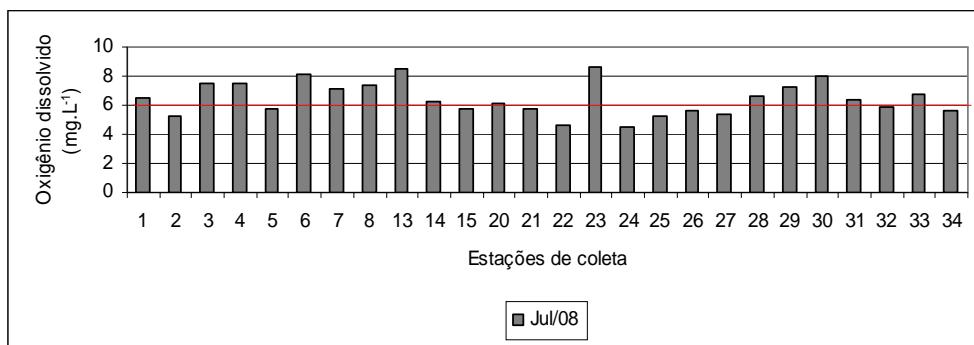


Figura 15 - Oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008. Em vermelho, o valor mínimo de oxigênio dissolvido estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 1 (6 mg.L⁻¹).

As Figuras 16 e 17 apresentam os valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) da água obtidos, respectivamente, durante as coletas realizadas em janeiro e julho de 2008. Os valores de condutividade se mantiveram dentro do limite superior esperado para águas naturais, que é de $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003), oscilando entre $10,67 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (Estação 29) e $73 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (Estação 27), na coleta referente ao período chuvoso, e entre $11,33 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (Estação 15) e $80,33 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (Estação 27) na coleta realizada no período seco. Em geral, os valores obtidos em janeiro foram menores que os obtidos em julho, o que pode estar relacionado ao efeito de diluição gerado pelas precipitações ocorridas em janeiro, sendo pertinente lembrar que não ocorreram precipitações durante todo o mês de julho.

Os resultados de condutividade encontrados por Viana (2005) na nascente do Córrego Monjolinho, durante os cinco períodos amostrados, foram inferiores a todos os valores de condutividade encontrados nessa pesquisa. Todavia, os valores encontrados neste estudo foram inferiores aos encontrados por Boneto (2007) em uma das nascentes do rio Caulim, situado na região metropolitana de São Paulo. Segundo a autora, os elevados valores de condutividade encontrados (mínimo de $283 \mu\text{S.cm}^{-1}$ e máximo de $783 \mu\text{S.cm}^{-1}$) podem estar relacionados ao fato das fossas sépticas presentes no bairro serem bastante precárias e vazarem com frequência, permitindo que despejos de esgoto doméstico in natura cheguem até a nascente.

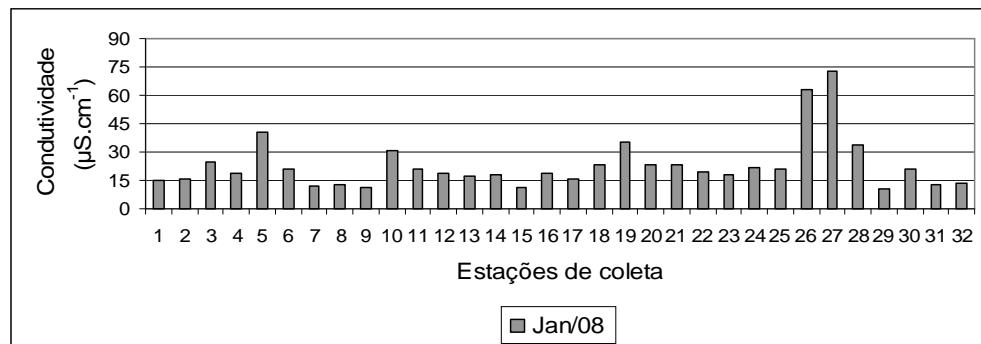


Figura 16 - Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de janeiro de 2008.

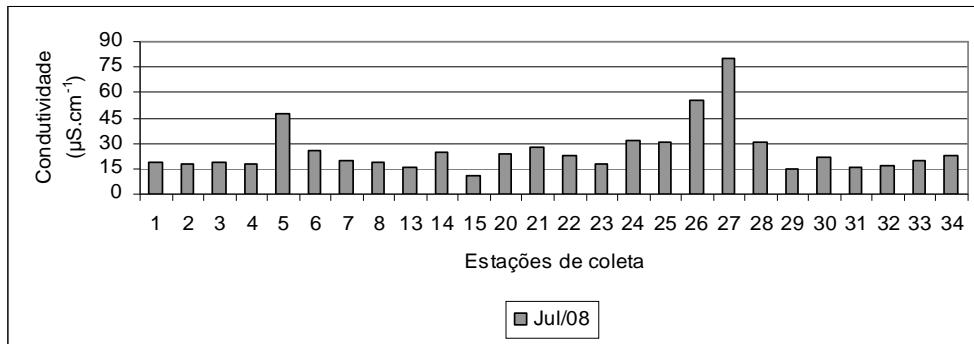


Figura 17 - Condutividade ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008.

Nas Figuras 18 e 19, são apresentados os valores de turbidez (UNT) da água para os períodos seco e chuvoso de 2008, respectivamente. No período chuvoso, os valores variaram entre 0,09 UNT (Estação 20) e 184 UNT (Estação 31), e, no período seco, entre 0,22 UNT (Estação 20) e 15,44 UNT (Estação 29). A ocorrência de valores maiores de turbidez no mês de janeiro deve estar relacionada à maior precipitação no período, em função do aporte de sólidos lixiviados e material particulado à coluna de água.

As estações de coleta 10, 29, 30 e 31, na coleta de janeiro, e as estações 6 e 29, em julho, apresentaram valores de turbidez superiores ao padrão de aceitação para consumo humano estabelecido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (5 UNT).

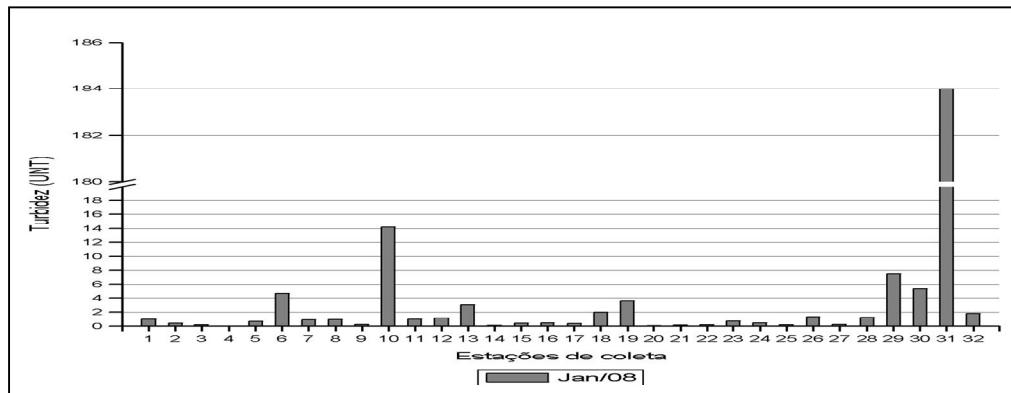


Figura 18 - Turbidez (UNT) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de janeiro de 2008.

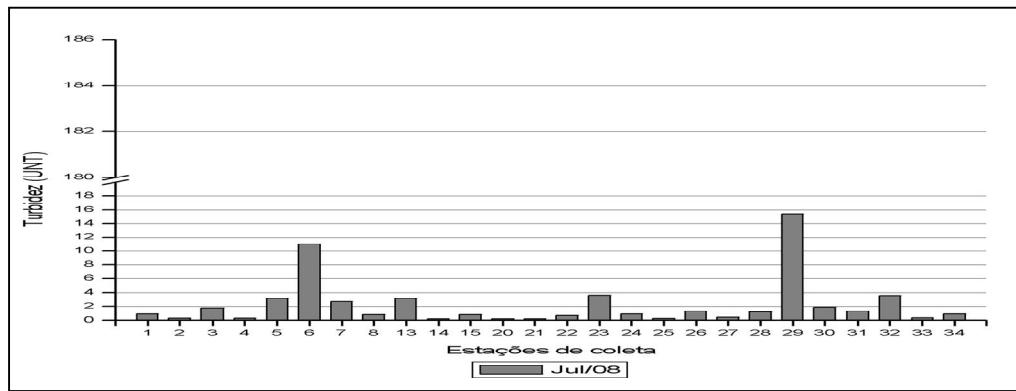


Figura 19 - Turbidez (UNT) da água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008.

De maneira geral, a turbidez da água nos dois períodos amostrais foi baixa, indicando pequena quantidade de material em suspensão. A estação de coleta 31, na coleta referente ao período chuvoso, apresentou valor de turbidez aberrante (184 UNT) provavelmente devido às chuvas intensas que incidiram no dia da coleta (26/01/2008), sendo a única estação a apresentar um valor de turbidez acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 1 (40 UNT).

Apesar desta estação possuir uma extensão considerável de mata ciliar a montante, a ocupação do terreno a jusante da mesma, possivelmente, propiciou o carreamento de solos expostos para o corpo d'água, aumentando a turbidez, como pode ser observado na Figura 20.



Figura 20 - Amostra de água da estação de coleta 31 no dia da coleta, após precipitação intensa ocorrida no dia da coleta.

O uso e a ocupação do solo da bacia hidrográfica assim como a sua cobertura vegetal interferem, significativamente, na qualidade da água, principalmente, em parâmetros como nitrogênio e fósforo. Assim, para a elaboração de diagnósticos ambientais é importante que se

realizem determinações de nutrientes, pois, quando em altas concentrações, podem ser considerados como indicadores de poluição.

Os resultados referentes às concentrações de nitrogênio orgânico total nas diversas estações de coleta, durante as amostragens realizadas nos meses de janeiro e julho de 2008, estão apresentados, respectivamente, nas Figuras 21 e 22.

Na coleta de janeiro, as concentrações variaram entre $0,047 \text{ mg.L}^{-1}$ (Estação 5) e $1,727 \text{ mg.L}^{-1}$ (Estação 10). Os pontos que apresentaram as maiores concentrações de nitrogênio total foram o 10 (corpo d'água utilizado como destino final de parte do esgoto doméstico do bairro dos Rodrigues), 13 e 14 (água canalizada), 15 (nascente a jusante de uma plantação de batata) e 17 (nascente próxima a plantações de morango). Já na coleta de julho, as concentrações variaram entre $0,00 \text{ mg.L}^{-1}$ (Estação 2 e 14) e $2,29 \text{ mg.L}^{-1}$ (Estação 6), sendo o último valor superior ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 quando, como nessa pesquisa, o nitrogênio é o fator limitante da eutrofização ($2,18 \text{ mg.L}^{-1}$).

Pode-se notar que, no período chuvoso, as concentrações de nitrogênio orgânico total foram, em geral, maiores nos pontos com maior influência da atividade humana, corroborando o que foi verificado por Sasaki et al. (2005), que encontraram maiores concentrações de nitrogênio total em áreas de atividade agrícola intensa e com entrada de esgoto doméstico.

Na República Tcheca, segundo Judová & Jansky (2005), as maiores fontes de nitrogênio para o rio Slapanka são as plantações de batata em áreas de grande declividade, nas quais o efeito erosivo é alto, e em solos pouco férteis, sendo necessário uso intensivo de fertilizantes.

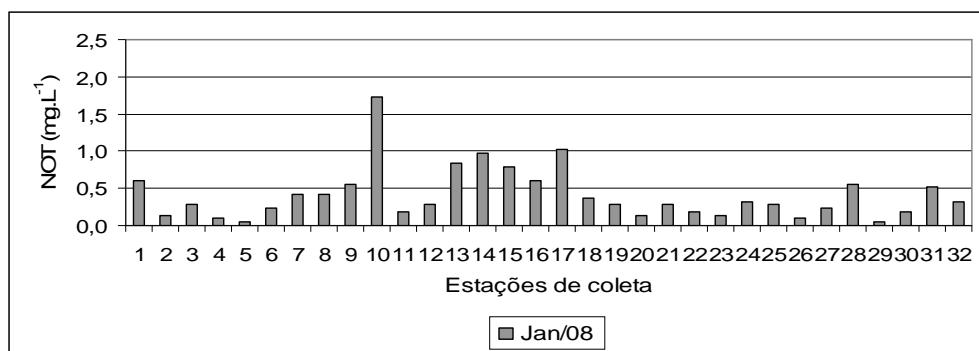


Figura 21 - Nitrogênio orgânico total (mg.L^{-1}) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008.

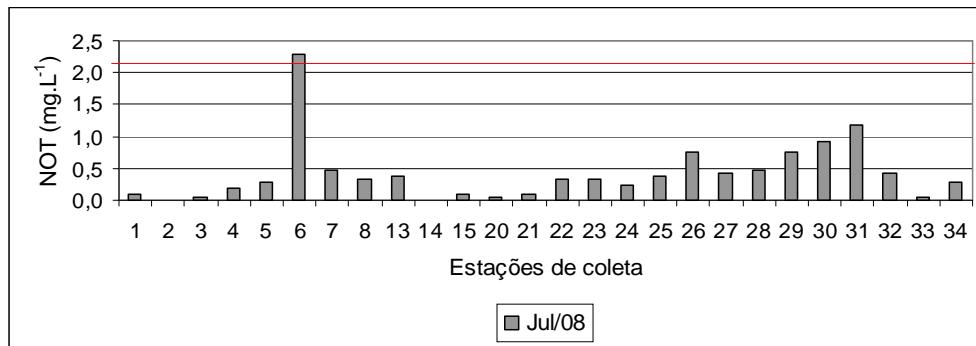


Figura 22 - Nitrogênio orgânico total (mg.L⁻¹) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008. Em vermelho, o limite de nitrogênio orgânico total (NOT) estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 1 (2,18 mg.L⁻¹).

Segundo informações locais, o reservatório de água que corresponde ao ponto 6 (ponto que apresentou a maior concentração de nitrogênio total em julho), anteriormente utilizado para irrigação de um cultivo de morango orgânico, foi abandonado após o encerramento da atividade agrícola. Assim, no dia da coleta, notou-se uma coloração bastante esverdeada da água (Figura 23), o que provavelmente está relacionado à presença de algas no local e, consequentemente, à elevada concentração de nitrogênio constatada.

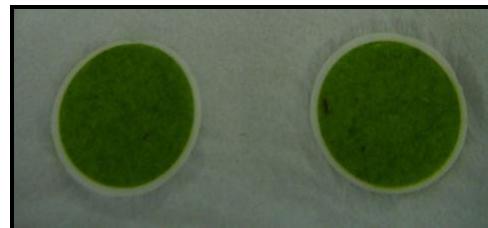


Figura 23 - Filtros utilizados na determinação da concentração de material em suspensão da amostra de água referente à estação de coleta 6, no coleta realizada em julho.

Como pode ser observado nas Figuras 24 e 25, as diversas estações de coleta apresentaram concentrações de nitrito, fase intermediária entre a amônia e o nitrato, similares no período chuvoso e no seco.

Em janeiro, a maior concentração desse nutriente foi observada na estação 31 (3,93 µg.L⁻¹) e a menor, na estação 3 (0,58 µg.L⁻¹). Já em julho, a concentração mínima foi 1,29 µg.L⁻¹, na estação 5, e a máxima, 4,44 µg.L⁻¹, na estação 33.

Com exceção dos valores encontrados nos pontos 28 e 33 durante a coleta de julho (4,36 e 4,44 µg.L⁻¹, respectivamente), todas as concentrações de nitrito encontradas no presente estudo foram inferiores às registradas por Rodríguez (2001) na nascente do rio Monjolinho (4 µg.L⁻¹ tanto no período seco quanto no chuvoso).

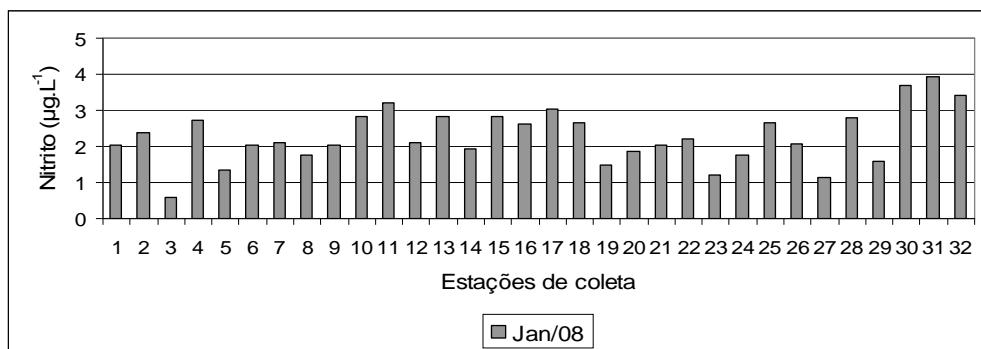


Figura 24 - Nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008.

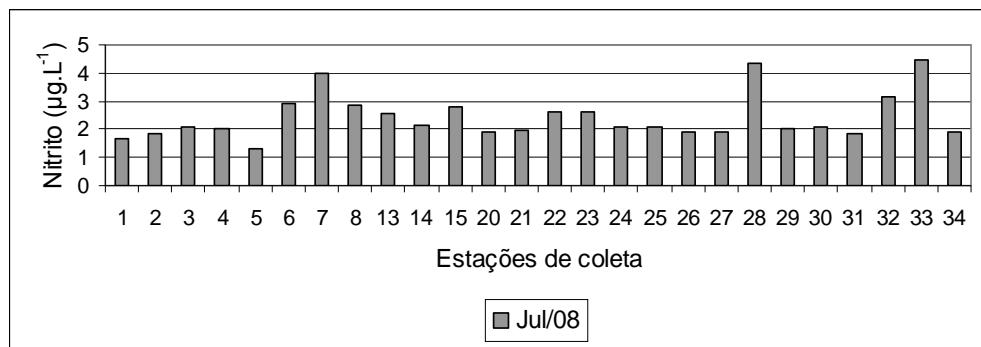


Figura 25 - Nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008.

As Figuras 26 e 27 apresentam as concentrações de nitrato na água das diferentes estações de coleta para as amostragens realizadas nos meses de janeiro e julho de 2008, respectivamente.

Nos dois períodos amostrais, as maiores concentrações de nitrato foram encontradas na estação de coleta 27, sendo a do período chuvoso ($1212,2 \mu\text{g.L}^{-1}$) mais de três vezes maior que a do período seco ($368,17 \mu\text{g.L}^{-1}$). Já as concentrações mínimas foram $17,32 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Estação 9), na coleta realizada em janeiro, e $8,59 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Estação 15), na realizada em julho.

Esta forma nitrogenada inorgânica foi, em geral, a predominante nas estações de coleta, corroborando o que foi observado por Domingos (2002) no rio Betari. Segundo o autor, o predomínio dessa forma nitrogenada ocorreu, em seu estudo, devido às elevadas concentrações de oxigênio dissolvido no rio analisado, o que favoreceu a oxidação biológica da amônia e do nitrito. Contudo, no presente trabalho, não se verificou essa relação entre as variáveis oxigênio dissolvido e nitrato.

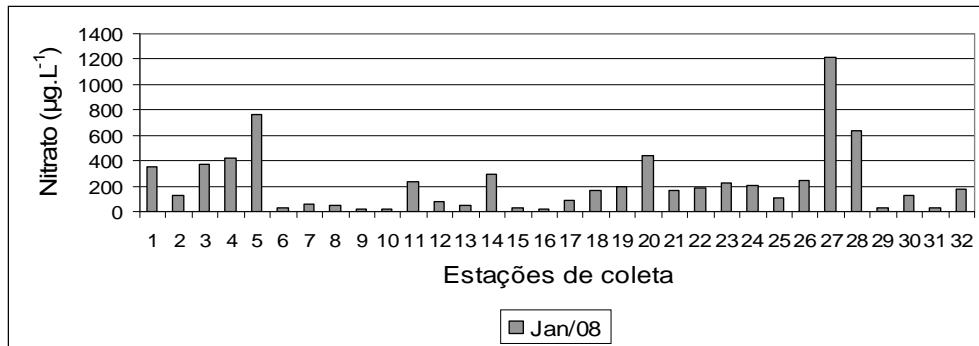


Figura 26 - Nitro (µg.L⁻¹) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008.

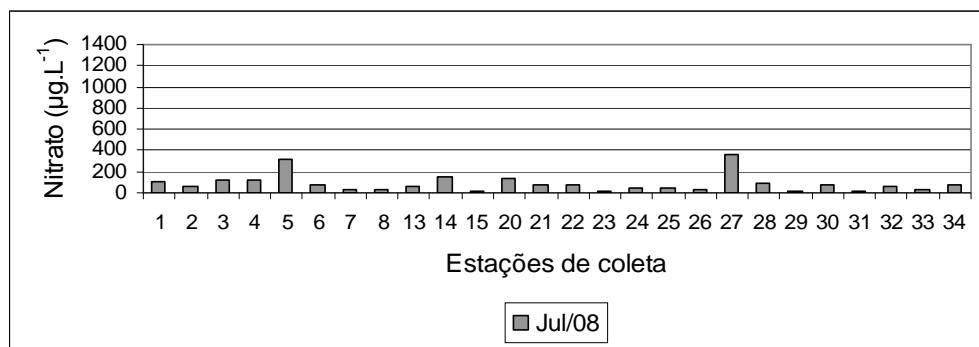


Figura 27 - Nitro (µg.L⁻¹) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008.

De acordo com Von Sperling (2005), o estágio de poluição de um corpo d'água pode ser indicado pela determinação da forma predominante de nitrogênio, sendo que na forma de amônia indica poluição recente. As concentrações de íons amônio das coletas realizadas em janeiro e julho de 2008 estão apresentadas, respectivamente, nas Figuras 28 e 29. A menor concentração média encontrada foi $1,64 \text{ µg.L}^{-1}$ na estação 20, em julho, e a maior foi $1798,6 \text{ µg.L}^{-1}$ na estação 24, em janeiro.

Para essa forma nitrogenada, a média das concentrações foi maior no período chuvoso ($104,23 \text{ µg.L}^{-1}$ versus $90,47 \text{ µg.L}^{-1}$ no período seco), corroborando o estudo de Judová e Jansky (2005) no rio Slapanka (República Tcheca) e de Bollinger et al. (1999) no rio Mississipi.

A concentração aberrante observada na estação 24, no período chuvoso, foi a única que ultrapassou o padrão de potabilidade determinado pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (1500 µg.L^{-1}) e pode estar relacionada à presença de pastoreio de gado na área de entorno.

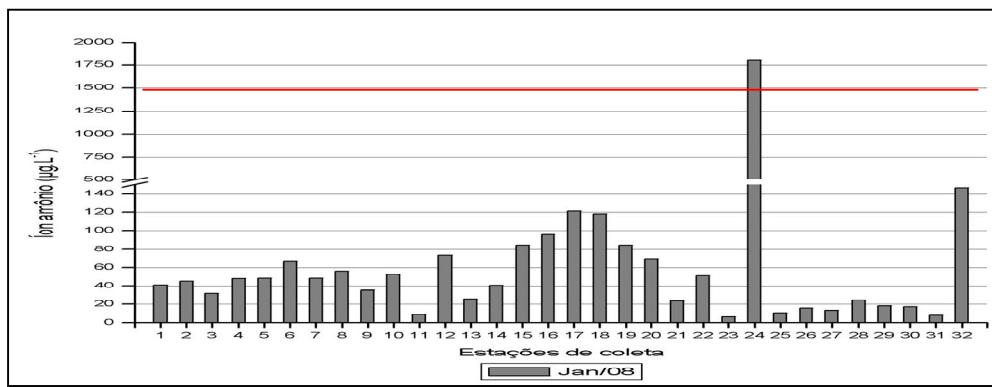


Figura 28 – Íon amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008. Em vermelho, o limite de concentração de amônia estabelecido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde para consumo humano ($1500 \mu\text{g.L}^{-1}$).

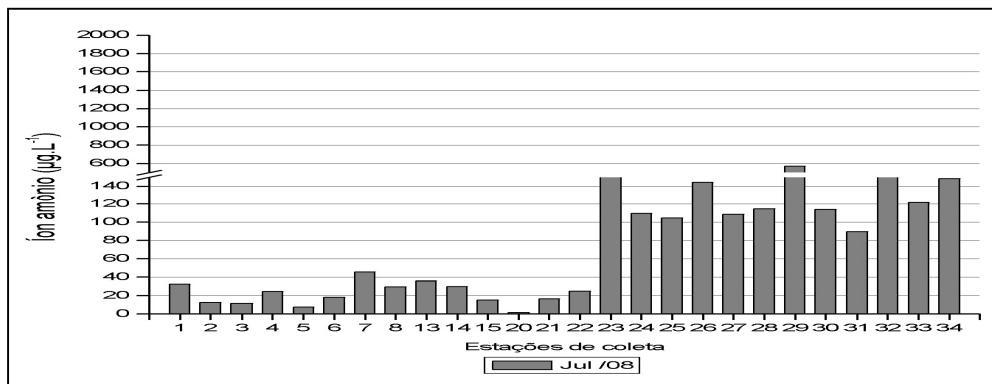


Figura 29 – Íon amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008.

As Figuras 30 e 31 apresentam as concentrações de fósforo total na água dos diferentes pontos de coleta para as amostragens realizadas, respectivamente, nos meses de janeiro e julho de 2008. A maior concentração foi obtida na estação 31 ($400,68 \mu\text{g.L}^{-1}$) durante a coleta realizada no período chuvoso, e a segunda maior ocorreu no ponto 6 durante a coleta realizada em julho ($317,19 \mu\text{g.L}^{-1}$). Ambos os valores ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para ambientes lóticos de classe 1, que corresponde a $100 \mu\text{g.L}^{-1}$. Por sua vez, as menores concentrações foram encontradas na estação 25 ($12,6 \mu\text{g.L}^{-1}$), em janeiro, e na estação 23 ($18,89 \mu\text{g.L}^{-1}$), em julho.

A elevada concentração de fósforo total obtida, durante a coleta de julho, na estação 6 pode ser associada às condições lênticas de escoamento da água observadas neste ponto no período, o que favorece a proliferação de macrófitas aquáticas (BOLLMANN, CARNEIRO e PEGORINI, 2005; LIMA, REISSMANN e TAFFAREL, 2005; XAVIER et al., 2005).

As concentrações de fósforo total encontradas no presente trabalho foram, em geral, semelhantes às encontradas por Novelli (2005) na nascente do rio Monjolinho (São Carlos –

SP) e inferiores às concentrações encontradas por Boneto (2007) na nascente do rio Caulim, localizado na região metropolitana de São Paulo.

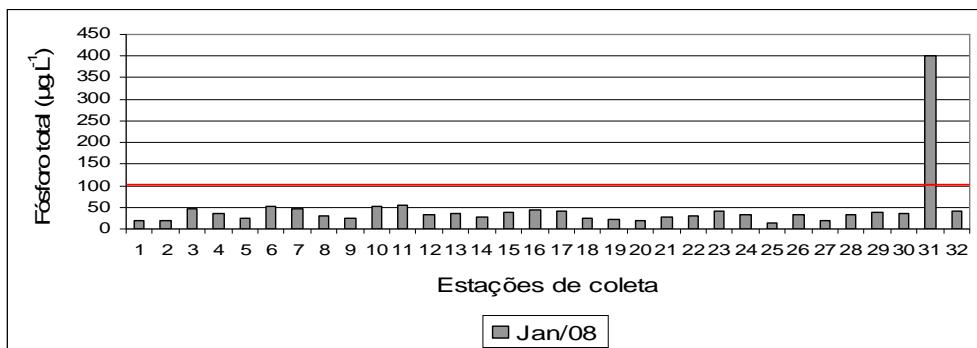


Figura 30 - Fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008. Em vermelho, o valor máximo de fósforo total estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para ambientes lóticos de classe 1 ($100 \mu\text{g.L}^{-1}$).

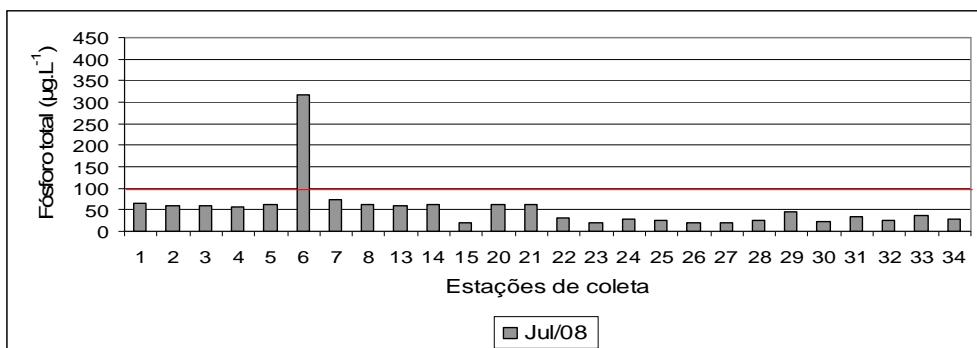


Figura 31 - Fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008. Em vermelho, o valor máximo de fósforo total estabelecido pela Resolução Conama 357/05 para ambientes lóticos de classe 1 ($100 \mu\text{g.L}^{-1}$).

As Figuras 32 e 33 apresentam as concentrações de fosfato total dissolvido na água das diferentes estações de coleta para as amostragens realizadas nos meses de janeiro e julho de 2008, respectivamente. A maior concentração encontrada desse nutriente foi $58,76 \mu\text{g.L}^{-1}$, na estação de coleta 31, durante a coleta realizada em janeiro, e a menor foi $7,19 \mu\text{g.L}^{-1}$, na estação 8, durante a mesma coleta.

Dornfeld (2006), que estudou o rio Monjolinho, obteve, em geral, concentrações menores desse nutriente na nascente do rio estudado (máxima concentração de fosfato total dissolvido de $19,02 \mu\text{g.L}^{-1}$).

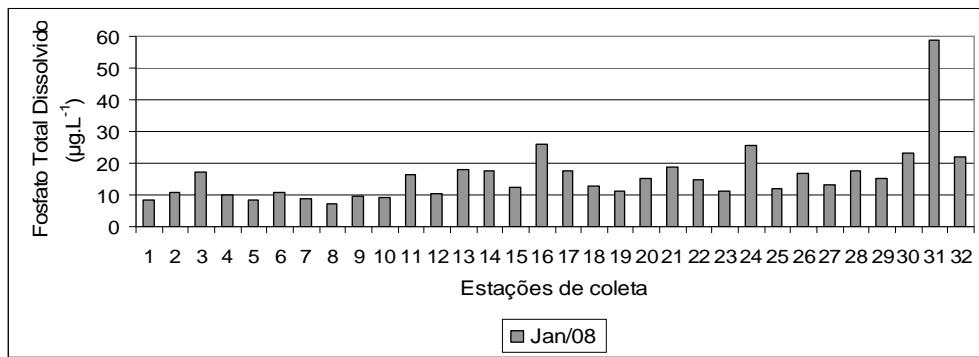


Figura 32 - Fosfato total dissolvido ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008.

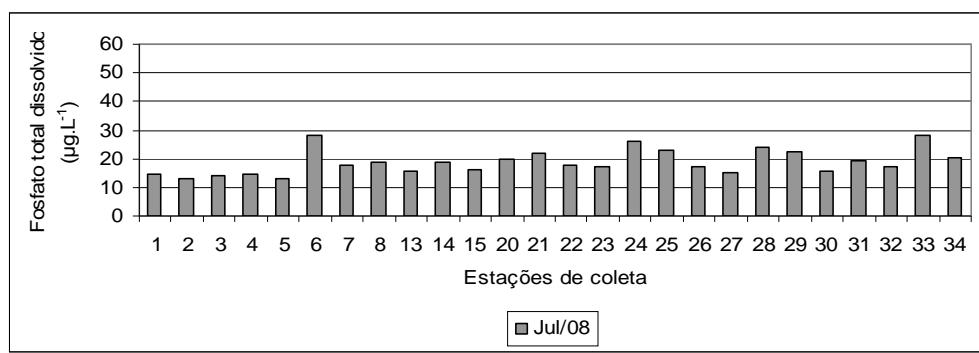


Figura 33 - Fosfato total dissolvido ($\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008.

As Figuras 34 e 35 indicam as concentrações de fosfato inorgânico encontradas nas diversas estações de amostragem nas coletas efetuadas em janeiro e julho de 2008. A maior concentração ($32,1 \mu\text{g}.\text{L}^{-1}$) e a menor ($1,63 \mu\text{g}.\text{L}^{-1}$) foram observadas, respectivamente, nas estações de coleta 31 e 5 durante a coleta realizada no período chuvoso.

Apesar da maior concentração desse nutriente ter sido obtida em janeiro, não houve diferença significativa entre os valores médios encontrados nas duas coletas ($9,31 \mu\text{g}.\text{L}^{-1}$ na primeira coleta e $9,68 \mu\text{g}.\text{L}^{-1}$ na segunda). Cunha (2007) também observou, no rio Pariquera-Açu, concentrações superiores desse nutriente no período de menor precipitação, relacionando os resultados ao efeito de diluição provocado pelas chuvas.

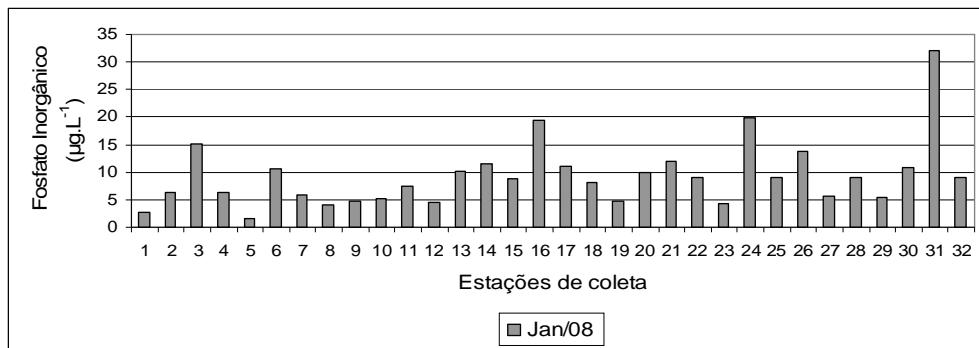


Figura 34 - Fosfato inorgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008.

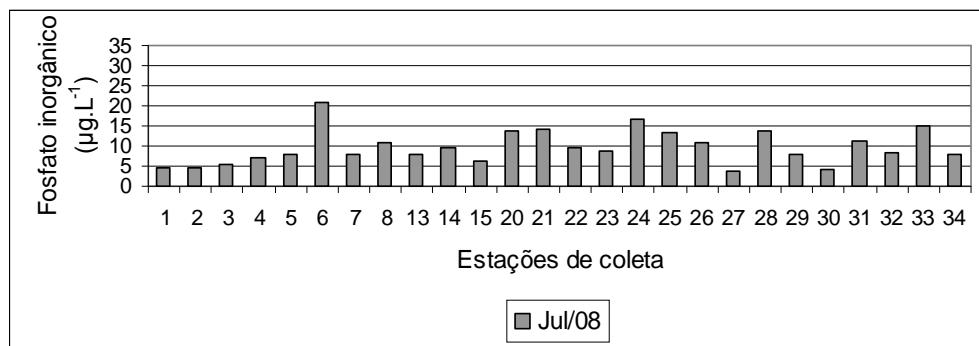


Figura 35 - Fosfato inorgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008.

As Figuras 36 e 37 apresentam as concentrações de silicato reativo na água das diversas estações de amostragem no município de Bom Repouso durante as coletas do período chuvoso e seco, respectivamente.

O silicato é classificado como o nutriente mais limitante para as diatomáceas, pois estas absorvem o silicato para a produção de suas carapaças. Segundo Brigante & Espíndola (2003), sua importância como nutriente se deve ao fato de que as diatomáceas são importantes produtores primários da cadeia trófica aquática.

Os níveis de silicato encontrados nas estações de coleta, em janeiro, variaram entre $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ (Estação 5) e $4,84 \text{ mg.L}^{-1}$ (Estação 26). Já em julho, os valores oscilaram entre $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ (Estação 31) e $1,01 \text{ mg.L}^{-1}$ (Estação 1). Concentrações semelhantes foram encontradas por Moccellin (2006) na nascente do rio Jacupiranguinha (Vale do Ribeira – SP) e por Brigante & Espíndola (op. cit) nas nascentes do rio Mogi-Guaçu, do rio Espraiado e do rio do Peixe, situadas no município de Bom Repouso (MG).

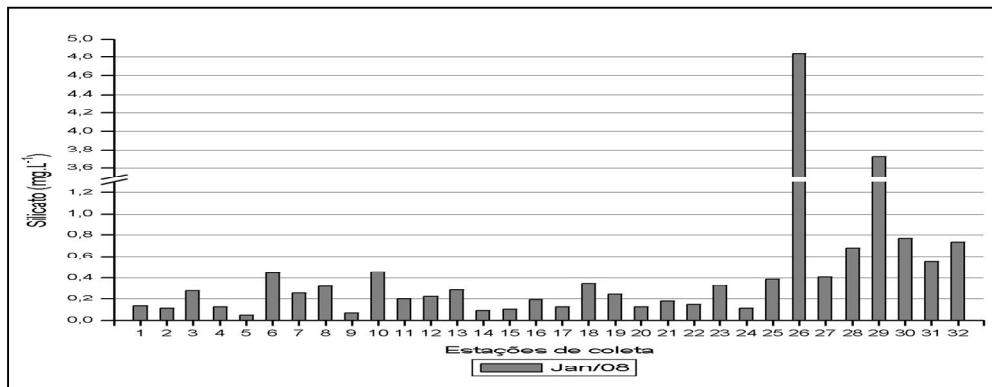


Figura 36 - Silicato (mg.L⁻¹) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de janeiro de 2008.

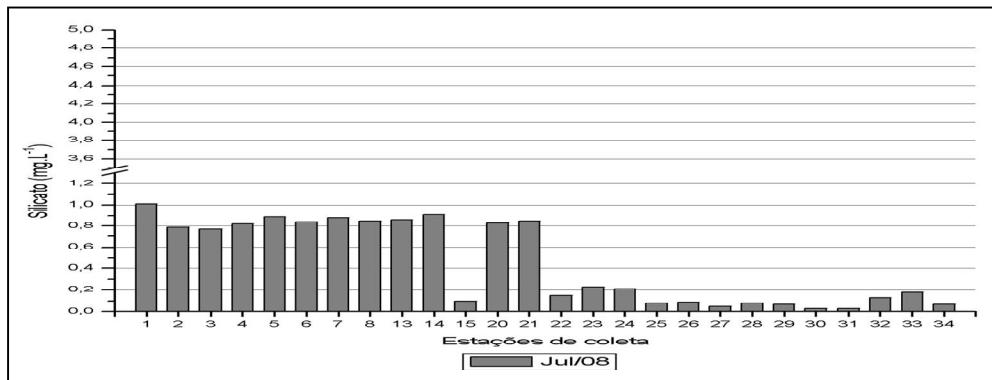


Figura 37 - Silicato (mg.L⁻¹) nos diversos pontos de amostragem para a coleta de julho de 2008.

Nas Figuras 38 e 39, está representada a variação espacial dos valores de material em suspensão total, orgânico e inorgânico, nas diversas estações de coleta, para as amostragens realizadas em janeiro e julho de 2008, respectivamente. A maior concentração de material em suspensão total foi encontrada na estação de coleta 31 (145,7 mg.L⁻¹) na coleta realizada no período chuvoso. Uma possível explicação para o incremento de material em suspensão no ponto em questão, assim como para o aumento da turbidez verificado no mesmo, é a contribuição das fortes chuvas ocorridas no dia da coleta (26/01/2008), que, provavelmente, carreou componentes dos solos expostos e erodíveis pela falta de mata ciliar a montante da nascente, corroborando o trabalho de Bordalo et al. (2001), no rio Bangpakong, na Tailândia.

A porção orgânica do material em suspensão (com exceção das estações 6, 10, 21, 26, 31 e 32, em janeiro, e da estação 29, em julho) predominou sobre a inorgânica, diferentemente do que foi observado por Moccellin (2006) no rio Jacupiranguinha, localizado no Vale do Ribeira (SP), e por Novelli (2005) no rio Monjolinho, localizado em São Carlos (SP).

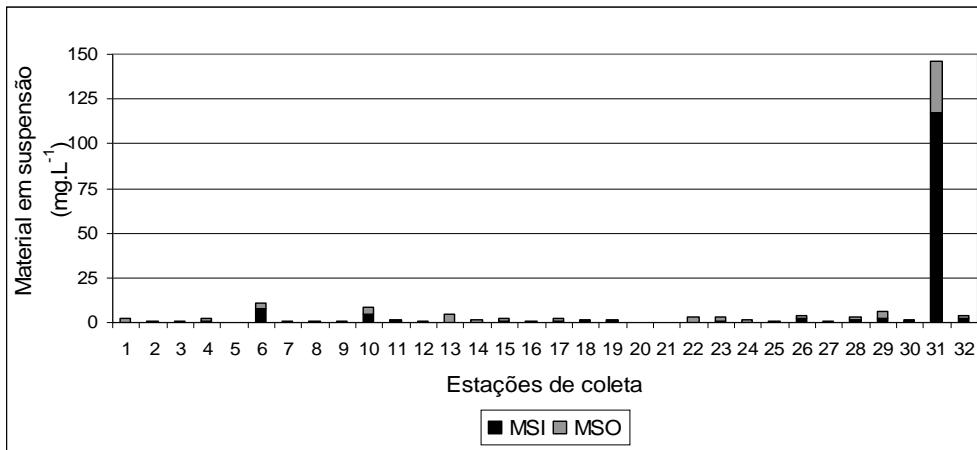


Figura 38 - Teores de material orgânico (MSO) e inorgânico (MSI) em suspensão ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) na água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de janeiro de 2008.

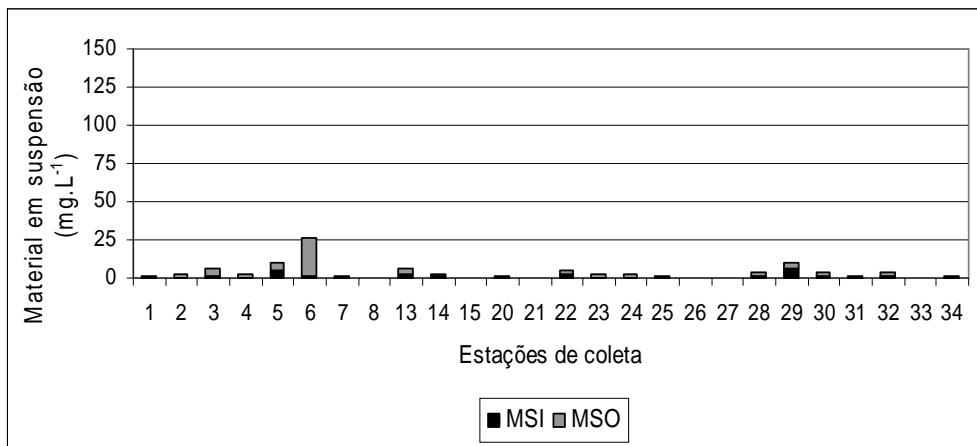


Figura 39 - Teores de material orgânico (MSO) e inorgânico (MSI) em suspensão ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) na água para os diferentes pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008.

Os usos múltiplos da água tanto para consumo humano, higiene pessoal, recreação ou irrigação de alimentos estão direta ou indiretamente associados à ingestão humana. Dessa maneira, o monitoramento da presença de bactérias patogênicas é um componente essencial para a avaliação dos riscos associados aos usos múltiplos da água (CHAPMAN, 1992).

Nesse contexto, com o intuito de realizar um levantamento das condições sanitárias da região analisada, determinou-se, em julho de 2008, o número de coliformes totais (Figura 40), e, nos dois períodos amostrais, o número de coliformes fecais (Figuras 41 e 42).

Vale ressaltar que não se realizou a diluição das amostras de água para determinar a concentração de coliformes totais e fecais e, por isso, a concentração de coliformes totais das estações 13 e 28, e de coliformes fecais na estação 10 estão representadas, nas Tabela 21 e 22 do Anexo A, como $> 2149,6$ NMP em 100 mL. Não se procedeu a diluição, pois, uma vez que

praticamente a totalidade das nascentes em uso é destinada ao consumo doméstico de residências e espaços públicos comuns sem prévia desinfecção, as amostras de água deveriam atender aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/08 e aos padrões de potabilidade determinados pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, ou seja, os coliformes totais e fecais deveriam estar ausentes em 100 mL de água.

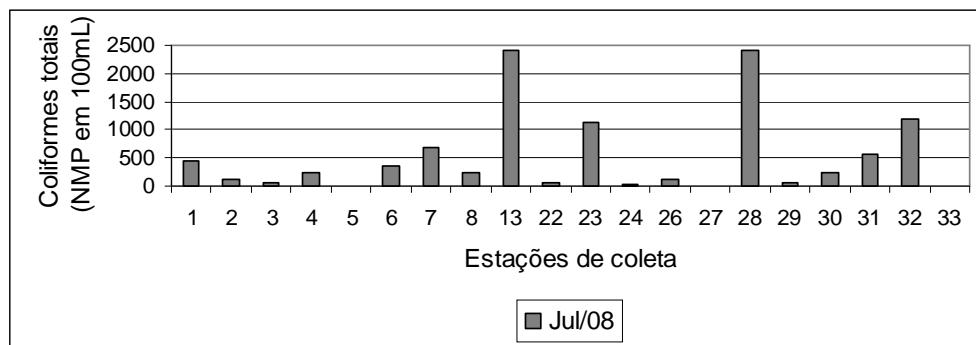


Figura 40 - Número mais provável (NMP) de coliformes totais em 100 mL nos diversos pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008.

Segundo Rocha et al. (2006), o crescimento desordenado de habitações sem saneamento e a falta de noções de higiene sanitária estão entre os principais responsáveis por promover a contaminação de águas subterrâneas e sub-superficiais (nascentes).

Em diversos levantamentos da qualidade de águas de abastecimento em áreas rurais, foram encontrados riscos elevados por contaminação fecal (BEVILACQUA, 2002; QUEIROZ et al., 2002; AMARAL et al., 2003; ROCHA et al., 2006). De acordo com Queiroz et al. (2002), as populações dependentes de “fontes alternativas” de abastecimento ou que residem em áreas rurais, em geral, são as expostas aos maiores riscos de contaminação.

É possível observar que a maior concentração de coliformes fecais, durante a coleta do mês de janeiro, foi registrada no Ribeirão da Boa Vereda (Estação 10), que é utilizado pela população do bairro como destino final de esgoto doméstico. Já em julho, quando não foi possível coletar amostras nessa estação, a maior concentração foi registrada na estação 28 (648,8 NMP em 100 mL).

Vale ressaltar, que, dentre as amostras analisadas, cinco apresentaram concentrações de coliformes fecais superiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para corpos de água de classe 1, que é de 200 NMP em 100 mL (as estações 3, 10, 11 e 13, em janeiro, e a estação 28, em julho).

Assim, considerando que as amostras de água analisadas são utilizadas para consumo humano sem desinfecção, além de serem usadas para a irrigação das plantações de morango e batata, pode-se inferir que, em geral, as amostras não apresentaram condições sanitárias satisfatórias.

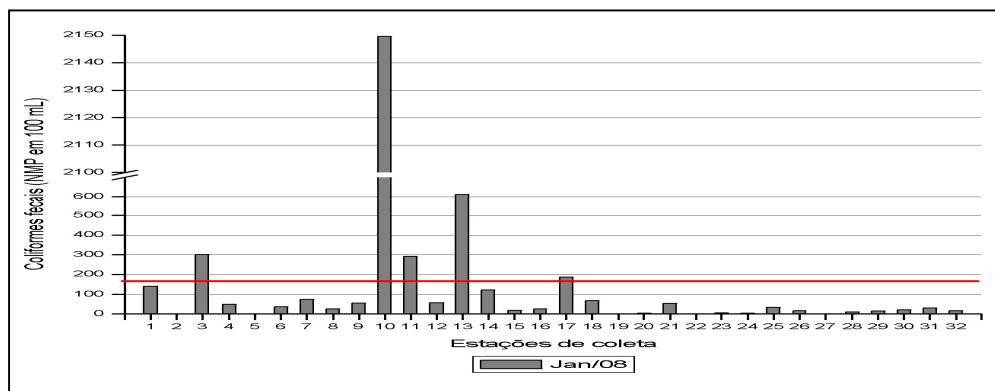


Figura 41 - Número mais provável (NMP) de coliformes fecais em 100 mL nos diversos pontos de amostragem na coleta realizada no mês de janeiro de 2008. Em vermelho, o limite de coliformes fecais estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (200 NMP em 100 mL).

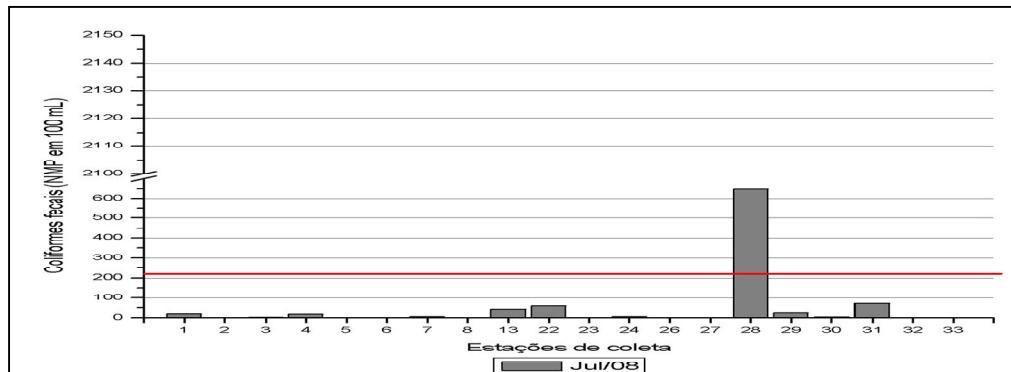


Figura 42 - Número mais provável (NMP) de coliformes fecais em 100 mL nos diversos pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008. Em vermelho, o limite de coliformes fecais estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (200 NMP em 100 mL).

Os metais podem chegar aos corpos d'água por meio de processos naturais como o intemperismo e a infiltração no solo, ou então por meios artificiais, gerados por processos industriais e também por atividades agrícolas e de mineração.

Nas Tabelas 4 e 5, estão representadas as concentrações de metais totais na água (mg.L^{-1}), nas diferentes estações de coleta, para as amostragens realizadas, respectivamente nos meses de janeiro e julho de 2008. Foram quantificados os níveis dos seguintes metais: cádmio, chumbo, cobre, cromo, zinco, níquel, manganês, ferro, cobalto, alumínio e sódio, sendo os três últimos quantificados apenas nas amostras coletadas no período seco.

O cromo, metal considerado cancerígeno e que está normalmente presente na água sob a forma trivalente e hexavalente, foi o único metal detectado em todas as estações de coleta no período chuvoso. No entanto, as concentrações detectadas nas amostras analisadas foram inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, que é de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$. Já no período seco, a concentração de cromo na água manteve-se abaixo do limite de detecção do método em todas as estações, e o sódio foi o único detectado em todas as amostras.

Dentre os demais metais analisados, o zinco foi detectado, em janeiro, apenas na estação de coleta 12 ($0,02 \text{ mg.L}^{-1}$) e, em julho, nas estações 1, 2, 6, 24, 29, 30, 31 e 34, variando entre $0,0017 \text{ mg.L}^{-1}$ (Estação 2) e $0,06 \text{ mg.L}^{-1}$ (Estação 24). No período seco, também se verificou a presença de Al na amostra referente à estação 30 ($0,319 \text{ mg.L}^{-1}$). Essa concentração é superior aos limites estabelecidos tanto pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA 396/08 ($0,2 \text{ mg.L}^{-1}$) como pela Resolução CONAMA 357/05 ($0,1 \text{ mg.L}^{-1}$).

O ferro foi detectado apenas na estação 31 ($11,09 \text{ mg.L}^{-1}$), no período chuvoso, e na estação 29 ($1,13 \text{ mg.L}^{-1}$), no período seco, sendo esses valores superiores ao limite definido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, que é de $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$. No entanto, segundo Sperling (1998) apud Brigante & Espíndola (2003), as águas de Minas Gerais apresentam naturalmente teores elevados de ferro, em função das características geoquímicas da bacia de drenagem, podendo inclusive superar os limites de potabilidade.

Tabela 4 - Concentração de metais totais (Fe, Ni, Cr, Zn, Pb, Cu, Cd e Mn) - ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem na coleta realizada no mês de janeiro de 2008.

Estação de coleta	Concentração ($\mu\text{g.L}^{-1}$)							
	Fe	Ni	Cr	Zn	Pb	Cu	Cd	Mn
LD*	40	20	1,1	10	10	20	0,4	0
LQ**	140	50	3,9	20	60	60	1,2	10
1	-	-	22	-	-	-	-	-
2	-	-	24	-	-	-	-	-
3	-	-	15	-	-	-	-	-
4	-	-	21	-	-	-	-	-
5	-	-	23	-	-	-	-	-
6	-	-	23	-	-	-	-	-
7	-	-	19	-	-	-	-	-
8	-	-	17	-	-	-	-	-
9	-	-	19	-	-	-	-	-
10	-	-	19	-	-	-	-	-
11	-	-	19	-	-	-	-	-
12	-	-	18	27,7	-	-	-	-
13	-	-	17	-	-	-	-	-
14	-	-	21	-	-	-	-	-
15	-	-	18	-	-	-	-	-
16	-	-	18	-	-	-	-	-
17	-	-	14	-	-	-	-	-
18	-	-	19	-	-	-	-	-
19	-	-	15	-	-	-	-	-
20	-	-	17	-	-	-	-	-
21	-	-	18	-	-	-	-	-
22	-	-	18	-	-	-	-	-
23	-	-	20	-	-	-	-	-
24	-	-	18	-	-	-	-	-
25	-	-	20	-	-	-	-	-
26	-	-	18	-	-	-	-	-
27	-	-	18	-	-	-	-	-
28	-	-	18	-	-	-	-	-
29	-	-	19	-	-	-	-	-
30	-	-	18	-	-	-	-	-
31	11093	-	24	-	-	-	-	-
32	-	-	13	-	-	-	-	-

*: Limite de detecção

**: Limite de quantificação

- : abaixo do limite de quantificação

Tabela 5 - Concentração de metais totais (Fe, Ni, Cr, Zn, Pb, Cu, Cd, Mn, Co, Na e Al) - ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) nos diversos pontos de amostragem na coleta realizada no mês de julho de 2008.

Estação De coleta	Concentração ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)										
	Fe	Pb	Mn	Zn	Cu	Cd	Cr	Ni	Co	Na	Al
LD*	40	10	0	10	20	0,4	1,1	20	46	0	0,43
LQ**	140	60	10	20	60	1,2	3,9	50	15	1	1,5
1	-	-	-	9,0	-	-	-	-	-	921,1	-
2	-	-	-	1,7	-	-	-	-	-	906,6	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	817,3	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	880,5	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1136,9	-
6	-	-	-	2,4	-	-	-	-	-	1448,8	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000,6	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	929	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	984,9	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	934,7	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	931,6	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	859	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	920,3	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1086,7	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1129,5	-
24	-	-	-	60,1	-	-	-	-	-	1569,2	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1546,7	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	899,7	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2119,3	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1401,7	-
29	1135,0	-	-	49,9	-	-	-	-	-	1146,1	-
30	-	-	-	6,4	-	-	-	-	-	1207,7	319
31	-	-	-	2,1	-	-	-	-	-	951,5	-
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	846,8	-
33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	840	-
34	-	-	-	25,2	-	-	-	-	-	958,8	-

*: Limite de detecção

**: Limite de quantificação

- : abaixo do limite de quantificação

Na avaliação da qualidade das amostras de água coletadas durante os meses de janeiro e julho de 2008, analisou-se também os seguintes pesticidas: alfa-BHC, heptacloro, gama-BHC, aldrin, metacloro, beta-endosulfan, heptacloro epoxide, alfa-endosulfan, clordano, dieldrin, endrin, 4,4-DDT e metoxicloro. Durante a coleta de janeiro, não foi detectada através do método utilizado a presença de nenhum dos pesticidas avaliados. Já na coleta de julho, verificou-se, em algumas das amostras analisadas, a presença de pelo menos um dos pesticidas considerados, tendo sido encontrados oito dos treze pesticidas analisados (Tabela 6).

Vale ressaltar que a estação de coleta 29, em que se verificou a presença do pesticida Gama-BHC, corresponde à Estação de Tratamento de Água do bairro Boa Vereda de Cima. Como já foi dito anteriormente, foi possível constatar, durante as coletas realizadas, que as duas estações de tratamento visitadas nos bairros rurais do município funcionam apenas como pontos de redistribuição da água, não exercendo a função primordial das mesmas e transmitindo uma falsa impressão de proteção às famílias atendidas.

Todos os pesticidas detectados nas amostras são quimicamente classificados como inseticidas organoclorados, que, dentre os inseticidas orgânicos sintéticos, são os que permanecem por mais tempo no ambiente. Por essa razão, o uso desses compostos foi proibido em vários países, pois representam perigo à saúde humana. Inclusive, dentre os agrotóxicos detectados, os organoclorados aldrin, endosulfan e BHC são proibidos para uso agropecuário no Brasil pela Portaria 329/85 do Ministério da Agricultura.

O inseticida encontrado com mais frequência na água foi o alfa-endossulfan, considerado altamente tóxico. No entanto, de maneira geral, as concentrações dos pesticidas detectados nas amostras foram baixas, não ultrapassando os limites estabelecidos pela legislação pertinente. Isso pode ser explicado pelo fato de, segundo Norberg-King (1990), muitos compostos como pesticidas estarem presentes em altas concentrações na coluna d'água por um período curto de dias (de 1 a 4 dias), e então logo a sua concentração diminuir.

Além disso, é importante que sejam consideradas as interações entre a coluna de água e os sedimentos, pois estes constituem grandes reservatórios de nutrientes e contaminantes, que, sob condições biogeoquímicas especiais, podem liberar para a água quantidades extras das espécies de contaminantes em relação àquelas existentes em equilíbrio (estado estacionário) entre a superfície desses sólidos e a água (ZAGATTO & BERTOLETTI, 2006).

Tabela 6 - Pesticidas encontrados nas amostras de água ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$).

Pesticida	Estação de coleta	Concentração ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)
Alfa-BHC	13	0,021
Aldrin	5	0,012
Alfa-Endosulfan	5; 20; 32	0,023; 0,041; 0,024
Clordano	2	0,016
Endrin	13	0,013
Gama-BHC	29	0,018
Metacloro	22	0,0135
Dieldrin	25	0,021

6.3. Variáveis do sedimento

A análise granulométrica tem significativa importância em estudos biogeoquímicos, uma vez que a partição tanto de nutrientes como de contaminantes é influenciada diretamente pela distribuição percentual das partículas primárias dos sedimentos aquáticos (MOZETO et al., 2006).

Os dados de granulometria do sedimento das coletas de janeiro e julho de 2008 são apresentados, respectivamente, nas Figuras 43 e 44. Durante a coleta realizada no período chuvoso, realizaram-se as análises em amostras de sedimento provenientes de 14 estações de amostragem e, no período seco, em 11 amostras. Nessas figuras, estão representadas as frações de argila, silte, areia e pedregulho. Os dados de areia fina, areia média e areia grossa foram somados em um único valor (fração de areia), sendo os dados individuais apresentados nas Tabelas 23 e 24 (Anexo A).

A análise desses dados revelou que, excetuando-se a estação de coleta 22, que apresentou maior teor de material particulado fino (65% de silte e argila), as demais estações revelaram uma predominância de sedimentos arenosos, corroborando os trabalhos de Novelli (2005) no rio Monjolinho e de Mocellin (2006) no rio Jacupiranguinha. A fração pedregulho não foi encontrada em nenhuma das estações.

Além disso, é possível verificar que, apesar da predominância da fração areia durante os dois períodos amostrais, houve um aumento da porcentagem das frações argila e silte durante a coleta realizada em julho. Estes resultados podem estar relacionados à ressuspensão do material particulado fino devido à ocorrência de fortes precipitações no período chuvoso.

Vale ressaltar ainda que as frações granulométricas mais importantes nas discussões sobre a contaminação de sedimentos por substâncias químicas são a argila e o silte, pois as partículas de menor tamanho apresentam maior potencial de adsorção de metais (FÖRSTNER & SALOMONS apud BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

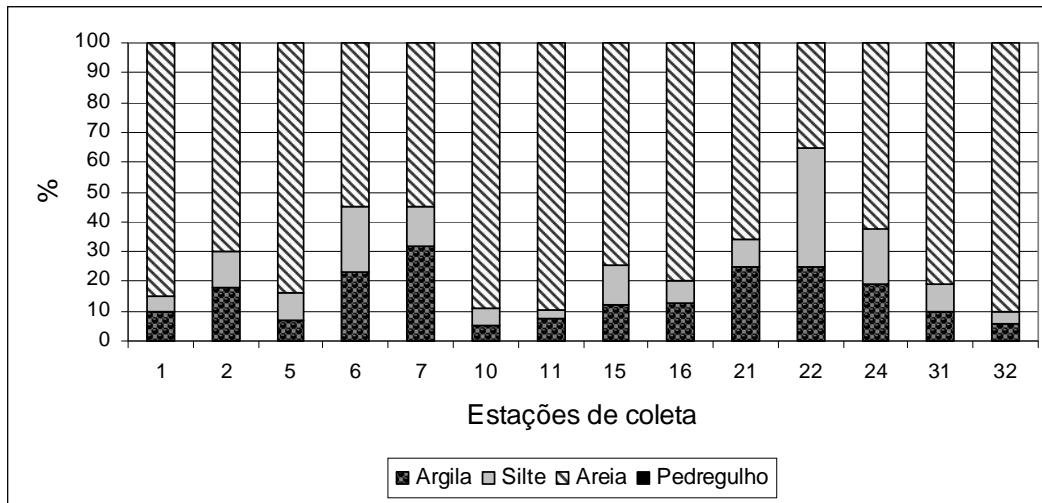


Figura 43 - Dados de granulometria do sedimento de 14 estações de coleta, durante a coleta de janeiro de 2008.

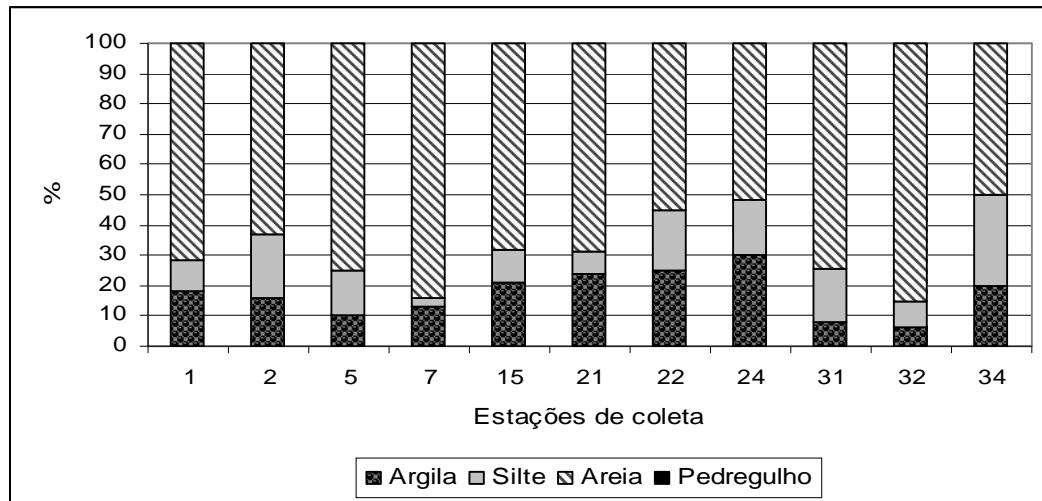


Figura 44 - Dados de granulometria do sedimento de 11 estações de coleta, durante a coleta de julho de 2008.

Segundo Esteves (1988), do ponto de vista de ciclagem da matéria e fluxo de energia, o sedimento é um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos continentais, pois apresentam maiores concentrações de nutrientes, funcionando como reservatório dos mesmos.

As Figuras 45 e 46 apresentam as porcentagens de nitrogênio orgânico total no sedimento nas diferentes estações de coleta, durante as amostragens realizadas nos meses de janeiro e julho de 2008. Em geral, verificou-se menor porcentagem do nutriente no sedimento durante o período chuvoso. Situação semelhante foi verificada por Cunha (2007), o que, segundo o autor, deve ser associado ao aumento da vazão do corpo d'água, em função das intensas precipitações, ocasionando a ressuspensão do sedimento e o transporte do nitrogênio.

Em janeiro, encontrou-se um valor médio de 2,06% de nitrogênio no sedimento analisado, e os valores máximo e mínimo foram, respectivamente, 7,74% (Estação 7) e 0,06% (Estação 15). Já nas amostras coletadas em julho, a porcentagem média de nitrogênio orgânico total no sedimento foi de 2,79%, e as concentrações superior e inferior foram 6,6% (Estação 1) e 0,93% (Estação 32), respectivamente.

Os resultados obtidos no presente trabalho, de maneira geral, foram superiores aos encontrados por Brigante & Espíndola (2003) em três nascentes da região, com valores entre 0,02% e 0,39%, e por Novelli (2005) na nascente do rio Monjolinho (valores entre 0,002% e 0,035%).

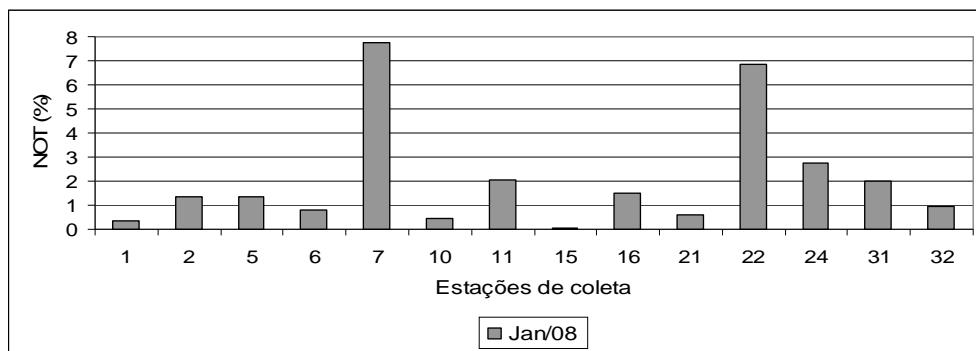


Figura 45 - Porcentagem de nitrogênio orgânico total no sedimento dos pontos de amostragem caracterizados como nascentes durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.

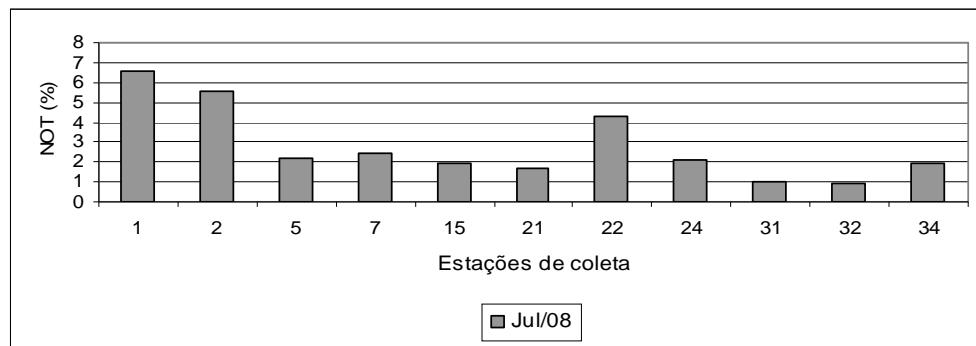


Figura 46 - Porcentagem de nitrogênio orgânico total no sedimento dos pontos de amostragem caracterizados como nascentes durante a coleta realizada no mês de julho de 2008.

Como pode ser notado nas Figuras 47 e 48, as concentrações de fósforo total ($\mu\text{g.g}^{-1}$) nas estações de amostragem apresentaram comportamento contrário ao verificado nas análises de nitrogênio total no sedimento, pois a média das concentrações encontradas no período de maior precipitação ($3,11 \mu\text{g.g}^{-1}$) foi mais de dez vezes superior que a encontrada no período seco ($0,3 \mu\text{g.g}^{-1}$).

No mês de janeiro, a maior concentração de fósforo total foi registrada na estação de coleta 22 ($5,821 \mu\text{g.g}^{-1}$) e a menor concentração, no ponto 10 ($0,711 \mu\text{g.g}^{-1}$). Já no mês de julho, as concentrações variaram entre $0,14 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Estação 32) e $0,81 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Estação 34).

Vale ressaltar que todas as concentrações encontradas nesta pesquisa, durante o mês de janeiro, foram mais baixas que as encontradas por Moccellin (2006), no rio Jacupiranguinha (entre 20 e $10500 \mu\text{g.g}^{-1}$), e por Novelli (2005), no rio Monjolinho (entre 58,78 e $998,7 \mu\text{g.g}^{-1}$).

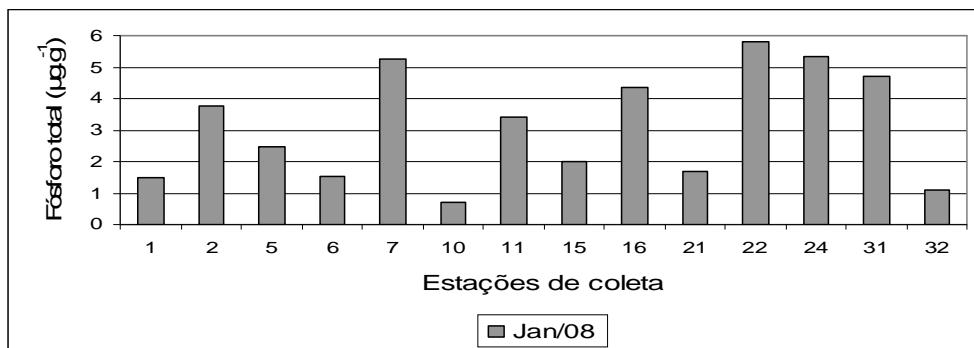


Figura 47 - Níveis de fósforo total ($\mu\text{g.g}^{-1}$) no sedimento dos pontos de amostragem caracterizados como nascentes durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.

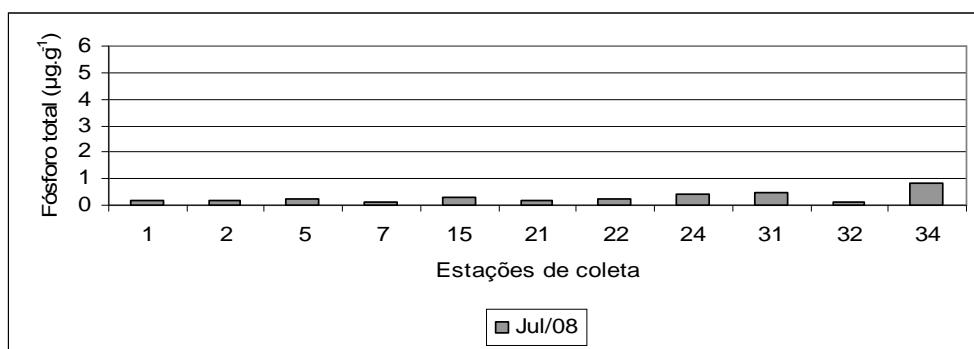


Figura 48 - Níveis de fósforo total ($\mu\text{g.g}^{-1}$) no sedimento dos pontos de amostragem caracterizados como nascentes durante a coleta realizada no mês de julho de 2008.

A fração de matéria orgânica no sedimento depende da rapidez de sua decomposição, que, por sua vez, está associada a vários fatores, principalmente à disponibilidade de oxigênio (MARGALEF, 1983).

Nas Figuras 49 e 50, são apresentadas as porcentagens de matéria orgânica presentes no sedimento para as diferentes estações de coleta durante as coletas de janeiro e julho de 2008. A maior média de porcentagem de matéria orgânica ocorreu no período chuvoso

(16,65%), o que pode estar relacionado ao maior carreamento de material alóctone no período de grandes precipitações.

Em janeiro de 2008, a mínima porcentagem de matéria orgânica foi obtida na estação de coleta 32 (5,65%), e a maior, na estação 10 (43,81%). Já em julho de 2008, as porcentagens oscilaram entre 6,48% (Estação 7) e 31,25% (Estação 2).

Em geral, o teor de matéria orgânica encontrado nas estações de coleta foi superior a 10%, o que, segundo Esteves (1988), caracteriza o sedimento como predominantemente orgânico, corroborando o que foi verificado por Brigante & Espíndola (2003) que, em estudo no rio Mogi-Guaçu, encontraram valores de matéria orgânica considerados elevados para sedimentos de rios (entre 0,9% e 48%) e os consideraram como indicativo de poluição.

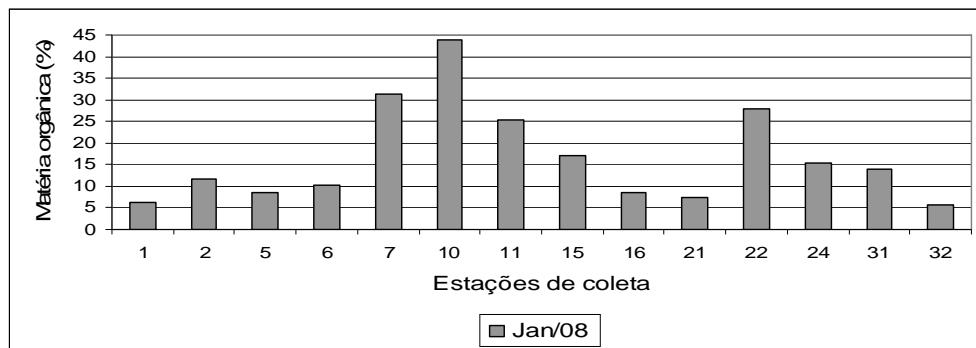


Figura 49 - Porcentagem de matéria orgânica do sedimento dos pontos de amostragem caracterizados como nascentes durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.

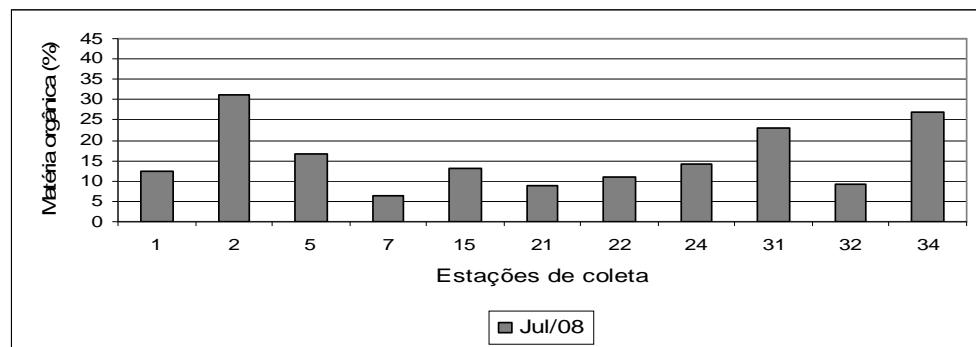


Figura 50 - Porcentagem de matéria orgânica do sedimento dos pontos de amostragem caracterizados como nascentes durante a coleta realizada no mês de julho de 2008.

No que concerne aos metais pesados potencialmente biodisponíveis, sua quantificação em sedimento também se faz necessária, considerando os efeitos deletérios destas substâncias sobre a saúde humana e levando-se em conta que determinadas condições observadas na

coluna de água podem acarretar a disponibilização desses compostos para a água e para toda a comunidade biológica presente na mesma.

Quando os metais pesados e as substâncias orgânicas tóxicas atingem os sedimentos aquáticos, esses compostos podem ficar retidos no sedimento em várias formas: adsorvida sobre as superfícies das partículas minerais; complexada pelas substâncias húmicas das partículas orgânicas; precipitada ou então bioacumulada na biota (BAIRD, 2002).

As Tabelas 7 e 8 apresentam as concentrações de metais potencialmente biodisponíveis no sedimento das estações de amostragem analisadas.

Na coleta do período chuvoso, as concentrações de chumbo, cádmio e cobre, em todos os pontos, foram inferiores ao limite de detecção (LD) do método empregado; as mais elevadas concentrações de manganês, níquel e zinco foram detectadas na estação 11: 11,52 mg.Kg⁻¹, 0,014 mg.Kg⁻¹ e 0,4974 mg.Kg⁻¹, respectivamente, e as máximas concentrações de cromo (0,148 mg.Kg⁻¹) e ferro (41,404 mg.Kg⁻¹) foram encontradas na estação 10.

No período seco, acrescentou-se à análise os metais alumínio, cobalto e sódio. As concentrações de níquel, cádmio e cobalto foram inferiores ao limite de quantificação (LQ) do método em todos os pontos.

É possível observar que as concentrações de alumínio e ferro são relativamente elevadas, quando comparadas com as de outros metais analisados no presente estudo. No entanto, não se pode relacioná-las diretamente a uma possível poluição visto que não foram encontrados valores referenciais. É bastante provável que a contribuição natural do alumínio para dentro do sistema aquático seja alta, em função do tipo de solo predominante na bacia do rio Mogi-Guaçu (Latossolo Vermelho-Amarelo), que é bastante rico em Al, assim como são altos os teores de óxidos de ferro originados do substrato rochoso ferrífero, características essas que poderiam esclarecer parte dos altos níveis de alumínio e ferro encontrados nos sedimentos (BARUQUI et al., 1985).

Tabela 7 - Concentração de metais potencialmente biodisponíveis (Fe, Ni, Cr, Zn, Pb, Cu, Cd e Mn) - (mg.Kg⁻¹) nas diferentes estações de amostragem, na coleta realizada no mês de janeiro de 2008.

Estação de coleta	Concentração (mg.Kg ⁻¹)							
	Mn	Ni	Pb	Zn	Cu	Cr	Cd	Fe
LD*	0	0,02	0,01	0,01	0,02	0,0011	0,0004	0,04
LQ**	0,01	0,05	0,06	0,02	0,06	0,0039	0,0012	0,14
1	34,575	-	-	3,7075	-	0,4	-	872,625
2	92,5	-	-	9,985	-	0,125	-	904,575
5	15	-	-	0,1525	-	0,775	-	592,825
6	26,25	-	-	3,385	-	0,725	-	843,225
7	31,375	-	-	5,51	-	2,65	-	944,625
10	4,925	-	-	8,035	-	3,7	-	1035,1
11	288	0,35	-	12,435	-	1,25	-	758,625
15	-	-	-	1,94	-	0,7	-	306,375
16	9,1	-	-	3,7725	-	1,7	-	971,35
21	14,075	-	-	3,51	-	1,625	-	940,75
22	-	-	-	-	-	1,225	-	283,475
24	129,225	-	-	0,5075	-	0,775	-	919,875
31	76,75	-	-	3,785	-	1,725	-	464
32	-	-	-	1,065	-	1,25	-	145,65

*: limite de detecção

**: limite de quantificação

- : abaixo do limite de quantificação

Tabela 8 - Concentração de metais potencialmente biodisponíveis (Fe, Ni, Cr, Zn, Pb, Cu, Cd, Mn, Na, Al e Co) - (mg.Kg⁻¹) nas diferentes estações de amostragem, na coleta realizada no mês de julho de 2008.

Estação de coleta	Concentração (mg.Kg ⁻¹)										
	Mn	Ni	Pb	Zn	Cu	Cr	Cd	Fe	Na	Al	Co
LD*	0	0,02	0,01	0,01	0,02	0,0011	0,0004	0,04	0	0,00043	0,046
LQ**	0,01	0,05	0,06	0,02	0,06	0,0039	0,0012	0,14	0,001	0,0015	0,015
1	86,475	-	0,05	8,108	-	0,45	-	681,718	20,703	2082,075	-
2	60,875	-	-	5,003	-	0,5	-	972,663	22,14	1414,3	-
5	38,825	-	-	18,095	-	0,1	-	760,783	26,165	1383,025	-
7	29,875	-	-	6,59	-	-	-	839,13	28,648	995,175	-
15	0,75	-	-	4,855	-	-	-	463,45	28,25	1180,575	-
21	13,675	-	-	6,17	-	0,2	-	446,25	29,26	1499,275	-
22	67,5	-	-	6,638	0,975	0,3	-	849,193	25,403	167,575	-
24	0,075	-	-	12,583	17,35	4,85	-	773,483	24,163	2614,7	-
31	219,3	-	-	35,298	-	0,025	-	889,763	31,718	980,45	-
32	51,4	-	-	11,9	-	0,45	-	853,025	23,293	937,975	-
34	15,975	-	-	21,62	6,2	1,075	-	907,893	30,943	4803,65	-

*: limite de detecção

**: limite de quantificação

- : abaixo do limite de quantificação

As concentrações de metais obtidas no presente estudo foram comparadas com os padrões estabelecidos pela EPA (THOMAS, 1987), que classifica o grau de poluição dos

sedimentos, de acordo com a concentração de metais presentes no mesmo, em: não poluído, moderadamente poluído e altamente poluído (Tabela 9). De acordo com esta classificação, os sedimentos de todas as estações de coleta são classificados como não poluídos.

Tabela 9 - Parâmetros orientadores para a concentração de metais no sedimento (mg.Kg^{-1}) segundo Thomas (1987) – Controle de despejos dos sedimentos dragados (EPA).

Metal	Não poluído	Moderadamente poluído	Altamente poluído
Cd	-	-	6
Cr	<25	25-70	>70
Cu	<25	25-50	>50
Fe	<1700	17000-25000	>25000
Mn	<300	300-500	>500
Ni	<20	20-50	>50
Pb	90	90-200	>200
Zn	90	90-200	>200

Uma vez que o solo no município em estudo é essencialmente utilizado para a prática agrícola, com o plantio de culturas muito exigentes em termos de pesticidas, optou-se, na segunda coleta, por avaliar a presença dos mesmos também no sedimento. Analisou-se a presença dos pesticidas considerados nas amostras de água, acrescentando-se à análise os pesticidas denominados Abamectina e Carbofuran.

A presença de Abamectina foi detectada em três estações de coleta: estação 5, 32 e 34, todas com a concentração de $0,017 \text{ mg.Kg}^{-1}$. No ponto 32, também verificou-se a presença de $0,018 \text{ mg.Kg}^{-1}$ do inseticida Alfa-BHC.

6.4. Análises estatísticas

Como já foi citado anteriormente, os compartimentos água e sedimento foram considerados separadamente na realização das análises estatísticas. Com os dados de água, realizou-se a análise de variância multivariada (MANOVA) seguida pelo teste de hipótese, com o intuito de verificar o efeito da sazonalidade (coletas 1 e 2) sobre o conjunto de dados e a diferença entre as 34 estações de coleta sobre este mesmo conjunto de dados limnológicos. Em função da variável número de coliformes totais não ter sido avaliada em todos os pontos de coleta, optou-se por não considerá-la nesta análise. O grupo de metais e pesticidas também não fez parte desta análise por serem poucas as estações de coleta em que a presença desses compostos foi verificada.

Considerando o nível de probabilidade aceito de 5% ($p \leq 0,05$), observou-se que ao realizar a MANOVA para os dados de água e o teste para verificar se o fator “pontos de coleta” era responsável pela distribuição dos dados, os dados eram multicolineares, ou seja, a variação entre os pontos de coleta avaliados era mínima.

O teste que comparou as duas coletas (fator sazonalidade) também não resultou em diferença significativa ($p > 0,05$), como pode ser verificado nos resultados do ANEXO B. Embora este fator não seja significativo para o conjunto de dados, é possível observar que algumas variáveis demonstram diferença entre as coletas, como é o caso do oxigênio dissolvido (OD), da temperatura da água, do número de coliformes fecais, do nitrato e do fósforo total dissolvido (ANEXO B).

Uma vez que não houve diferença significativa entre as características limnológicas determinadas nos pontos e coletas para o compartimento água, foi realizada uma única análise de componentes principais (PCA) contendo 17 variáveis. De todo esse grupo somente oito variáveis (material em suspensão total, orgânico e inorgânico, turbidez, fósforo total, íon amônio, silicato e nitrogênio orgânico total) foram responsáveis por 75,2% da variância total dos dados (53,5% componente 1, 21,6% componente 2), como demonstrado no ANEXO C.

Para o compartimento sedimento, os mesmos procedimentos foram adotados, indicando que entre as coletas (sazonalidade) não houve diferença significativa ($p > 0,05$), mas entre os pontos de coleta, a diferença para o conjunto de dados, foi igual a 0,05 (ANEXO D). Das três variáveis que foram consideradas na PCA, hierarquicamente, estão distribuídas as porcentagens da seguinte maneira: o nitrogênio e a matéria orgânica no componente 1 com 51,1% de variância e o eixo 2, com o fósforo total (28,4%), totalizando 79,5% da explicação total dos dados (ANEXO E).

Com os dados de pesticida e de metais foram realizadas análises de agrupamento (cluster) utilizando apenas a presença ou ausência destes compostos nos pontos de coleta, tanto para a água como para o sedimento. Este procedimento foi adotado uma vez que poucos pontos de coleta tiveram as concentrações de metais e pesticidas detectadas pelo método utilizado. O cluster dos metais para as amostras de água (ANEXO F) aponta dois grandes grupos discriminados pelas coletas, sugerindo haver diferente comportamento das concentrações dos metais nas diferentes épocas sazonais. Já quando avaliados os dados de pesticida (ANEXO G), não é possível observar nenhum padrão de distribuição entre os dados que possa ser associado à época de coleta ou à diferença entre os pontos.

O cluster dos metais para as amostras de sedimento (ANEXO H), da mesma maneira que para o compartimento da água, aponta dois grandes grupos discriminados pelas coletas,

sugerindo haver diferente comportamento das concentrações dos metais no sedimento nas diferentes épocas sazonais. Assim como no compartimento água, o cluster com os dados de pesticidas (ANEXO I) não apresenta nenhum padrão de distribuição entre os dados que possa ser associado à época de coleta ou a diferença entre os pontos.

Foram calculados, em cada cluster, os coeficientes de correlação cofenética, que para serem aceitos, segundo Legendre & Legendre (1983), devem ser valores superiores a 0,8. Os resultados estão apresentados a seguir, na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados dos coeficientes de correlação cofenética.

	Valores
Cluster dos metais para compartimento água	0,92
Cluster dos pesticidas para compartimento água	0,96
Cluster dos metais para compartimento sedimento	0,88
Cluster dos pesticidas para compartimento sedimento	0,99

6.5. Ensaios de toxicidade

6.5.1. Toxicidade aguda

As Figuras 51 e 52 resumem as porcentagens de imobilidade de neonatos de *Daphnia similis* nos testes agudos realizados com as amostras de água coletadas em janeiro e julho de 2008.

Cerca de 40% das amostras de água analisadas em janeiro (pontos 2, 3, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 24, 29 e 30) causaram porcentagem superior a 10% de imobilidade dos neonatos e, dessa forma, foram consideradas com indício de toxicidade. Já no mês de julho, as amostras que apresentaram indício de toxicidade representaram 36% das amostras analisadas. No entanto, ainda que, no mês de janeiro, tenha sido verificado maior número de amostras de água que provocaram indício de toxicidade à *Daphnia similis*, nenhuma das amostras testadas no período chegou a provocar efeito tóxico agudo no organismo-teste, enquanto, em julho, duas amostras (estações 6 e 26) provocaram toxicidade aguda ($> 50\%$ de imobilidade dos organismos-teste).

O fato de terem sido encontradas as maiores concentrações dos metais ferro e cromo na estação de amostragem 31, em janeiro, e de não ter sido verificada a imobilidade de nenhum dos organismos nessa amostra pode estar relacionado a vários fatores como, por

exemplo, a alta concentração de material suspenso e dissolvido na água. Segundo Cooney (1995), tais materiais podem mascarar a toxicidade, uma vez que os metais se adsorvem ao material em suspensão, alterando a disponibilidade dos mesmos.

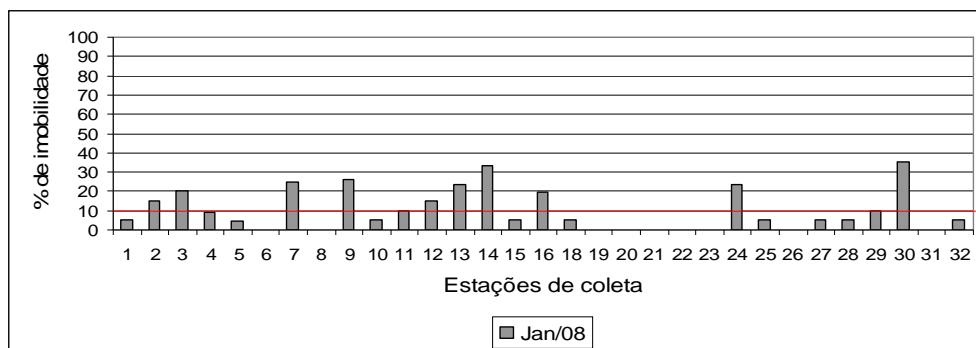


Figura 51 - Porcentagem de imobilidade de neonatos de *Daphnia similis* obtidos de bioensaios de toxicidade aguda com amostras de água, das diversas estações de amostragem, coletadas no mês de janeiro de 2008. Nessa amostragem, não houve coleta de amostra da estação 17. Em vermelho, porcentagem a partir da qual se considerou indício de toxicidade (10%).

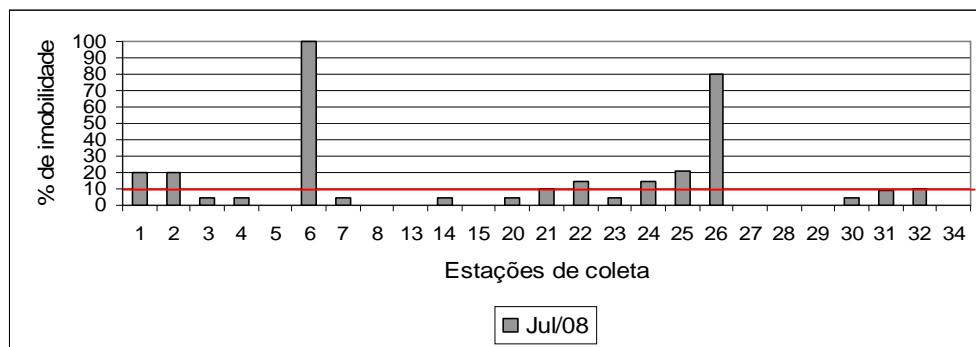


Figura 52 - Porcentagem de imobilidade de neonatos de *Daphnia similis* obtidos de bioensaios de toxicidade aguda com amostras de água, das diversas estações de amostragem, coletadas no mês de julho de 2008. Em vermelho, porcentagem a partir da qual se considerou indício de toxicidade (10%).

6.5.2. Toxicidade crônica

Considerando que a análise de toxicidade aguda da água de grande parte das estações de amostragem mostrou indícios de toxicidade aguda, os resultados de toxicidade crônica foram oportunos, uma vez que revelaram possíveis locais poluídos não identificados nos testes agudos.

As Figuras 53 e 54 apresentam a porcentagem de neonatos de *Ceriodaphnia silvestrii* produzidos nos bioensaios de toxicidade crônica das amostras de água, nos períodos chuvoso e seco, tomados em relação à produção de neonatos da amostra-controle.

De acordo com a análise estatística realizada (Anexo K), as amostras de água da maioria dos pontos coletados causaram efeito tóxico significativo no organismo-teste (cerca de 85,7 % das amostras analisadas em janeiro e 76% das amostras coletas em julho).

Dentre as amostras em que se verificou efeito tóxico significativo em janeiro, 50% causaram diferença significativa na reprodução dos organismos-teste e 50%, na reprodução dos mesmos. Já na coleta de julho, a maior parte dos efeitos tóxicos foram verificados devido à diferença significativa na reprodução dos organismos (cerca de 90% dos casos).

Segundo Chapman (1992), quando se estuda a toxicidade de uma água natural, os efeitos nem sempre dependem de uma única espécie química, mas sim da interação de diversas espécies e de condições físicas e químicas, que podem resultar em atenuação ou sinergismo, reduzindo ou acentuando os efeitos tóxicos individuais. Isto poderia explicar o fato dos resultados de toxicidade aguda e crônica não terem apresentado relação direta com os níveis de metais e pesticidas verificados nesse estudo.

Além disso, não se pode descartar a influência do estresse sofrido pelos organismos-teste ao serem expostos em água com baixa dureza durante a montagem dos testes. Esses organismos foram mantidos em água com dureza entre 40 e 44 mg.L⁻¹, no entanto, a dureza das amostras ambientais variou de 2 a 30 mg.L⁻¹.

Vale ainda destacar que, como pode ser observado no item 2 do anexo J, o número médio de neonatos produzidos pelas fêmeas dos controles utilizados para dois dos ensaios realizados esteve abaixo do nível considerado aceitável para testes de toxicidade crônica (15 neonatos). No entanto, os ensaios não puderam ser repetidos devido à dificuldade de realização de uma nova coleta no mesmo período sazonal.

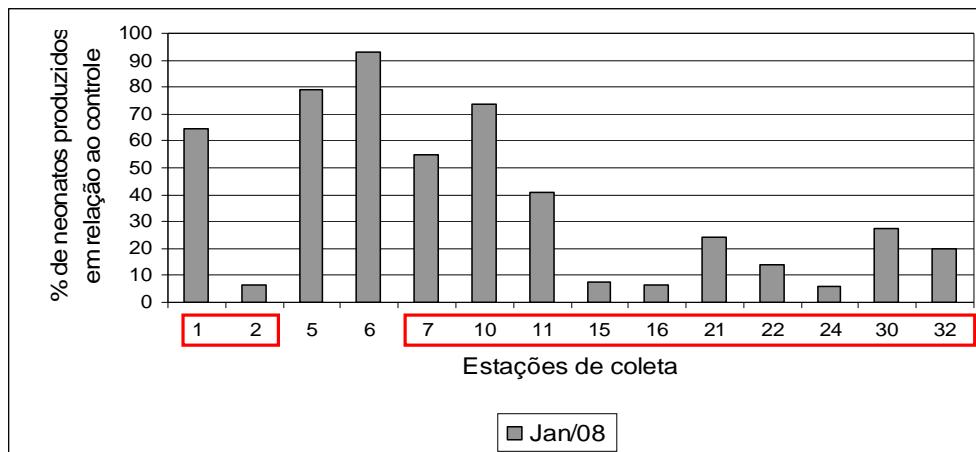


Figura 53 - Porcentagem de neonatos de *Ceriodaphnia silvestrii* em relação à amostra-controle, obtida de bioensaios de toxicidade crônica com água, para a coleta realizada no mês de janeiro de 2008. Em destaque, as estações de coleta cujas amostras causaram efeito tóxico significativo nos organismos-teste.

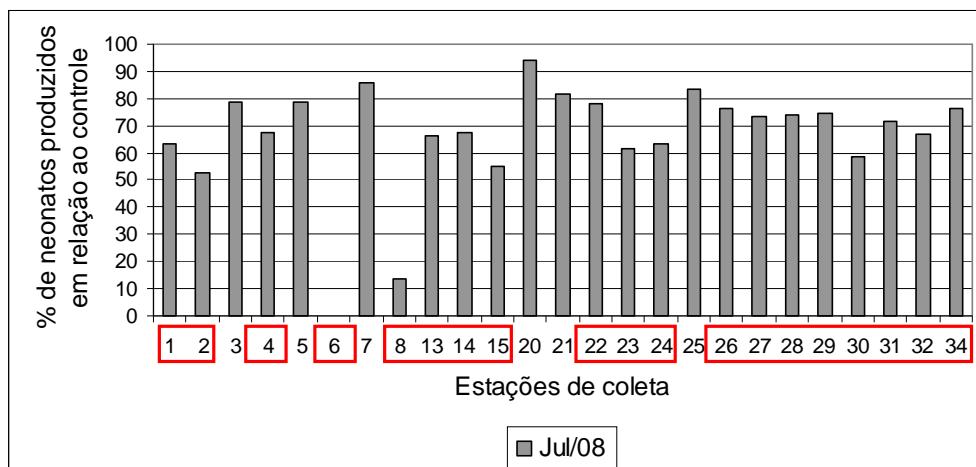


Figura 54 - Porcentagem de neonatos de *Ceriodaphnia silvestrii* em relação à amostra-controle, obtida de bioensaios de toxicidade crônica com água, para a coleta realizada no mês de julho de 2008. Em destaque, as estações de coleta cujas amostras causaram efeito tóxico significativo nos organismos-teste.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na Tabela 11, apresenta-se um resumo das estações de coleta que, nas coletas de janeiro e/ou julho, apresentaram variáveis em desacordo com os limites estabelecidos pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e Resoluções CONAMA 357/05, para corpos de água de classe 1, e CONAMA 396/08.

Optou-se por comparar os resultados obtidos com os padrões estabelecidos por duas Resoluções e uma Portaria, pois assim seria possível considerar tanto os padrões de

potabilidade da água para consumo humano quanto os padrões necessários para manter o equilíbrio ecológico aquático.

Vale ressaltar que a Resolução CONAMA 396/08 foi incluída, pois algumas das amostras coletadas em residências eram provenientes de fontes subterrâneas. Além disso, é importante destacar que as amostras foram comparadas com os padrões estabelecidos para corpos de água de classe 1 (bastante restritivo), considerando que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade.

Tabela 11 - Variáveis analisadas e respectivas estações de coleta em desacordo com os limites estabelecidos pela Portaria 518/04 e Resoluções CONAMA 357/05 e 396/08.

Variável analisada	Estações de coleta em desacordo		
	Portaria 518/04	CONAMA 357/05	CONAMA 396/08
OD	**	2, 5, 8, 9, 11, 12, 14 – 18, 20 – 22, 24 – 28, 30 – 32, 34	**
pH	1, 2, 4, 5, 9, 11, 14 – 17, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 31, 34	1, 2, 4, 5, 9, 11, 14 – 17, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 31, 34	**
Turbidez	10, 29, 30, 31	31	**
Coliformes totais	1 – 8, 13, 22 – 24, 26 – 33	**	1 – 8, 13, 22 – 24, 26, 28 – 32
Coliformes fecais	1, 3, 4, 6 – 18, 20 – 26, 28 – 32	3, 10, 11, 13, 28	1, 3, 4, 6 – 18, 20 – 26, 28 – 32
NOT	**	6	**
Fósforo total	**	6, 31	**
Amônia	24	24	**
Alumínio	30	30	30
Ferro	29, 31	29, 31	29, 31
Efeito tóxico crônico	**	1, 2, 4, 6 – 8, 10, 11, 13 – 16, 21 – 24, 26 – 32, 34	**

** Parâmetro não considerado na respectiva legislação.

Buscando atender ao objetivo principal desta pesquisa, que foi de caracterizar as águas de abastecimento do município de Bom Repouso (MG) com maior ênfase na área rural, não se limitou a coletar amostras apenas nas nascentes do município, mas também em casas, escolas, estações de tratamento de água e torneiras públicas, o que dificultou o estabelecimento de uma relação direta entre a situação do entorno de algumas fontes de água e a qualidade das mesmas, visto que, muitas vezes, não era possível chegar até a origem da água e os moradores, quando questionados a respeito desta origem, sempre afirmavam que a nascente de onde provinha a água estava devidamente conservada e protegida.

Todos os bairros considerados apresentaram ao menos uma estação de coleta com variáveis em desacordo com a legislação ambiental, sendo os resultados das análises realizadas suficientes para caracterizar as águas de abastecimento da área rural do município como impactadas pelas ações antrópicas desenvolvidas na área de entorno.

Apesar de não ter sido possível realizar o agrupamento das estações de coleta a partir das análises estatísticas realizadas, a comparação entre os resultados obtidos e os limites estabelecidos pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e pelas Resoluções Conama 357/05 e 396/08 nos permite destacar as estações de coleta 6, 24, 29, 30 e 31 por terem apresentado o maior número de variáveis em discordância com a legislação ambiental, sendo estas estações, áreas com maior urgência de intervenção.

Além dos impactos ao meio ambiente verificados e os riscos aos organismos aquáticos evidenciados pelos resultados dos ensaios de toxicidade agudos e crônicos, vale destacar também os riscos a que a população está exposta com a utilização inadequada de agrotóxicos e o consumo de água sem nenhum tipo de tratamento. Grande parte da população visitada demonstrou desconhecer esses riscos. Todavia, concomitantemente, foram vários os relatos de pessoas com problemas estomacais, dores de cabeça e de crianças que apresentam diarréia com frequência. Além disso, também foram mencionados casos de depressão, suicídios e câncer entre os agricultores.

Assim, um aspecto que deve ser bastante desenvolvido na percepção das populações rurais, ou que utilizem fontes de água que não sejam submetidas ao tratamento clássico, é que as águas subterrâneas e sub-superficiais também merecem atenção. Mas, para tornar possível esta mudança de percepção, é essencial que haja uma ação conjunta do poder público, da sociedade civil organizada e da comunidade científica.

Deve-se dar atenção especial à conscientização da população rural quanto à relevância da preservação das nascentes, manutenção das vegetações ciliares, bem como da utilização de métodos de tratamento simplificados como, por exemplo, a utilização de filtros e a cloração da água para consumo. Além disso, algumas medidas prioritárias e relativamente simples devem ser tomadas pela prefeitura. Como exemplo, pode-se citar a ativação das duas estações de tratamento dos bairros Campo Alegre e Boa Vereda de Cima, que já possuem toda a estrutura estabelecida e, no entanto, não estão em atividade.

Destaca-se também a importância do desenvolvimento de estudos como esse para conscientizar a população e os representantes do poder público do município, que desconhecem os riscos a que estão expostos. Faz-se necessário também um incremento dos estudos epidemiológicos para a caracterização da ação tóxica dos agrotóxicos sobre a saúde

das populações, tanto em relação à exposição vinculada ao trabalho, como nas exposições indiretas pela contaminação da água.

8. CONCLUSÕES

A partir da análise dos diversos resultados obtidos neste estudo, foi possível estabelecer as seguintes conclusões:

- Comparando-se os períodos analisados (seco e chuvoso), constatou-se que a variação temporal das variáveis foi nítida apenas para as seguintes variáveis: oxigênio dissolvido, temperatura da água, número de coliformes fecais, nitrato, fósforo total dissolvido, fósforo total no sedimento e concentração de metais na água e no sedimento;

- Quanto à legislação ambiental, verificou-se que alguns dos parâmetros analisados, tais como pH, oxigênio dissolvido, turbidez e concentração de coliformes fecais, não estão de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução Conama 396/08, os padrões de potabilidade determinados pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e com os critérios de proteção à vida aquática estabelecidos pela Resolução Conama 357/05 para corpos de água de classe 1. Dessa maneira, com exceção da estação de coleta 19, as águas analisadas não apresentaram condições sanitárias satisfatórias, exigindo medidas preventivas quanto à contaminação das mesmas e a desinfecção para consumo humano;

- O sedimento do Ribeirão da Boa Vereda e das nascentes pôde ser classificado, de maneira geral, como orgânico em virtude dos altos teores de matéria orgânica (maiores que 10%) encontrados nas duas coletas;

- Embora a maioria das concentrações de metais e pesticidas detectados tanto na água como no sedimento das estações analisadas tenham permanecido abaixo dos limites estabelecidos pela legislação, deve-se lembrar que a exposição continuada, por período longo, a níveis relativamente baixos desses elementos também pode acarretar danos à saúde humana, levando a casos crônicos, que, às vezes, podem ser extremamente graves.

Dessa maneira, apesar de terem sido apresentados exemplos de sistemas que possuem problemas de contaminação, tanto da água quanto do sedimento, mais graves do que aqueles apresentados pelas estações de coleta analisadas, deve-se considerar a urgência da tomada de decisão no que se refere à contaminação desse sistema, considerando que o mesmo é utilizado para consumo humano direto, em geral, sem nenhuma desinfecção prévia, assim como para irrigação de áreas agrícolas.

Adicionalmente, destaca-se a relevância do presente estudo para subsidiar programas de educação ambiental que foram iniciados anteriormente pela equipe do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Escola de Engenharia de São Carlos e que ainda continuam em andamento junto às escolas rurais e municipais da região estudada no âmbito do Projeto Mogi-Guaçu.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS W. J; ROWLAND C. D. Aquatic toxicology test methods. In: HOFFMAN, D.J.; RATTNER, B.A.; BURTON, G.A.; CAIRNS J. (Org.). **Handbook of Ecotoxicology**. Boca Raton FL 2 ed. CRC Press, 2003. Cap. 2.
- AMARAL L. A., ROSSI JR. O. D., NADER FILHO A., ALEXANDRE A. V. Avaliação da qualidade higiênico-sanitária de poços rasos localizados em uma área urbana: utilização de colifagos em comparação com indicadores bacterianos da poluição fecal. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 28, n. 5, 2003.
- ANA - Agência Nacional das Águas. **Dados pluviométricos do posto pluviométrico de Inconfidentes (MG) (código 2246056)**. - 2008 - Disponível em <www.hidroweb.ana.gov.br>. Acesso: 11 mar. 2008.
- ANDERSEN, J. M. An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. **Water Research**, v. 10, n. 4, p. 329-331. 1976.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). American Water Works Association, Water Environment Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19 Ed. New York. 1995. 1268 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Análise Granulométrica de Solos. Rio de Janeiro, 1968. 32p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12713**: Ecotoxicologia Aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com *Daphnia sp* (Cladocera, Crustácea). Rio de Janeiro, 2004. 17 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13373**: Ecotoxicologia Aquática – Toxicidade crônica – Método de ensaio com *Ceriodaphnia sp* (Cladocera, Crustácea). Rio de Janeiro, 2005. 15 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002. 21 p.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2 ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2002. 622 p.

- BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; EGLER, M. Macroinvertebrados como bioindicadores de ecossistemas aquáticos contaminados por agrotóxicos, In: PERES, F. (Org.). **É Veneno ou é Remédio?** Agrotóxicos, saúde e ambiente. Rio de Janeiro: Ed. FIOCRUZ, 2003 Cap 8, p. 157-175.
- BARUQUI, F. M.; RESENDE, M.; FIGUEIREDO, M. S. **Causas da degradação e possibilidades de recuperação das pastagens em Minas (Zona da Mata e Rio Doce).** 1985. Informe Agropecuário, v. 11, p. 128.
- BEVILACQUA P. D., BASTOS R. K. X., HELLER L, OLIVEIRA A. A., VIEIRA M. B. C. M., BRITO L. L. Perfil parasitológico e qualidade da água para consumo humano: aplicação da metodologia de avaliação de risco. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, Suplemento Especial, p. 454, 2002.
- BERTOLETTI, E. Toxicidade e concentração de agentes tóxicos em efluentes industriais. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 42, n. 3, p. 271-277. 1990.
- BERVOETS, L.; BLUST, R.; WIT, M; VERHEYEN, R. Relationships between river sediment characteristics and trace metal concentrations in tubificid worms and chironomid larvae, **Environmental Pollution**, v. 95, n. 3, p. 354-356, 1997.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos. In: CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. (Org.). **Métodos alternativos de controle fitossanitário.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p. 79-95.
- BOLLMANN, H. A.; CARNEIRO, C.; PEGORINI, E. S. Qualidade da água e dinâmica de nutrientes. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Org.). **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados.** Curitiba: Ed. Graf. Capital, 2005. 500 p.
- BOLLINGER, J. E.; STEINBERG, L. J.; HARRISON, M. J.; ENGLANDE, A. J.; VELASCO-GONZALES, C.; WHITE, L. E. E.; GEORGE, W. J. Comparative analysis of nutrient data in the lower Mississippi River. **Water Research**, v. 33, n. 11, p. 2627-32. 1999.
- BONETO, R. M. C. G. **Aspectos limnológico-sanitários das águas do rio Caulim na Região Metropolitana de São Paulo.** 2007. 127 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BORDALO, A. A.; NILSUMRANCHIT, W.; CHALERMVAT, K. Water quality and uses of Bangpakong River (Eastern Thailand). **Water Research**, v. 35, n.15, p. 3635-3642. 2001.

BRASIL. Congresso. Senado. **Resolução Conama n. 357**, de 18 de março de 2005. Dispõe sobre padrão de qualidade de água e emissão de poluentes. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em: 05 set. 2008.

BRASIL. Congresso. Senado. **Resolução Conama n. 396**, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em: 05 set. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Portaria n. 329**, de 02 de setembro de 1985. Proíbe, em todo território nacional, a comercialização, o uso e a distribuição de alguns produtos agrotóxicos organoclorados destinados à agropecuária. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 23 jul. 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n. 518**, de 24 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências relacionadas a sistemas alternativos de abastecimento. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br/sas/PORTARIAS>>. Acesso em: 05 set. 2008.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia Fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu..** São Carlos: Rima, 2003. 255p.

CHAPMAN, D. **Water quality assessments.** A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. 1a Ed. Editora. Chapman & Hall. 1992. 585 p.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). **Águas, Rios e Reservatórios: informações, 2006.** São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>>. Acesso em: 15 set. 2008.

COONEY, J. D. Freshwater test. In: RAND, G. M. **Fundamentals of Aquatic Toxicology:** effects environmental fate and risk assessment. 2^a edição. Ed. Taylor & Francis. 1995. Cap. 2, p. 71-98.

COSTA, C. M. R. **Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua conservação.** Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1998. 94p.

COSTA, J. B. **Avaliação ecotoxicológica de efluente de tratamento secundário de esgoto sanitário após desinfecção com ácido peracético, cloro, ozônio e radiação**

ultravioleta. 2007. 178 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C.; MIWA, A. C. P. A precipitação pluviométrica como agente indutor de modificações nas características químicas do sedimento do rio Jacupiranguinha, Vale do Ribeira de Iguape, SP. **Revista Minerva**, São Carlos, v. 4, p. 41-49. 2007.

CUNHA, D. G. F. **Avaliação do estado trófico do rio Pariquera-Açu, Vale do Ribeira de Iguape, SP, em diferentes períodos hidrológicos.** 2007. 97 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

DA SILVA, C. L. **Análise da vulnerabilidade ambiental aos principais pesticidas recomendados para os sistemas de produção de algodão, arroz, café, cana-de-açúcar, citros, milho e soja.** 2004. 116f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

DELGADO, I. F.; PAUMGARTTEN, F. J. R. Intoxicações e uso de pesticidas por agricultores do Município de Paty de Alferes, Rio de Janeiro, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro. 20(1), p. 180-186. 2004.

DOMINGOS, M. D. (2002) – **Limnologia do rio Betari (Iporanga, SP) e a relação com o estado de conservação de sua bacia hidrográfica – subsídios para o desenvolvimento sustentável.** 2002. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

DORES, E. F. G.; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. Contaminação de ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: Águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso – Análise preliminar. **Química Nova**. 24(1), p. 27-36. 2001.

DORNFELD, C. B. **Utilização de análises limnológicas e bioensaios toxicológicos em macroinvertebrados bentônicos para o diagnóstico ambiental do reservatório de Salto Grande (Americana -SP).** 2002. 196 f. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

DORNFELD, C. B. **Utilização de *chironomus* (Diptera, Chironomidae) para a avaliação da qualidade de sedimentos e contaminação por metais: estudo de caso no rio Monjolinho (São Carlos, São Paulo – Brasil).** 2006. 211 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da limnologia.** Rio de Janeiro: Interciências FINEP, 1998. 602 p.

FORSTNER, U.; WITTMAN, G. T. W. Metal pollution in the aquatic environment, 475p., **Folia Geobotanica.** 2 ed., Berlin (Alemanha), p. 194, 1983.

GANDOLFI, N. **Investigações sedimentológicas, morfométricas e fisico-químicas nas Bacias do Mogi-Guaçu, do Ribeira de Iguape e do Peixe.** 1971. 108 f. Tese (Livre Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. 2 ed., **Blackwell Scientific Publication**, Oxford, n. 8, 213 p, 1978.

GULLEY, D. D.; BOELTER, A. M.; BERGMAN, H. L. **Toxtat 3.4** Computer Program. 1994.

HANAI F. Y. **Sistema de indicadores de sustentabilidade: uma aplicação ao contexto de desenvolvimento do turismo na região de Bueno Brandão, Estado de Minas Gerais, Brasil.** 2009. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

HOFFMAN D. J.; RATTNER, B. A.; BURTON, G. A. Jr.; CAIRNS, J. Jr. Introduction. In: **Handbook of ecotoxicology**, Florida: Lewis publishers. Boca Raton, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2007). **Censo demográfico de 2007.** Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidadesat> >. Acesso em: 12 fev. 2009.

JUDOVÁ, P.; JANSKÝ, B. Water quality in rural areas of the Czech Republic: key study Slapanka River catchment. **Limnologica**, v. 35, p. 160-168. 2005.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSOHOFF, K. (Org.). **Methods of seawater analysis.** Verlag. Chemie. Weinheim, 1996. p. 117-181.

LANÇAS, F. M. **Extração em fase sólida.** Apostila - Instituto de Química-Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. 53p.

- LEGENDRE, L. Measures of ecological resemblance. In: **Numerical ecology**. Developments in Environmental Modelling (3). E. Scientific Publishing Company, 1983. 317p
- LEMES, M. J. L. **Avaliação de Metais e Elementos-Traço em águas e sedimentos das Bacias Hidrográficas dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo, São Paulo.** 2001. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo.
- LIMA, M. R.; REISSMANN, C. B.; TAFFAREL, A. D. (2005) – Fitorremediação com macrófitas aquáticas flutuantes. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Org.). **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados.** Curitiba: Ed. Graf. Capital, 2005. 500 p.
- LIMA, N. C. **Caracterização da atividade agrícola de Bom Repouso (MG) e avaliação dos seus efeitos ecotoxicológicos por meio de testes com *Eisenia foetida* (Annelida, Oligochaeta).** 2006. 83 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- LUNA, A. J.; SALES, L. T.; SILVA, R.F. **Agrotóxicos: responsabilidade de todos - Uma abordagem da questão dentro do paradigma do desenvolvimento sustentável.** 2004. Disponível em: <http://www.prt6.gov.br/forum/downloads/Artigo1_Adeilson.doc> Acesso em: 06 set. 2008.
- MACKERETH, F. J. H., HERON, J., TALLING, J. F. Water analysis: some revised methods for limnologists. Kendal, **Freshwater Biological Association**, Scientific Publication n. 36, Titus Wilson and Sons Ltd. Kendal, 120 p. 1978.
- MAIER, M. H. **Geocologia, hidrografia, hidroquímica, clima e processos antrópicos da bacia do rio Jacaré-Pepira (SP).** 1983. 305 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- MARGALEF, R. **Ecologia.** Barcelona: Ediciones Omega S.A., 1974. 915 p.
- MASUTTI, M. B. **Distribuição e efeitos de cromo e cobre em ecossistemas aquáticos: uma análise laboratorial e “in situ” (experiments em micro e mesocosmos).** 2004. 371 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- MAXIMIANO, A. A.; FERNANDES, R. O.; NUNES, F. P.; ASSIS, M. P. Utilização de drogas veterinárias, agrotóxicos e afins em ambientes hídricos: demandas, regulamentação e considerações sobre risco à saúde humana e ambiental. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.10, n. 2, p. 483-491, 2005.

- MILLER, C. W.; ZUCKERMAN, B. M; CHARIG A. J. Water translocation of diazinon-C¹⁴ and parathion-S³⁵ off a model cranberry bog and subsequent occurrence in fish and mussels. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 95, p. 345-349. 1966.
- MINTE-VERA, C. Métodos de análise espécie- ambiente. *Boletim da sociedade brasileira de ictiologia*, 54: p. 17-19. 1999.
- MOCCELLIN, J. **A microbacia do rio Jacupiranguinha como unidade de estudo para a sustentabilidade dos recursos hídricos no Baixo Ribeira de Iguape.** 2006. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- MOZETO, A. A. **Critérios de qualidade de sedimentos (CQS) para metais pesados: fundamentos teóricos e técnicos para implementação.** Relatório de Pós-doutorado FAPESP, 86p. 2001.
- MOZETO, A. A.; UMBUZEIRO, G. A.; JARDIM, W. F. **Métodos de coleta, análises físico-químicas e ensaios biológicos e ecotoxicológicos de sedimentos de água doce.** São Carlos: Cubo Multimídia & Propaganda, 2006. 224 p.
- NOVELLI, A. **Estudo Limnológico e ecotoxicológico da água e do sedimento do rio Monjolinho – São Carlos (SP), com ênfase nas substâncias de referência cádmio e cobre.** 2005. 211 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- NUNES, M. E. T.; RODRIGUES; B. K., LIMA, N. C.; NISHIKAWA, D.; BRIGANTE, J., ESPÍNDOLA, E. L. G. Agrotóxicos e potencial de risco ao ambiente e à saúde de produtores rurais de Bom Repouso, MG. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOTOXICOLOGIA, 2006, São Pedro. *Anais...*, IX Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia, 2006.
- NORBERG-KING, T. J. Seven-day tests and chronic tests. **Environmental Technology and Chemistry**, 9. p. 1436. 1990.
- PIANKA, E. R. **Ecología Evolutiva.** Barcelona: Ediciones Omega S.A., 1982. 365p.
- QUEIROZ M. F.; CARDOSO M. C. S.; SANTANA E. M.; GOMES A. B.; RIQUE S. M. N.; LOPES C. M. A qualidade da água de consumo humano e as doenças diarréicas agudas no Município do Cabo de Santo Agostinho, PE. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, Suplemento Especial: 456. 2002.
- REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo: Ed. Escrituras, 2002. Cap 1, p. 1-37.

- RIBEIRO, M. C. L. B. **Conservação da integridade biótica das comunidades de peixes do Ribeirão Gama: área de proteção ambiental (APA) Gama/Cabeça de Veados.** 1994. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro.
- ROCHA, M.; BARCELLOS, C. M.; RODRIGUES, L. S.; COSTA, C. C.; OLIVEIRA, P. R., SILVA, I. J.; JESUS, E. F. M.; ROLIM, R. G. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 22(9), p. 1967-1978. 2006.
- RODGHER, S. **Avaliação dos efeitos ecotoxicológicos dos metais cádmio e cromo em organismos planetários.** 2005. 250 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- RODRÍGUEZ, M. P. **Avaliação da qualidade da água da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas.** 2001 175 f. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- RODRIGUES, B. K. **Avaliação dos impactos de agrotóxicos na região do Alto Mogi-Guaçu (MG) por meio de ensaios laboratoriais com *Danio rerio* (Cypriniformes, Cyprinidae).** 2007. 138 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- SALOMONS, W.; FÖRSTNER, U. **Metals in the hydrocycle.** Springer-Verlag. 349 p. 1984.
- SASAKI, A.; ITO, A.; AIZAWA, T. Influence of water and sediment quality on benthic biota in an acidified river. **Water Research**, v. 39, p. 2517-2526. 2005.
- SCHULZ R. Field studies on exposure, effects, and risk mitigation of aquatic nonpoint-source insecticide pollution: a review. **Journal of Environmental Quality**, v. 33, p. 419-448. 2004.
- SILVA, C. M. M. de S.; FAY, E. F. Agrotóxicos: aspectos gerais. In: SILVA, C. M. de S.; FAY, E. F. (Org.). **Agrotóxicos e ambiente.** Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2004. p. 17-73.
- SILVÉRIO, P. F. **Partição, Biodisponibilidade e Toxicidade de Metais Pesados a Organismos Bentônicos em Sedimentos.** 1999 77 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- THOMAS, R. L. A. Protocol for the selection of process-oriented remedial options to control in situ sediment contaminants. **Hidrobiologia**, v. 149, p. 247-258. 1987.

- TOMITA R. Y.; BEYRUTH Z. Toxicologia de agrotóxicos em ambiente aquático. **Biológico**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 135-142, jul./dez. 2002.
- TRINDADE, M. **Nutrientes em sedimento da represa do Lobo (Brotas/Itirapina, SP)**. 1980. 219 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- TUNDISI, J. G. O ecossistema como Unidade Ecológica . In: SIMPÓSIO SOBRE A COMUNIDADE VEGETAL COMO UNIDADE BIOLÓGICA, TURÍSTICA E ECONÔMICA, 15., 1979, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Secretaria da Cultura, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1979. p. 248.
- USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents to Freshwater and Marine Organisms**. Washington: EPA. (EPA/600/4-90/027F). 2002.
- VIANA, S. M. **Riqueza e distribuição de macrófitas aquáticas no rio Monjolinho e tributários (São Carlos) e análise de sua relação com as variáveis físicas e químicas**. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- VIEIRA, R. F. Efeito de agrotóxicos em organismos não-alvo do solo. In: SILVA, C. M. de S.; FAY, E. F. (Org.). **Agrotóxicos e ambiente**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica. 2004. p. 108-143.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. v. 1, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA), Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452p.
- XAVIER, C. F.; DIAS, L. N.; BRUNKOW, R. F. Eutrofização. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Org.). **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Ed. Graf. Capital, 2005. 500 p.
- ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações**. São Carlos: Rima, 2006. 464 p.
- ZAMPIERON, S. L. M. & VIEIRA, J. L. A. **Poluição da água**. Material de apoio – Textos. 2003. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/biologia/textos>> Acesso em: 05 set. 2008.
- WAXMAN, M. F. **The agrochemical and pesticide safety handbook**. United Kingdom. 1998. Disponível em <http://thepiratebay.org/tor/3594851/Waxman__MF__-Agrochemical__amp__Pesticide_Safety_Handbook_%5BCRC_Press> Acesso em: 06 set. 2008.
- WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological analysis**. 2. ed. Springer-Verlog, 1991. 391p.

WHO - EUR/ICP/CWS 027. **Revision of the WHO guidelines for drinking water quality.**
Report of the first review meeting on pesticides. Italy, 25-30/06/1990.

ANEXO A

1. PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Tabela 12 - Precipitação total mensal (mm) nos meses de janeiro a agosto de 2008. Fonte: posto pluviométrico de Inconfidentes (MG), código 2246056 (ANA, 2008).

Mês	Precipitação Total Mensal (mm)
Jan	385,9
Fev	225,7
Mar	215,3
Abr	194
Mai	28,6
Jun	59,3
Jul	0
Ago	59,1

2. VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DA ÁGUA

Tabela 13 – Valores de pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido (OD - mg.L^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e turbidez (UNT) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.

Estação de coleta	pH	Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (mg.L^{-1})	T($^{\circ}\text{C}$)	Turbidez (UNT)
1	6,52	14,67	7,38	17,8	1,05
2	6,04	16	5,46	18,67	0,45
3	6,17	25	6,76	16,97	0,25
4	5,89	19	6,21	19,2	-
5	4,69	40,33	5,48	17,83	0,70
6	6,70	21	9,42	18,27	4,66
7	6,42	12	7,78	16,7	0,96
8	6,23	13	5,06	19,77	0,98
9	5,48	11	1,03	20,33	0,30
10	6,45	31	7,05	18,5	14,20
11	5,97	21	4,92	20,27	1,06
12	6,12	19	5,55	21	1,20
13	6,58	17	7,66	18,33	3,00
14	5,63	17,67	5,51	19,07	0,16
15	5,23	11	4,84	18,37	0,43
16	5,83	19	5,06	19,3	0,5
17	5,4	16	5,17	18,8	0,38
18	6,18	23	4,63	19,3	2,02
19	6,66	35	6,6	18,2	3,65
20	6,14	23	5,68	18,9	0,09
21	5,53	23	6,04	18,6	0,19
22	5,37	19,33	4,96	19,1	0,26
23	6,5	18,33	6,83	18,5	0,77
24	5,68	22	5,05	19,4	0,51
25	5,59	21	4,07	19,9	0,24
26	6,52	62,67	3,07	20,7	1,36
27	5,39	73	5,09	19,7	0,29
28	5,46	34	4,17	18,53	1,3
29	6,57	10,67	6,34	18,53	7,57
30	6,23	21	5,65	18,5	5,43
31	5,7	13	4,82	17,43	184
32	6	13,67	4,73	18,5	1,83

Tabela 14 - Valores de pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido (OD - mg.L^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e turbidez (UNT) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de julho de 2008.

Estação de coleta	pH	Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	OD (mg.L^{-1})	T($^{\circ}\text{C}$)	Turbidez (UNT)
1	5,8	19	6,51	16,6	0,9
2	5,58	18	5,20	18,3	0,31
3	6,17	19	7,50	13,4	1,8
4	5,94	18	7,49	15,07	0,32
5	5,36	47	5,77	17,27	3,20
6	7,70	25,33	8,07	12,3	11
7	7,79	20	7,14	13,6	2,75
8	7,83	18,67	7,43	16,5	0,83
9	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-
13	6,23	16,3	8,54	15,87	3,20
14	5,89	25	6,29	13,6	0,23
15	6,05	11,33	5,78	15,5	0,81
16	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-
20	5,74	24	6,13	13,63	0,22
21	5,71	27,67	5,72	16,5	0,26
22	5,4	23	4,67	17,93	0,66
23	6,51	18	8,68	13,4	3,64
24	5,4	32	4,52	18,5	0,91
25	5,83	31	5,31	13,17	0,27
26	6,52	55	5,64	16,7	1,3
27	5,56	80,33	5,32	17,07	0,43
28	6,04	31	6,68	17,5	1,22
29	6,68	15	7,26	15	15,4
30	6,41	22	7,95	14,7	1,9
31	5,38	15,33	6,39	16,9	1,3
32	7,31	16,33	5,86	17,1	3,6
33	6,46	20	6,73	14,1	0,36
34	5,52	23	5,62	17,6	0,9

Tabela 15 - Valores de nitrogênio orgânico total (mg.L⁻¹) e de fósforo total (μg.L⁻¹) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.

Estação de coleta	NOT (mg.L ⁻¹)	Fósforo total (μg.L ⁻¹)
1	0,607	20,23
2	0,140	20,11
3	0,280	46,13
4	0,093	35,89
5	0,047	24,89
6	0,233	51,44
7	0,420	46,4
8	0,420	29,43
9	0,560	25,06
10	1,727	52,45
11	0,187	55,12
12	0,280	32,16
13	0,840	36,96
14	0,980	28,45
15	0,793	38,09
16	0,607	43,73
17	1,027	41,63
18	0,373	24,71
19	0,280	21,68
20	0,140	19,66
21	0,280	26,1
22	0,187	31,12
23	0,140	41,95
24	0,327	33,1
25	0,280	12,6
26	0,093	31,62
27	0,233	19,93
28	0,560	31,83
29	0,047	37,29
30	0,187	36,52
31	0,513	400,68
32	0,327	41,12

Tabela 16 - Valores de nitrogênio orgânico total (mg.L⁻¹) e de fósforo total (μg.L⁻¹) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de julho de 2008.

Estação de coleta	NOT (mg.L ⁻¹)	Fósforo total (μg.L ⁻¹)
1	0,09	65,74
2	0,00	60,37
3	0,05	59,07
4	0,19	55,95
5	0,28	63,55
6	2,29	317,19
7	0,47	74,79
8	0,33	63,16
9	-	-
10	-	-
11	-	-
12	-	-
13	0,37	59,48
14	0,00	60,85
15	0,09	19,55
16	-	-
17	-	-
18	-	-
19	-	-
20	0,05	61,41
21	0,09	61,26
22	0,33	29,74
23	0,33	18,89
24	0,23	27,94
25	0,37	25,87
26	0,75	19,46
27	0,42	20,05
28	0,47	25,60
29	0,75	43,90
30	0,93	23,43
31	1,17	32,93
32	0,42	25,60
33	0,05	35,89
34	0,28	28,03

Tabela 17 - Valores de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$), silicato (mg.L^{-1}), fosfato inorgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$), nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$), fosfato total dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e íon amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.

Estação de coleta	Nitrito (NO_2^-) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Silicato (SiO_2) (mg.L^{-1})	Fosfato Inorgânico (PO_4) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Nitrato (NO_3^-) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Fosfato Total Dissolvido (PTD) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Íon Amônio (NH_4^+) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
1	2,04	0,14	2,7	350,61	8,26	41,14
2	2,39	0,12	6,26	125,3	10,68	45,28
3	0,58	0,28	15,17	370,03	17,23	32
4	2,73	0,13	6,32	418,77	10,06	48,39
5	1,36	0,05	1,63	762,09	8,26	48,76
6	2,05	0,45	10,57	32,55	10,77	66,27
7	2,11	0,26	5,97	55,7	8,80	48,74
8	1,76	0,32	3,97	49,95	7,19	56,47
9	2,03	0,07	4,74	17,32	9,70	35,26
10	2,84	0,46	5,19	23,87	9,25	52,98
11	3,19	0,20	7,46	239,42	16,42	9,43
12	2,12	0,23	4,49	74,9	10,50	73,6
13	2,82	0,29	10,09	45,23	17,92	25,68
14	1,92	0,1	11,58	291,34	17,54	40,7
15	2,83	0,11	8,72	32,5	12,37	84,63
16	2,63	0,19	19,36	17,92	25,96	95,8
17	3,03	0,13	11,03	88,38	17,57	121,16
18	2,64	0,35	8,03	169,71	12,77	118,3
19	1,48	0,25	4,7	192,03	11,30	84,71
20	1,86	0,13	9,93	438,12	15,10	69,76
21	2,03	0,18	11,87	167,18	18,93	23,58
22	2,22	0,15	9,04	188,82	14,63	51,16
23	1,21	0,33	4,26	222,15	11,04	6,67
24	1,77	0,12	19,87	208,55	25,74	1798,6
25	2,67	0,39	9,14	108,59	12,03	11,11
26	2,06	4,84	13,76	248,38	16,70	15,87
27	1,13	0,41	5,72	1212,2	13,08	13,88
28	2,8	0,68	9,11	636,64	17,77	24,43
29	1,6	3,73	5,51	29,14	15,28	18,26
30	3,7	0,77	10,74	128,75	23,40	17,48
31	3,93	0,55	32,1	26,96	58,76	8,6
32	3,41	0,74	8,96	176,44	21,87	146,55

Tabela 18 - Valores de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$), silicato (mg.L^{-1}), fosfato inorgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$), nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$), fosfato total dissolvido ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e íon amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de julho de 2008.

Estação de coleta	Nitrito (NO_2^-) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Silicato (SiO_2) (mg.L^{-1})	Fosfato Inorgânico (PO_4) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Nitrato (NO_3^-) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Fosfato Total Dissolvido (PTD) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Íon Amônio (NH_4^+) ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
1	1,67	1,01	4,66	104,89	14,75	32,88
2	1,86	0,79	4,49	65,36	12,93	12,73
3	2,07	0,77	5,6	121,65	14,2	11,63
4	2,02	0,82	7,17	123,28	14,39	24,9
5	1,29	0,89	8,03	318,04	12,88	7,63
6	2,91	0,84	20,75	70,66	28,34	18,33
7	4	0,88	7,87	29,89	17,76	45,62
8	2,85	0,85	10,92	23,74	18,62	29,85
9	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-
13	2,54	0,86	7,86	63,63	15,65	35,99
14	2,16	0,91	9,73	144,59	18,89	30,02
15	2,79	0,1	6,24	8,59	15,92	15,27
16	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-
20	1,9	0,83	13,79	138,81	19,74	1,64
21	1,96	0,85	14,19	75,49	22,09	16,73
22	2,63	0,15	9,38	73,66	17,77	25,22
23	2,6	0,23	8,85	16,54	17,28	166,52
24	2,08	0,21	16,63	42,58	26,15	109,74
25	2,11	0,08	13,31	47,57	22,84	104,79
26	1,93	0,09	10,8	27,45	17,46	144,44
27	1,91	0,05	3,63	368,17	15,08	108,64
28	4,36	0,08	13,56	90,13	23,98	114,74
29	2,01	0,07	7,72	9,73	22,58	570,66
30	2,08	0,03	4,25	70,15	15,45	113,92
31	1,85	0,03	11,05	17,63	19,27	89,56
32	3,15	0,13	8,39	53	17,18	250,8
33	4,44	0,18	14,81	24,8	28,23	121,51
34	1,92	0,07	7,91	82,29	20,20	148,56

Tabela 19 - Valores de material em suspensão total (MST), material em suspensão orgânico (MSO) e material em suspensão inorgânico (MSI) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.

Estação de coleta	MST (mg.L ⁻¹)	MSI (mg.L ⁻¹)	MSO (mg.L ⁻¹)
1	2,14	0,38	1,76
2	0,82	0,14	0,68
3	0,81	0,18	0,63
4	2,34	0,74	1,60
5	0,14	0,04	0,10
6	10,71	7,64	3,07
7	0,76	0,16	0,60
8	0,71	0,27	0,44
9	0,63	0,05	0,57
10	8,34	4,90	3,44
11	1,69	0,53	1,16
12	1,00	0,33	0,67
13	4,61	0,26	4,35
14	1,81	0,11	1,71
15	2,15	0,90	1,25
16	0,74	0,13	0,61
17	1,99	0,71	1,27
18	1,78	0,55	1,23
19	1,76	0,46	1,30
20	0,35	0,15	0,20
21	0,13	0,08	0,05
22	2,88	0,10	2,78
23	3,06	0,82	2,24
24	1,30	0,34	0,97
25	0,40	0,09	0,31
26	4,25	2,66	1,59
27	0,55	0,11	0,44
28	3,44	1,23	2,21
29	6,48	2,65	3,82
30	1,65	0,47	1,18
31	145,78	117,25	28,53
32	3,95	2,05	1,90

Tabela 20 - Valores de material em suspensão total (MST), material em suspensão orgânico (MSO) e material em suspensão inorgânico (MSI) obtidos nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de julho de 2008.

Estação de coleta	MST (mg.L ⁻¹)	MSI (mg.L ⁻¹)	MSO (mg.L ⁻¹)
1	1,00	0,00	1,00
2	2,00	0,10	1,90
3	6,25	1,13	5,13
4	1,88	0,20	1,68
5	9,50	4,38	5,12
6	25,83	1,50	24,33
7	1,60	0,10	1,50
8	0,50	0,05	0,45
9	-	-	-
10	-	-	-
11	-	-	-
12	-	-	-
13	6,50	2,12	4,37
14	2,40	0,70	1,50
15	0,50	0,02	0,48
16	-	-	-
17	-	-	-
18	-	-	-
19	-	-	-
20	0,80	0,20	0,60
21	0,20	0,03	0,17
22	5,60	2,00	3,60
23	2,17	0,10	2,07
24	2,70	0,30	2,40
25	1,50	0,10	1,40
26	0,30	0,02	0,28
27	0,30	0,01	0,29
28	3,20	1,50	1,70
29	9,50	6,62	2,88
30	3,50	1,25	2,25
31	1,87	0,30	1,57
32	4,30	1,20	3,10
33	0,30	0,01	0,29
34	0,75	0,04	0,71

Tabela 21 - Valores dos coliformes fecais (NMP em 100 mL) analisados nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de janeiro de 2008.

Estação de coleta	Coliformes fecais (NMP em 100 mL)
1	141,4
2	1
3	301,5
4	49,5
5	2
6	38,3
7	74,9
8	26,2
9	57,1
10	> 2149,6
11	293,3
12	57,6
13	613,1
14	123,9
15	18,7
16	26,9
17	187,3
18	69,1
19	1
20	5,2
21	54,6
22	2
23	6,3
24	5,2
25	35,5
26	17,5
27	1
28	12,1
29	15,8
30	21,2
31	31,6
32	17,6

Tabela 22 - Valores dos coliformes totais e fecais (NMP em 100 mL) analisados nas diversas estações de amostragem durante a coleta realizada no mês de julho de 2008.

Estação de coleta	Coliformes totais (NMP em 100 mL)	Coliformes fecais (NMP em 100 mL)
1	461,1	20,1
2	133,4	< 1
3	47,1	3,1
4	238,2	18,9
5	9,5	< 1
6	355,5	1
7	686,7	6,3
8	250	1
9	-	-
10	-	-
11	-	-
12	-	-
13	> 2419,2	41,6
14	-	-
15	-	-
16	-	-
17	-	-
18	-	-
19	-	-
20	-	-
21	-	-
22	60,5	59,8
23	1119,85	< 1
24	36,4	7,4
25	-	-
26	133,3	< 1
27	3	< 1
28	> 2419,2	648,8
29	62	25,9
30	233,3	5,2
31	579,4	72,3
32	1203,31	1
33	2	< 1
34	-	-

3. VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DO SEDIMENTO

Tabela 23 - Valores de granulometria do sedimento referente à coleta do mês de janeiro de 2008.

Estação de coleta	Granulometria (%)					
	Argila	Silte	Areia fina	Areia média	Areia grossa	Pedregulho
1	10	5	17,6	37,4	30	0
2	18	12	32	32,8	5,2	0
5	7	9	41,7	25,4	16,9	0
6	23	22	22,8	18,8	13,4	0
7	32	13	22,6	12,8	19,6	0
10	5	6	60,3	21,2	7,5	0
11	7,4	3	0,2	49,7	39,7	0
15	12	13,2	24,8	32,1	17,9	0
16	13	7	30	29,7	20,3	0
21	25	9	12,1	34,6	19,3	0
22	25	40	19,9	9,5	5,6	0
24	19	18,5	28,6	23,9	10	0
31	10	9	23,7	33,9	23,4	0
32	6	4	21,4	39,5	29,1	0

Tabela 24 - Valores de granulometria do sedimento referente à coleta do mês de julho de 2008.

Estação de coleta	Granulometria (%)					
	Argila	Silte	Areia fina	Areia média	Areia grossa	Pedregulho
1	17,9	10,7	24,4	29,5	17,5	0
2	16	21	9,7	33,3	20	0
5	10	15	10	31,6	33,4	0
7	13	3	10	49,8	24,2	0
15	21	11	24	29	15	0
21	24	7,1	19,9	34	15	0
22	25	20	11,7	24	19,3	0
24	30	18,1	19,9	19,9	12,1	0
31	8	17,3	27,7	23,1	23,9	0
32	6	8,8	23,2	32	30	0
34	20	30	37,3	7,7	5	0

Tabela 25 - Valores de nitrogênio total (%), fósforo total ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) e matéria orgânica (%) do sedimento durante a coleta do mês de janeiro de 2008.

Estação de coleta	Nitrogênio total (%)	Fósforo total ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	Matéria Orgânica (%)
1	0,35	1,4745	6,31
2	1,37	3,7465	11,59
5	1,33	2,458	8,62
6	0,8	1,5235	10,2
7	7,74	5,2685	31,43
10	0,47	0,711	43,81
11	2,03	3,3935	25,34
15	0,06	1,9865	17,15
16	1,5	4,3575	8,61
21	0,6	1,6735	7,29
22	6,87	5,821	27,89
24	2,76	5,3275	15,24
31	2,02	4,7125	13,91
32	0,97	1,082	5,65

Tabela 26 - Valores de nitrogênio total (%), fósforo total ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) e matéria orgânica (%) do sedimento durante a coleta do mês de julho de 2008.

Estação de coleta	Nitrogênio total (%)	Fósforo total ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	Matéria Orgânica (%)
1	6,6	0,1505	12,32
2	5,55	0,1724	31,25
5	2,19	0,2572	16,77
6	-	-	-
7	2,45	0,1458	6,48
10	-	-	-
11	-	-	-
15	1,91	0,2737	13,13
16	-	-	-
21	1,68	0,2005	8,78
22	4,29	0,2304	10,95
24	2,12	0,4003	14,26
30	-	-	-
31	1,05	0,4787	22,90
32	0,93	0,1428	9,29
34	1,96	0,8088	27,08

ANEXO B

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RESULTADOS REFERENTES À ÁGUA

Test for effect called: COLETA

Univariate F Tests

Source	SS	df	MS	F	P
PH	0.024	1	0.024	2.962	0.092
Error	0.391	49	0.008		
COND	0.200	1	0.200	1.010	0.320
Error	9.685	49	0.198		
OD	0.387	1	0.387	6.529	0.014
Error	2.906	49	0.059		
T	0.331	1	0.331	52.001	0.000
Error	0.312	49	0.006		
UNT	0.155	1	0.155	0.186	0.668
Error	40.772	49	0.832		
CFECAIS	21.737	1	21.737	7.486	0.009
Error	142.269	49	2.903		
SST	0.505	1	0.505	0.647	0.425
Error	38.258	49	0.781		
SSF	0.043	1	0.043	0.064	0.801
Error	33.034	49	0.674		
SSV	0.981	1	0.981	2.255	0.140
Error	21.328	49	0.435		
NOT	0.012	1	0.012	0.207	0.651
Error	2.940	49	0.060		
PT	0.536	1	0.536	1.502	0.226
Error	17.505	49	0.357		
NO2	0.067	1	0.067	1.138	0.291
Error	2.863	49	0.058		
SI	0.000	1	0.000	0.000	1.000
Error	5.703	49	0.116		
POI	0.025	1	0.025	0.104	0.748
Error	11.583	49	0.236		
NO3	7.262	1	7.262	6.546	0.014
Error	54.365	49	1.109		
PTD	0.498	1	0.498	4.089	0.049
Error	5.965	49	0.122		
NH4	1.109	1	1.109	0.960	0.332
Error	56.626	49	1.156		

ANEXO C

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RESULTADOS REFERENTES À ÁGUA

Multivariate Test Statistics

Statistic	Value	F-Statistic	df	Prob
Wilks' Lambda	0.186	8.503	17, 33	0.000
Pillai Trace	0.814	8.503	17, 33	0.000
Hotelling-Lawley Trace	4.380	8.503	17, 33	0.000

Component loadings

	1	2
SST	0.970	0.087
SSV	0.927	0.084
SSF	0.888	0.055
UNT	0.884	0.175
PT	0.775	-0.215
NH4	-0.224	0.779
SI	0.372	-0.735
NOT	0.355	0.699

Variance Explained by Components

	1	2
	4.283	1.730

Percent of Total Variance Explained

	1	2
	53.542	21.626

Variância total acumulada = 75,1%

ANEXO D

Test for effect called: Pontos

Univariate F Tests

Source	SS	df	MS	F	P
PT	0.623	15	0.042	0.296	0.982
Error	1.263	9	0.140		
N	0.801	15	0.053	0.790	0.670
Error	0.608	9	0.068		
MO	0.813	15	0.054	1.069	0.477
Error	0.456	9	0.051		

Multivariate Test Statistics

Statistic	Value	F-Statistic	df	Prob
Wilks' Lambda	0.052	0.816	45, 21	0.724
Pillai Trace	1.636	0.720	45, 27	0.839
Hotelling-Lawley Trace	7.158	0.901	45, 17	0.625

Test for effect called: COLETA

Univariate F Tests

Source	SS	df	MS	F	P
PT	1.330	1	1.330	55.097	0.000
Error	0.555	23	0.024		
N	0.118	1	0.118	2.105	0.160
Error	1.291	23	0.056		
MO	0.001	1	0.001	0.010	0.920
Error	1.269	23	0.055		

ANEXO E

Multivariate Test Statistics

Statistic	Value	F-Statistic	df	Prob
Wilks' Lambda	0.171	33.987	3, 21	0.000
Pillai Trace	0.829	33.987	3, 21	0.000
Hotelling-Lawley Trace	4.855	33.987	3, 21	0.000

Component loadings

	1	2
N	0.799	0.103
MO	0.715	0.533
PT	0.620	-0.746

Variance Explained by Components

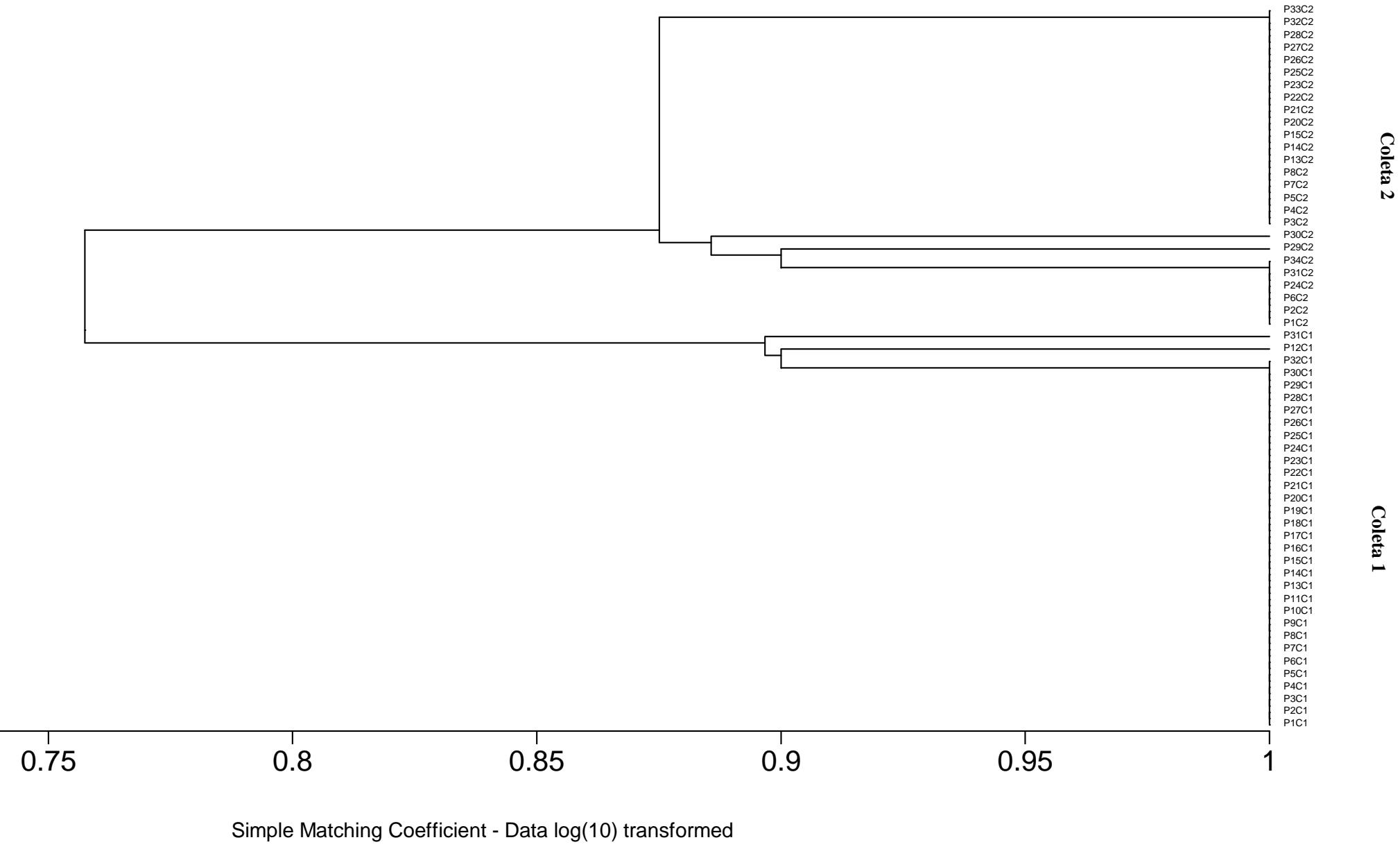
	1	2
	1.534	0.851

Percent of Total Variance Explained

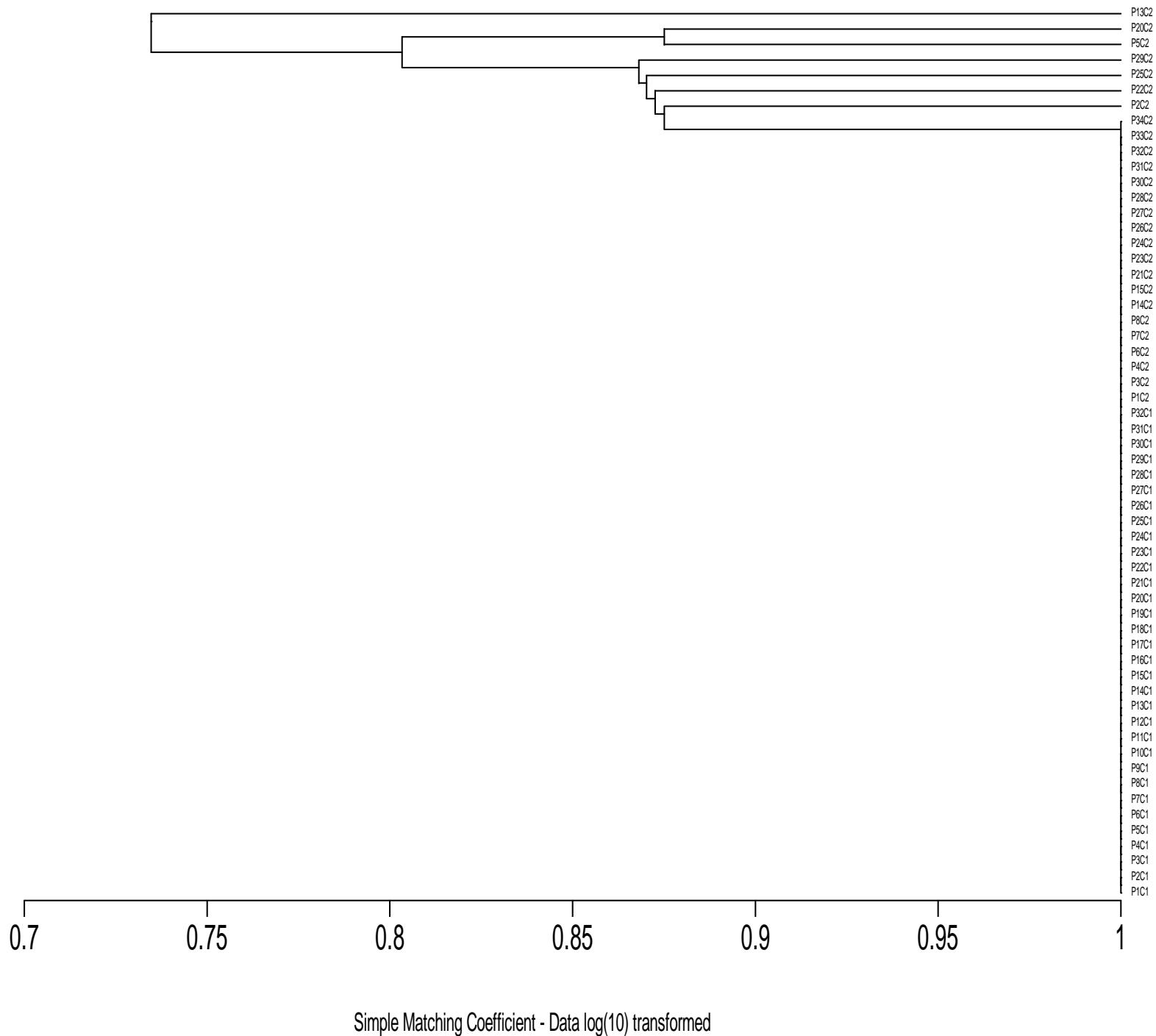
	1	2
	51.145	28.366

Variância total acumulada = 79,5%

ANEXO F
UPGMA

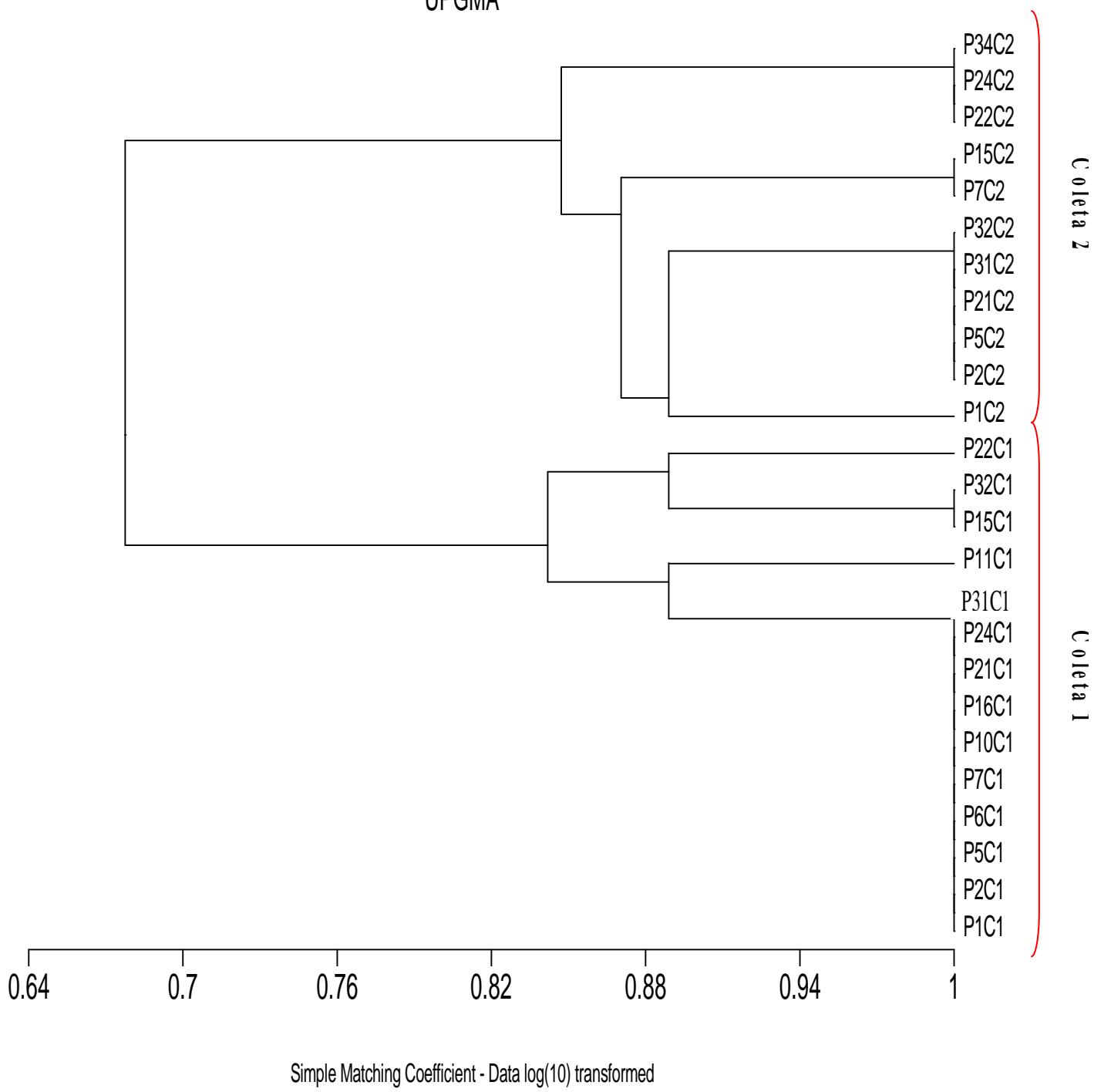


ANEXO G
UPGMA

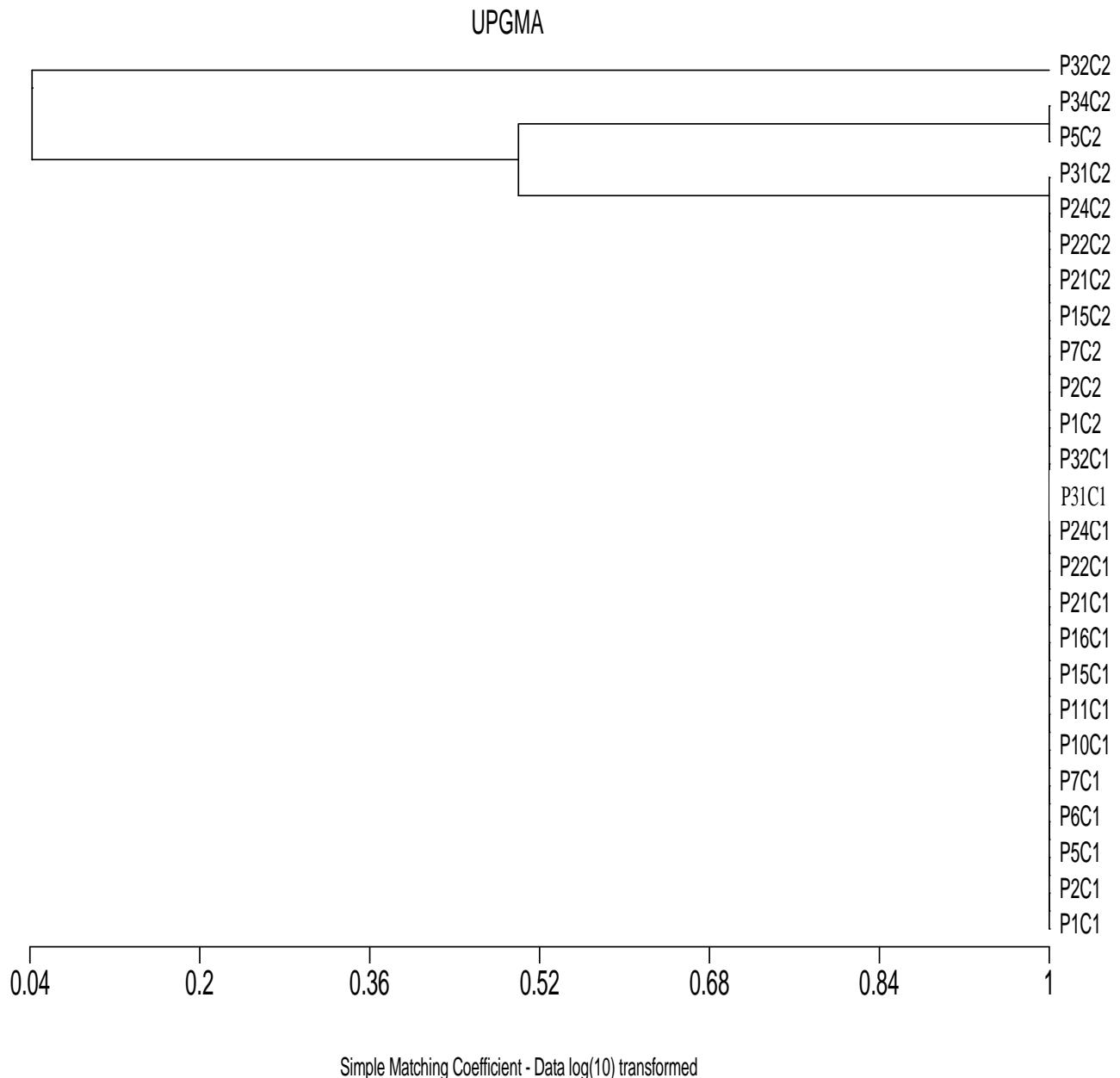


ANEXO H

UPGMA



ANEXO I



ANEXO J

1. REGISTRO DOS RESULTADOS DOS BIOENSAIOS DE TOXICIDADE AGUDA EM AMOSTRAS DE ÁGUA

Água de diluição – Lote: ASTM-----				Amostra: Água - Nascentes (Bom Repouso)								
pH	OD (mg.L ⁻¹)	Cond. (µS.cm ⁻¹)	Dureza (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Data de coleta: 23/01/2008 - 26/01/2008				Data do teste: 12/02/2008				
				Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>								
				Preservação da amostra: freezer								
Amostras		Organismos expostos	Variáveis iniciais				Imobilidade		Variáveis finais		Resultado	
			pH	OD	Cond.	Dur.	total	%	pH _f	OD _f		
Controle		20	7,66	7,5	159,3	44	0	0	7,81	7,7		
1		20	6,37	7,1	16	8	1	5	6,42	7,8	N	
3		20	6,79	7,4	29,2	10	4	20	7,13	7,2	N	
4		21	6,32	7,2	18,7	4	2	9,4	6,56	7,5	N	
5		21	5,28	6,9	41,9	12	1	4,7	6,1	7,2	N	
6		21	8,73	5,7	21,1	6	0	0	8,41	6,3	N	

Água de diluição – Lote: ASTM-----				Amostra: Água - Nascentes (Bom Repouso)							
pH	OD (mg.L ⁻¹)	Cond. (μ S.cm ⁻¹)	Dureza (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Data de coleta: 23/01/2008 – 26/01/2008			Data do teste: 22/02/2008				
				Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>							
				Preservação da amostra: freezer							
Amostras		Organismos expostos	Variáveis iniciais				Imobilidade		Variáveis finais		Resultado
			pH	OD	Cond.	Dur.	total	%	pH _f	OD _f	
Controle	20	7,56	7,3	158,1	44	0	0	7,44	7,27		
2	20	6,13	6,87	18,6	2	3	15	6,78	7,38	N	
7	20	6,72	8,07	13,9	2	5	25	6,74	7,37	N	
8	20	7,33	6,6	14,7	4	0	0	6,81	7,33	N	
9	19	5,35	6,76	8,9	2	5	26,3	6,52	7,35	N	
10	20	7,12	8,52	33	10	1	5	7,04	7,37	N	

Água de diluição – Lote: ASTM-----				Amostra: Água - Nascentes (Bom Repouso)													
pH	OD (mg.L ⁻¹)	Cond. (μ S.cm ⁻¹)	Dureza (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Data de coleta:		Data do teste:											
				23/01/2008 - 26/01/2008		28/02/2008											
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>																	
Preservação da amostra: freezer																	
Amostras	Organismos expostos	Variáveis iniciais				Imobilidade		Variáveis finais		Resultado							
		pH	OD	Cond.	Dur.	total	%	pH _f	OD _f								
Controle	20	7,48	7,59	158,4	40	0	0	7,54	7,28								
11	20	6,89	7,9	21,9	6	2	10	6,99	7,39	N							
12	20	6,7	7,85	20,6	6	3	15	7,06	7,4	N							
13	20	6,8	7,5	18,9	4	5	23,75	6,87	7,45	N							
14	18	6,29	7,91	17,3	4	6	33,3	6,74	7,44	N							
15	20	6,3	7,81	12,6	2	1	5	6,87	7,34	N							
16	21	6,45	7,75	19,8	4	4	19,3	7,01	7,4	N							
18	20	7,07	7,31	23	6	1	5	7,02	7,4	N							
19	20	6,69	7,33	18,3	4	0	0	6,86	7,39	N							
20	20	6,45	7,22	21,1	4	0	0	6,78	7,46	N							
21	20	6,64	7,78	24,3	8	0	0	7,03	7,44	N							
22	21	6,65	7,76	24,3	8	0	0	7,05	7,38	N							

Observações: N: não apresentou toxicidade

Os números das amostras correspondem aos respectivos pontos de coleta.

Água de diluição – Lote: ASTM-----				Amostra: Água - Nascentes (Bom Repouso)														
pH	OD (mg.L ⁻¹)	Cond. (μ S.cm ⁻¹)	Dureza (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Data de coleta:		Data do teste:												
				23/01/2008 - 26/01/2008		14/05/2008												
							Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>											
							Preservação da amostra: freezer											
Amostras	Organismos expostos	Variáveis iniciais				Imobilidade		Variáveis finais		Resultado								
		pH	OD	Cond.	Dur.	total	%	pH _f	OD _f									
Controle	20	7,57	7,56	158,5	40	0	0	7,72	7,7									
23	20	7,01	6,88	17,6	4	0	0	7,8	7,63	N								
24	21	6,04	6,9	21,3	4	5	23,81	7,65	7,67	N								
25	20	6,9	9,09	22,1	6	1	5	7,33	7,87	N								
26	20	6,58	8,74	65,1	30	0	0	7,68	7,82	N								
27	20	5,41	8,41	72,6	12	1	5	7,11	7,74	N								
28	20	5,88	8,54	35,4	6	1	5	7,16	7,73	N								
29	20	6,82	8,23	11,6	2	2	10	7,12	7,71	N								
30	20	6,9	8,41	19,9	4	7	35	7,22	7,66	N								
31	20	5,82	8,21	15	4	0	0	7,11	7,66	N								
32	20	6,65	8,48	13	2	1	5	7,06	7,67	N								

Observações: N: não apresentou toxicidade

Os números das amostras correspondem aos respectivos pontos de coleta.

Água de diluição – Lote: ASTM-----				Amostra: Água - Nascentes (Bom Repouso)														
pH	OD (mg.L ⁻¹)	Cond. (μ S.cm ⁻¹)	Dureza (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Data de coleta:		Data do teste:												
				09/07/2008 - 11/07/2008		15/07/2008												
				Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>														
				Preservação da amostra: freezer														
Amostras		Organismos Expostos	Variáveis iniciais				Imobilidade		Variáveis finais									
			pH	OD	Cond.	Dur.	total	%	pH _f	OD _f								
Controle	20	7,29	7,69	159,3	42		1	5	7,72	7,58	N							
1	20	6,23	6,74	18,5	8		4	20	7,14	7,6	N							
2	20	6,34	6,84	16,1	8		4	20	7,15	7,56	N							
3	20	6,63	7,24	21,3	10		1	5	7,19	7,59	N							
4	20	6,65	6,94	16,7	6		1	5	7,06	7,55	N							
5	20	5,51	7,16	42,3	10		0	0	6,9	7,6	N							
8	20	7,02	6,12	16,1	6		0	0	7,21	7,55	N							
13	20	6,96	7,42	17	6		0	0	7,18	7,46	N							
14	20	6,03	6,42	21,6	8		1	5	7,06	7,5	N							
15	20	6,28	6,76	13,1	6		0	0	7,16	7,5	N							
20	20	6,05	6,81	22,8	8		1	5	7,09	7,47	N							
21	20	6,6	7,56	27,1	10		2	10	7,28	7,47	N							

Observações: N: não apresentou toxicidade

Os números das amostras correspondem aos respectivos pontos de coleta.

Água de diluição – Lote: ASTM-----				Amostra: Água - Nascentes (Bom Repouso)														
pH	OD (mg.L ⁻¹)	Cond. (μ S.cm ⁻¹)	Dureza (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Data de coleta:		Data do teste:												
				09/07/2008 - 11/07/2008		16/07/2008												
				Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>														
				Preservação da amostra: freezer														
Amostras		Organismos Expostos	Variáveis iniciais				Imobilidade		Variáveis finais									
			pH	OD	Cond.	Dur.	total	%	pH _f	OD _f								
Controle	20	7,37	7,64	155,1	40		0	0	7,65	7,49								
6	21	7,36	7,68	39,6	20		21	100	7,5	7,4	S							
7	20	6,96	8,06	21	6		1	5	7,28	7,46	N							

Observações: N: não apresentou toxicidade; S: apresentou toxicidade.

Os números das amostras correspondem aos respectivos pontos de coleta.

Água de diluição – Lote: ASTM-----				Amostra: Água - Nascentes (Bom Repouso)									
pH	OD (mg.L ⁻¹)	Cond. (μ S.cm ⁻¹)	Dureza (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Data de coleta:		Data do teste:							
				09/07/2008 - 11/07/2008		23/07/2008							
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>							Preservação da amostra: freezer						
Amostras		Organismos Expostos	Variáveis iniciais				Imobilidade		Variáveis finais				
			pH	OD	Cond.	Dur.	total	%	pH _f	OD _f			
Controle	20	7,3	7,29	153,6	42		0	0	7,69	7,81			
22	20	6,79	8	21,4	6		3	15	7,13	8,22			
23	20	7,22	7,79	18,5	6		1	5	7,26	8,27			
24	20	6,78	7,81	28,1	8		3	15	7,11	8,27			
25	19	6,51	7,79	28	10		4	21	7,2	8,33			
26	20	7,27	7,76	45,9	20		16	80	7,61	8,33			
Observações: N: não apresentou toxicidade; S: apresentou toxicidade.													
Os números das amostras correspondem aos respectivos pontos de coleta.													

Água de diluição – Lote: ASTM-----				Amostra: Água - Nascentes (Bom Repouso)									
pH	OD (mg.L ⁻¹)	Cond. (μ S.cm ⁻¹)	Dureza (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Data de coleta:		Data do teste:							
				09/07/2008 - 11/07/2008		29/07/2008							
Organismo-teste: <i>Daphnia similis</i>							Preservação da amostra: freezer						
Amostras		Organismos Expostos	Variáveis iniciais				Imobilidade		Var. finais				
			pH	OD	Cond.	Dur.	total	%	pH _f	OD _f			
Controle	20	7,48	7,39	152,2	40		0	0	7,49	7,39			
27	20	5,68	8,06	29,2	8		0	0	7,16	7,49			
28	20	6,59	8,15	65,7	12		0	0	6,98	7,46			
29	20	7,11	8,43	14,7	6		0	0	7,19	7,48			
30	20	6,94	8	20	6		1	5	7,11	7,5			
31	21	6,45	8,19	16,1	6		2	9,52	7,12	7,46			
32	20	6,7	8,35	14,5	6		2	10	7,06	7,46			
34	20	6,05	8,1	21,9	8		0	0	7,07	7,48			
Observações: N: não apresentou toxicidade													
Os números das amostras correspondem aos respectivos pontos de coleta.													

2. REGISTRO DOS RESULTADOS DOS BIOENSAIOS DE TOXICIDADE CRÔNICA EM AMOSTRAS DE ÁGUA

Organismo-teste: <i>C.silvestrii</i>			Data de coleta: 23/01/2008 - 26/01/2008						Início do teste: 22/02/08				
Estação de amostragem	Número de organismos		Sobrevivência	Neonatos		pH		OD (mg.L ⁻¹)		Condutividade (µS.cm ⁻¹)		Dureza (mg.L ⁻¹)	
	I	F		(%)	Total	Média	I	F	I	F	I	F	I
C.L.	10	8	80	152	15,2	7,39	7,86	7,2	7,7	157	169,3	44	44
1	10	5	50	98**	9,8	6,54	7,17	8,39	7,57	15,9	17,2	4	2
2	10	0	0*	-	-	6,21	6,51	8,11	8,3	14,2	14,6	2	2
5	10	6	60	119	11,9	6,29	6,94	8,69	7,56	39,2	43,5	10	12
6	10	7	70	141	14,1	6,86	7,41	8,79	7,56	24,7	24,4	4	6
7	10	9	90	83**	8,3	6,64	7,16	8,21	7,63	14,2	15	4	4
10	10	4	40	112**	11,2	7,03	7,09	8,59	7,85	33,6	34,5	10	-
11	10	8	80	62**	6,2	6,28	7,42	8,49	7,55	21,6	25,4	4	6

Resultado: Toxicidade crônica

*: diferença significativa na sobrevivência

**: diferença significativa na reprodução (Bonferroni-t Test)

Preservação da amostra: freezer

C.L.: controle de laboratório I - inicial F – final

Organismo-teste: <i>C.silvestrii</i>			Data de coleta: 23/01/2008 - 26/01/2008						Início do teste: 19/03/08				
Estação de amostragem	Número de organismos		Sobrevivência	Neonatos		pH		OD (mg.L ⁻¹)		Condutividade (µS.cm ⁻¹)		Dureza (mg.L ⁻¹)	
	I	F		(%)	Total	Média	I	F	I	F	I	F	I
C.L.	10	10	100	107	10,7	7,4	-	7,74	-	150	-	40	-
15	10	3	30*	-	-	6,67	7,28	9,68	7,56	12,9	12,2	6	6
16	10	1	10*	-	-	6,45	7,41	9,37	7,49	20,3	24,5	10	6
21	10	1	10*	-	-	7,02	7,32	9,18	7,41	25,4	29,6	12	10
22	10	3	30*	-	-	6,54	7,29	8,81	7,53	21,1	26,5	10	6

Resultado: Toxicidade crônica

*: diferença significativa na sobrevivência

Preservação da amostra: freezer

C.L.: controle de laboratório I - inicial F – final

Organismo-teste: <i>C.silvestrii</i>				Data de coleta: 23/01/2008 - 26/01/2008				Início do teste: 04/04/08			
Estação de amostragem	Número de organismos		Sobrevivência	Neonatos		pH		OD (mg.L ⁻¹)		Condutividade (µS.cm ⁻¹)	
	I	F	(%)	Total	Média	I	F	I	F	I	F
C.L.	10	10	100	167	16,7	7,4	7,65	7,52	7,48	151,3	164
24	10	3	30*	10	1	6,32	7,07	7,67	7,92	31,6	23,9
30	10	6	60	46**	4,6	6,54	7,12	6,47	7,13	20,2	25,2
32	10	5	50	33**	3,3	6,46	7,12	7,43	7,53	13,3	25,2

Resultado: Toxicidade crônica

*: diferença significativa na sobrevivência

**: diferença significativa na reprodução (Bonferroni-t Test)

Preservação da amostra: freezer

C.L.: controle de laboratório I - inicial F – final

Organismo-teste: <i>C.silvestrii</i>				Data de coleta: 09/07/2008 - 11/07/2008						Início do teste: 16/07/08			
Estação de amostragem	Número de organismos		Sobrevivência	Neonatos		pH		OD (mg.L ⁻¹)		Conduvidade (µS.cm ⁻¹)		Dureza (mg.L ⁻¹)	
	I	F	(%)	Total	Média	I	F	I	F	I	F	I	F
C.L.	10	10	100	104	10,4	7,37	7,69	7,64	7,78	155,1	171,8	40	42
1	10	10	100	66**	6,6	6,81	7,11	7,95	7,77	18,5	26,2	8	8
2	10	10	100	55**	5,5	6,95	7,15	7,85	7,75	16,1	20,8	8	8
3	10	10	100	82	8,2	7,01	7,15	7,8	7,67	21,3	26,1	10	12
4	10	10	100	70**	7	6,91	7,02	7,89	7,71	16,7	22,3	6	8
5	10	10	100	82	8,2	6,5	6,78	7,85	7,68	42,3	46,6	10	16
6	10	0	0*	-	-	7,36	7,41	7,68	7,5	39,6	50,2	20	22
7	10	10	100	89	8,9	6,96	7,23	8,06	7,62	21	24,7	6	8
8	11	2	20*	14	1,4	7,02	7,13	6,12	7,66	16,1	20,9	6	8
13	10	8	80	69**	6,9	6,96	7,11	7,42	7,625	17	22,2	6	10
14	10	8	80	70**	7	6,7	6,94	7,78	7,63	21,6	25,8	8	8
15	10	10	100	57**	5,7	6,79	7,09	7,85	7,61	13,1	17,1	6	10
20	10	10	100	98	9,8	6,67	7,02	7,79	7,54	22,8	26,2	8	10
21	10	10	100	85	8,5	7	7,09	7,8	7,6	27,1	31	10	12

Resultado: Toxicidade crônica

*: diferença significativa na sobrevivência

**: diferença significativa na reprodução (Bonferroni-t Test)

Preservação da amostra: freezer

C.L.: controle de laboratório I - inicial F – final

Organismo-teste: <i>C.silvestrii</i>			Data de coleta: 09/07/2008 - 11/07/2008						Início do teste: 30/07/08				
Estação de amostragem	Número de organismos		Sobrevivência (%)	Neonatos		pH		OD (mg.L ⁻¹)		Condutividade (µS.cm ⁻¹)		Dureza (mg.L ⁻¹)	
	I	F		Total	Média	I	F	I	F	I	F	I	F
C.L.	9	9	100	138	15,3	7,4	7,6	7,47	7,56	152,2	168,3	40	42
22	10	10	100	108**	10,8	6,97	7,3	7,92	8,04	22,2	25,1	14	14
23	10	10	100	85**	8,5	7,26	7,42	7,99	8,1	19,7	20	12	14
24	10	9	90	87**	8,7	7,09	7,21	7,99	8,17	29,3	31,2	10	12
25	10	10	100	115	11,5	6,95	7,13	7,63	7,8	29,2	32,4	12	14
26	10	10	100	105**	10,5	7,54	7,92	8,01	8,3	49,2	52	26	26
27	10	9	90	101**	10,1	6,16	6,85	7,95	8,45	67	69,3	16	20
28	10	10	100	102**	10,2	6,91	7,2	7,82	8,25	29,7	30,4	10	12
29	10	9	90	103**	10,3	7,11	7,34	7,91	8,19	15,2	19,7	8	8
30	10	10	100	81**	8,1	7,08	7,22	7,88	8,02	20,9	23	12	14
31	10	10	100	99**	9,9	6,78	7,01	7,89	8,34	16,7	19,2	8	10
32	10	10	100	92**	9,2	6,93	7,12	7,93	8,03	15,2	17	10	10
34	10	10	100	105**	10,5	6,79	6,87	7,72	8,12	22,1	22,9	10	12

Resultado: Toxicidade crônica

*: diferença significativa na sobrevivência

**: diferença significativa na reprodução (Bonferroni-t Test)

Preservação da amostra: freezer

C.L.: controle de laboratório I - inicial F – final

ANEXO K

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RESULTADOS DE TOXICIDADE CRÔNICA UTILIZANDO O PROGRAMA COMPUTACIONAL TOXTAT 3.4

Nascentes – Bom Repouso (MG)
File: Nascentes – Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	3.551	12.826	20.246	12.826	3.551
OBSERVED	5	11	20	17	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 5.7636
Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

Hartley's test for homogeneity of variance

Calculated H statistic (max Var/min Var) = 8.99
Closest, conservative, Table H statistic = 20.0 (alpha = 0.01)

Used for Table H ==> R (# groups) = 7, df (# reps-1) = 7
Actual values ==> R (# groups) = 7, df (# avg reps-1) = 6.57
(average df used)

Data PASS homogeneity test. Continue analysis.

SUMMARY OF FISHER'S EXACT TESTS

GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	SIG	(P=.05)		
					CONTROL	DEAD
1	Ponto 1	10				2
2	Ponto 2	10				5
3	Ponto 6	10				4
4	Ponto 7	10				1
5	Ponto 10	10				6
6	Ponto 11	10				2

Nascentes – Bom Repouso (MG)
File: Nascentes – Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	6	512.966	85.494	11.618
Within (Error)	46	338.506	7.359	
Total	52	851.472		
Critical F value = 2.34 (0.05,6,40)				
Since F > Critical F REJECT Ho: All equal				
Nascentes – Bom Repouso (MG)				
File: Nascentes – Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION				
BONFERRONI t-TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment				
TRANSFORMED MEAN CALCULATED IN				
GROUP	IDENT.	MEAN	ORIGINAL UNITS	T STAT SIG
1	Controle	15.250	15.250	
2	Ponto 1	9.800	9.800	3.524 *
3	Ponto 5	11.875	11.875	2.488
4	Ponto 6	14.125	14.125	0.829
5	Ponto 7	8.300	8.300	5.401 *
6	Ponto 10	11.200	11.200	2.619 *
7	Ponto 11	6.222	6.222	6.849 *
Bonferroni t table value = 2.50 (1 Tailed Value, P=0.05, df=40,6)				
Nascentes – Bom Repouso (MG)				
File: Nascentes – Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION				
BONFERRONI t-TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment				
GROUP	IDENT.	REPS	NUM OF Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL DIFFERENCE FROM CONTROL
1	Controle	8		
2	Ponto 1	5	3.865	25.3 5.450
3	Ponto 5	8	3.389	22.2 3.375
4	Ponto 6	8	3.389	22.2 1.125
5	Ponto 7	10	3.215	21.1 6.950
6	Ponto 10	5	3.865	25.3 4.050
7	Ponto 11	9	3.294	21.6 9.028

Nascentes – Bom Repouso (MG)					
File: Nascentes – Bom Repouso (MG)				Transform: NO TRANSFORMATION	
Chi-square test for normality: actual and expected frequencies					
INTERVAL <-1.5 -1.5 to <-0.5 -0.5 to 0.5 >0.5 to 1.5 >1.5					
EXPECTED	3.350	12.100	19.100	12.100	3.350
OBSERVED	1	17	17	11	4

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 4.0898
Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

Nascentes – Bom Repouso (MG)

File: Nascentes – Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

Hartley's test for homogeneity of variance

Calculated H statistic (max Var/min Var) = 11.75
Closest, conservative, Table H statistic = 11.1 (alpha = 0.01)

Used for Table H ==> R (# groups) = 5, df (# reps-1) = 9
Actual values ==> R (# groups) = 5, df (# avg reps-1) = 9.00

Data FAIL homogeneity test. Try another transformation.

NOTE: This test requires equal replicate sizes. If they are unequal but do not differ greatly, Hartley's test may still be used as an approximate test (average df are used).

SUMMARY OF FISHER'S EXACT TESTS

GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER	NUMBER	SIG
		EXPOSED	DEAD	(P=.05)
	CONTROL	10	0	
1	Ponto 15	10	5	*
2	Ponto 16	10	9	*
3	Ponto 21	10	7	*
4	Ponto 22	10	7	*

Nascentes – Bom Repouso (MG)

File: Nascentes – Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	4	634.080	158.520	28.857
Within (Error)	45	247.200	5.493	
Total	49	881.280		

Critical F value = 2.61 (0.05,4,40)

Since F > Critical F REJECT Ho: All equal

Nascentes – Bom Repouso (MG)
 File: Nascentes – Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

BONFERRONI t-TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED		MEAN CALCULATED IN		
		MEAN	ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG	
1	Controle	10.700	10.700			
2	Ponto 15	1.300	1.300	8.968	*	
3	Ponto 16	1.100	1.100	9.159	*	
4	Ponto 21	4.000	4.000	6.392	*	
5	Ponto 22	2.300	2.300	8.014	*	

Bonferroni t table value = 2.33 (1 Tailed Value, P=0.05, df=40,4)

Nascentes – Bom Repouso (MG)
 File: Nascentes – Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

BONFERRONI t-TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	REPS	NUM OF	Minimum	Sig	% of	DIFFERENCE
			(IN ORIG. UNITS)	CONTROL	FROM CONTROL		
1	Controle	10					
2	Ponto 15	10	2.441	22.8	9.400		
3	Ponto 16	10	2.441	22.8	9.600		
4	Ponto 21	10	2.441	22.8	6.700		
5	Ponto 22	10	2.441	22.8	8.400		

Nascentes – Bom Repouso (MG)
 File: Nascentes – Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	2.680	9.680	15.280	9.680	2.680
OBSERVED	2	11	12	13	2

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 2.3678
 Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

Nascentes – Bom Repouso (MG)
 File: Nascentes – Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

Hartley's test for homogeneity of variance

Calculated H statistic (max Var/min Var) = 24.37

Closest, conservative, Table H statistic = 9.9 (alpha = 0.01)

Used for Table H ==> R (# groups) = 4, df (# reps-1) = 9
 Actual values ==> R (# groups) = 4, df (# avg reps-1) = 9.00

Data FAIL homogeneity test. Try another transformation.

NOTE: This test requires equal replicate sizes. If they are unequal but do not differ greatly, Hartley's test may still be used as an approximate test (average df are used).

SUMMARY OF FISHER'S EXACT TESTS

GROUP	NUMBER IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	SIG DEAD	(P=.05)
	CONTROL	10	0	
1	Ponto 24	10	7	*
2	Ponto 30	10	4	*
3	Ponto 32	10	5	*

Nascentes – Bom Repouso (MG)

File: Nascentes – Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORM

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	3	1460.475	486.825	34.037
Within (Error)	36	514.900	14.303	
Total	39	1975.375		

Critical F value = 2.92 (0.05,3,30)

Since F > Critical F REJECT Ho: All equal

Nascentes – Bom Repouso (MG)

File: Nascentes – Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORM

BONFERRONI t-TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	Controle	16.600	16.600		

2	Ponto 24	1.000	1.000	9.224 *
3	Ponto 30	4.600	4.600	7.095 *
4	Ponto 32	3.300	3.300	7.864 *

Bonferroni t table value = 2.21 (1 Tailed Value, P=0.05, df=36,3)

Nascentes – Bom Repouso (MG)

File: Nascentes – Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORM

BONFERRONI t-TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	REPS	NUM OF	Minimum	Sig	% of	DIFFERENCE
			(IN ORIG. UNITS)	CONTROL	FROM CONTROL		
1	Controle	10					
2	Ponto 24	10	3.743	22.5	15.600		
3	Ponto 30	10	3.743	22.5	12.000		
4	Ponto 32	10	3.743	22.5	13.300		

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL <-1.5 -1.5 to <-0.5 -0.5 to 0.5 >0.5 to 1.5 >1.5

EXPECTED	4.020	14.520	22.920	14.520	4.020
OBSERVED	2	16	22	14	6

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 2.1967

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

Hartley's test for homogeneity of variance

Calculated H statistic (max Var/min Var) = 3.90

Closest, conservative, Table H statistic = 12.1 (alpha = 0.01)

Used for Table H ==> R (# groups) = 6, df (# reps-1) = 9
Actual values ==> R (# groups) = 6, df (# avg reps-1) = 9.00

Data PASS homogeneity test. Continue analysis.

NOTE: This test requires equal replicate sizes. If they are unequal but do not differ greatly, Hartley's test may still be used as an approximate test (average df are used).

SUMMARY OF FISHER'S EXACT TESTS

GROUP	NUMBER IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	SIG DEAD	(P=.05)
	CONTROL	10	1	
1	Ponto 1	10	0	
2	Ponto 2	10	0	
3	Ponto 3	10	0	
4	Ponto 4	10	1	
5	Ponto 5	10	0	

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	143.150	28.630	4.594
Within (Error)	54	336.500	6.231	
Total	59	479.650		

Critical F value = 2.45 (0.05,5,40)

Since F > Critical F REJECT Ho: All equal

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

BONFERRONI t-TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	Controle	10.400	10.400		
2	Ponto 1	6.600	6.600	3.404 *	
3	Ponto 2	5.500	5.500	4.389 *	
4	Ponto 3	8.200	8.200	1.971	
5	Ponto 4	7.000	7.000	3.046 *	
6	Ponto 5	8.200	8.200	1.971	

Bonferroni t table value = 2.40 (1 Tailed Value, P=0.05, df=50,5)

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

BONFERRONI t-TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of DIFFERENCE	CONTROL FROM CONTROL
1	Controle	10			
2	Ponto 1	10	2.683	25.8	3.800
3	Ponto 2	10	2.683	25.8	4.900
4	Ponto 3	10	2.683	25.8	2.200
5	Ponto 4	10	2.683	25.8	3.400
6	Ponto 5	10	2.683	25.8	2.200

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

BONFERRONI t-TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of DIFFERENCE	CONTROL FROM CONTROL
1	Controle	10			
2	Ponto 1	10	2.683	25.8	3.800
3	Ponto 2	10	2.683	25.8	4.900
4	Ponto 3	10	2.683	25.8	2.200
5	Ponto 4	10	2.683	25.8	3.400
6	Ponto 5	10	2.683	25.8	2.200

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL <-1.5 -1.5 to <-0.5 -0.5 to 0.5 >0.5 to 1.5 >1.5

EXPECTED	5.360	19.360	30.560	19.360	5.360
OBSERVED	6	12	39	19	4

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 5.5571

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

Hartley's test for homogeneity of variance

Calculated H statistic (max Var/min Var) = 4.90

Closest, conservative, Table H statistic = 13.9 (alpha = 0.01)

Used for Table H ==> R (# groups) = 8, df (# reps-1) = 9
Actual values ==> R (# groups) = 8, df (# avg reps-1) = 9.00

Data PASS homogeneity test. Continue analysis.

NOTE: This test requires equal replicate sizes. If they are unequal but do not differ greatly, Hartley's test may still be used as an approximate test (average df are used).

SUMMARY OF FISHER'S EXACT TESTS

GROUP	NUMBER IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	SIG DEAD	(P=.05)
	CONTROL	10	1	
1	Ponto 6	10	10	*
2	Ponto 7	10	0	
3	Ponto 8	10	8	*
4	Ponto 13	10	3	
5	Ponto 14	10	2	
6	Ponto 15	10	0	
7	Ponto 20	10	0	
8	Ponto 21	10	0	

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	530.888	75.841	12.839
Within (Error)	72	425.300	5.907	
Total	79	956.187		

Critical F value = 2.17 (0.05,7,60)

Since F > Critical F REJECT Ho: All equal

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

BONFERRONI t-TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED		MEAN CALCULATED IN		
		MEAN	ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG	
1	Controle	10.400	10.400			
2	Ponto 7	8.900	8.900	1.380		
3	Ponto 8	1.400	1.400	8.280 *		
4	Ponto 13	6.900	6.900	3.220 *		
5	Ponto 14	7.000	7.000	3.128 *		
6	Ponto 15	5.700	5.700	4.324 *		
7	Ponto 20	8.700	8.700	1.564		
8	Ponto 21	8.500	8.500	1.748		

Bonferroni t table value = 2.51 (1 Tailed Value, P=0.05, df=70,7)

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

BONFERRONI t-TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	REPS	NUM OF	Minimum	Sig Diff	% of	DIFFERENCE
				(IN ORIG. UNITS)	CONTROL	FROM CONTROL	
1	Controle	10					
2	Ponto 7	10	2.731	26.3	1.500		
3	Ponto 8	10	2.731	26.3	9.000		
4	Ponto 13	10	2.731	26.3	3.500		
5	Ponto 14	10	2.731	26.3	3.400		
6	Ponto 15	10	2.731	26.3	4.700		
7	Ponto 20	10	2.731	26.3	1.700		
8	Ponto 21	10	2.731	26.3	1.900		

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	4.623	16.698	26.358	16.698	4.623
OBSERVED	2	19	26	19	3

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 2.6976

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes Julho Transform: NO TRANSFORMATION

Hartley's test for homogeneity of variance

Calculated H statistic (max Var/min Var) = 3.22
 Closest, conservative, Table H statistic = 13.1 (alpha = 0.01)

Used for Table H ==> R (# groups) = 7, df (# reps-1) = 9
 Actual values ==> R (# groups) = 7, df (# avg reps-1) = 8.86
 (average df used)

Data PASS homogeneity test. Continue analysis.

NOTE: This test requires equal replicate sizes. If they are unequal but do not differ greatly, Hartley's test may still be used as an approximate test (average df are used).

SUMMARY OF FISHER'S EXACT TESTS

GROUP	NUMBER IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	SIG DEAD	(P=.05)
	CONTROL	9	0	
1	Ponto 22	10	0	
2	Ponto 23	10	0	
3	Ponto 24	10	1	
4	Ponto 25	10	0	
5	Ponto 26	10	0	
6	Ponto 27	10	1	

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORM

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	6	292.103	48.684	3.889
Within (Error)	62	776.100	12.518	
Total	68	1068.203		

Critical F value = 2.25 (0.05,6,60)

Since F > Critical F REJECT Ho: All equal

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORM

BONFERRONI t-TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

TRANSFORMED MEAN CALCULATED IN

GROUP	IDENTIFICATION	MEAN	ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	Controle	15.333	15.333		
2	Ponto 22	10.800	10.800	2.789 *	
3	Ponto 23	8.500	8.500	4.204 *	
4	Ponto 24	8.700	8.700	4.080 *	
5	Ponto 25	11.500	11.500	2.358	
6	Ponto 26	10.500	10.500	2.973 *	
7	Ponto 27	10.100	10.100	3.219 *	

Bonferroni t table value = 2.46 (1 Tailed Value, P=0.05, df=60,6)

Nascentes - Bom Repouso (MG)
 File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORM

BONFERRONI t-TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF Minimum Sig Diff % of DIFFERENCE			CONTROL FROM CONTROL
		REPS	(IN ORIG. UNITS)	CONTROL	
1	Controle	9			
2	Ponto 22	10	4.004	26.1	4.533
3	Ponto 23	10	4.004	26.1	6.833
4	Ponto 24	10	4.004	26.1	6.633
5	Ponto 25	10	4.004	26.1	3.833
6	Ponto 26	10	4.004	26.1	4.833
7	Ponto 27	10	4.004	26.1	5.233

Nascentes - Bom Repouso (MG)					
File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION					
Chi-square test for normality: actual and expected frequencies					
INTERVAL					
<-1.5					
EXPECTED					
OBSERVED					
-1.5 to <-0.5					
26.358					
>0.5 to 1.5					
16.698					
>1.5					
4.623					
4					
2					
Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 1.2523					
Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277					
Data PASS normality test. Continue analysis.					
Nascentes - Bom Repouso (MG)					
File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION					
Hartley's test for homogeneity of variance					
Calculated H statistic (max Var/min Var) = 9.83					

Closest, conservative, Table H statistic = 13.1 (alpha = 0.01)

Used for Table H ==> R (# groups) = 7, df (# reps-1) = 9
Actual values ==> R (# groups) = 7, df (# avg reps-1) = 8.86
(average df used)

Data PASS homogeneity test. Continue analysis.

NOTE: This test requires equal replicate sizes. If they are unequal but do not differ greatly, Hartley's test may still be used as an approximate test (average df are used).

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORMATION

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	6	289.357	48.226	7.194
Within (Error)	62	415.600	6.703	
Total	68	704.957		

Critical F value = 2.25 (0.05,6,60)

Since F > Critical F REJECT Ho: All equal

SUMMARY OF FISHER'S EXACT TESTS

GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
1	CONTROL	9	0	
1	Ponto 28	10	0	
2	Ponto 29	10	1	
3	Ponto 30	10	0	
4	Ponto 31	10	0	
5	Ponto 33	10	0	
6	Ponto 34	10	0	

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORM

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F

Between	6	289.357	48.226	7.194
Within (Error)	62	415.600	6.703	
Total	68	704.957		

Critical F value = 2.25 (0.05,6,60)

Since F > Critical F REJECT H_0 : All equal

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORM

BONFERRONI t-TEST - TABLE 1 OF 2 H_0 : Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED		MEAN CALCULATED IN		
		MEAN	ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG	
1	Controle	15.333	15.333			
2	Ponto 28	10.200	10.200	4.315 *		
3	Ponto 29	10.300	10.300	4.231 *		
4	Ponto 30	8.100	8.100	6.081 *		
5	Ponto 31	9.900	9.900	4.567 *		
6	Ponto 33	9.200	9.200	5.156 *		
7	Ponto 34	10.500	10.500	4.063 *		

Bonferroni t table value = 2.46 (1 Tailed Value, $P=0.05$, $df=60,6$)

Nascentes - Bom Repouso (MG)

File: Nascentes - Bom Repouso (MG) Transform: NO TRANSFORM

BONFERRONI t-TEST - TABLE 2 OF 2 H_0 : Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	REPS	NUM OF	Minimum	Sig	% of	DIFFERENCE
			(IN ORIG. UNITS)	CONTROL	FROM CONTROL		
1	Controle	9					
2	Ponto 28	10	2.930	19.1	5.133		
3	Ponto 29	10	2.930	19.1	5.033		
4	Ponto 30	10	2.930	19.1	7.233		
5	Ponto 31	10	2.930	19.1	5.433		
6	Ponto 33	10	2.930	19.1	6.133		
7	Ponto 34	10	2.930	19.1	4.833		