



Campus de São Carlos

"AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE LÍQUIDOS
PERCOLADOS GERADOS NO ATERRO CONTROLADO
DE PAU QUEIMADO (MUNICÍPIO DE PIRACICABA, SP)
PARA ORGANISMOS AQUÁTICOS"

Viviane Faria de Miranda

Orientador: Prof. Dr. Abílio Lopes de Oliveira Neto

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
EESC - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO
CRHEA - CENTRO DE RECURSOS HÍDRICOS E ECOLOGIA APLICADA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA
AMBIENTAL

"Avaliação da toxicidade de líquidos percolados gerados no aterro controlado de Pau Queimado (Município de Piracicaba, SP) para organismos aquáticos".

Viviane Faria de Miranda

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

DEDALUS - Acervo - EESC



31100052157

Orientador : Prof. Dr. Abílio Lopes de Oliveira Neto

São Carlos - SP
2005



Class.	TESE EESC
Cutt.	3671
Tombo	T 129/05
Sysno	1444858

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

M672a

Miranda, Viviane Faria de

Avaliação da toxicidade de líquidos percolados gerados no aterro controlado de Pau Queimado (Município de Piracicaba, SP) para organismos aquáticos / Viviane Faria de Miranda. -- São Carlos, 2005.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2005.

Área: Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Abílio Lopes de Oliveira Neto.

1. Toxicidade aguda e crônica. 2. Aterro controlado. 3. Líquidos percolados. 4. *Ceriodaphnia silvestrii*. 5. *Chironomus xanthus*. 6. *Daphnia similis*.
I. Título.

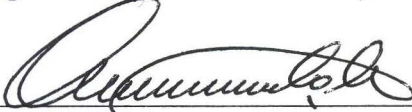
FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Bacharel **VIVIANE FARIA DE MIRANDA**


Tese defendida e julgada em 21-03-2005 perante a Comissão Julgadora:



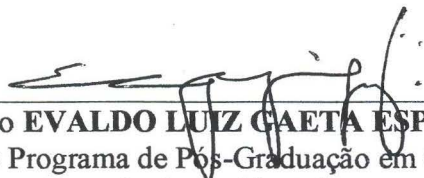
Prof. Associado **EVALDO LUIZ GAETA ESPINDOLA (Orientador Designado)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) APROVADA



Prof. Associado **VALDIR SCHALCH**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) APROVADA



Profa. Dra. **MARIA BEATRIZ BOHRER MOREL**
(Instituto de Pesquisas Energeticas e Nucleares/IPEN) Aprovada



Prof. Associado **EVALDO LUIZ GAETA ESPINDOLA**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da
Engenharia Ambiental



Profa. Titular **MARIA DO CARMO CALJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

*"Ambiente limpo não é o que mais se limpa, e sim o que menos se suja"
(Chico Xavier).*

*Aos meus pais, minhas irmãs e meu marido,
pelo imenso amor, paciência, compreensão e apoio.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo.

Ao Prof. Dr. Abílio Lopes de Oliveira Neto pela orientação e incentivos dispensados durante a realização desse trabalho e principalmente pela amizade.

A Clarice Maria Ripoli Botta Paschoal, pela amizade, carinho, pelos ensinamentos indispensáveis, paciência e atenção.

Agradeço ao CNPq, pela bolsa de estudo concedida. (Processo 130525/2002-2).

Aos estagiários e funcionários do NEEA, Laboratório de Ecotoxicologia e Ecofisiologia de organismos aquáticos do CRHEA pelas instruções fornecidas, em particular ao Amandio e Luci pela atenção dispensada.

Aos meus pais, Valmir e Natalina, e minhas irmãs, Joice e Priscila pela compreensão e incentivo de sempre.

Ao meu marido Roberto, pelo apoio, amor, carinho e paciência, principalmente ao final deste trabalho.

As minhas grandes amigas, Julieta Bramorski, Erica Argenton, as meninas super poderosas, pela amizade, incentivo, carinho e risadas inesquecíveis e insubstituíveis.

A minha querida amiga Mara Rubia Rossi Figueiredo, pelo carinho e apoio, mesmo distante.

A minha amiga Giselle Queiroz, pela ajuda, dicas e risadas, principalmente nos momentos difíceis.

Aos meus amigos, Aline, Andréa, Janete, Suze, Ozelito, Maurício e especialmente a Andréia Cassiano (Processo FAPESP-02/03458-3) e Carol pela amizade e infinita colaboração.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Resíduos Sólidos	4
3.1.1. Disposição de Resíduos Sólidos: Aterros	8
3.1.2. Aspectos Legais	11
3.1.3. Líquidos Percolados	14
3.1.4. Impacto dos Líquidos Percolados	21
3.2. Ecotoxicologia Aquática	23
3.2.1. Testes de Toxicidade: Agudo e Crônico	25
3.2.2. Organismos teste: Cladoceros e Chinoromídeos	30
4. MATERIAIS E MÉTODOS	37
4.1. Área de Estudo	37
4.1.1. Localização	37
4.1.2. Caracterização	38
4.1.3. Amostragem	43

4.2. Avaliação da Toxicidade Aguda e Crônica de Líquidos Percolados para os Cladóceros <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Daphnia similis</i>	45
4.2.1. Testes de Toxicidade Aguda	45
4.2.2. Testes de Toxicidade Crônica	46
4.2.3. Cultivo e Manutenção dos Organismos teste <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Daphnia similis</i>	48
4.3. Avaliação da Toxicidade Aguda de Líquidos Percolados para o Organismo Bentônico <i>Chironomus xanthus</i>	51
4.3.1. Testes de Toxicidade Aguda	51
4.3.2. Cultivo e Manutenção do Organismo teste <i>Chironomus xanthus</i>	52
4.4. Controle de Qualidade dos Organismos teste	53
4.5. Unidade Tóxica	57
4.6. Determinação de Parâmetros Físicos e Químicos de Líquidos Percolados de Aterro Controlado	57
4.6.1. Análise das Amostras de Metais Pesados	58
4.7. Determinação dos Dados de Precipitação	58
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
5.1. Avaliação da Toxicidade Aguda - período de chuva	61
5.1.1. <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	61
5.1.2. <i>Chironomus xanthus</i>	65
5.2. Avaliação da Toxicidade Aguda - período de seca	66
5.2.1. <i>Daphnia similis</i> e <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	68
5.2.2. <i>Chironomus xanthus</i>	70
5.3. Comparação entre os Períodos de Chuva e Seca	71
5.4. Testes de Sensibilidade - Controle de Qualidade dos Cultivos	77

5.5. Testes de Toxicidade Crônica com <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Daphnia similis</i>	80
5.6. Caracterização dos Líquidos Percolados	89
5.6.1. Caracterização Geral	89
5.6.2. Comparação de Líquidos Percolados	89
5.6.3. Caracterização dos Metais Pesados	91
6. CONCLUSÕES	94
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
8. APÊNDICE	111
ANEXOS	138

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> (fêmea adulta) - Imagem capturada das culturas do laboratório de Ecotoxicologia do CRHEA-USP-São Carlos	33
Figura 2. <i>Daphnia similis</i> - (fêmea adulta) - Imagem capturada das culturas do laboratório de Ecotoxicologia do CRHEA-USP-São Carlos	34
Figura 3. <i>Chironomus xanthus</i> (larva) - Imagem capturada das culturas do laboratório de Ecotoxicologia do CRHEA-USP-São Carlos	36
Figura 4. Bacia hidrográfica do Rio Piracicaba, Piracicaba, São Paulo	37
Figura 5. Foto do aterro controlado de "Pau Queimado" localizado do município de Piracicaba	38
Figura 6. Foto aérea do aterro - Esquema da circulação, armazenamento e pontos de coleta	40
Figura 7. Tanque de concreto-Líquido percolado proveniente da parte nova do aterro	41
Figura 8. Células separadas por geomembranas	42
Figura 9. Tanque de concreto - Chorume da parte antiga do aterro	43
Figura 10. 1ª Lagoa de líquidos percolados destinados à recirculação	43
Figura 11. 2ª Lagoa de líquidos percolados destinados à recirculação	43
Figura 12. Precipitação mensal em milímetros, durante o ano de 2003	59
Figura 13. Número de dias com precipitação, durante o ano de 2003	59
Figura 14. Resultados dos testes de toxicidade aguda realizados com <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> com as amostras dos diferentes líquidos percolados (período de chuva)	64
Figura 15. Comparação da toxicidade dos líquidos percolados coletados em	

datas diferentes ao <i>Chironomus xanthus</i>	66
Figura 16. Comparação entre os testes de toxicidade com <i>Daphnia similis</i> realizados com as amostras dos diferentes líquidos percolados em dois períodos, (12 e 21/07/03)	69
Figura 17. Comparação entre os testes de toxicidade com amostras do líquido percolado novo, efetuados em 31/01, 07/03, 22/07 com <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	73
Figura 18. Comparação entre os testes de toxicidade com líquido percolado recirculado coletado em 31/01, 07/03 e 22/07 com <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	73
Figura 19. Comparação entre os testes de toxicidade com líquidos percolados novos, efetuados em 31/01, 07/03, 12/07 e 22/07, com <i>Chironomus xanthus</i> ...	75
Figura 20. Comparação entre os testes de toxicidade com líquido percolado velho, efetuados em 31/01, 07/03, 12/07 e 22/07, com <i>Chironomus xanthus</i>	75
Figura 21. Comparação entre os testes de toxicidade com líquidos percolados recirculados, efetuados em 31/01, 07/03, 12 e 22/07, com <i>Chironomus xanthus</i>	76
Figura 22. Comparação entre as médias de CE(I)50, 96h dos períodos de chuva e seca para <i>Chironomus xanthus</i>	78
Figura 23. Sobrevivência e reprodução (em número médio de neonatos) de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> expostas às diferentes concentrações das amostras de líquido percolado	85
Figura 24. Sobrevivência e reprodução (em número médio de neonatos) de <i>Daphnia similis</i> expostas às diferentes concentrações das amostras do líquido percolado	86
Figura 25. Valores crônicos obtidos para <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> expostas aos diferentes líquidos percolados	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1a. Municípios da cidade de São Paulo com serviço de limpeza urbana e /ou coleta de lixo	7
Tabela 1b. Quantidade diária de lixo coletado (t/dia)	7
Tabela 2. Substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos)	12
Tabela 3. Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representem risco à saúde	13
Tabela 4. Padrão de aceitação para consumo humano	14
Tabela 5. Caracterização física e química dos líquidos percolados	16
Tabela 6. Relação dos organismos utilizados, tipos de testes e datas das coletas	44
Tabela 7. Precipitação total acumulada em milímetros, desvio padrão, dias de chuva e temperatura média referente aos meses de coleta e alguns meses que as antecederam	60
Tabela 8. Valores de CE50, 48h obtidos nos testes de toxicidade aguda com <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> realizados com as amostras de líquido percolado coletadas em 31/01 e 07/03/03.....	61
Tabela 9. Valores de CE50, 48h obtidos nos testes de toxicidade aguda efetuados com <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> com as amostras do líquido percolado em dias diferentes (amostra coletada de 31/01)	63
Tabela 10. Resultados do CE,50,96h (intervalo de confiança 95%) obtidos nos testes de toxicidade com <i>Chironomus xanthus</i> realizados com as amostras coletadas nos dias 31/01/03 e 07/03/03 (período de chuva)	65
Tabela 11a. Precipitação total acumulada em milímetros, desvio padrão, dias	

de chuva e temperatura média referente aos meses de coleta e alguns meses que as antecederam	67
Tabela 11b. Precipitação total diária, em milímetros, referente aos dias de coleta e as 7 dias que as antecedem (Período de Seca).....	67
Tabela 12. Valores de CE50, 48h (intervalo de confiança 95%) obtidos nos testes de toxicidade aguda com <i>Daphnia similis</i> e <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> realizados com as amostras do líquido percolado coletadas em 12 e 22/07/03	68
Tabela 13. Resultados dos testes de toxicidade efetuados com <i>Daphnia similis</i> referentes às coletas do período de seca (12/07/03) e após 9 dias	69
Tabela 14. Resultados do CE,50,96h (intervalo de confiança 95%) obtidos nos testes de toxicidade com <i>Chironomus xanthus</i> realizados com as amostras coletadas nos dias 12 e 22/07/03 (período de seca)	70
Tabela 15. Precipitação total acumulada em milímetros, desvio padrão, dias de chuva e temperatura média referente aos períodos de chuva e de seca	71
Tabela 16. Comparação dos resultados obtidos nos testes de toxicidade efetuados com <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> com as amostras dos líquidos percolados referentes às coletas dos dois períodos	72
Tabela 17. Comparação dos resultados dos testes de toxicidade efetuados com <i>Chironomus xanthus</i> com as amostras dos líquidos percolados referente às coletas dos dois períodos	74
Tabela 18a. Comparação do CE(I)50;96h médio (%), para <i>Chironomus xanthus</i> , período de chuva	77
Tabela 18b. Comparação do CE(I)50; 96h médio (%), para <i>Chironomus xanthus</i> , período de seca	77
Tabela 19. Porcentagens de sobrevivência e números de neonatos de	

<i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Daphnia similis</i> obtidos nos testes de toxicidade crônica com as amostras do líquido percolado novo	82
Tabela 20. Resumo das análises estatísticas dos testes de toxicidade crônica com <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Daphnia similis</i> , realizados com as amostras do líquido percolado novo	82
Tabela 21. Porcentagens de sobrevivência e números de neonatos de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Daphnia similis</i> obtidos nos testes de toxicidade crônica com as amostras do líquido percolado velho	83
Tabela 22. Resumo das análises estatísticas dos testes de toxicidade crônica com <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Daphnia similis</i> , realizados com as amostras do líquido percolado velho	83
Tabela 23. Porcentagens de sobrevivência e números de neonatos de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Daphnia similis</i> obtidos nos testes de toxicidade crônica com as amostras do líquido percolado recirculado	84
Tabela 24. Resumo das análises estatísticas dos testes de toxicidade crônica com <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Daphnia similis</i> , realizados com as amostras do líquido percolado recirculado	84
Tabela 25. Valores do CENO, CEO e CV obtidos nos testes crônicos realizados com as amostras dos líquidos percolados.....	88
Tabela 26. Caracterização dos líquidos percolados em 26/03/03	90
Tabela 27. Medidas de pH, condutividade e OD	91
Tabela 28. Caracterização dos líquidos percolados - metais pesados	92

RESUMO

Miranda, V.F. de (2005) Avaliação da toxicidade de líquidos percolados gerados no aterro controlado de Pau Queimado (Município de Piracicaba, SP) para organismos aquáticos.

O crescimento populacional, o desenvolvimento industrial e a expansão agrícola resultaram no aumento da geração de resíduos sólidos e na necessidade de se efetuar seu descarte de forma adequada e não prejudicial ao meio ambiente, principalmente aos recursos hídricos. O uso de aterros controlados é um dos métodos de disposição final de resíduos no solo, e possui falhas nas estruturas de apoio ambiental como sistemas de drenagem, impermeabilização, controle de entrada de resíduos, produção de líquidos percolados. Os líquidos percolados apresentam elevado potencial poluidor, e compreende, geralmente, o chorume, a água de infiltração e o material lixiviado, portanto, é importante avaliar sua toxicidade em relação aos ecossistemas aquáticos. Os testes de toxicidade foram realizados com *Ceriodaphnia silvestrii*, *Chironomus xanthus* e *Daphnia similis* e permitiram confirmar a toxicidade aguda destas amostras para os três organismos-teste utilizados. Os testes de toxicidade crônica apresentaram diferença significativa, tanto na reprodução quanto na sobrevivência em relação ao controle, com *Ceriodaphnia silvestrii*. Nos testes com *Daphnia similis*, foi registrada uma diferença na reprodução apenas na presença de determinados líquidos percolados. Em alguns casos a diferença de precipitação não interferiu na toxicidade, porém nos testes efetuados com *Chironomus xanthus* foi verificada que a falta de precipitação pode ter aumentado a toxicidade dos líquidos percolados.

Palavras-chave: Toxicidade aguda e crônica; aterro controlado; líquidos percolados; *Ceriodaphnia silvestrii*, *Chironomus xanthus* e *Daphnia similis*.

ABSTRACT

Industrial, agrarian and population growth is responsible for the increased amount of solid waste what demands suitable procedures for waste disposal so as to preserve the environment, particularly and water resources.

Landfill is one of the methods for final disposal of solid waste, but it is not adequate because it lacks drainage systems, waste input and out put controls, percolation control, etc. Liquid waste from those landfills has a very high pollution potential, and includes the leachate, the infiltration water, and the overflowed waste. That is why it is important to assess the degree of toxicity of those solid wastes in relation to the aquatic ecosystems. Toxicological tests were carried out with *Ceriodaphnia silvestrii*, *Chironomus xanthus* and *Daphnia similis* allowed to confirm high toxic level in those samples for the three tested organisms. Chronic toxicological tests presented statistic significant difference regarding reproduction and survival in relation to the control samples for *Ceriodaphnia silvestrii*. *Daphnia similis*, however presented significant difference in the reproduction in relation to some substances only. In some cases, precipitation did not interfere in the toxicological assessment, but the tests with *Chironomus xanthus* showed that the lack of precipitation might have affected the toxicology.

Key-Words: Acute and chronic toxicity; landfill; leachate; *Ceriodaphnia silvestrii*, *Chironomus xanthus* e *Daphnia similis*.

1. INTRODUÇÃO

O rápido crescimento populacional e o crescimento dos padrões de vida, entre outros fatores, tornou a água um recurso ainda mais valioso. Apesar de renovável, a água não está distribuída de acordo com as necessidades da população. Aproximadamente 70% a 80% da água doce do mundo é destinada para a irrigação na agricultura, menos de 20% para a indústria e 6% para o consumo doméstico. As cidades, pelo fato de concentrarem considerável parcela da população, necessitam de grandes volumes de água para abastecimento e diluição de dejetos, entre outros usos (SOBRAL, 1996).

A preocupação com a qualidade dos recursos hídricos têm aumentado, porém, no Brasil ainda há uma grande problemática em relação aos esgotos sanitários, lançados, sem tratamento nos corpos d'água e receptores, comprometendo a biota aquática e a saúde humana. Além dos despejos diretos, a deposição atmosférica, a infiltração nos solos e o carreamento urbano e agrícola são fontes importantes de contaminação dos ecossistemas aquáticos.

O crescimento populacional e o conseqüente aumento das atividades agrícolas e industriais, do uso de compostos químicos e da geração de resíduos sólidos levou a necessidade de se efetuar o descarte e disposição final desses resíduos de forma adequada e não prejudicial ao meio ambiente.

Segundo REICHERT (1999), a disposição de resíduos sólidos em aterros sanitários é uma alternativa vantajosa para os municípios por apresentar um custo relativamente baixo e ser tecnicamente adequado quando comparado aos outros meios de disposição. Essa prática apresenta algumas desvantagens, entre elas a formação de líquidos percolados, gerados a partir da decomposição da matéria orgânica, das chuvas e dos líquidos provenientes dos próprios resíduos. O chorume gerado dos resíduos industriais pode apresentar poluentes prejudiciais ao meio ambiente como, por exemplo, metais pesados, que por processo de infiltração ou percolação podem atingir as águas subterrâneas e superficiais. Os principais problemas relacionados ao tratamento de lixiviados de aterros sanitários são a variabilidade de sua composição e vazão, devido a diversidade do tipo de resíduo disposto, dos índices pluviométricos locais e do tipo de cobertura.

Dentre os diferentes poluentes presentes no líquido percolado, deve-se ter uma preocupação especial com os metais pesados, pois são elementos não-biodegradáveis e permanecem por longo tempo no ambiente (DIAS & MELLO, 1998). cujas concentrações se modificam em lixiviados de aterros jovens e velhos (REICHERT, 1999).

Dessa forma, deve-se ressaltar a importância da análise das concentrações dos agentes químicos presentes, entre outros, nos líquidos percolados, bem como da avaliação da toxicidade desses líquidos para os organismos dos ecossistemas aquáticos, visto que há a possibilidade de serem carreados até as águas subterrâneas e superficiais.

2. OBJETIVOS

Objetivo Geral:

- ✓ Avaliar a toxicidade aguda e crônica de líquidos percolados do aterro controlado de Pau Queimado utilizando organismos planctônicos e bentônicos.

Objetivos Específicos:

- ✓ Avaliar a toxicidade aguda e crônica de líquidos percolados do aterro controlado de Pau Queimado para os cladóceros *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis*.
- ✓ Avaliar a toxicidade aguda de líquidos percolados do aterro controlado de Pau Queimado para o organismo bentônico *Chironomus xanthus*.
- ✓ Avaliar a diferença de toxicidade entre os líquidos percolados: velho, novo e recirculado.
- ✓ Caracterizar física e quimicamente, com ênfase na determinação de metais, líquidos percolados do aterro controlado de Pau Queimado.
- ✓ Avaliar os efeitos de precipitação (seca e chuva) no potencial de toxicidade de líquidos percolados do aterro controlado de Pau Queimado.
- ✓ Avaliar a permanência de toxicidade dos líquidos percolados por meio de testes contínuos com a mesma amostra
- ✓ Caracterização do aterro controlado de Pau Queimado e as diferenças entre as áreas nova e velha.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Resíduos Sólidos

O homem, desde sua origem, sempre gerou resíduos ou sobras, porém, devido a quantidade e principalmente ao seu tipo, esses resíduos eram rapidamente absorvidos pelo meio ambiente. Atualmente, com o crescimento populacional nos grandes centros urbanos, o aumento dos padrões de vida e a adoção de um modelo de consumo baseado em produtos descartáveis, verificou-se um aumento no volume de resíduos gerados e na composição desses resíduos, pela introdução de compostos não biodegradáveis. A permanência, mobilização e disseminação de elementos inorgânicos, tornaram a disposição final desses resíduos sólidos um problema ambiental de grandes proporções (REICHERT, 1999).

A preocupação com o destino dos resíduos sólidos não é recente. Na Mesopotâmia, a 2.500 anos antes de Cristo, os nabateus já enterravam seus resíduos sólidos domésticos e agrícolas em trincheiras escavadas no solo. Da mesma forma, no ano 150, em Roma, o povo resolveu formar valas e aterrar os resíduos devido a quantidade de roedores e insetos que surgiram ao redor dos locais onde os mesmos eram anteriormente dispostos (LIMA, 1991).

Conforme MACHADO (1992), resíduo sólido significa refugo e outras descargas de materiais sólidos, incluindo resíduos sólidos provenientes de operações industriais, comerciais, agrícolas e de atividades da comunidade, não

incluindo materiais sólidos ou dissolvidos presentes nos esgotos domésticos, efluentes industriais e correntes de irrigação ou outros significativos poluentes existentes nos recursos hídricos, tais como, lama e sólidos em suspensão.

LEÃO (1997), no entanto, considera resíduo sólido urbano, como sendo "todo lixo com enorme potencial de uso, passível de retornar aos processos produtivos que lhe deram origem, ou gerar subprodutos como fertilizantes, gás, energia elétrica, etc., considerando todos os resíduos sólidos produzidos em aglomerados urbanos, comerciais ou residenciais."

Segundo a Norma NBR 10.004 - ABNT os resíduos sólidos podem ser definidos como "Resíduo do estado sólido e semi-sólido que resultam da atividade da comunidade, de origem industrial, hospitalar, comercial e varrição", e de acordo com GADOTTI (1997), "ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível". Os resíduos podem ser classificados em : Resíduos classe I - Perigosos; Resíduos classe II - Não inertes; Resíduos classe III - Inertes (www.sedes.com.br/cecap/apostilas/materias_ma/arquivos/Educacao_ambiental/Apostila%20Tecnologias%20Limpas%20%20Modulo%202.html).

Resíduos classe I - perigosos: são resíduos sólidos ou mistura de resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento da mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.

Resíduos classe II - resíduos domésticos - "não classificados como perigosos ou inertes, como por exemplo, resíduos orgânicos (resto de alimentos)".

Resíduos classe III - inertes: são resíduos que não apresentam periculosidade ao homem e ao meio ambiente como por exemplo, minerais e minérios como areia, pedra, tijolo, concreto, alumínio, ferro, etc.

De acordo com os dados do IBGE (2000), descritos na Tabela 1a, a cidade de São Paulo possui coleta de lixo regular e serviço de limpeza urbana em 713 municípios. Além disso, conforme Tabela 1b, a coleta diária de resíduos sólidos é de aproximadamente 213.966,4 t/dia, e desse total, 82.121,6 toneladas são dispostas em aterros sanitários, e apenas 3.942,2 toneladas são depositadas em vazadouros a céu aberto (lixões).

Tabela 1a - Municípios da cidade de São Paulo com serviço de limpeza urbana e / ou coleta de lixo.

São Paulo	Municípios com serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo.							
	Total	Percentual de domicílios com lixo coletado (%)						Sem declaração e não sabe
		Até 50	Mais de 50 a 70	Mais de 70 a 80	Mais de 80 a 90	Mais de 90 a 99	Com 100	
São Paulo	646	6	9	29	46	43	477	36
Região Metropolitana de São Paulo	39	-	-	8	7	8	12	4
Região Metropolitana Baixada Santista	9	-	1	-	1	2	4	1
Região Metropolitana de Campinas	19	-	-	2	1	1	14	1
Total	713	6	10	39	55	54	507	42

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

Tabela 1b - Quantidade diária de lixo coletado (t/dia).

São Paulo	Quantidade diária de lixo coletado (t/dia)									
	Total	Unidade de destino final do lixo coletado								
		Vazadouro a céu aberto (lixão)	Vazadouro em áreas alagadas	Aterro controlado	Aterro sanitário	Estação de compostagem	Estação de triagem	Incineração	Locais não fixos	Outra
São Paulo	125.732,2	3.238,2	47,0	56.565,1	54.013,3	9.024,8	1.015,0	886,6	345,0	597,2
Região Metropolitana de São Paulo	83.066,9	491,0	-	51.669,9	25.111,7	4.290,0	346,1	635,9	1,0	521,3
Região Metropolitana Baixada Santista	1.659,1	150,0	-	995,8	511,5	-	0,5	1,3	-	-
Região Metropolitana de Campinas	3.508,2	63,0	10,0	920,2	2.485,1	-	21,8	2,1	-	6,0
Total	213.966,4	3.942,2	57,0	110.151,0	82.121,6	13.314,8	1.383,4	1.525,9	346,0	1.124,5

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

3.1.1. Disposição de Resíduos Sólidos: Aterros

Atualmente existem várias técnicas que podem ser utilizadas para a disposição e tratamento de resíduos sólidos, entre elas: incineração, reciclagem, pirólise, compostagem e aterro sanitário, e a aplicação varia conforme a disponibilidade de local, a composição do lixo e viabilidade econômica.

De acordo com GADOTTI (1997), aterro controlado é onde ocorre a disposição final de resíduos no solo com certo grau de "controle", geralmente com algumas atividades em termos de operação (compactação e cobertura), mas pecando pela falta das estruturas de apoio ambiental (sistemas de drenagem, impermeabilização, controle de entrada de resíduos, etc.). Em alguns casos o aterro controlado está delimitado por uma cerca para isolamento, possui equipamento para compactação e cobertura, possui vigia na entrada, mas, embora tendo localização conhecida e delimitada e operação regular, está longe de se enquadrar aos critérios necessários à um aterro sanitário.

Conforme o glossário da CETESB (2003), aterro sanitário pode ser definido como "aterro para lixo residencial urbano com pré-requisitos de ordem sanitária e ambiental. Deve ser construído de acordo com técnicas definidas, como: impermeabilização do solo para que o chorume não atinja os lençóis freáticos, contaminando as águas; sistema de drenagem para chorume, que deve ser retirado do aterro sanitário e depositado em lagoa próxima que tenha essa finalidade específica, vedada ao público; sistema de drenagem de tubos

para os gases, principalmente o gás carbônico, o gás metano e o gás sulfídrico, pois, se isso não for feito, o terreno fica sujeito a explosões e deslizamentos".

Segundo PIMENTEL JUNIOR (1998), aterro sanitário também pode ser definido como "a técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, com reduzidos danos à saúde pública e à segurança, minimizando impactos ambientais, utilizando princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário".

Existem inúmeras vantagens na utilização de aterros sanitários, porém a mais importante é o baixo custo quando comparado aos outros métodos de disposição de resíduos sólidos. Algumas vantagens são: a capacidade de absorção diária de grande quantidade de resíduos, disposição do lixo de forma adequada e condições para a decomposição biológica da matéria orgânica. Embora seja proveitoso, esse método apresenta alguns problemas, tais como, a possibilidade de poluição de águas superficiais e subterrâneas pela ação do chorume ou líquidos percolados, a formação de gases nocivos e de odor desagradável (LIMA, 1991).

Segundo o mesmo autor, além desses problemas, existem ainda alguns fatores limitantes como, disponibilizar uma grande área que esteja próxima aos centros urbanos, porém, sem comprometer o conforto e segurança da população, a necessidade de material de cobertura diária, condições climáticas de operação

durante o ano inteiro e a escassez de recursos humanos habilitados em gerenciamento de aterros.

No entanto, conforme GADOTTI (1997), além de apresentar baixos custos, a técnica de se utilizar aterros sanitários é a única a não apresentar rejeitos, e mesmo se optando por uma outra técnica, a presença de um aterro sanitário se faz necessário para receber os rejeitos de outros tratamentos.

Antes da instalação de um aterro sanitário é preciso efetuar uma série de estudos técnicos, independente do porte do empreendimento. Uma das exigências técnicas do projeto, é o "preparo do sistema de drenagem de líquidos percolados", que atenda com segurança o volume de líquidos percolados e chorume gerados pelo aterro (LIMA, 1991).

No entanto, dependendo da tecnologia e critérios aplicados, a disposição dos resíduos domésticos, bem como dos resíduos industriais contendo compostos inorgânicos potencialmente tóxicos, pode não gerar fontes de contaminação ambiental (POHLAND *et al*, 1993).

De acordo com EPA (1976), o terreno é um dos aspectos importantes a ser levado em consideração, pois dependendo de sua localização e constituição, o líquido percolado pode atingir as águas superficiais e subterrâneas resultando em danos, tais como a contaminação de poços. Esses danos estão relacionados com a proximidade do recurso d'água à área de disposição, a direção da superfície ou o fluxo da água.

3.1.2. Aspectos Legais

No estado de São Paulo, conforme o Decreto 52.497, de 21/07/70, artigo 371: " é proibido o lançamento dos resíduos sólidos a céu aberto. A autoridade ambiental e/ou de saúde pública somente pode autorizar acumulação temporária. De acordo com o item X da Portaria 053/79, a acumulação em caráter definitivo ficou vetada em todo o país. É um ilícito administrativo, cuja ocorrência pode gerar ação civil para fazer cessar ou reparar os danos" (MACHADO, 1992).

A Lei nº 977, de 31 de maio de 1976, que classifica a água em todo o território nacional, teve seu regulamento aprovado pelo Decreto nº 8468/76, que estabelece o sistema de Controle de Poluição Ambiental no Estado de São Paulo, e prevê os seguintes artigos:

"Art. 52 - O solo somente poderá ser utilizado para destino final de resíduos de qualquer natureza, desde que sua disposição seja feita de forma adequada, estabelecida em projetos específicos de transporte e destino final, ficando vedada a simples descarga ou depósito, seja em propriedade pública ou particular.

Parágrafo Único - Quando a disposição final, mencionada neste artigo, exigir a execução de aterros sanitários, deverão ser tomadas medidas adequadas para a proteção das águas superficiais e subterrâneas, obedecendo as normas a serem expedidas pela CETESB".

"Art. 55 - Somente será tolerada a acumulação temporária de resíduos de qualquer natureza, na fonte de poluição ou em outros locais, desde que não ofereça risco de poluição ambiental" (SÃO PAULO, 1976).

A Lei Estadual nº 10.888, de 20/09/2001, que dispõe sobre o descarte final de produtos parcialmente perigosos do resíduo urbano que contenham metais pesados e dá outras providências, faz a identificação desses resíduos e disposição no artigo 1º, parágrafo 1º e 2º:

§ 1º - Para fins do cumprimento desta lei, entende-se por produtos potencialmente perigosos do resíduo urbano, pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes e frascos de aerosóis em geral.

§ 2º - Estes produtos, quando descartados, deverão ser separados e acondicionados em recipientes adequados para destinação específica. (SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, 2005).

A Resolução nº 20, de 18 de Junho de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (PINTO & ALMEIDA, 1999), estabelece a classificação de águas doces, salobras e salinas no Território Nacional. Os limites de algumas substâncias, para águas classe 1, podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos).

Parâmetro	Unidade	Teores máximos
Alumínio	mg/L	0,1
Amônia (como NH ₃)	mg/L	0,02
Cloreto	mg/L	250
Cádmio	mg/L	0,001
Chumbo	mg/L	0,03
Cobre	mg/L	0,02
Cromo Hexavalente	mg/L	0,05
Manganês	mg/L	0,1
Mercúrio	mg/L	0,0001
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500
Zinco	mg/L	0,18

É importante ressaltar que a qualidade da água potável está sujeita aos parâmetros estipulados pelo MINISTÉRIO DA SAÚDE (2004), através da Portaria nº 518, de 25 de Março de 2004 que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências, conforme dispostos nos capítulos e artigos abaixo:

Capítulo I - Das disposições preliminares:

Art. 2º - Toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água.

Capítulo IV - do padrão de Potabilidade:

Art. 14º - A água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco para a saúde expresso de acordo com a Tabela 3 .

Tabela 3 - Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde.

Parâmetro	Unidade	VMP*
Arsênio	mg/L	0,01
Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,005
Cianeto	mg/L	0,07
Chumbo	mg/L	0,01
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05
Mercúrio	mg/L	0,001
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
Selênio	mg/L	0,01

* VMP - Valor máximo permitido

Art.16 - A água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Padrão de aceitação para consumo humano.

Parâmetro	Unidade	VMP*
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Dureza	mg/L	500
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Turbidez	UT**	5
Zinco	mg/L	5

*Valor Máximo Permitido

** Unidade de Turbidez

3.1.3. Líquidos Percolados

De acordo com o glossário da CETESB (2003), chorume pode ser definido como "Resíduo líquido proveniente de resíduos sólidos (lixo), particularmente quando dispostos no solo, como por exemplo, nos aterros sanitários. Resulta principalmente de água de chuva que se infiltra e da decomposição biológica da parte orgânica dos resíduos sólidos. É altamente poluidor."

Conforme SCHALCH (1992) chorume é um líquido originado da decomposição do lixo, e ocorrendo em aterros sanitários pode ser carregado para fora da área

delimitada pelo aterro em decorrência da infiltração de água através do corpo do aterro.

Além de apresentar elevado potencial poluidor, o chorume tem como característica cor negra e mau cheiro (GADOTTI, 1997). O líquido resultante dessa combinação é denominado líquido percolado (CLARETO, 1997), que compreende geralmente, o chorume, a água de infiltração e o material lixiviado (GADOTTI, 1997).

Corroborando a afirmativa acima, conforme REICHERT (1999), os líquidos formados a partir das águas, tanto de chuva como de outras infiltrações que chegam ao fundo do aterro, são considerados líquidos percolados, sendo o termo chorume aplicado apenas para denominar o resultado da atividade hidrolítica microbiana na degradação desses resíduos. A partir do momento que este lixiviado chega aos mananciais hídricos superficiais ou subterrâneos, pode ocorrer uma elevação na concentração de metais pesados e redução no oxigênio dissolvido, além de conferir à água gosto, cor e odores indesejáveis e condições de desenvolvimento de microrganismos patogênicos, ou seja, pode ocorrer a poluição desses recursos hídricos.

Conforme definição de BRANCO (1983), a poluição é caracterizada por uma modificação do ambiente que afeta, de maneira nociva, a vida e o bem estar humanos de maneira direta ou indireta. De acordo com MELLANBY (1982), a palavra poluição refere-se a situações onde ocorram danos reais ao homem ou ao meio ambiente.

Segundo PORTO *et al*, (1991), os efeitos ecológicos que geram alterações ambientais e prejuízos no desenvolvimento das comunidades aquáticas são característicos de poluição. COSTA (1991), define poluição como sendo "a perturbação ao meio ambiente decorrente da atividade humana, através de agentes físicos, químicos ou biológicos comprometendo a vida do homem e dos sistemas biológicos". Dessa forma, o descarte de esgotos domésticos e/ou industriais não tratados, o carreamento urbano e agrícola e os líquidos percolados, entre outras, são fontes de poluição dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos.

Os principais contaminantes presentes nos líquidos percolados, em geral, estão apresentados na Tabela 5 (www.quimica.ufpr.br/~tecntrat/chorume.htm).

Tabela 5 - Caracterização física e química dos líquidos percolados.

Parâmetros		Faixa
pH		4,5 - 9
Sólidos Totais	(mg/L)	2.000 - 60.000
Carbono Orgânico Total	(mg/L)	30 - 29.000
Demanda Biológica Oxigênio (DBO)	(mg/L)	20 - 57.000
Demanda Química Oxigênio (DQO)	(mg/L)	140 - 152.000
Nitrogênio Orgânico	(mg/L)	14 - 2.500
Nitrogênio Amoniacal	(mg/L)	50 - 2.200
Sulfatos	(mg/L)	8 - 7.750
Cádmio	(mμ/L)	0,0001 - 0,4
Cromo	(mμ/L)	0,02 - 1,5
Cobre	(mμ/L)	0,005 - 10
Chumbo	(mμ/L)	0,001 - 5
Níquel	(mμ/L)	0,015 - 13
Zinco	(mμ/L)	0,03 - 1000

Dentre os compostos químicos presentes nos líquidos percolados, os metais se constituem em uma classe importante de contaminantes. Determinados líquidos percolados podem conter concentrações elevadas de metais pesados que, transportados para os ecossistemas aquáticos, permanecerão no ambiente por longos períodos, podendo ser acumulados através da cadeia alimentar, mesmo em baixas concentrações (MELLANBY, 1982).

A diferença química entre metais pesados e metais consiste na afinidade maior que os metais pesados apresentam com pontes de enxofre e nitrogênio formadoras de proteínas, e os outros metais têm maior afinidade por oxigênio (OLIVEIRA NETO, 2000).

As principais fontes de introdução de metais nos ecossistemas aquáticos são os processos físicos e químicos naturais (lixiviação de solos e rochas e atividade vulcânica) e as atividades humanas, envolvendo a mineração, o processamento e a utilização de metais em diferentes processos industriais. Os processos físicos e químicos são responsáveis pela presença natural de um determinado nível de metais, variável em função da constituição geoquímica dos sedimentos. As atividades antrópicas são responsáveis, principalmente, pelo aumento dos níveis de Pb, Cd, Hg e Zn em águas de superfície, uma vez que esses metais, entre outros, participam de uma extensa gama de processos industriais, tanto como matéria prima, como na forma de sub-produtos (ANKLEY *et al.*, 1996).

Uma vez presentes nos ambientes aquáticos, se adsorvem no material particulado orgânico e são assimilados pelos organismos detritívoros e/ou pelo fitoplâncton, através do qual chegam aos peixes e ao homem. Durante o ciclo de

assimilação, excreção e reassimilação na cadeia alimentar, os metais se concentram e se acumulam ao longo da mesma, em níveis bastante superiores em relação à concentração na água. O sedimento, as manchas de óleo e o tecido gorduroso dos carnívoros constituem os seus principais depósitos, sendo os organismos bentônicos os mais diretamente afetados. A concentração dos metais associados ao material particulado, incluindo organismos vivos, é de várias ordens de magnitude maior que em solução na água. Em áreas não poluídas a concentração no sedimento chega ser da ordem de 10^3 a 10^7 vezes maior, enquanto que em áreas poluídas pode ser da ordem de 10^5 a 10^9 vezes (WESTMAN, 1985).

Os metais pesados chegam aos sedimentos adsorvidos no material em suspensão, mas isso não significa necessariamente a sua imobilização. As mudanças nas características físicas e químicas que ocorrem no ambiente podem voltar a disponibilizá-los na coluna de água, transformando o sedimento numa fonte de contaminantes (DIAS & MELLO, 1998).

A seguir são apresentados algumas características dos metais normalmente determinados nos líquidos percolados de aterro:

Cádmio (Cd): É um subproduto na fabricação do zinco ou do chumbo, podendo ser encontrado na atmosfera urbana e na água, proveniente da exaustão de veículos motorizados e de efluentes industriais. Vários compostos como cloreto, óxidos e sulfetos são utilizados na fabricação de ligas, pigmentos para vidros e cerâmicas, inseticidas, lâmpadas incandescentes e baterias, podendo ser usado também como revestimento de outros metais, principalmente ferro, aço e cobre

(SCHVARTSMAN, 1991). Pode ser encontrado em baixas concentrações em águas naturais, porém possui elevado potencial tóxico (DERISIO, 1992). Níveis sanguíneos de cádmio são considerados normais quando inferiores a 1 mcg/100ml, sendo a excreção urinária entre 0 e 50 mcg/l. A menor concentração tóxica de óxidos de cádmio que causa efeitos pulmonares no homem é de 88 mg/kg (SCHVARTSMAN, 1991).

Chumbo (Pb): A galena, cerusita e anglesita são os principais minerais, o chumbo é encontrado normalmente nos alimentos, principalmente marinhos e cereais. O chumbo é tóxico ao homem e animais. Compostos inorgânicos e orgânicos, como, arseniatos, cloretos, oxicloretos, carbonatos, sulfatos, cromatos, chumbo tetraetila, chumbo tetramila etc. são utilizados em várias atividades industriais, como a fabricação de baterias, inseticidas, vidros, cabos elétricos, tubulações, ligas metálicas, plásticos, material de impressão, tintas, vernizes, lacas e pigmentos (SCHVARTSMAN, 1991). No ser humano pode causar anemia, lesões renais, prejudicar o sistema nervoso central, entre outros problemas (OLIVEIRA NETO, 2000).

Cobre (Cu): O cobre pode ser encontrado em depósitos naturais ou em compostos como, sulfetos, carbonatos e óxidos. Devido as suas propriedades de condutividade, maleabilidade e durabilidade, o cobre é utilizado em diversos processos industriais (SCHVARTSMAN, 1991). Os sais de cobre são aplicados como fungicidas nas lavouras (ASTOLFI *et al* , 1977). O cobre é benéfico e essencial ao metabolismo humano, e sua ausência pode causar anemia, porém em concentrações elevadas são prejudiciais aos organismos aquáticos, além de provocar gosto na água destinada ao abastecimento público (DERISIO, 1992).

Além desses efeitos, o cobre, em elevadas concentrações no organismo humano compete com a adsorção de ferro e influencia os níveis de sódio, magnésio e potássio (FARIA, 1987).

Cromo (Cr): A cromita é o principal minério. O cromo é muito utilizado nos processos de cromação, na fabricação de tintas, pigmentos, aços e couros. Segundo DERISIO (1992), a ocorrência de cromo nas águas é rara e a presença se deve a despejos industriais. O cromo na forma hexavalente é mais tóxico que na trivalente, porém os sais não possuem poder acumulativo.

Zinco (Zn): O zinco é um poluente ambiental em potencial e é muito utilizado na fabricação de medicamento adstringente, desinfetantes, antissépticos, fabricação de inseticidas (SCHARTSMAN, 1991), indústria automobilística, equipamentos elétricos, tintas, cerâmicas, ligas metálicas (LINS, 1981), embalagens industriais, energia elétrica e construção civil (CETESB, 1978). Uma das mais importantes características das camadas zinco é sua resistência a corrosão, sendo aplicado na galvanização (CETESB, 1985). O zinco é essencial e benéfico ao metabolismo humano, porém a partir de determinada concentração passa a ser tóxico. Em relação aos organismos aquáticos, a toxidez do zinco está relacionada às concentrações de oxigênio e dureza da água (DERISIO, 1992).

Manganês (Mn): O manganês é considerado um elemento essencial, pode ser encontrado na água potável, e em alimentos, principalmente vegetais. Os compostos de manganês são utilizados na fabricação de cerâmicas, fósforos de

segurança, vidros, corantes, ligas metálicas e fertilizantes (SCHARTSMAN, 1991).

3.1.4 - Impacto dos Líquidos Percolados

As avaliações do impacto causado pelos líquidos percolados provenientes da disposição de resíduos sólidos em aterros sanitários, feitas inicialmente por meio de parâmetros físicos e químicos como turbidez, cor, oxigênio dissolvido, DBO, DQO, pH, coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, sólidos suspensos e dissolvidos, metais e compostos orgânicos, já mostravam a capacidade desses líquidos causarem danos ao ambiente.

Os resultados obtidos por PARISOT (1985), em um estudo de monitoramento de água subterrânea à jusante do aterro de Taubaté (SP), revelaram que a proximidade do depósito de lixo provocou um aumento da mineralização total da água subterrânea, principalmente por íons cloreto, sódio, bicarbonato, potássio, magnésio e amônio.

BORDEN & YANOSSCHAK (1990) *apud* GADOTTI (1997), analisaram 71 aterros sanitários nos Estados Unidos e, desse total, em 53% deles havia violação dos padrões de qualidade das águas subterrâneas por substâncias orgânicas ou metais pesados.

Os estudos limnológicos realizados por SANTOS (1993), no Ribeirão Feijão (São Carlos, SP) antes e depois do lixão existente no local, mostrou alteração

na qualidade da água à jusante do depósito de lixo, resultados esses também observados por RIOS (1993) e MENEZES (1994).

Recentemente, a constatação de que essas análises por si só não são suficientes para a avaliação global dos efeitos tóxicos causados por tais efluentes, levou à incorporação de testes de toxicidade nessas avaliações (BERNARD, 1996).

Em relação aos sistemas aquáticos, vários estudos foram realizados, alguns utilizando testes com apenas uma espécie, seja peixes, crustáceos ou algas (CAMERON & KOCH, 1980; WONG, 1989; CHEUNG *et al*, 1993) e outros com uma bateria de organismos-teste, por ex., bactérias/algas/cladóceros/peixes (ATWATER *et al*, 1983; PLOTKIN & RAM, 1984; ERNST, 1994; CLEMENT, 1996).

Apesar da variabilidade da composição, devido à diversidade do tipo de resíduo disposto nos diferentes aterros sanitários, a toxicidade elevada parece ser uma característica comum aos líquidos percolados, o que mostra a necessidade efetiva de controle dos mesmos. O carreamento e a infiltração desses líquidos, fatos comuns nos aterros controlados, têm levado à contaminação de águas de superfície e subterrânea e os metais pesados, amônia e os compostos orgânicos tais como taninos e ácidos húmicos e fúlvicos têm sido relatados como principais contaminantes presentes nos lixiviados (CLÉMENT, 1995).

No entanto, dada a complexidade da composição dos líquidos percolados, fica difícil conhecer com precisão a exata contribuição de cada composto químico

na toxicidade, como mostraram os estudos de TIE (Toxicity Identification Evaluation), onde nenhuma das etapas reduziu a toxicidade das amostras. A influência das matrizes orgânicas e/ou minerais e os processos de interação entre os diferentes constituintes da amostra e do ambiente na biodisponibilidade podem levar à efeitos imprevisíveis. Os estudos realizados mostraram que a toxicidade dos líquidos percolados não foi eliminada mesmo após tratamento (redução de amônia e compostos orgânicos). (BOTTA PASCHOAL, 2002).

3.2. Ecotoxicologia Aquática

Toxicologia é a ciência que estuda os efeitos adversos de agentes químicos nos organismos vivos. Devido à variedade de efeitos adversos potenciais e à diversidade de químicos no ambiente, a toxicologia é uma ciência bastante ampla, abrangendo diferentes categorias de atuação (descritiva, mecanicista e reguladora) e diferentes áreas (ambiental, social, ocupacional) (MORIARTY, 1983; RAND & PETROCELLI, 1985)

Considerando as diferentes áreas da toxicologia, a social e a ocupacional estão diretamente relacionadas com os efeitos dos agentes químicos no homem, seja pelo uso de medicamentos ou drogas de abuso (social) ou pelo contato no ambiente de trabalho (ocupacional). A toxicologia ambiental, embora alguns autores a relacionam com os efeitos dos agentes químicos, contaminantes ambientais no homem, está associada, mais comumente, ao estudo dos efeitos nos organismos vivos, que não o homem (BOTTA PASCHOAL, 2002)

RAND & PETROCELLI (1985) definiram toxicologia aquática como sendo "o estudo qualitativo e quantitativo de efeitos adversos e tóxicos de produtos químicos e outros materiais antropogênicos ou xenobióticos em organismos aquáticos. Os efeitos tóxicos podem incluir efeitos de letalidade e subletalidade como a alteração de crescimento, desenvolvimento, reprodução, respostas farmacocinéticas, patológicas, bioquímicas, fisiológicas e de comportamento. Além disso, a toxicologia aquática está também relacionada com a concentração ou quantidade de produtos químicos que podem ser esperados ocorrer nos ambientes aquáticos, tanto na água, no sedimento, ou no alimento, portanto, inclui o estudo de transporte, distribuição, transformação, e o último destino dos produtos químicos no ambiente aquático".

A Ecotoxicologia é um ramo da Toxicologia e se trata de uma importante ferramenta para a avaliação dos impactos destas substâncias químicas nas comunidades aquáticas. O termo Ecotoxicologia foi introduzido por Truhaut em 1969, como uma extensão natural da Toxicologia - a ciência que estuda os efeitos dos tóxicos nos organismos individuais - e os efeitos ecológicos dos poluentes em ecossistemas naturais. Neste sentido amplo, a Ecotoxicologia pode ser definida como a ciência que avalia os efeitos das substâncias tóxicas nos ecossistemas com a meta de protegê-lo como um todo e não apenas seus componentes isoladamente. Enquanto a Toxicologia está interessada nos efeitos sobre o organismo isolado a Ecotoxicologia se interessa pelos efeitos no ecossistema. (MORIARTY, 1983; HOFFMAN *et al*, 1995).

A necessidade de estudos ecotoxicológicos cresceu muito por uma série de fatores, dentre os quais destacam-se o aumento indiscriminado na utilização de

novos produtos químicos; a constatação do risco potencial de tais produtos químicos para a saúde humana e ecossistemas complexos e a exigência para que as indústrias químicas revelem os riscos e danos ambientais da aplicação de todos os novos produtos antes do início da comercialização.

Dessa forma, a Ecotoxicologia, em especial a Ecotoxicologia aquática, constitui uma ferramenta essencial no controle da poluição, contribuindo para avaliar a sensibilidade relativa dos organismos a determinado agente tóxico, bem como a toxicidade relativa de diversos agentes químicos a uma ou diversas espécies; avaliar as concentrações ambientais seguras e o risco ecológico de agentes químicos, efluentes industriais líquidos e resíduos sólidos; estimar o potencial de impacto e a toxicidade máxima permissível de efluentes industriais; fornecer informações que possibilitem a escolha da tecnologia disponível mais apropriada ao controle e tratamento de efluentes industriais, visando a redução da toxicidade; fornecer informação adicional para o monitoramento, controle e operação de ETEs; avaliar e monitorar a qualidade da água e sedimento visando a manutenção da saúde dos ecossistemas aquáticos; e fornecer subsídios para ações de manejo e recuperação desses ecossistemas (KRUIJF *et al* (1988)).

3.2.1. Testes de Toxicidade: Aguda e Crônica

Segundo RAND & PETROCELLI (1985), um agente tóxico ou uma substância tóxica é um agente capaz de produzir um efeito adverso em um sistema biológico podendo causar danos ou morte. No entanto, para que possa ocorrer

um efeito tóxico ou adverso em um sistema biológico, é necessário que o agente tóxico ou um produto de seu metabolismo encontre sítios específicos, esteja em concentração suficiente e permaneça em contato em tempo suficiente para produzir a manifestação tóxica.

O tempo para a indução de um efeito ou o tempo de exposição sem que efeitos sejam observados, são aspectos importantes para a compreensão da ação de um composto tóxico. Assim, em função do tempo, os efeitos podem ser classificados em agudos ou crônicos; já considerando sua magnitude, podem ser letais ou subletais. (GOLDSTEIN *et al*, 1990)

De acordo com RAND (1995) os efeitos letais envolvem respostas a agentes físicos ou químicos, que interferem nos processos celulares intensamente, causando a morte rapidamente. Muitas vezes, podem se expressar através de respostas que antecedem a morte, como sufocamento ou interferências nos movimentos dificultando a fuga de predadores ou a obtenção de alimento, por exemplo. Fundamentando-se nesses princípios, é possível medir a relação entre as diferentes doses de um agente tóxico e os efeitos induzidos sobre os sistemas biológicos, através de testes de toxicidade.

Dessa forma, os testes de toxicidade foram desenvolvidos com o objetivo de determinar os efeitos dos agentes tóxicos sobre um grupo selecionado de organismos, sob condições definidas. De acordo com o tempo de exposição os testes podem ser divididos em agudos ou crônicos:

Testes de toxicidade aguda: são utilizados para se avaliar a concentração de um composto químico ou de uma amostra ambiental que causa um efeito deletério para um determinado grupo de organismo durante um curto período de exposição, sob condições controladas. Os testes agudos podem ser estáticos (sem renovação do meio), semi estáticos ou de renovação e de fluxo contínuo (renovação constante do meio com fluxo ininterrupto de soluções tóxicas) (RAND & PETROCELLI, 1985)

De acordo com os autores acima, os resultados desses testes são geralmente expressos como a porcentagem de organismos com efeitos adversos (mortalidade e ou imobilidade, por exemplo) em cada amostra ou concentração teste e a CL50 (concentração que causa a letalidade de 50% da população-teste) ou CE50 (concentração efetiva que produz uma resposta específica em 50% da população)

Segundo RAND & PETROCELLI (1985), os testes de toxicidade aguda avaliam a toxicidade de determinada substância química, expondo o organismo a concentrações diferentes por um período curto de tempo. Em caso de testes com peixes um critério comum de efeito é a mortalidade e para os invertebrados é a imobilidade ou perda de equilíbrio.

Testes de toxicidade crônica: permitem avaliar os possíveis efeitos adversos de concentrações sub-letais de um composto químico ou uma amostra ambiental para um grupo de organismos, durante um período longo de exposição, sob condições controladas. De um modo geral, esses efeitos são subletais e, embora permitam a sobrevivência, afetam uma ou várias de suas funções biológicas,

interferindo, por exemplo, na reprodução, desenvolvimento de ovos, crescimento, maturação e/ou comportamento em geral. Em relação ao período de exposição, esses testes podem abranger parte ou todo o ciclo de vida (RAND & PETROCELLI, 1985; CALOW, 1995; RAND, 1995).

Conforme RAND & PETROCELLI (1985) os testes de ciclo parcial envolvem apenas estágios determinados do ciclo de vida e avaliam os efeitos sobre crescimento e reprodução dos organismos-teste, enquanto que os testes de ciclo total abrangem desde a fase inicial de ovo ou zigoto até a produção da segunda geração.

A partir dos resultados obtidos nos testes de toxicidade crônicos pode-se determinar o valor crônico (VC), que constitui a concentração máxima aceitável, a partir da qual ocorrem efeitos deletérios estatisticamente significativos. O valor crônico corresponde à média geométrica entre a máxima concentração de efeito não observado (CENO) e a menor concentração de efeito observado (CEO).

Segundo ROOKER (2000) "os testes de toxicidade que medem os efeitos nos organismos podem detectar toxicidade ainda que os contaminantes não sejam identificados pelas análises químicas. Eles avaliam o efeito global dos poluentes sobre os sistemas biológicos, como resultado final de suas ações, interações e biodisponibilidade, medindo a capacidade que os compostos químicos têm de interferir nas vias bioquímicas celulares, causando-lhes efeitos adversos. A quantificação química de amostras ambientais, por si só, não prediz os efeitos ecológicos e biológicos, porque a porcentagem de compostos tóxicos

biologicamente disponíveis pode variar de 0 a 100% em relação à concentração total, dependendo dos poluentes e do ambiente em questão.

Devido a grande aplicabilidade dos testes ecotoxicológicos, os mesmos podem ser empregados no gerenciamento, manejo e monitorização de ambientes aquáticos, planejamento de política ambiental, entre outros (OLIVEIRA NETO, 2000), bem como na formulação de padrões de qualidade da água, obtenção de informações sobre compostos que apresentam um perigo ambiental potencial e análise de diversas substâncias tóxicas, visto que determinados organismos teste já estão padronizados como bons indicadores dessas substâncias (FONSECA, 1991).

Com o conhecimento da toxicidade é possível minimizar a exposição do homem e outros seres a agentes químicos contaminantes, protegendo-os dos riscos potenciais. Além disso, as informações obtidas através dos testes de toxicidade podem ser aplicadas no controle da poluição de um efluente (CETESB, 1986).

Geralmente são realizados testes de toxicidade em organismos de diferentes níveis tróficos do ambiente aquático, podendo ter as algas como representantes dos produtores primários, os microcrustáceos como consumidores primários e como secundários os peixes, por exemplo (GOLDSTEIN *et al*, 1990).

3.2.2. Organismos teste: Cladóceros e Quironomídeos

Os testes de toxicidade em laboratório devem ser conduzidos com espécies representativas do ambiente, podendo ser espécies nativas ou não. De um modo geral, esses testes são realizados com espécies já padronizadas, o que facilita a comparação dos dados. Além da representatividade ecológica destacam-se ainda como critérios de seleção: conhecimento da biologia, hábitos nutricionais e fisiologia; facilidade de manutenção e cultivo em laboratório; disponibilidade ao longo do ano, no caso do uso de organismos-teste coletados em campo; sensibilidade a uma grande variedade de substâncias; tipo de teste utilizado. (CETESB, 1992).

Considerando que nenhum teste isolado é capaz de prever os impactos sobre os ambientes devido à variabilidade dos locais, às diferenças de sensibilidade e às diferenças temporais nas respostas dos componentes dos ecossistemas, é recomendável a utilização de testes múltiplos, abrangendo os diferentes níveis tróficos, bem como diferentes modos de ação, rotas de exposição e parâmetros avaliados. Dessa forma, é possível verificar qual organismo é mais sensível, de modo a estimar o impacto sobre o sistema com maior segurança.

Sendo assim, os organismos-teste selecionados foram:

- a) Cladóceros : *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis*
- b) Chironomídeo: *Chironomus xanthus*

A) Cladóceros

Os cladóceros são microcrustáceos da Classe Branchiopoda, sendo que o tamanho dos indivíduos das espécies varia entre 0,2 e 3,0 mm (ELMOOR-LOUREIRO, 1997).

A maior parte das espécies de cladóceros vive na região litorânea de ecossistemas lacustres. Os cladóceros planctônicos possuem vários apêndices, sendo 5 ou 6 pares de patas achatadas e 2 pares de antenas cefálicas (ESTEVES, 1998). O corpo não é claramente segmentado, o tamanho do olho é variável e serve para diferenciar algumas espécies (ELMOOR-LOUREIRO, 1997).

A captura de alimento pelas espécies do gênero *Daphnia* é feita com as patas, que não servem para locomoção, pois para isso utilizam as antenas. As antenas são quitinizadas, sendo um par menor e utilizado para a orientação, pois possuem cerdas sensitivas, já o outro par é bifurcado e possui cerdas rígidas, além de ser utilizado para a locomoção, que é feita por uma série de pulos ou saltos produzidos por movimentos mais rápidos e menos vigorosos (PENNAK, 1989).

Os cladóceros são filtradores, alimentam-se de algas, protozoários, detritos orgânicos e bactérias. Além disso, os cladóceros representam uma fonte alimentar fundamental para peixes (ZAGATTO; GOLDSTEIN, 1984; FONSECA, 1991).

Durante a maior parte do ano a população de cladóceros consiste basicamente de fêmeas, com reprodução partenogenética, porém o número de machos começa a aumentar em determinada época do ano (PENNAK, 1989), ou quando o ambiente se torna desfavorável. Estando o ambiente desfavorável a reprodução é sexuada, estando favorável se torna assexuada (ELMOOR-LOUREIRO, 1997). No caso da *Daphnia* os machos se diferenciam das fêmeas por possuir tamanho menor, antênulas grandes, abdome posterior modificado e um gancho nas primeiras patas (PENNAK, 1989).

Em lagos tropicais vários fatores atuam como reguladores da população de cladóceros, como por exemplo, o regime de precipitação, e nos períodos das chuvas as alterações que ocorrem nos corpos de água interferem na comunidade zooplanctônica (ESTEVES, 1998).

- *Ceriodaphnia silvestrii*.

O organismo-teste *Ceriodaphnia silvestrii*, pertença à espécie Família Daphnidae, Classe Crustacea, que assim como outros microcrustáceos representantes da Ordem Cladócera, possuem grande importância em ecossistemas aquáticos de água doce (FONSECA, 1991). Além disso, essa espécie é uma espécie autóctone muito comum em lagos, lagoas e reservatórios de São Paulo (MATSUMURA-TUNDISI, *apud* FONSECA, 1991) e apresenta fácil manutenção em laboratórios.

A espécie autóctone *C. silvestrii* foi escolhida como organismo teste nesse estudo porque, além de apresentar os requisitos básicos necessários para tal (CAIRNS *et al*, 1982), existe disponibilidade de informações sobre sua biologia

e ecologia e sua sensibilidade é semelhante à sensibilidade de *Ceriodaphnia dubia*, organismo-teste padronizado (OLIVEIRA NETO, 2000)

Ceriodaphnia silvestrii (Figura 1) possui forma arredondada, olho grande ocupando quase toda a região anterior da cabeça, fórnicas projetados lateralmente, mas não tendo formato de ponta aguda. Macho semelhante a fêmea, porém menor (ELMOOR-LOUREIRO, 1997).



Figura 1. *Ceriodaphnia silvestrii* (fêmea adulta) - Imagem capturada das culturas do laboratório de Ecotoxicologia do CRHEA-USP-São Carlos.

- *Daphnia similis*

De acordo com MARGALEF (1983), o gênero *Daphnia* compreende os cladóceros quantitativamente mais importante e estudados do zooplâncton lacustre. As espécies mais comuns do gênero *Daphnia* medem de 1 a 2 mm, com peso seco de 50 a 400 μg .

Estudos de micro e mesocosmos podem ser utilizados na pesquisa de efeitos diretos ou indiretos dos contaminantes (KOIVISTO, 1996). Existem razões científicas e práticas para a utilização de *Daphnia similis* em testes de toxicidade, pois fazem parte da comunidade zooplânctônica lêntica (ZAGATTO, 1986), amplamente distribuídos em ecossistemas de água doce,

além de ser um importante elo na cadeia trófica, pois se alimenta de produtores primários e serve de alimento para muitos peixes, possui ciclo de vida curto e de fácil cultivo em laboratório (CALOW, 1995), assim como *Ceriodaphnia silvestrii*.

Segundo KORINEK & FREY (1991) "*Daphnia similis* foi descrita por Claus (1876) proveniente de lodo seco das adjacências de Jerusalém."

Esta espécie foi introduzida de amostras de água da Estação de Tratamento de Esgotos de Valinhos-SP. Também foi encontrada em lojas de peixes ornamentais e tanques de piscicultura como fonte de alimento (ZAGATTO; GOLDSTEIN, 1984).

Daphnia similis possui cabeça grande, arredondada e forma semilunar a relativamente quadrada, as antenas são curtas, e paralelas a margem anterior da cabeça, conforme KORINEK & FREY (1991). Essas características podem ser observadas na Figura 2.



Figura 2 - *Daphnia similis* - fêmea adulta. - Imagem capturada das culturas do laboratório de Ecotoxicologia do CRHEA-USP-São Carlos.

B) Quironomídeos

- *Chironomus xanthus*.

A comunidade bentônica é formada por zoobentos e fitobentos e habita o sedimento aquático ou sua superfície. Os organismos que podem ser retidos em peneiras de 1-2 mm da abertura de malha são considerados macrobentos e tem como principais representantes os moluscos, anelídeos, larvas de insetos e crustáceos (ESTEVEZ, 1998). Segundo o mesmo autor, a maioria das larvas dos insetos aquáticos ou que têm parte de seu ciclo de vida na água, são bentônicos. Os dípteros constituem o grupo de maior importância por possuir os principais representantes aquáticos como os quironomídeos e caoborídeos, ambos encontrados em grande número.

Dentre os organismos bentônicos, algumas espécies da família Chironomidae (*Chironomus tentans*, nos USA e *Chironomus riparius*, na Europa) têm sido utilizadas em testes de toxicidade com sedimento, pois, além de apresentarem os requisitos básicos necessários para um organismo teste, tais como relevância ecológica, sensibilidade aos tóxicos e facilidade de cultivo, estão diretamente expostos aos tóxicos por viverem a maior parte do ciclo de vida em contato direto e alimentando-se das partículas do sedimento (GIESY & HOKE 1989; USEPA, 1994; REYNOLDS & DAY 1995).

No Brasil, os organismos da família Chironomidae passaram a ser utilizados na avaliação da toxicidade dos sedimentos a partir dos estudos realizados por STRIXINO & STRIXINO (1981) e FONSECA (1997), que mostraram que a espécie *Chironomus xanthus* (Figura 3) possui os requisitos necessários para ser utilizado como organismo-teste em testes de toxicidade com sedimentos. Esta espécie faz parte da Família Chironomidae, Subfamília Chironominae, pertencente à Classe Insecta, e representante da Ordem Diptera (PAMPLIN, 1999).

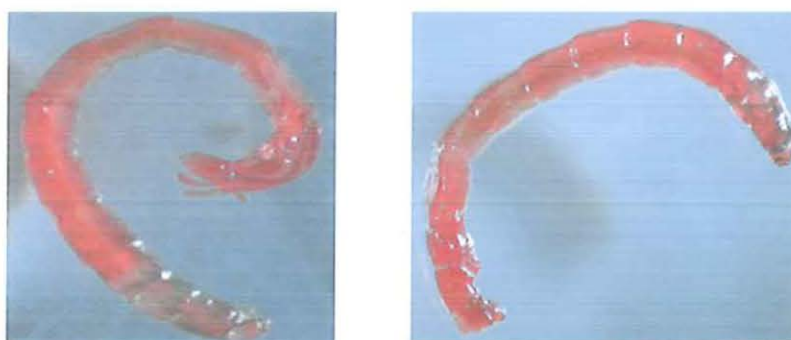


Figura 3 - *Chironomus xanthus* (larva) - Imagem capturada das culturas do laboratório de Ecotoxicologia do CRHEA-USP-São Carlos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de Estudo

4.1.1. Localização

O aterro controlado do Pau Queimado está localizado na cidade de Piracicaba, a 162 km NW da capital do Estado de São Paulo, na zona rural, no bairro do Pau Queimado. Está inserido na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba (Figura 4) e na micro-bacia do Córrego Águas das Pedras, afluente do Ribeirão dos Marins e cuja nascente encontra-se no entorno da área do aterro.

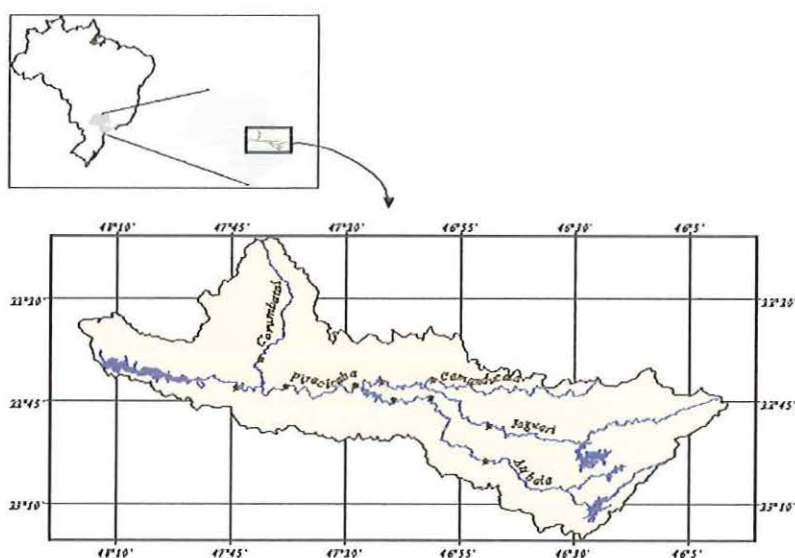


Figura 4 - Bacia hidrográfica do Rio Piracicaba, Piracicaba, SP.

4.1.2. Caracterização

Assim como tantos outros, o aterro controlado do Pau Queimado (Figura 5) foi iniciado em 1975 como "lixão", e passou a ser tratado como aterro apenas no final de 1988, na intenção de reduzir os impactos ambientais devido a disposição do lixo direto no solo. Em 1989, começaram as atividades de melhoria, como por exemplo, a compactação e cobertura dos resíduos. Os métodos de drenagem de líquidos percolados e gases não foram eficientes, e em 1995 foram necessárias obras de reestruturação do sistema de drenagem. Atualmente existem drenos, canaletas, bombas, geomembranas e um sistema de recirculação que permitem a redução do contato entre o lixo e o solo (ASSIS, 1999), além do objetivo principal que é atenuar a carga orgânica, ou seja, a depuração e redução da soma total dos poluentes (SCHALCH, 1984).



Figura 5 - Foto do aterro controlado de "Pau Queimado" localizado no município de Piracicaba.

Conforme ASSIS (1999), a área total ocupada pelo aterro é de 99.000 m², sendo 62.000 m² para a disposição de lixo. A quantidade de lixo coletado na cidade é de aproximadamente 240 t/dia. Apesar da quantidade de indústrias na região, o aterro de Pau Queimado recebe apenas resíduo doméstico, pois parte dos resíduos industriais é armazenada nas próprias indústrias ou transportada para fora do município (www.piracicaba2010.com.br/dinâmicas/dinam_ambiental_parte10.htm).

Esse aterro controlado possui um sistema de drenagem de líquidos percolados, que consiste de canaletas escavadas no solo, algumas revestidas de concreto e outras não, além de tanques e lagoas para armazenamento do líquido. Parte dos líquidos recolhidos é tratada posteriormente. Apesar de ser um aterro controlado, ainda existem alguns problemas, como, por exemplo, vazamentos em alguns trechos onde as canaletas foram montadas com a reutilização de pneus, o que faz com que os líquidos percolados entrem em contato com o solo, e transbordamentos dos tanques, principalmente em época de chuva, quando ocorre um aumento na produção dos líquidos percolados.

A retirada dos líquidos percolados é feita pela Prefeitura do Município de Piracicaba, em caminhões pipa com capacidade para 10 mil litros. São feitas 4 coletas diárias de segunda a sábado e duas coletas no domingo, perfazendo um total aproximado de 260.000 litros de líquidos percolados/semana, que são enviados para a Estação de Tratamento de Esgoto de Piracicaba Mirim (CORRER - *comunicação pessoal**).

(* Valdemar Correr, 2003 - Administração do Aterro Controlado de Pau Queimado).

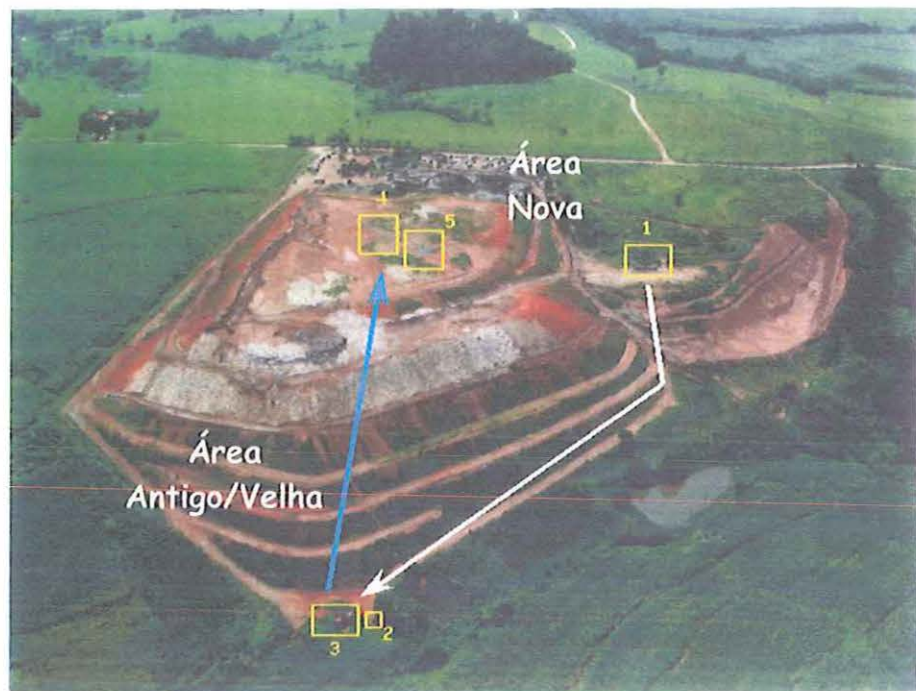


Figura 6 - Foto aérea do aterro - Esquema da circulação, armazenamento e pontos de coleta.

Na Figura 6 está apontada uma foto aérea do aterro mostrando o esquema de circulação, os locais de armazenamento e os pontos de coleta das amostras.

Os quadrados amarelos indicam os pontos de coleta e armazenamento dos líquidos percolados e as setas indicam a circulação, sendo:

- 1 - Tanques de concreto que armazenam os líquidos percolados da área nova do aterro. Ponto de coleta P1.
- 2 - Poço de saída da tubulação de drenagem de líquidos percolados da área antiga. Ponto de coleta P2.
- 3 - Tanques de concreto que armazenam os líquidos percolados da área antiga do aterro. Nesses tanques ocorre a mistura entre os líquidos percolados

provenientes da área antiga e nova, conforme indicado pela seta branca. Bombeados posteriormente para os pontos 4 e 5.

4 e 5 - Lagoas de líquidos percolados destinados a recirculação. Os líquidos misturados são bombeados para as lagoas conforme indicado pela seta azul claro. Ponto de coleta P3.

Os líquidos percolados da área nova do aterro são dispostos em tanques de concreto, sendo 3 tanques interligados, com capacidade total para 30 mil litros (Figura 7).



Figura 7 - Tanque de concreto - Líquido percolado proveniente da parte nova do aterro.

O aterro apresenta diferenças entre a área nova e a velha, tais como, a utilização de geomembranas de PVC (Policloreto de Vinila, podendo ser puro ou combinado com outras substâncias) com 2 mm de espessura na separação das células (Figura 8 - indicada pela seta amarela) e canaletas de concreto presentes na área nova, e ausentes na área velha.

As geomembranas de PVC, compatíveis quimicamente com o chorume produzido a partir dos resíduos domésticos, atuam como uma barreira impermeável que controla a infiltração, o fluxo de água e de líquidos percolados e auxilia na preservação do solo. A sua eficiência depende, no entanto da manutenção da sua integridade física e química (FONSECA & VERTEMATTI, 2001).

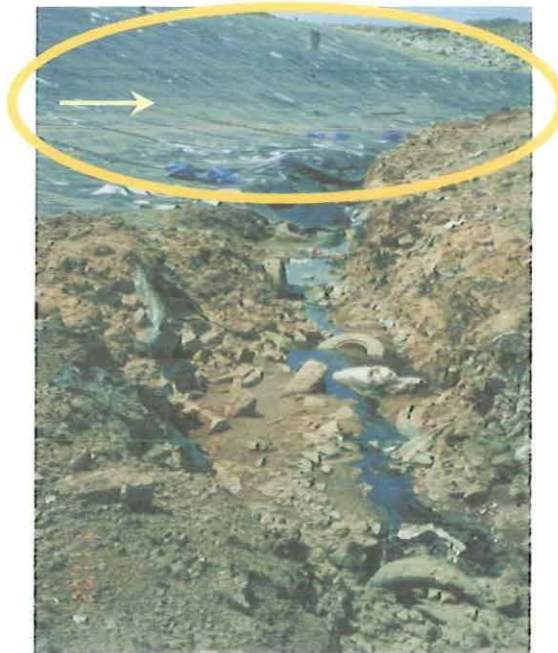


Figura 8 - Células separadas por geomembranas.

Na parte antiga do aterro foi utilizado o método de operação de rampa, com camadas sobrepostas, ou seja, os resíduos foram compactados e posteriormente recobertos com terra sem aplicação de geomembranas.

O líquido percolado excedente dos tanques da área nova e o gerado na parte antiga do aterro são misturados em 3 tanques interligados de onde são bombeados (Figura 9) para a parte superior do aterro, armazenados em 2

lagoas com 6 metros de profundidade (Figuras 10 e 11) aproximadamente e em seguida recirculados pelo aterro.



Figura 9 - Tanque de concreto - Chorume da parte antiga do aterro



Figura 10 - 1ª Lagoa de líquidos percolados destinados à recirculação.



Figura 11 - 2ª Lagoa de líquidos percolados destinados à recirculação.

4.1.3. Amostragem

As coletas foram efetuadas em períodos de chuva e de seca, sendo considerados três pontos distintos (P1, P2 e P3) conforme indicado na Figura 6. Os meses selecionados que melhor caracterizaram os períodos de chuva foram

Janeiro e Março e para o período de seca o mês de Julho, e as coletas foram efetuadas nos dias 31/01, 07/03, 12/07 e 22/07/03. Para as coletas foram utilizados galões de plásticos com capacidade para 5L, mergulhados diretamente nas lagoas e nos tanques. As amostras destinadas à análise de metais pesados foram coletadas da mesma forma, porém com frascos de vidro transparente e foram conservadas com 5 ml de HCl concentrado. Todas as amostras foram mantidas sob refrigeração a 4°C, até a realização das análises.

Para a realização dos testes de toxicidade foram utilizadas três espécies diferentes de organismos-teste conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Relação dos organismos utilizados, tipos de testes e datas das coletas.

Data coleta	Organismo-teste	Teste Agudo ou Crônico
31/jan	<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	teste agudo
	<i>Chironomus xanthus</i>	teste agudo
7/mar	<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	teste agudo
	<i>Chironomus xanthus</i>	teste agudo
12/jul	<i>Daphnia similis</i>	teste agudo
	<i>Chironomus xanthus</i>	teste agudo
22/jul	<i>Chironomus xanthus</i>	teste agudo
	<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	teste agudo
	<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	teste crônico
	<i>Daphnia similis</i>	teste crônico

4.2. Avaliação da toxicidade aguda e crônica de líquidos percolados para os cladóceros *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis*.

4.2.1. Testes de toxicidade aguda.

De acordo com CALOW (1995), nos testes de toxicidade aguda os daphnídeos jovens ficam expostos a diferentes concentrações de determinado poluente ou efluente por um período de 24 ou 48 h, e ao final desse período verifica-se a imobilidade ou letalidade dos organismos.

Os testes de toxicidade aguda foram realizados conforme os padrões e procedimentos descritos em CETESB (1994) norma L5.018. Nesse trabalho, os organismos-teste, *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis*, foram submetidos a diferentes concentrações dos líquidos percolados por um período de exposição de 48 horas, para a avaliação da letalidade e imobilidade desses microcrustáceos. Para os testes de toxicidade aguda com *Ceriodaphnia silvestrii* foram utilizadas amostras coletadas nos períodos de seca e de chuva e nos testes com *Daphnia similis* apenas amostras referente ao período de seca.

Os testes de toxicidade aguda basearam-se em expor neonatas (organismos jovens) entre 6 e 24 horas a diversas concentrações/diluições de líquidos percolados. Os testes foram preparados e realizados em trélicas utilizando copos descartáveis transparentes de 25 ml contendo 10 ml de solução. Em cada copo foram colocados 5 organismos escolhidos aleatoriamente. Os organismos em teste permaneceram no escuro por 48 h, em ambiente com temperatura controlada entre $22^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e sem alimento.

Após 48 horas do início dos testes foi efetuada a contagem dos organismos imóveis, ou seja, aqueles que, depois da amostra ser delicadamente agitada e aguardando um período de 15 segundos, não foram capazes de nadar. Os testes foram considerados válidos quando os controles não apresentaram imobilidade maior que 10% no total de organismos. Os dados dos testes foram anotados no "Registro de Dados de Teste de Toxicidade Aguda".

Durante o período dos testes as amostras foram armazenadas em refrigerador a 4°C e retiradas apenas nos dias dos testes, com antecedência para que fosse atingida a temperatura ambiente, ou seja, entre 23 e 25°C.

Os resultados dos testes foram calculados através do método estatístico de programa computacional, Trimmed Spearman-Kärber (APÊNDICE III), e expressos em CE(I)50-48 horas, ou seja, a concentração inicial média que causou imobilidade a 50% dos organismos-teste após 48 horas de exposição em diferentes concentrações da amostra.

4.2.2. Testes de toxicidade crônica

Os testes de toxicidade crônica foram efetuados conforme procedimento descrito por ABNT NBR 13373 (2002).

Nesse estudo, foram consideradas a sobrevivência e a reprodução, ou seja, o número médio de neonatas por fêmea.

Para os testes de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis* foram utilizadas amostras coletadas em 22/07/03, ou seja, referente ao período de seca.

Os organismos-teste, *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis* foram submetidos a diferentes concentrações dos líquidos percolados, por um determinado período de exposição para avaliar a influência desse poluente sobre o ciclo de vida incluindo, pelo menos, as fases reprodutivas sucessivas de três gerações para a avaliação do crescimento populacional. Os testes crônicos basearam-se em expor os neonatos com 6 a 24 horas de vida, a 4 concentrações crescentes de líquido percolado.

Os testes foram preparados e realizados em 10 réplicas onde se utilizaram frascos de 25 ml contendo 10 ml de amostra. Em cada copo foi colocado 1 organismo. A duração do experimento foi de 7 dias onde os organismos em teste permaneceram em ambiente com temperatura controlada entre 22 e 24°C, com fotoperíodo de 12 horas (claro/escuro), com intensidade luminosa de 2000 lux e foram alimentados com a alga clorofícea *Selenastrum capricornutum* e alimento composto, nas mesmas proporções de alimento utilizadas na manutenção. As soluções-teste foram trocadas e alimentadas a cada 48 horas, verificando-se as medidas das seguintes variáveis: pH, dureza, condutividade iônica e concentração de oxigênio dissolvido.

Ao final dos 7 dias foram avaliadas as seguintes variáveis: fecundidade e sobrevivência. Os testes foram considerados válidos seguindo os seguintes critérios em relação ao controle:

- Sobrevivência igual ou maior que 80%
- Fecundidade média maior ou igual a 15 neonatos por fêmea, e no mínimo 60% do controle tiver dado a 3ª cria.

Os dados foram anotados no "Registro de Teste de Toxicidade Crônica".

Durante o período dos testes as amostras foram armazenadas em refrigerador a 4°C e retiradas apenas nos dias dos testes, com antecedência para que fosse atingida a temperatura ambiente, ou seja, entre 23 e 25°C.

A verificação das diferenças na sobrevivência dos organismos-teste entre as concentrações e o controle foi efetuada através do método Fisher's Exact Test e para a aplicação dos testes foi utilizado o programa computacional TOXSTAT3. Foram utilizados os testes CHI-quadrado, para analisar a normalidade dos dados de reprodução e o teste de Hartley para analisar a homogeneidade de variância (APÊNDICE III) (OLIVEIRA NETO, 2000).

4.2.3. Cultivo e Manutenção dos Organismos-teste *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis*.

Fatores como qualidade da água de cultivo, qualidade e quantidade de alimento fornecido, temperatura e oxigênio são fundamentais na manutenção dos organismos para os testes de toxicidade e, alterações em qualquer um destes fatores podem afetar a variabilidade dos resultados (USEPA, 1989).

Os organismos-teste *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia silvestrii*, utilizados nos testes de toxicidade com as amostras do líquido percolado, têm sido mantidos no Laboratório de Ecotoxicologia e Ecofisiologia Aquática, no CRHEA/USP, a

partir de culturas obtidas na CETESB, SP (*Daphnia similis*), e no Laboratório de Ecotoxicologia do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da UFSCAR, São Carlos (*C. silvestrii*).

As culturas vêm sendo mantidas dentro das condições padronizadas (CETESB, 1992) e exigidas para utilização em testes de toxicidade, com algumas modificações de acordo com os procedimentos descritos abaixo:

Os organismos são mantidos em cristalizadores com capacidade para 2 litros, com 50 (*Daphnia similis*) e 60 (*Ceriodaphnia silvestrii*) organismos/cristalizador, em câmara incubadora com controle de temperatura e luz (fotoperíodo de 12 horas, intensidade luminosa de aproximadamente 1000 lux e temperatura entre 23 e 25^o C).

A água de cultivo ou diluição (APÊNDICE I) é preparada misturando-se 1 parte de água natural coletada nos tanques de cultivo de zooplâncton da UFSCar, misturada com 6 partes de água destilada. Antes de misturar, a água dos tanques deve ser filtrada em redes de plâncton com malhas de 300 e 20 µm e autoclavada. Após a mistura, ajusta-se a dureza para a faixa requerida de 40 a 48 mg/L de CaCO₃, pH para a faixa de 7,2-7,6 e condutividade de 160 µS.cm⁻¹. O ajuste da dureza é feito utilizando-se solução 1 e 2 (APÊNDICE II), considerando que, para cada miligrama de dureza a ser aumentada, deve-se acrescentar 0,5 mL da solução 1 e 0,25 ml da solução 2 por litro de água. A medida da dureza da água é feita por titulação com solução de EDTA (APHA, 1992; CETESB, 1992) e a dureza é calculada de acordo com a equação:

$$\text{dureza (mg de CaCO}_3\text{.L}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Vol. de EDTA (mL)} \times 0,01 \times 1000}{\text{Vol. Amostra}}$$

Sempre que necessário as águas de cultivo tiveram sua dureza acertada com as soluções 1 e 2 para que se mantivesse na faixa requerida de 40 a 48 mg/L de CaCO₃.

Como alimento são utilizados cultura de *Selenastrum capricornutum* em fase exponencial de crescimento e alimento composto de ração para truta e levedura. Para utilização como alimento, a suspensão de *Selenastrum capricornutum* é mantida em geladeira para decantação, após o que o sobrenadante é desprezado e o decantado é ressuspendido em água de manutenção das culturas.

O número de células da suspensão é determinado através de contagem em microscópio óptico, utilizando-se câmaras de contagem. A partir do resultado obtido, calcula-se o volume a ser adicionado em cada cultura de *Daphnia*, de forma que sejam fornecidas 10⁵ células por litro, por dia. O cálculo do volume é feito de acordo com a expressão:

$$V_1 N_1 = V_2 N_2, \text{ onde:}$$

- (V₁) = volume da suspensão algácea a ser adicionado na cultura
- (N₁) = número de células / mL da suspensão algácea
- (V₂) = 1 litro
- (N₂) = concentração desejada (10⁵ células/litro).

O alimento composto é preparado misturando-se partes iguais de ração para truta e levedura. Após o preparo, conserva-se em geladeira por um período



máximo de uma semana. Utilizado diariamente, junto com a suspensão de algas, esse alimento fornece uma alimentação adequada.

4.3. Avaliação da toxicidade aguda de líquidos percolados para o organismo bentônico *Chironomus xanthus*.

4.3.1. Testes de toxicidade aguda.

Nos testes de toxicidade aguda com *Chironomus xanthus*, foram utilizados organismos com sete dias (3º ínstar) de idade. Esses organismos foram expostos a diferentes concentrações/diluições de líquido percolado.

Os testes foram preparados e realizados em trélicas utilizando-se copos descartáveis transparentes de 250 ml, com 200 ml de amostra, sendo que em cada copo foram colocados 6 organismos. Os organismos em teste permaneceram em ambiente com temperatura controlada entre 22° e 24°C , com fotoperíodo de 12 horas, intensidade luminosa de 2000 lux, por um período de 96 horas. Após 96 horas do início dos testes efetuou-se a contagem dos organismos mortos. A dureza e o pH foram medidos no início e no término dos testes.

Os resultados dos testes foram calculados através do método estatístico de programa computadorizado, Trimmed Spearman-Kärber, e expresso em CL(I)50-96 horas (OLIVEIRA NETO, 2000).

Durante o período dos testes as amostras foram armazenadas em refrigerador a 4°C e retiradas apenas nos dias dos testes, com antecedência para que fosse atingida a temperatura ambiente, ou seja, entre 23 e 25°C.

4.3.2. Cultivo e Manutenção do Organismo-teste *Chironomus xanthus*.

As primeiras desovas de *Chironomus xanthus* foram obtidas no Laboratório de Ecotoxicologia do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da UFSCAR, São Carlos e o cultivo e manutenção dos organismos têm sido feitos de acordo com os procedimentos descritos por FONSECA (1997).

O cultivo das larvas é feito a partir das desovas gelatinosas, depositadas pelas fêmeas adultas. Os ovos, cerca de 500 a 600, são envolvidos por uma massa gelatinosa e ficam presos, por um pedúnculo nas paredes das bandejas em contato com a água. Essas desovas, retiradas com auxílio de uma espátula, são colocadas em placas de Petri contendo água de manutenção, onde permanecem até a eclosão das larvas, o que ocorre entre 40 a 48 horas.

Após a eclosão e posterior abandono da mucilagem gelatinosa, um total de 250 larvas são transferidas para bandejas plásticas de 45x35x6 cm de tamanho, contendo uma camada de areia esterilizada (substrato proveniente da Represa do Lobo) e 4 litros de água de manutenção. A composição do substrato para as larvas é de 99.5% de areia e 0.5% de argila e silte.

As bandejas são mantidas sob aeração contínua em sala com temperatura entre 23 a 25 °C, fotoperíodo de 12 horas. O estágio larval dura em média de 12 a 15 dias e, para essas condições de alimento e temperatura, a emergência ocorre em torno do 15^o dia. Entre o décimo segundo e o décimo quinto dia do desenvolvimento larval, as bandejas são cobertas por gaiolas de nylon para retenção dos adultos.

A água de cultivo é preparada com água destilada reconstituída, de dureza 10 a 15 mg.L⁻¹ de CaCO₃ e pH entre 7,0 e 7,5. O ajuste da dureza é feito seguindo os mesmos procedimentos já descritos.

Como alimento é utilizada a ração de peixes TETRAMIN na proporção de 0,04 mg.mL⁻¹ de SSV/dia (sólidos suspensos voláteis), até o início da eclosão. No primeiro dia em que as larvas são transferidas para as bandejas, elas são alimentadas também com cultura de *Selenastrum capricornutum* em fase exponencial de crescimento na proporção de 1.10⁵ cél.L⁻¹.

4.4. Controle de qualidade dos organismos-teste

A avaliação rotineira da sensibilidade com substâncias de referência permite avaliar o estado fisiológico dos organismos, isto é, a saúde dos organismos (USEPA, 1994), garantindo dessa forma a qualidade e a confiabilidade dos resultados dos testes de toxicidade.

a) Avaliação da Sensibilidade ao Dicromato de Potássio - *Daphnia similis*

A avaliação da sensibilidade das culturas de *Daphnia similis* foi feita mensalmente com solução de dicromato de potássio, de acordo com os procedimentos descritos em CETESB (1992). As concentrações teste (0,02; 0,04; 0,08; 0,16; 0,32) foram preparadas com água de cultivo, a partir de duas soluções estoque (1,0 e 0,1mg.L⁻¹), em água destilada.

Neonatos com idade de 0 a 24 horas foram expostos às diferentes concentrações mais um controle, com água de cultivo. Para cada concentração foram testadas 3 réplicas, com 5 organismos cada. Durante o período de teste, os organismos foram mantidos no escuro e sem alimento em sala com temperatura entre 22 e 24^oC. Após o período de exposição (24 horas), procedeu-se à contagem dos organismos imóveis, sendo considerados imóveis aqueles que não conseguiram nadar dentro de um intervalo de 15 segundos, após leve agitação da amostra.

A CE(I)50, 24H foi calculada através do método Trimmed Spearman - Karber (HAMILTON *et al.*, 1977). As culturas que apresentaram valores de CE(I)50,24h dentro da faixa de sensibilidade estabelecida pelo laboratório, de 0,017 - 0,086 foram consideradas adequadas para serem utilizadas nos testes de toxicidade.

b) Avaliação da Sensibilidade ao Cloreto de Sódio - *Ceriodaphnia silvestrii*

Os testes de toxicidade aguda para avaliação da sensibilidade de *Ceriodaphnia silvestrii* ao Cloreto de Sódio (NaCl) foram feitos de forma semelhante aos testes com *Daphnia similis* (CETESB, 1992).

As concentrações teste (1,0; 1,3; 1,6; 2,0 e 2,2 mg.L⁻¹) foram preparadas com água de cultivo, a partir de uma solução estoque de 10 mg.L⁻¹ em água destilada. Foram consideradas adequadas para utilização nos testes de toxicidade as culturas que apresentaram valores de CE(I)50,48H dentro da faixa de sensibilidade de $2x \pm$ o desvio padrão obtido no laboratório.

c) Avaliação da Sensibilidade ao Cloreto de Potássio - *Chironomus xanthus*

Os testes de sensibilidade com cloreto de potássio foram feitos mensalmente, a partir de janeiro de 1999, de acordo com os procedimentos descritos por FONSECA (1997). Larvas do 4^o ínstar (7/8 dias) foram adicionados às diferentes concentrações da solução teste (1,5; 2,25; 3,4; 5,0 e 7,5 g.L⁻¹), mais um controle e mantidos por 96 horas em sala com temperatura variando de 22 a 25^oC, fotoperíodo de 12 horas e com alimento apenas no primeiro dia. Para cada concentração foram feitas 3 réplicas contendo, cada uma delas, 200 ml de solução teste e 6 larvas de *Chironomus xanthus*. Medidas de pH, condutividade, temperatura e dureza foram realizadas no início e término dos experimentos para as diferentes concentrações testadas.

Após o período de contato, foi registrado o número de organismos mortos em cada concentração e os valores de CL50,96H foram calculados através do método Trimmed Spearman - Karber (HAMILTON *et al.*, 1977). As culturas que apresentaram valores de CL(I)50, 96H dentro da de $2x \pm$ o desvio padrão obtido no laboratório de KCl foram consideradas adequadas para serem utilizadas nos testes de toxicidade (FONSECA, 1997).

d) Presença de Efípios - Cladóceros

A ocorrência de um ambiente desfavorável devido à interação entre vários fatores como redução na disponibilidade de alimento, alteração na temperatura da água, superpopulação ou luz intensa têm sido apontados como iniciadores do processo de inibição da partenogênese entre as fêmeas e aparecimento de machos. Com o surgimento de machos nas culturas pode ocorrer reprodução sexuada e posteriormente a formação de efípios, os quais possuem a carapaça modificada, se tornando mais espessa e escura (PENNAK, 1989; ELMOOR-LOUREIRO, 1997).

Antes de cada teste foi verificado o surgimento de efípios, visto que o fato está relacionado ao ambiente desfavorável e comprometem a qualidade das culturas. Neste caso nenhuma das culturas, tanto de *Ceriodaphnia silvestrii* quanto de *Daphnia similis*, apresentou essas características, portanto, as mesmas foram utilizadas em testes de toxicidade. Diferente das culturas em laboratório, em lagoas, por exemplo, a população de cladóceros, devido à interferência dos fatores citados acima, pode chegar a ser composta por 5%

de machos e em algumas situações pode chegar a constituir mais da metade dessa população (PENNAK, 1989).

4.5. Unidade Tóxica (UT)

Os valores de toxicidade podem ser convertidos em Unidade Tóxica (UT) que é "o inverso do CL/CE50 expresso em % de acordo com a fórmula $UT = [1/L(E)C50] \times 100$ de SPRAGUE e RAMSAY (1965) *apud* CLÉMENT (1996). Ao contrário da CE50, a Ut tem uma relação direta com a toxicidade, ou seja, maior o valor da UT, maior a toxicidade.

4.6. Determinação de parâmetros físicos e químicos de líquidos percolados de aterro controlado.

A metodologia seguiu basicamente o "STANDARD METHODS" (APHA, 1998), e alguns parâmetros foram adaptados conforme MERBACH JUNIOR (1989).

As amostras foram coletadas diretamente nas lagoas de recirculação e nos tanques de concreto, com a utilização de recipientes plásticos. Os líquidos percolados foram separados em alíquota para análises de pH, condutividade, dureza. Para a análise da presença de metais pesados foram utilizados frascos separados, devidamente identificados e conservados.

4.6.1. Análise das Amostras de Metais Pesados.

As amostras foram diluídas com 5 ml de HNO₃ concentrado até se obter a dissolução do material sólido. Foram utilizados entre 5 e 10 ml de amostra para a análise da presença de metais pesados através de um espectrofotômetro de absorção atômica.

4.7. Determinação dos dados de precipitação.

A realização de testes em dois períodos diferentes do ano teve o intuito de verificar a influência da precipitação na toxicidade dos líquidos percolados, uma vez que a intensidade da precipitação, é um dos fatores que podem influenciar na redistribuição dos nutrientes e microorganismos no corpo do aterro, na composição dos líquidos percolados e na toxicidade dos mesmos (www.quimica.ufpr.br/~tecnotrat/chorume.htm).

Os valores mensais médios de precipitação, em milímetros, que ocorreram na cidade de Piracicaba durante o ano de 2003 estão demonstrados na Figura 12, e número de dias com precipitação na Figura 13. Estes dados foram obtidos no site da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Departamento de Ciências Exatas (www.ciagri.usp.br/~emdabreu/MEDIAS.TXT).

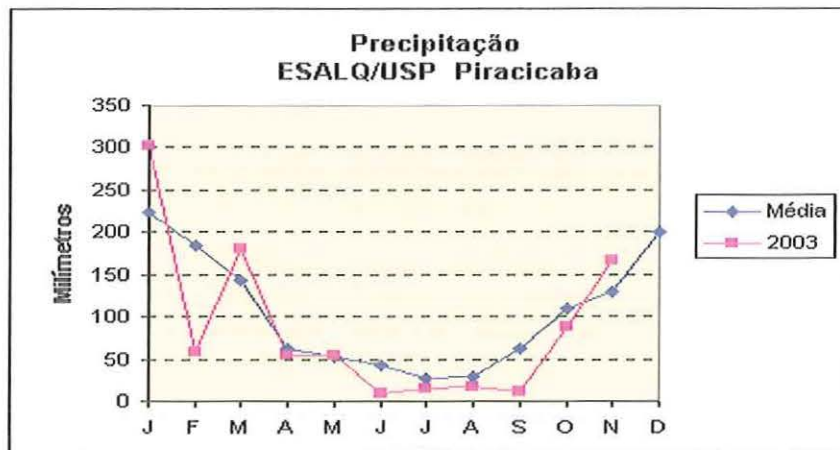


Figura 12 - Precipitação mensal em milímetros, durante o ano de 2003.

Fonte: ESALQ/USP Piracicaba - Departamento de Ciências Exatas (www.ciagri.usp.br/~emdabreu/MEDIAS.TXT).

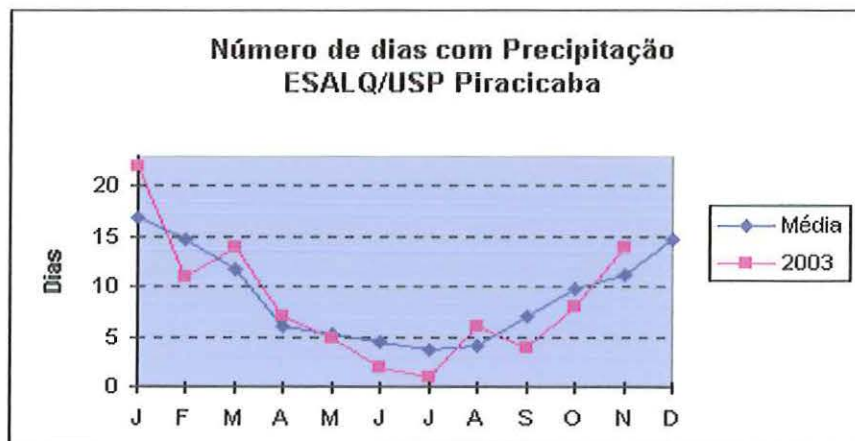


Figura 13 - Número de dias com precipitação, durante o ano de 2003.

Fonte: ESALQ/USP Piracicaba - Departamento de Ciências Exatas (www.ciagri.usp.br/~emdabreu/MEDIAS.TXT).

Na Tabela 7 estão apresentados os valores referentes às médias totais de precipitação no período de janeiro a março, quando foram realizadas as coletas.

Tabela 7 - Precipitação total acumulada em milímetros, desvio padrão, dias de chuva e temperatura média referente aos meses de coleta e alguns meses que as antecederam.

Meses	Precipitação acumulada (mm)	Desvio Padrão	Dias de Chuva	Temperatura média (°C)
Janeiro	302,4	10,8	22	24,9
Fevereiro	58,6	4,7	11	26,5
Março	180,9	10,5	14	24,3

Fonte : Site da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Departamento de Ciências Exatas (www.ciagri.usp.br/~emdabreu/MEDIAS.TXT).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Avaliação da Toxicidade Aguda - período de chuva.

5.1.1. *Ceriodaphnia silvestrii*

Os resultados dos testes de toxicidade aguda com *C. silvestrii* realizados com as amostras de líquidos percolados novo, velho e recirculado coletadas em 31/01/03 e 07/03/03, estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores de CE50, 48h obtidos nos testes de toxicidade aguda com *Ceriodaphnia silvestrii* realizados com as amostras de líquido percolado coletadas em 31/01 e 07/03/03.

Líquido Percolado	CE50, 48h	
	31/01/03	07/03/03
Novo	1,26	1,66
Velho	3,53	2,82
Recirculado	3,53	3,80

Confirmando os resultados obtidos por outros autores (CLÉMENT *et al*, 1996) as amostras analisadas apresentaram toxicidade aguda e os valores de CE50, 48h obtidos nos testes definitivos (entre 1,0 e 4,0%) para os diferentes líquidos percolados, nas duas coletas, foram semelhantes. De acordo com a Figura 14a, b, c é possível perceber a variação na toxicidade aguda dos líquidos percolados novo, velho e recirculado, nos testes efetuados no período de chuva, o que mostra que as diferenças na precipitação diária dos dias que antecederam à coleta (ANEXO) não influenciaram a toxicidade das amostras.

Da mesma forma, a precipitação total de 134 mm (ANEXO) ocorrida entre as coletas de 31/01 e 07/03 não influenciou na toxicidade.

CLÉMENT, *et al* (1996) analisaram a toxicidade dos líquidos percolados provenientes de 25 aterros sanitários de diferentes procedências (doméstico, industrial e misto) para *Ceriodaphnia dubia* e, embora todos tenham apresentado toxicidade aguda, o aterro doméstico foi o mais tóxico. Para fins de comparação com *Ceriodaphnia silvestrii*, os resultados obtidos nesse estudo foram convertidos em Unidades Tóxicas (UT) e comparados apenas com os resultados dos líquidos percolados provenientes de resíduos sólidos municipais (L1a, L1b, L1c, L2, L5, L6a, L11a e L11b), sem a mistura de resíduos sólidos industriais.

Comparando-se os resultados dos testes, a amostra com maior toxicidade foi o líquido percolado novo, que apresentou UT igual a 464,25, e as amostras L1c e L11a de CLÉMENT, *et al* (1996) que foram iguais a 111,1. As amostras que apresentaram menor toxicidade foram o líquido percolado velho e a amostra L2. Essa diferença de toxicidade pode estar relacionada a característica do resíduo sólido, por exemplo, quantidade de matéria orgânica.

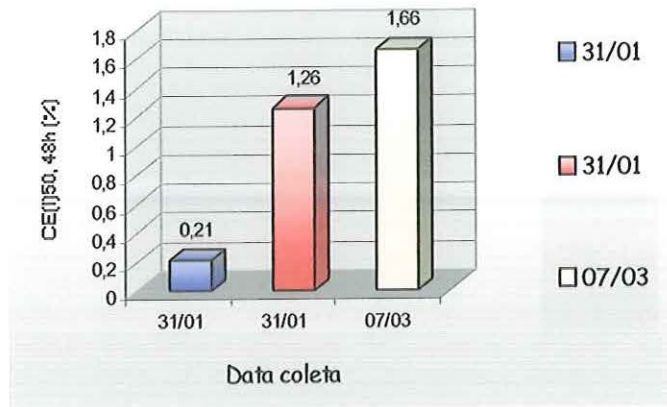
Conforme mostraram os resultados obtidos com a amostra coletada no dia 31/01 (Tabela 9 e Figuras 14), houve uma perda parcial da toxicidade da amostra entre o teste preliminar e definitivo. A partir desse resultado foi realizado um novo teste no 5º dia após a coleta e o resultado mostrou que após a perda inicial, a toxicidade se manteve. A diminuição inicial da toxicidade se deve provavelmente à presença de compostos voláteis e/ou degradáveis (por

exemplo amônia) presentes normalmente na composição de líquidos percolados, conforme já demonstrado na Tabela 5 (Ítem 3.1.3) e nos resultados de caracterização obtidos por vários autores em diferentes tipos de aterros (ROSS, 1990; CHU, *et al*, 1994; AL-MUZAINI, 1995; CLÉMENT, 1996; LO, 1996; MARTTINEN *et al*, 2002).

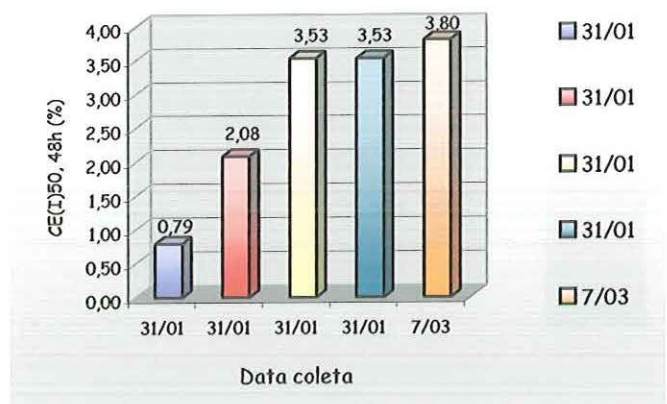
Durante o período de realização dos testes as amostras foram mantidas em geladeira. A permanência da toxicidade em amostras de líquidos percolados também foi observada por outros autores. No estudo realizado por CLÉMENT, *et al* (1996), as amostras mantidas congeladas por um período superior a 1 ano, continuaram apresentando toxicidade aguda, mesmo havendo redução da toxicidade para algumas amostras.

Tabela 9 - Valores de CE50, 48h obtidos nos testes de toxicidade aguda efetuados com *Ceriodaphnia silvestrii* com as amostras do líquido percolado em dias diferentes (amostra coletada de 31/01)

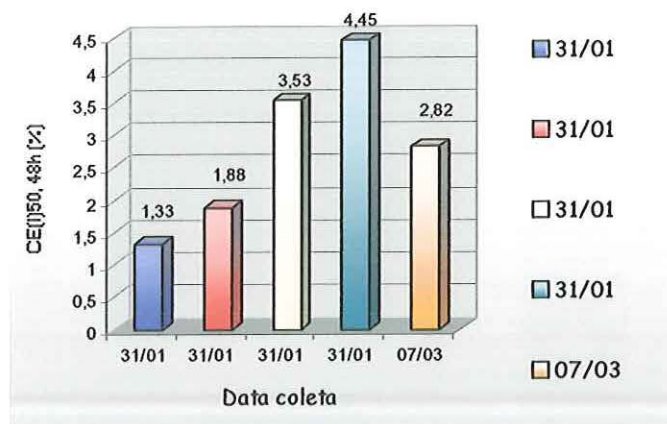
Líquido Percolado	CE50, 48h		
	Dia 1	Dia 3	Dia 5
Novo	0,21	1,26	nd
Velho	1,33	3,53	4,45
Recirculado	0,79	3,53	3,53



14a - Líquido percolado novo



14b - Líquido percolado recirculado



14c - Líquido percolado velho

Figura 14 - Resultados dos toxicidade aguda realizados com *Ceriodaphnia silvestrii* com as amostras dos diferentes líquidos percolados (período de chuva).

5.1.2 - *Chironomus xanthus*

Os resultados obtidos nos testes de toxicidade com *Chironomus xanthus* realizados com as amostras dos líquidos percolados novo, velho e recirculados, coletados em 31/01/03 e 07/03/03 estão apresentados na Tabela 10 e Figura 15.

Tabela 10 - Resultados do CE₅₀,96h (intervalo de confiança 95%) obtidos nos testes de toxicidade com *Chironomus xanthus* realizados com as amostras coletadas nos dias 31/01/03 e 07/03/03 (período de chuva).

Líquido Percolado	CE ₅₀ , 96h	
	31/01/03	07/03/03
Novo	6,9 (2,25 - 21,22)	10,9 (nc.)
Velho	15,6 (11,98 - 20,26)	13,3 (nc.)
Recirculado	3,2 (0,95 - 10,83)	15,4 (nc.)

* nc : não calculado

De acordo com os resultados obtidos, as amostras apresentaram toxicidade aguda aos *Chironomus xanthus* nas duas coletas, apesar da redução significativa da toxicidade observada entre as duas coletas para as amostras dos líquidos percolados novo e recirculado. A precipitação acumulada na semana anterior às coletas foi de 75.4 e 80.6 mm para o dia 31/01 e 07/03, respectivamente, o que indica que a chuva não deve ter exercido alguma influência na redução da toxicidade.

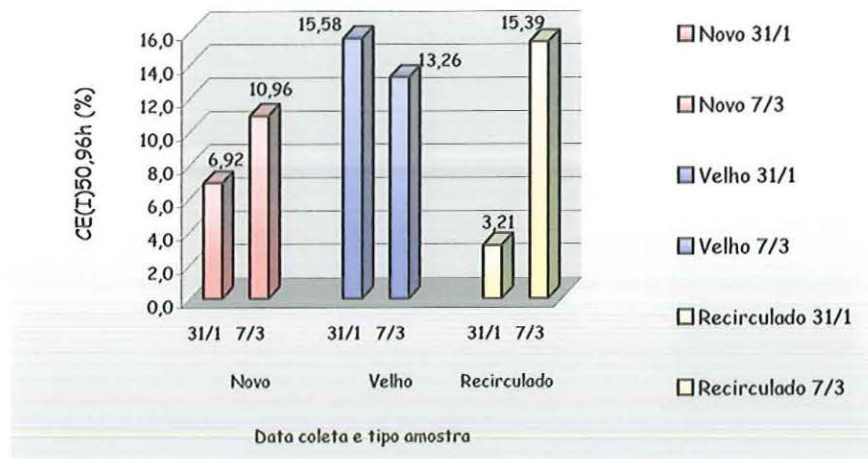


Figura 15 - Comparação da toxicidade dos líquidos percolados coletados em datas diferentes ao *Chironomus xanthus*.

De acordo com a Figura 15, a menor variação de toxicidade foi observada nos testes do líquido percolado velho. Não foram encontrados dados na literatura pesquisada sobre toxicidade de líquidos percolados para organismos-bentônicos, confirmando a importância desses resultados e a necessidade da utilização de organismos-teste bentônicos nas avaliações ecotoxicológicas de líquidos percolados.

5.2 - Avaliação da Toxicidade Aguda - período de seca.

Os valores mensais médios de precipitação, em milímetros, que ocorreram na cidade de Piracicaba durante o ano de 2003 e o número de dias com precipitação já foram apresentados nas Figuras 12 e 13 (Ítem 5.1). Nas Tabelas 11a e 11b estão apresentados os dados referentes às médias totais mensais de precipitação em Piracicaba no período de maio a julho de 2003 e a precipitação no dia da coleta e nos 6 dias anteriores.

Tabela 11a - Precipitação total acumulada em milímetros, desvio padrão, dias de chuva e temperatura média referente aos meses de coleta e alguns meses que as antecederam.

Meses	Precipitação (mm)	Desvio Padrão	Dias de Chuva	Temperatura média (°C)
Maio	54,7	5,6	5	18,8
Junho	9,2	1,1	2	20,1
Julho	16,4	2,9	1	18,9

Fonte : Site da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Departamento de Ciências Exatas (www.ciagri.usp.br/~emdabreu/MEDIAS.TXT).

Tabela 11b - Precipitação total diária, em milímetros, referente aos dias de coleta e aos 7 (sete) dias que as antecederam (Período de Seca).

Precipitação total diária					
Data (dia/mês)	Precipitação (mm)	Temperatura média (°C)	Data (dia/mês)	Precipitação (mm)	Temperatura média (°C)
05/jul	0	18,1	15/jul	0	18,6
06/jul	0	19,2	16/jul	0	19,6
07/jul	0	20,5	17/jul	0	18,9
08/jul	0	21,1	18/jul	0	18,6
09/jul	0	20,9	19/jul	0	19
10/jul	16,4	16,6	20/jul	0	19,7
11/jul	0	16,7	21/jul	0	21
12/jul	0	12,8	22/jul	0	20,9
Total	16,4		Total	0	

Fonte: Base de Dados do Posto Agrometeorológico ESALQ - USP - Piracicaba, SP-Brasil(www.esalq.usp.br/departamentos/Ice/excedados/DCE2003.TXT). Coordenadas Geográficas do Posto: Latitude : 22° 42' 30" sul, Longitude: 47° 38' 30" oeste e Altitude : 546 m.

5.2.1 - *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia silvestrii*

Os resultados dos testes de toxicidade aguda com *Daphnia similis* e *C. silvestrii* realizados com as amostras de líquidos percolados novo, velho e recirculado, coletadas em 12 e 22/07/03, estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Valores de CE50, 48h (intervalo de confiança 95%) obtidos nos testes de toxicidade aguda com *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia silvestrii* realizados com as amostras do líquido percolado coletadas em 12 e 22/07/03.

Líquido Percolado	CE50, 48h	
	<i>D. similis</i> (12/07/03)	<i>C. silvestrii</i> (22/07/03)
Novo	2,56 (2,10-3,11)	0,97 (0,86-1,09)
Velho	1,89 (1,46-2,44)	nc
Recirculado	4,23 (3,73-4,80)	1,41 (nc)

nc: não calculado

Confirmando os resultados obtidos nas primeiras coletas, todas as amostras causaram toxicidade aguda para os organismos-teste *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia silvestrii* com valores de CE50 entre 1 e 4%, semelhantes aos valores obtidos no período de chuva. A diferença de toxicidade das amostras do líquido percolado novo e recirculado pode estar relacionada à diferença de composição desses líquidos, que é muito variável, estando associada à natureza dos resíduos dispostos.

As amostras coletadas no dia 12/07/03 foram testadas em dois períodos diferentes, imediatamente após a coleta e nove dias após. Esses testes foram realizados com *Daphnia similis* e os resultados, apresentados na Tabela 13 e Figura 16, mostraram dessa vez um comportamento diferente, principalmente

em relação à amostra do líquido percolado recirculado, cujo período de estocagem de 9 dias não alterou a toxicidade (valores de CE50, 48h, de 4,23% e 4,79%). Apenas a amostra do líquido percolado velho apresentou redução da toxicidade no período de estudo.

Tabela 13 - Resultados dos testes de toxicidade efetuados com *Daphnia similis* referentes às coletas do período de seca (12/07/03) e após 9 dias.

<i>Daphnia similis</i>					
Amostra Líquido percolado	CE(I)50, 48h (%)	Intervalo de confiança 95%	Diferença (dias)	Data da coleta	Data do teste
Velho	1,89	1,46 - 2,44	0	12/7	12/7
Velho	4,33	3,79 - 4,95	9	12/7	21/7
Novo	2,56	2,10 - 3,11	0	12/7	12/7
Novo	1,77	0	9	12/7	21/7
Recirculado	4,23	3,73 - 4,80	0	12/7	12/7
Recirculado	4,79	4,29 - 5,34	9	12/7	21/7

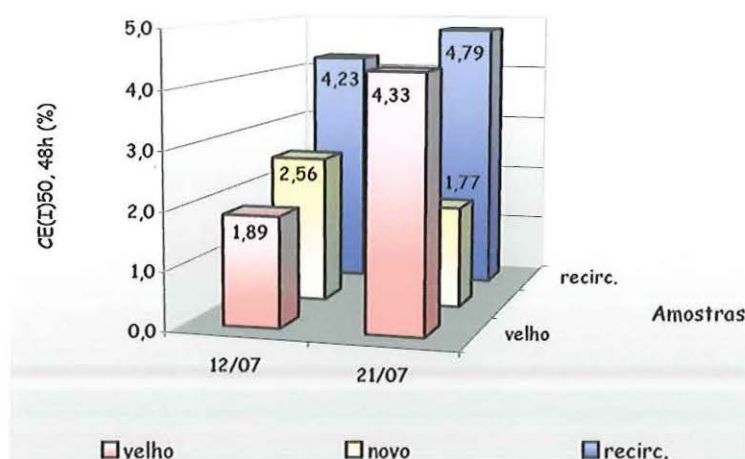


Figura 16 - Comparação entre os testes de toxicidade com *Daphnia similis* realizados com as amostras dos diferentes líquidos percolados em dois períodos, 12 e 21/07/03.

5.2.2 - *Chironomus xanthus*

Foram relacionados na tabela abaixo, os resultados dos testes de toxicidade efetuados com *Chironomus xanthus* com as amostras dos líquidos percolados coletadas em 12/07/03 e 22/07/03 (período de seca).

Tabela 14 - Resultados do CE_{50,96h} (intervalo de confiança 95%) obtidos nos testes de toxicidade com *Chironomus xanthus* realizados com as amostras coletadas nos dias 12 e 22/07/03 (período de seca).

<i>Chironomus xanthus</i>			
Amostra Líquido percolado	CE(I) _{50, 96h} (%)	Intervalo de confiança 95%	Data coleta
Novo	8,06	6,81 - 9,54	12/7
Novo	9,36	7,29 - 12,02	22/7
Velho	12,60	9,59 - 16,54	12/7
Velho	7,49	2,67 - 21,04	22/7
Recirculado	9,48	7,82 - 11,50	12/7
Recirculado	3,41	0,27 - 42,30	22/7

Confirmando os resultados das primeiras coletas, todas as amostras causaram toxicidade aos *Chironomus xanthus* com valores de CE_{50,96h} entre 3 e 13%. A variação mais significativa foi observada para o líquido recirculado, com aumento significativo na toxicidade na segunda coleta. De acordo com os dados apresentados na Tabela 11b, não ocorreu precipitação nos sete dias que antecederam a coleta de 22/07 e no período de coleta anterior, 12/07, o volume de chuva foi bastante baixo, mostrando que outros fatores possam ter interferido nos resultados dos testes., como por exemplo, o tipo de resíduo

sólido lançado no aterro durante a semana, ou seja, a variabilidade do tipo de agente tóxico e não a precipitação.

5.3. Comparação entre os períodos de chuva e seca.

Foi efetuada uma comparação entre os períodos de chuva e de seca com o intuito de avaliar a influência da precipitação na toxicidade dos líquidos percolados aos diferentes organismos-teste, inclusive para verificar os resultados em relação a aterros controlados.

Os dados de precipitação total acumulada em milímetros e dias de chuva, entre outros, referente aos períodos de chuva e de seca, estão apresentados na Tabela 15. Os resultados dos testes de toxicidade estão apresentados nas Tabelas 16 a,b,c e 17 a,b,c e nas Figuras 17, 18, 19, 20 e 21 .

Tabela 15 - Precipitação total acumulada em milímetros, desvio padrão, dias de chuva e temperatura média referente aos períodos de chuva e de seca.

Meses	Precipitação (mm)	Dias de Chuva	Desvio Padrão	Temperatura média (°C)
Janeiro	302,4	22	10,8	24,9
Fevereiro	58,6	11	4,7	26,5
Março	180,9	14	10,5	24,3
Total - chuva	541,9	47		
Maio	54,7	5	5,6	18,8
Junho	9,2	2	1,1	20,1
Julho	16,4	1	2,9	18,9
Total - seca	80,3	8		
Total	622,2	55		

Tabela 16 - Comparação dos resultados obtidos nos testes de toxicidade efetuados com *Ceriodaphnia silvestrii* com as amostras dos líquidos percolados referentes às coletas dos dois períodos.

a)

<i>Ceriodaphnia silvestrii</i> - Líquido percolado "NOVO"				
CE(I)50, 48h (%)	Intervalo de confiança 95%	Data coleta	Data teste	Diferença (dias)
Período de Chuva (31/01 e 07/03/03)				
0,22	0,11 - 0,43	31/1	31/1	0
1,26	0,64 - 2,47	31/1	1/2	1
1,66	1,32 - 2,08	7/3	10/3	3
Período de Seca (22/07/03)				
0,97	0,86 - 1,09	22/7	22/7	0

b)

<i>Ceriodaphnia silvestrii</i> - Líquido percolado "VELHO"				
CE(I)50, 48h (%)	Intervalo de confiança 95%	Data da coleta	Data do teste	Diferença (dias)
Período de Chuva (31/01 e 07/03/03)				
1,33	0,76 - 2,33	31/1	31/1	0
1,88	0	31/1	1/2	1
3,54	0	31/1	4/2	4
4,45	3,58 - 5,54	31/1	5/2	5
2,83	0	7/3	10/3	3
Período de Seca (22/07/03)				
0,00	0	22/7	22/7	0

c)

<i>Ceriodaphnia silvestrii</i> - Líquido percolado "RECIRCULADO"				
CE(I)50, 48h (%)	Intervalo de confiança 95%	Data da coleta	Data do teste	Diferença (dias)
Período de Chuva (31/01 e 07/03/03)				
0,79	0,44 - 1,42	31/1	31/1	0
2,08	0	31/1	1/2	1
3,54	0	31/1	4/2	4
3,54	0	31/1	5/2	5
3,80	3,39 - 4,26	7/3	10/3	3
Período de Seca (22/07/03)				
1,41	0	22/7	22/7	0

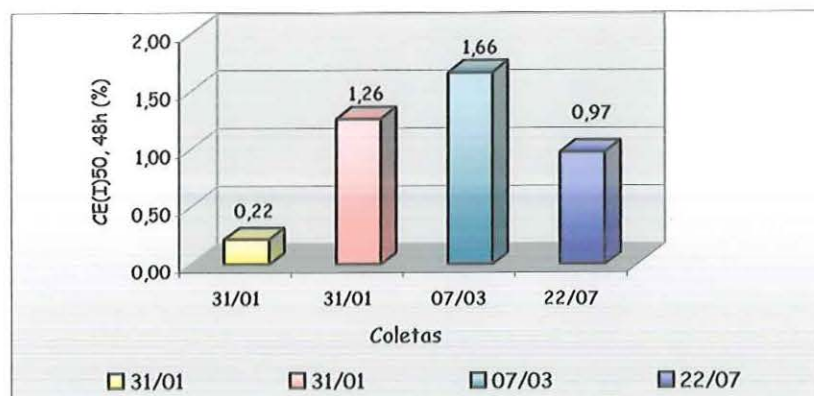


Figura 17 - Comparação entre os testes de toxicidade com amostras do líquido percolado novo, efetuados em 31/01, 07/03 e 22/07 com *Ceriodaphnia silvestrii*.

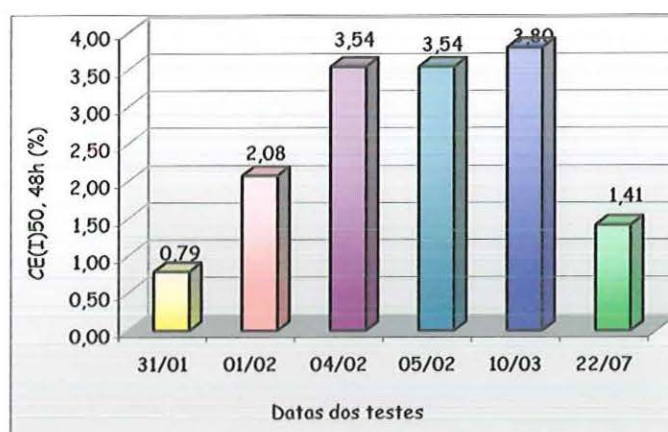


Figura 18 - Comparação entre os testes de toxicidade com líquido percolado recirculado coletado em 31/01, 07/03 e 22/07 com *Ceriodaphnia silvestrii*.

Conforme os resultados apresentados nas Tabelas 16a, 16b e 16c e Figuras 17 e 18, a comparação dos resultados obtidos nas coletas de líquido percolado novo efetuadas em 31/01 e 22/07, mostrou uma diferença não significativa na toxicidade entre os períodos de chuva e seca. Em relação aos líquidos percolados da área antiga do aterro não foi possível efetuar uma comparação entre os testes de toxicidade referente aos períodos de chuva e seca, pois no teste com a amostra de 22/07 o CE(I)50,48h foi maior que a concentração

máxima utilizada. Para o líquido recirculado a comparação entre os resultados mostrou uma toxicidade menor nos testes agudos com *Ceriodaphnia silvestrii* no período de seca.

Em relação aos testes com *Chironomus xanthus*, os resultados estão apresentados nas Tabelas 17 a, b, c e Figuras 19, 20 e 21.

Tabela 17 - Comparação dos resultados dos testes de toxicidade efetuados com *Chironomus xanthus* com as amostras dos líquidos percolados referentes às coletas dos dois períodos.

a)

<i>Chironomus xanthus</i> - Líquido percolado "NOVO"				
CE(I)50, 96h (%)	Intervalo de confiança 95%	Data coleta	Data teste	Diferença (dias)
Período de Chuva (31/01 e 07/03/03)				
6,92	2,25 - 21,22	31/1	1/2	1
10,96	0	7/3	7/3	0
Período de Seca (12/07 e 22/07/03)				
8,06	6,81 - 9,54	12/7	12/7	0
9,36	7,29 - 12,02	22/7	22/7	0

b)

<i>Chironomus xanthus</i> - Líquido percolado "VELHO"		
CE(I)50, 96h (%)	Intervalo de confiança 95%	Data coleta
Período de Chuva (31/01 e 07/03/03)		
15,58	11,98 - 20,26	31/1
13,26	0	7/3
Período de Seca (12/07 e 22/07/03)		
12,60	9,59 - 16,54	12/7
7,49	2,67 - 21,04	22/7

c)

<i>Chironomus xanthus</i> - Líquido percolado "RECIRCULADO"		
CE(I)50, 96h (%)	Intervalo de confiança 95%	Data coleta
Período de Chuva (31/01 e 07/03/03)		
3,21	0,95 - 10,83	31/1
15,39	0	7/3
Período de Seca (12/07 e 22/07/03)		
9,48	7,82 - 11,50	12/7
3,41	0,27 - 42,30	22/7

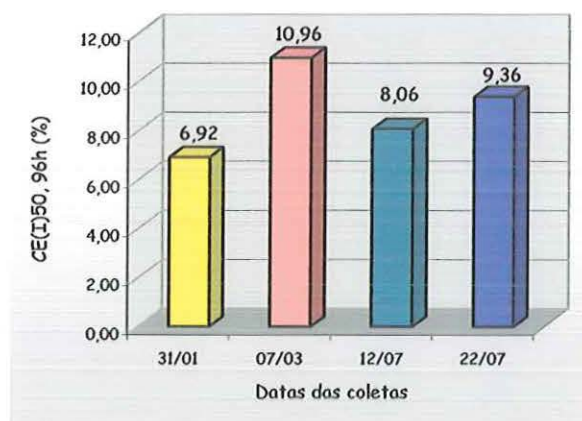


Figura 19 - Comparação entre os testes de toxicidade com líquidos percolados novos, efetuados em 31/01, 07/03, 12/07 e 22/07 com *Chironomus xanthus*.

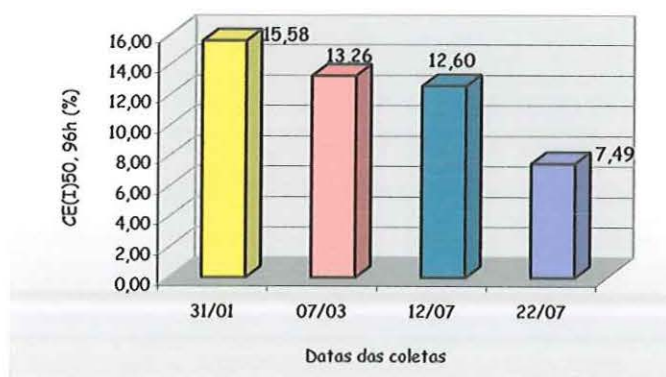


Figura 20 - Comparação entre os testes de toxicidade com líquido percolado velho, efetuados em 31/01, 07/03, 12/07 e 22/07 com *Chironomus xanthus*.

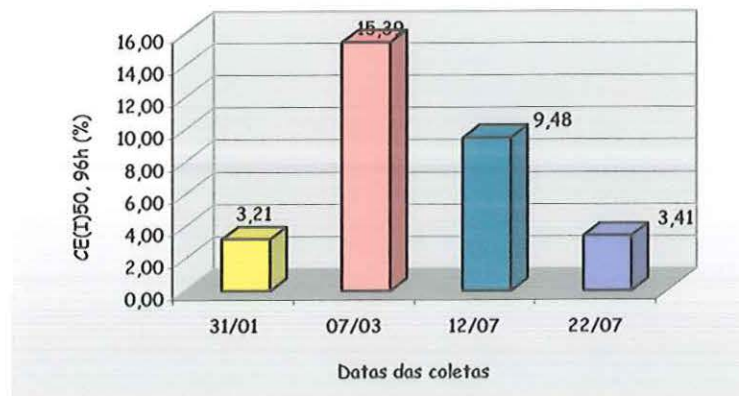


Figura 21 - Comparação entre os testes de toxicidade com líquidos percolados recirculados, efetuados em 31/01, 07/03, 12/07 e 22/07 com *Chironomus xanthus*.

Para todas as amostras, a comparação foi efetuada entre as três amostras que não apresentaram diferenças entre os dias de coleta e de teste (marcadas em vermelho nas tabelas).

Em relação aos dos líquidos percolados novos foram comparados os resultados dos testes das coletas, efetuadas em 07/03, 12 e 22/07. A diferença na intensidade de chuva não influenciou a toxicidade, pois os resultados do CE(I)50, 48h não apresentaram diferença significativa, conforme Figura 19.

Para o líquido percolado velho, os resultados dos testes indicaram um aumento na toxicidade aguda para o *Chironomus xanthus*, durante o período de seca quando os líquidos percolados estão mais concentrados, sendo o CE(I)50, 96h igual a 7,49%.

Os resultados dos testes realizados com o líquido percolado recirculado indicaram uma variação na toxicidade aguda entre os dois períodos, sendo que a menor toxicidade encontrada no período de chuva, porém a diferença

apresentada em relação ao outro teste do mesmo período não confirmou a influência da pluviosidade na toxicidade.

Nas Tabelas 18a e 18b e no Figura 22, estão apresentadas as médias dos resultados do CE(I)50, 96h encontrados nos testes de toxicidade aguda com *Chironomus xanthus*, para os dois períodos, chuva e seca, tendo como intuito perceber a ocorrência de alguma alteração que pudesse ser relacionada a precipitação, conforme

Tabela 18a - Comparação do CE(I)50; 96h médio (%), para *Chironomus xanthus*, período de chuva.

Testes	Líquidos percolados		
	Novo	Velho	Recirculado
Período de chuva	6,92	15,58	3,21
	10,96	13,26	15,39
CE(I)50; 96h médio (%)	8,94	14,42	9,30

Tabela 18b - Comparação do CE(I)50; 96h médio (%), para *Chironomus xanthus*, período de seca.

Testes	Líquidos percolados		
	Novo	Velho	Recirculado
Período de seca	8,06	12,606	9,48
	9,37	7,49	3,41
CE(I)50; 96h médio (%)	8,71	10,04	6,45

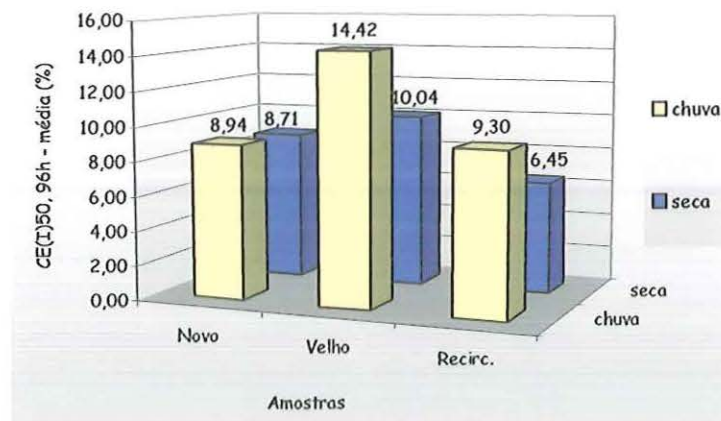


Figura 22 - Comparação entre as médias de CE(I)50, 96h dos períodos de chuva e seca para *Chironomus xanthus*.

Percebeu-se um aumento na toxicidade aguda dos três tipos de líquidos percolados durante a época de seca, tendo essa diferença sido mais acentuada na amostra do líquido percolado velho, em que a média passou de 14,42% para 10,04% e menos evidente no chorume novo, sendo de 8,94% para 8,71%.

O líquido percolado novo foi mais tóxico para a *Ceriodaphnia silvestrii*, sendo que no período de chuva a CE(I)50, 48h ficou entre 0,22% e 1,66%, e no período de seca a CE(I)50, 48h foi igual a 0,97%, não tendo apresentado diferença significativa entre eles.

Considerando os dados de precipitação apresentados na Tabela 15, ocorreu um total acumulado de precipitação de 622,2 mm entre os meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Maio, Junho e Julho. Nos meses de Janeiro, Fevereiro e Março choveu o equivalente a 541,9 mm, enquanto no período de Maio, Junho e Julho o equivalente a apenas 80,3 mm, ou seja, ocorreu uma grande modificação na intensidade de precipitação, porém, de um modo geral, a

variação na toxicidade aguda encontrada nos testes *Ceriodaphnia silvestrii* e *Chironomus xanthus* não mostraram uma relação direta entre a alteração da toxicidade e chuva, podendo tais variações na toxicidade estarem relacionadas a outros fatores, por exemplo, a evaporação, infiltração, escoamento.

Considerando todos os resultados obtidos, esse estudo confirmou o alto potencial poluidor dos líquidos percolados. De acordo com ERNST *et al* (1994), a toxicidade aguda de amostras de chorume testadas com *Oncorhynchus mykiss*, *Salvelinus fontinalis* e *Daphnia magna*, foi devido ao presença de amônia. Efeitos crônicos não foram definidos.

KAUR *et al* (1996) analisaram amostras de líquidos percolados provenientes de resíduos industriais e domésticos provenientes do aterro da Ilha Nanji, utilizando testes de toxicidade com embrião larval de *Oryzias latipes* (Medaka). Ao final dos testes os líquidos percolados apresentaram-se altamente tóxicos, e os embriões morreram com 24 horas de exposição.

5.4. Testes de Sensibilidade - Controle de Qualidade dos cultivos

O teste de sensibilidade para o controle de qualidade dos cultivos com cloreto de sódio e *Ceriodaphnia silvestrii* foi efetuado em 24/07/03, com CE(I)50, 48h igual a 1,63 mg/L.

O teste de sensibilidade para manter o controle de qualidade para *Daphnia similis* foi efetuado com Dicromato de potássio com CE(I)50, 24h igual a 0,039 mg/L.

Em 18/03/03 foi efetuado o teste de controle de qualidade com cloreto de sódio, em que o CE(I)50, 48h foi de 1.66 para *Ceriodaphnia silvestrii*

5.5 - Testes de Toxicidade Crônica com *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis*.

As amostras coletadas no dia 22/07/03 foram analisadas em relação a toxicidade crônica com *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis* para se avaliar a diferença de sensibilidade ou de resposta entre os dois organismos-teste. Os testes foram realizados nos dias 23/07 (*Ceriodaphnia silvestrii*) e 25/07 (*Daphnia similis*) e, considerando a perda de toxicidade observada nas primeiras coletas, os valores de CE50 obtidos nos testes agudos foram incluídos nas concentrações escolhidas para os testes crônicos.

Nas Tabelas 19 a 24 e Figuras 23 e 24 estão apresentados os dados de sobrevivência, número de neonatos, as variáveis finais e o resumo das análises estatísticas dos testes de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis*, realizados com as amostras do líquido percolado.

A análise estatística dos resultados foi realizada através dos métodos Fisher's Exact Test, que verifica diferenças significativas na sobrevivência dos organismos teste entre a amostra e o controle e Dunnett's Procedure, que analisa os dados de reprodução, nas concentrações em que a sobrevivência dos organismos teste não foi significativamente diferente do controle. A normalidade dos dados de reprodução e a homogeneidade da variância foram analisadas pelos métodos do CHI-quadrado e teste Hartley (CETESB, 1992). O programa computacional TOXSTAT 3.3. foi utilizado para a aplicação destes testes.

Tabela 19 - Porcentagens de sobrevivência e números de neonatos de *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis* obtidos nos testes de toxicidade crônica com as amostras do líquido percolado novo.

<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>											
Chorume Recirculado	Nº de organismos		Sobrevivência	Nº de neonatos	pH		Dureza (mg.L ⁻¹)		Condutividade (µS/cm ²)		Diferença estatística
Concentração (%)	I	F	(%)	Total	I	F	I	F	I	F	
controle	10	10	100	198	7,6	7,8	48	50	198	186	-
0,2	10	10	100	223	8,0	7,8	46	50	189	356	não
0,5	10	8	80	154	8,3	7,7	54	58	271	107	não
1,0	10	6	60*	125	8,4	7,9	68	68	385	264	sim
2,0	10	3	30**	-	-	-	-	-	-	-	-

<i>Daphnia similis</i>											
Controle	I	F		Total	I	F	I	F	I	F	
Controle	10	9	90	292	7,3	7,5	46	48	168	259	
0,25	10	10	100	259	7,9	8,1	52	56	250	467	não
0,5	10	9	90	272	8,0	8,2	64	58	317	629	não
1,0	10	9	90	260	8,1	8,0	68	70	474	523	não
2,0	10	9	90	316	8,1	8,3	72	70	706	893	não

I - inicial F - final n.d.: não determinado * = toxicidade aguda ** = FISHER TEST significant difference (p=0.05)

Tabela 20 - Resumo das análises estatísticas dos testes de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis*, realizados com as amostras do líquido percolado novo.

<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						
Concentração (%)	Total indivíduos	Não sobreviventes	Total reprodução	Média reprodução por indivíduos	Diferença do controle	Sig. estatístico
Controle	10	0	198	19,80	-	-
0,2	10	0	223	22,30	-2,50	
0,5	10	2	154	15,40	4,40	
1,0	10	4	125	12,50	7,30	*

<i>Daphnia similis</i>						
Controle	Total indivíduos	Não sobreviventes	Total reprodução	Média reprodução por indivíduos	Diferença do controle	Sig. estatístico
Controle	10	1	292	29,20	-	-
0,25	10	0	259	25,90	3,30	
0,50	10	1	272	27,20	2,00	
1,00	10	1	260	26,00	3,20	
2,00	10	1	316	31,60	-2,40	

Tabela 21 - Porcentagens de sobrevivência e números de neonatos de *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis* obtidos nos testes de toxicidade crônica com as amostras do líquido percolado velho.

<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>											
Chorume Recirculado	Nº de organismos		Sobrevivência	Nº de neonatos	pH		Dureza (mg.L ⁻¹)		Condutividade (µS/cm ²)		Diferença estatística
Concentração (%)	I	F	(%)	Total	I	F	I	F	I	F	
controle	10	10	100	198	7,6	7,8	48	50	198	186	-
0,2	10	10	100	178	8,0	7,8	52	58	188	330	não
0,5	10	10	100	185	8,0	8,2	58	58	229	411	não
1,0	10	9	90	166	8,1	7,9	54	58	329	293	não
2,0	10	5	50*	21	8,2	8,1	64	70	355	162	sim

<i>Daphnia similis</i>											
Controle	I	F	Sobrevivência (%)	Total	pH		Dureza (mg.L ⁻¹)		Condutividade (µS/cm ²)		Diferença estatística
	I	F	(%)	Total	I	F	I	F	I	F	
Controle	10	9	90	292	7,3	7,5	46	48	168	259	-
0,25	10	8	80	264	7,9	7,9	52	62	328	297	não
0,5	10	10	100	208*	8,0	7,9	58	60	266	331	sim
1,0	10	10	100	207*	8,1	7,9	54	68	298	396	sim
2,0	10	9	90	230*	8,2	8,1	6	70	539	536	sim

I - inicial F - final n.d.: não determinado * = DUNNETT'S TEST significant difference (p=0.05)

Tabela 22 - Resumo das análises estatísticas dos testes de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis*, realizados com as amostras do líquido percolado velho.

<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						
Concentração (%)	Total indivíduos	Não sobreviventes	Total reprodução	Média reprodução por indivíduos	Diferença do controle	Sig estatístico
controle	10	0	198	19,80		
0,2	10	0	178	17,80	2,00	
0,5	10	0	185	18,50	1,30	
1,0	10	1	166	16,60	3,20	
2,0	10	5	21	2,10	17,70	*

<i>Daphnia similis</i>						
Concentração (%)	Total indivíduos	Não sobreviventes	Total reprodução	Média reprodução por indivíduos	Diferença do controle	Sig estatístico
controle	10	1	292	29,20		
0,25	10	2	264	26,40	2,80	
0,50	10	0	208	20,80	8,40	*
1,00	10	0	207	20,70	8,50	*
2,00	10	1	230	23,00	6,20	*

Tabela 23 - Porcentagens de sobrevivência e números de neonatos de *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis* obtidos nos testes de toxicidade crônica com as amostras do líquido percolado recirculado.

<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>											
Chorume Recirculado	Nº de organismos		Sobrevivência	Nº de neonatos	pH		Dureza (mg.L ⁻¹)		Condutividade (µS/cm ²)		Diferença estatística
Concentração (%)	I	F	(%)	Total	I	F	I	F	I	F	
controle	10	10	100	198	7,6	7,8	48	50	198	186	não
0,2	10	10	100	172	7,8	7,6	n.d.	54	236	400	não
0,5	10	10	100	214	8,3	7,6	n.d.	58	332	444	não
1,0	10	9	90	150	8,3	7,8	58	60	305	197	não
2,0	10	3	30*	16	8,4	7,9	68	68	502	800	sim

<i>Daphnia similis</i>											
Controle	I	F			I	F			I	F	
Controle	10	9	90	292	7,3	7,5	46	48	168	259	não
1,0	10	10	100	91**	7,9	8,0	52	58	250	201	sim
2,0	10	9	90	137**	8,4	7,9	72	68	614	407	sim
3,0	10	10	100	154**	8,3	8,0	82	78	854	523	sim
4,0	10	10	100	138**	8,4	8,1	108	88	941	690	sim

I - inicial F - final n.d.: não determinado * = FISHER TEST significant difference (p=0.05)
 ** = DUNNETT'S TEST significant difference (p=0.05)

Tabela 24 - Resumo das análises estatísticas dos testes de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis*, realizados com as amostras do líquido percolado recirculado.

<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						
Concentração (%)	Total indivíduos	Não sobreviventes	Total reprodução	Média reprodução por indivíduo	Diferença do controle	Sig. estatístico
Controle	10	0	198	19,80	-	
0,2	10	0	172	17,20	2,60	
0,5	10	0	214	21,40	-1,60	
1,0	10	1	150	15,00	4,80	
2,0	10	7	16	1,60	18,20	*

<i>Daphnia similis</i>						
Controle	I	F				
Controle	10	1	292	29,20	-	
1,00	10	0	91	9,10	20,10	*
2,00	10	1	137	13,70	15,50	*
3,00	10	0	154	15,40	13,80	*
4,00	10	0	138	13,80	15,40	*

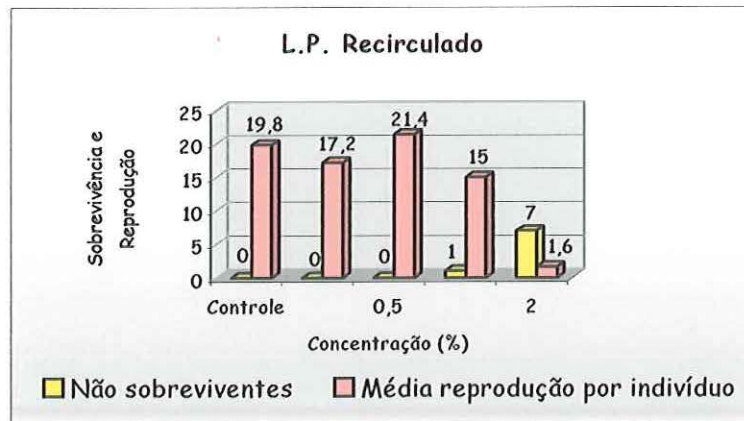
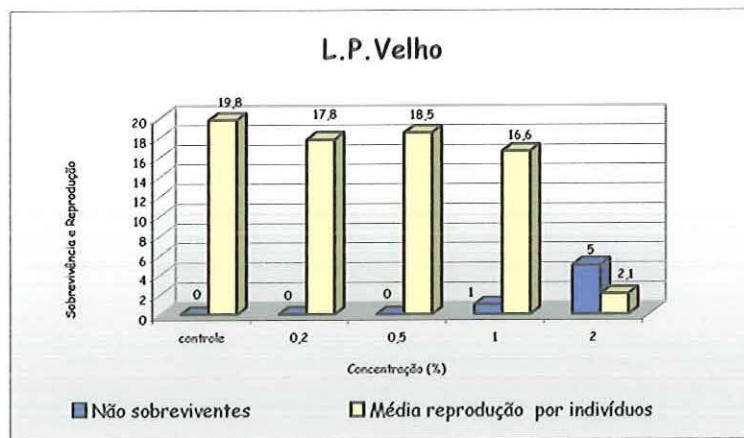
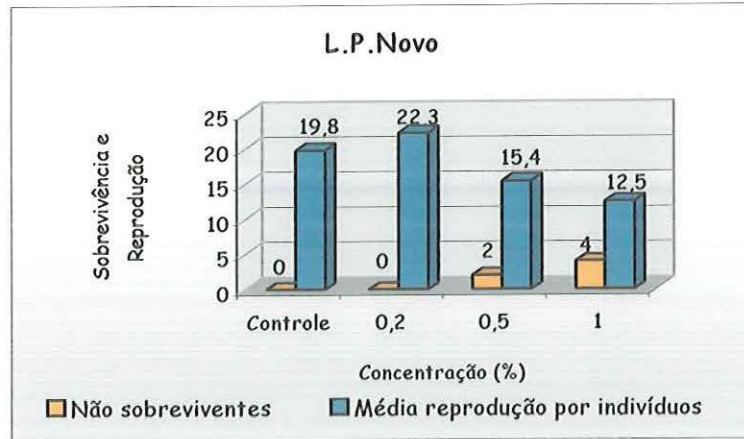


Figura 23 - Sobrevivência e reprodução em número médio de neonatos de *Ceriodaphnia silvestrii* exposta às diferentes concentrações das amostras de líquido percolado.

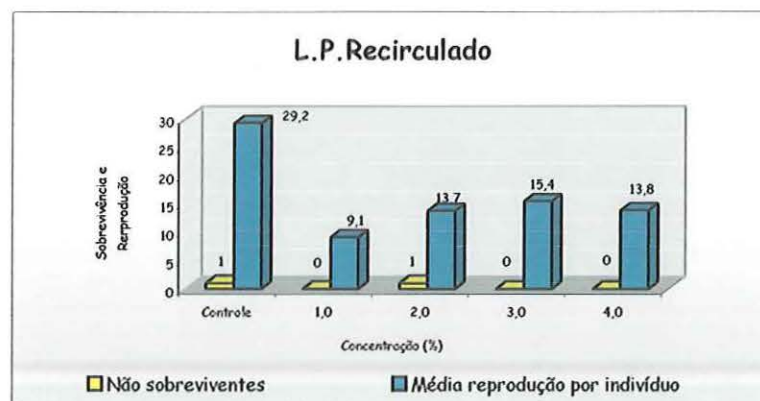
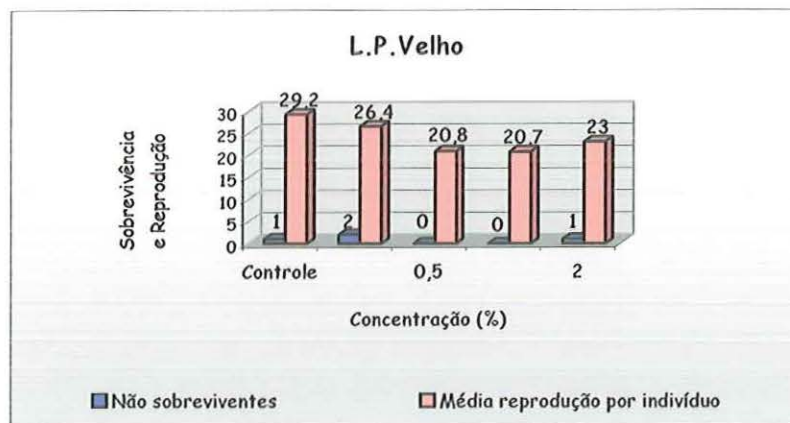
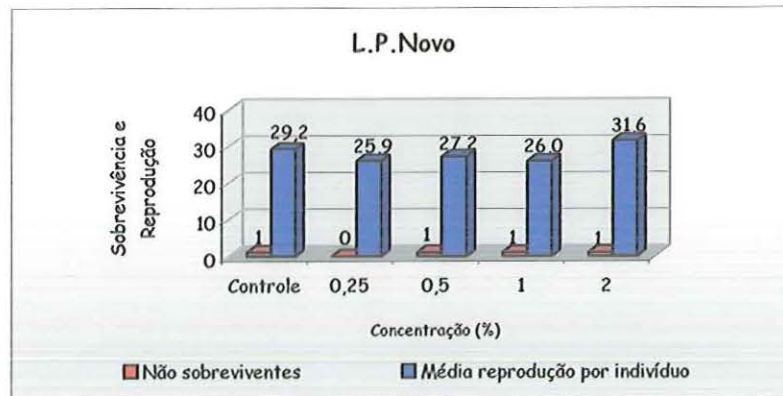


Figura 24 - Sobrevivência e reprodução em número médio de neonatos de *Daphnia similis* exposta às diferentes concentrações das amostras do líquido percolado.

De acordo os resultados obtidos, os dois organismos testes apresentaram sensibilidade e respostas diferentes aos contaminantes presentes nas amostras. Nos testes com *C. silvestrii* foi notada diferença significativa na sobrevivência na presença dos três líquidos percolados, novo, velho e recirculado. Já em relação a *Daphnia similis* a alteração ocorreu apenas na reprodução, sendo que nenhuma das amostras apresentou diferença considerada significativa na sobrevivência dos organismos-teste quando comparada ao controle.

Em alguns testes crônicos efetuados, tanto com *Ceriodaphnia silvestrii* quanto com *Daphnia similis*, foi possível perceber que algumas concentrações mais altas apresentaram reprodução maior que as concentrações mais baixas. Por exemplo, a reprodução nos testes efetuados com *Ceriodaphnia silvestrii* e líquido percolado recirculado com concentração 0,5% foi maior que a concentração 0,2%, e o mesmo ocorreu no teste com líquido percolado velho. Com relação a *Daphnia similis* a diferença na reprodução foi notada no teste com chorume recirculado na concentração 1% que foi menor que as concentrações 2,0%, 3,0% e 4,0%.

Em relação à sensibilidade das duas espécies, de acordo com os valores de CENO (maior concentração de efeito não observável), CEO (menor concentração de efeito observável) e VC (valor crônico) da *Daphnia similis* se mostrou mais sensível que *Ceriodaphnia silvestrii* (Tabela 25). Os valores de CENO, CEO e VC obtidos nos testes com *Daphnia similis* com a amostra do líquido percolado velho, de 0,25%, 0,5% e 0,35%, respectivamente, foram significativamente menores que os obtidos com *Ceriodaphnia silvestrii* (1,0, 2,0

e 1,4%). O mesmo ocorreu com as outras duas amostras; embora não tenha sido possível calcular os valores de CENO, CEO e VC, a concentração de efeito foi menor para *D. similis* do que para *C. silvestrii* (Tabelas 19 a 24) .

O Valor Crônico dos líquidos percolados novo e recirculado não pode ser calculado pois, enquanto o novo não causou efeito deletério em nenhuma das concentrações testadas, o recirculado causou efeito em todas as concentrações.

Tabela 25 - Valores do CENO, CEO e CV obtidos nos testes crônicos realizados com as amostras dos líquidos percolados.

<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>			
Amostra	CENO (%)	CEO(%)	CV(%)
L.P. velho	1,0	2,0	1,4
L.P. novo	0,5	1,0	0,7
L.P. recirculado	1,0	2,0	1,4
<i>Daphnia similis</i>			
L.P. velho	0,3	0,5	0,35
L.P novo	nt	nt	nt
L.P. recirculado	<1	1,0	nt

nt: não tóxico.

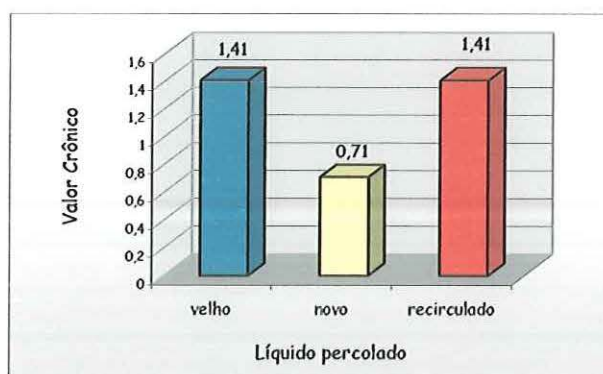


Figura 25 - Valores crônicos obtidos para *Ceriodaphnia silvestrii* expostas aos diferentes líquidos percolados.

De acordo com RUTHERFORD *et al* (2000), nos testes efetuados não foram verificados efeitos prejudiciais na sobrevivência e reprodução de *Ceriodaphnia dubia*, no entanto, é preciso levar em consideração que as amostras passaram por um sistema de tratamento terciário de áreas alagadas (wetland).

A natureza tóxica dos líquidos percolados pode estar relacionada aos tipos de resíduos sólidos ou ao resultado da mistura de resíduos diferentes, como doméstico e industrial.

5.6. Caracterização dos líquidos percolados: novo e velho.

5.6.1. Caracterização geral.

CLÉMENT *et al* (1996), afirmou que "percolados de resíduos domésticos foram significativamente mais tóxicos que aqueles de resíduos industrial puro, e que o percolado mais tóxico foi encontrado no aterro que recebe resíduos industriais perigosos misturados com resíduos domésticos". O aterro de Pau Queimado recebeu apenas resíduo doméstico.

5.6.2. Comparação de líquidos percolados.

De acordo com ROOKER (2000), a composição dos líquidos percolados varia conforme a influência de fatores como infiltração da água, decomposição do resíduo, hidrologia do terreno, entre outros, além de conter caracteristicamente água, metais pesados, materiais orgânicos e inorgânicos.

Conforme EPA (1982), existem vários fatores que afetam a geração e as características dos percolados como por exemplo a densidade, viscosidade e solubilidade dos diferentes líquidos que penetram no aterro.

A caracterização mais completa foi efetuada em 26/03/03, com os líquidos percolados das áreas novas e velhas do aterro, conforme Tabela 26.

Tabela 26 - Caracterização dos líquidos percolados em 26/03/03.

PARÂMETROS	LÍQUIDO PERCOLADO	
	NOVO	VELHO
pH	8,2	8,1
Nitrogênio Amoniacal (mg N/L)	860	773
Nitrogênio Nitrato (mg N/L)	51	53
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	< 1	< 1
Sólidos Totais (mg/L)	7.069	8.817
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	5.530	6.351
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	1.539	2.466
Carbono Orgânico Total (mg C/L)	433,5	408,8
Demanda Química Oxigênio (mg O ₂ /L)	1.978	3.045
Demanda Bioquímica Oxigênio (mg O ₂ /L)	221	1.594
Óleos e graxas (mg/L)	151	238

Foram efetuadas medidas de pH nas amostras coletadas em 31/01, 07/03 e medidas de pH, condutividade e OD nas amostras diluídas com 20% de líquidos percolados, conforme Tabela 27.

Conforme CETESB (1994) a condutividade da água de cultivo deve permanecer próxima a 160 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$, e como foi possível verificar na Tabela 27 a condutividade das amostras se apresentou bem elevada quando comparada com a condutividade padrão da água de cultivo, e de acordo com ROOKER (2000),

esta alta condutividade pode contribuir de forma a aumentar a toxicidade do teste e mascarar a toxicidade das substâncias químicas.

Tabela 27 - Medidas de pH, condutividade e OD.

Medidas de pH para as amostras com 100% de líquidos percolados			
Líquido Percolado	31/01/03	07/03/03	12/07/03
Novo	7,79	8,06	7,89
Velho	7,94	7,9	8,12
Recirculado	8,01	8,07	8,23

Medidas de pH, condutividade e OD, para amostras com 20% de líquidos percolados em 01/02/03			
Líquido Percolado	Condutividade	pH	OD
Novo	2,31 mS/cm ²	8,56	4,52
Velho	1.522 µS/cm ²	8,49	4,70
Recirculado	1.413 µS/cm ²	8,78	6,54

5.6.3. Caracterização dos metais pesados.

De acordo com ROOKER (2000), antes de se liberar os líquidos percolados no ambiente, um dos fatores que devem ser considerados é a ausência de altas concentrações de metais pesados. Conforme a Tabela 28, a caracterização dos metais pesados foi feita através de espectrofotômetro de absorção atômica.

De acordo com a Tabela 28, ocorreu uma variação na concentração em µg/l de metais pesados nos líquidos percolados durante os meses de coleta. Foi possível perceber que os metais pesados, Cobre, Cádmio, Cromo e Chumbo tiveram suas concentrações aumentadas no período de seca. No entanto, os metais Magnésio

e Cálcio mantiveram a mesma faixa, e foi observada uma redução na concentração de Ferro e Manganês na época de seca.

Tabela 28 - Caracterização dos líquidos percolados - metais pesados.

METAIS PESADOS - $\mu\text{g/L}$										
Amostra	Fe	Mg	Mn	Zn	Cu	Cd	Ca	Cr	Ni	Pb
Coletas referentes ao Período de Chuva										
chorume novo 31/01/03	2,23	> 2,00	0,683	0,124	0,024	0,034	> 15,00	0,248	NC	0,25
chorume velho 31/01/03	3,223	> 2,00	0,8	0,127	0,007	0,033	> 15,00	0,091	NC	0,253
chorume novo 26/03/03	4,00	NC	0,68	0,05	< 0,003	< 0,0006	NC	0,05	0,15	0,27
chorume velho 26/03/03	69,00	NC	0,95	0,38	< 0,003	< 0,0006	NC	0,21	0,22	0,33
Coletas referentes ao Período de Seca										
chorume novo 12/07/03	2,463	> 2,00	0,313	0,164	0,029	0,039	> 15,00	0,159	NC	0,263
chorume velho 12/07/03	3,729	> 2,00	0,364	0,275	0,012	0,035	> 15,00	0,291	NC	0,305
chorume recirculado 12/07/03	4,584	> 2,00	0,296	0,176	0,022	0,044	> 15,00	0,16	NC	0,331
chorume novo 22/07/03	3,174	> 2,00	0,275	0,206	0,007	0,037	> 15,00	0,178	NC	0,305
chorume velho 22/07/03	0,083	> 2,00	0,359	0,305	0,01	0,042	> 15,00	0,298	NC	0,324

O falta de controle da liberação de metais pesados no meio ambiente pode resultar em contaminação dos ecossistemas aquáticos e prejuízo à saúde da população. Abaixo formam mencionados alguns artigos que descrevem alguns problemas relacionados à contaminação de lençol freáticos por líquidos percolados:

- Um estudo efetuado pelo Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Católica de Brasília (UCB), identificou altos índices de metais pesados nas águas subterrâneas que são retiradas e utilizadas na irrigação de hortaliças da Colônia Agrícola Pioneiros. Os metais pesados

encontrados foram chumbo, cobre e zinco, respectivamente, com os níveis 500, 50 e 5 vezes mais elevado que o tolerado pelas resoluções do CONAMA. Existem fortes evidências de contaminação das águas subterrâneas por chorume, devido à disposição incorreta de resíduos sólidos próximos a região (QUEIROZ, 2004)

- Um relatório efetuado pela Universidade Federal do Maranhão e uma vistoria da equipe técnica da Gerência de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais (GEMA) ao aterro da Ribeira, em São Luís, evidenciaram que a infiltração do chorume atingiu os lençóis freáticos da área, no Tibiri, anulando assim o Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) do aterro, pois não foi produzido por uma equipe multidisciplinar, como consta na legislação (O ESTADO DO MARANHÃO, 2002).
- O Instituto Ambiental do Paraná (IAP), multou em R\$ 1 milhão, a empresa Ponta Grossa Ambiental, responsável pelo aterro controlado de Ponta Grossa (PR), pelas irregularidades no depósito de lixo, como a falta de cobertura dos dejetos e do encaminhamento de chorume para as lagoas de decantação (GAZETA DO POVO, 2004).

6. CONCLUSÕES

- Os testes de toxicidade realizados com líquidos percolados de aterro controlado com *Ceriodaphnia silvestrii*, *Chironomus xanthus* e *Daphnia similis*, permitiram confirmar a toxicidade aguda destas amostras para os três organismos-teste utilizados.
- A espécie *Ceriodaphnia silvestrii* mostrou maior sensibilidade aguda ao líquido percolado novo, e o percolado recirculado causou menor toxicidade aguda a este organismo-teste.
- Os testes de toxicidade aguda com *Ceriodaphnia silvestrii* nos períodos de chuva e seca, não apresentaram variação significativa entre os resultados, apesar da diferença de precipitação que ocorreu nos dias que antecederam as coletas.
- Os testes de toxicidade aguda com *Chironomus xanthus* confirmaram sua sensibilidade aos líquidos percolados, no entanto, o menor efeito de toxicidade foi observado no líquido percolado velho tanto no período de chuva quanto de seca. A média de CE(I)50, 96h, que causou efeitos deletérios, foi notada no percolado recirculado na época de seca e no percolado novo na época de chuva.
- Assim como com *Ceriodaphnia silvestrii*, o líquido percolado recirculado também apresentou menor toxicidade aguda para a *Daphnia similis*, sendo

percolado velho o responsável pela maior toxicidade encontrada nos testes efetuados.

- Os resultados dos testes de toxicidade crônica permitiram confirmar a sensibilidade do organismo-teste *Ceriodaphnia silvestrii*, tendo apresentado diferenças consideradas significativas, tanto na sobrevivência quanto na reprodução, para os líquidos percolados novo, velho e recirculado.
- Com base nos testes de toxicidade crônica efetuados com *Daphnia similis*, foi percebido uma diferença significativa apenas na reprodução destes organismos quando na presença de líquidos percolados velho e recirculado. As amostras não afetaram de forma expressiva sua sobrevivência, sendo possível confirmar que sua tolerância foi maior quando comparada com *Ceriodaphnia silvestrii*.
- Além de outros vários fatores, a alta condutividade característica dos líquidos percolados pode ter colaborado de forma considerável na toxicidade. Apenas a precipitação não foi suficiente para confirmar a redução ou aumento de toxicidade.
- Apenas nos testes de toxicidade aguda com *Chironomus xanthus* foi verificada que a falta de precipitação pode ter aumentado a toxicidade dos líquidos percolados.
- Necessidade de futuras avaliações ecotoxicológicas devido a variabilidade de agentes potencialmente tóxicos presentes nos resíduos sólidos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT-NBR . 2002 . Água - Avaliação de toxicidade crônica, utilizando *Ceriodaphnia dubia* Richard, 1894 (Cladocera, Crustacea). Projeto NBR 13373.

AL-MUZAINI, S.; BEG, M.U.; MUSLMANI, K. 1995. Characterization of landfill leachates at a waste disposal site in Kuwait. In: *Environment International* 21 (4) 399-405p. Elsevier Science Publisher.

ANKLEY, S.T.; DI TORO, D.M.; HANSEN, D.J.; BERRY, W.J. 1996. *Assessing the ecological risk of metals in sediments*. In: *Environmental Toxicology and Chemistry*. (15) 2053-2055.

APHA. 1998. *STANDARD Methods for the examination of water and wastewater*. 20^a ed.

ASSIS, J.F. 1999. *Avaliação do uso de aterros como alternativa para disposição de resíduos sólidos domiciliares e industriais*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. USP. São Carlos. SP. 126 p.

ASTOLFI, E. ; ALMEIDA, W.F. ; LANDONI, J.H. 1977. *Tratamento de urgência para intoxicações agudas*. Ed. Andef . São Paulo. 46p.

ATWATER, J.W. ; JASPER, S. ; MAVINIC, D.S. ; KOCH F.A. 1983. Experiments using *Daphnia* to measure landfill leachate toxicity. In: *Water Resources* (17) 1855-1861.

BOTTA PASCHOAL, C.M.R.2002. Avaliação ecotoxicológica do sedimento em reservatório da Bacia do Rio Tietê, SP, com ênfase na aplicação do estudo do AIT (Avaliação de Identificação de Toxicidade). Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. SP.

BRANCO, S.M. 1983 . *Poluição: A morte de nossos rios* .2ª ed. Ed. Asceteb. São Paulo. 157p.

CAIRNS, J.Jr. ; BUIKEMA, A.L.Jr.; CHERRY, D.S.; HERRICKS, E.E.; MATTHEWS, R.A. ; NIEDERLEHNER, B.R. ; RODGERS, J.H.Jr. ; VAN DER SCHALIE, W.H. 1982 . *Biological monitoring in water pollution* . Ed. Pergamon Press Ltd. Great Britain. 119p.

CALOW, 1995. *Handbook of Ecotoxicology*. Blackwell Science Ltd. Volume one.

CAMERON, R.D.; KOCH, F.A. 1980. Toxicity of landfill leachates. In: *J. Water Pollution Control Fed.* (52) 760-769.

CASTILLO, M.; BARCELÓ, D. 2001. Characterisation of organic pollutants in textile wastewaters and landfill leachate by using toxicity-based

fractionation methods followed by liquid and gas chromatography coupled to mass spectrometric detection. *Analytica Chimica Acta*. (426) 253-264.

CETESB . 1978 . *Guia Industrial: Zinco* . São Paulo. 168p.

_____. 1992. *Água - Método de avaliação da toxicidade de poluentes a organismos aquáticos*. Vol 1. Série Didática. São Paulo - SP.

_____. 1985 . *Tratamento de resíduos líquidos da pequena indústria de Galvanoplastias* . São Paulo. 86p.

_____. 1986 . *Desenvolvimento de métodos para o estabelecimento de Critérios ecotoxicológicos: relatório final-1983*. São Paulo. 2v.

_____. 1994 . *Água - Teste de toxicidade aguda com *Daphnia similis* Claus, 1876 (CLADOCERA, CRUSTACEA)*. São Paulo. 25p.

_____. 2003. <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/glossario>> - acessado em 26/04/03.

CHEUNG, K.C. ; CHU, L.M.; WONG, M.H. 1993. Toxic effect of landfill leachate on microalgae. In: *Water Air Soil Pollution*. (69) 337-349.

CHU, L.M.; CHEUNG, K.C.; WONG, M.H. 1994. Variations in chemical properties of landfill leachate. *Environmental Management* 18:105-117p. ←

CLARETO, C.R. 1997. Tratamento biológico de líquidos percolados gerados em aterros sanitários utilizando reator anaeróbio compartimentado. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia. USP. São Carlos. SP. 118p.

CLÉMENT, B. GUIDO, P. COLIN, J. Le DÛ-DELEPIERRE, A. 1996. Estimation of the hazard of landfills through toxicity testing of leachates - I. Determination of leachate toxicity with a battery of acute tests. In: Chemosphere 33 (11) 2303-2320.

CLÉMENT, B. GUIDO, P. COLIN, J. Le DÛ-DELEPIERRE, A. 1997. Estimation of the hazard of landfills through toxicity testing of leachates - Comparison of physico-chemical characteristics of landfill leachates with their toxicity determined with a battery of tests. In: Chemosphere 35 (11) 2783-2796.

COSTA, A.F. 1991. Introdução à ecologia das águas doces. Imprensa Universitária. Pernambuco.

DAVIS, J. A.; KENT, D. B.; REA, B. A.; MAEST, A. S.; GARABEDIAN, S. P. 1993. Influence of redox environment and aqueous speciation on metal transport in groundwater: Preliminary result of trace injection studies. In: Metals in groundwater. Lewis Publishers. Chelsea - USA. 223-273p.

DERISIO, J. C. 1992. Introdução ao controle de poluição ambiental. 1ª ed. São Paulo. 201p.

DIAS, L.E. ; MELLO, J. W.V. 1998 . Recuperação de áreas degradadas. Editora Folha de Viçosa Ltda. Viços. MG. 201p.

ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A.E. 1997 . Manual de Identificação de cladóceros Limnicos do Brasil . Ed. Universa-UCB . Distrito Federal. 155p.

EPA/530/SW-514. 1976 . Leachate damage assessment case study of the Fox Valley solid waste disposal site in Aurora, Illinois.

EPA/SW-871 . 1982 . Management of hazardous waste leachate. U.S. Environmental Protection Agency. Ohio.

EPA/625/R-94/005. 1995. Manual - Ground-Water and leachate treatment systems. U.S. Environmental Protection Agency. Ohio.

ERNST, W.R.; HENNIGAR, P.; DOE, K.; WADE, S.; JULIEN, G.1994. Characterization of the chemical constituents and toxicity to aquatic organisms of municipal landfill leachate. In : Water Pollution Research Journal of Canada, 29(1): 89-101.

ESALQ.: banco de dados. (2004). Disponível em: <<http://www.ciagri.usp.br/~emdabreu/MEDIAS.TXT>> Acesso em 03/05/04.

ESALQ.: banco de dados. (2004). Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/Ice/excedados/DCE2003.TXT>> - Acesso em 03/05/04.



ESTEVEES, F.A. 1998. *Fundamentos de Limnologia*. 2ª ed. Ed. Interciência. Rio de Janeiro. 602p.

FARIA, C.M.1987. *Teores de metais pesados em composto orgânico de lixo domiciliar de Porto Alegre - RS*. ABES - DMAE. Porto Alegre. RS.

FONSECA, A.L. 1991. *A biologia das espécies *Daphnia laevis*, *Ceriodaphnia silvestrii* (Crustácea, Cladocera) e *Poecilia reticulata* (Pisces, Poecilia) e o comportamento destes em testes de toxicidade aquática com efluentes industriais*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia. - USP. São Carlos. SP. 210p.

_____, A.L. 1997. *Avaliação da qualidade da água na bacia do rio Piracicaba através de testes de toxicidade com invertebrados*. Tese de Doutorado . Escola de Engenharia - USP. São Carlos. SP. 211p.

FONSECA, C. E. ; VERTEMATTI, J.C. 2001. *Geomembranas em aterros sanitários: Usos e tendências*. In: Engenharia, 58 (545):44-46.

GADOTTI, R.F. 1997 . *Avaliação da contaminação das águas superficiais e subterrâneas adjacentes ao "lixão" da cidade de São Carlos*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia. USP.São Carlos. SP. 150p.

GALASSI, S.; BENFENATI, E. 2000 . *Fractionation and toxicity evaluation of waste waters*. Milan, Italy. Journal of Chromatography A, 889:149-154.

GAZETA DO POVO. (2004) IAP multa empresa e prefeitura em R\$ 1 milhão. PR. 24 nov. Disponível em: <<http://www.ibps.com.br/index.asp?idnoticia=2381>> Acesso: 24/01/05.

GEISY J.P. ; HOKE R.A. 1989. Freshwater sediment toxicity bioassessment: rationale for species selection and test design. *J. Great Lakes Res.* 15 (4) 539-569p.

GOLDSTEIN, E.G. ; BERTOLETTI, E.; ZAGATTO, P.A.; ARAUJO, R.P.A.; RAMOS, M.L.L.C. 1990 . Procedimento para a utilização de teste de toxicidade no controle de efluentes líquidos. CETESB - São Paulo. 17p.

HAMILTON, M.A.; RUSSO, R.C.; THURSTON, R.V. 1977. Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. *Environmental Science Technology.* (11) 714-719.

HOFFMAN, D. J. ; RATTNER, B. A. ; BURTON JR., G. A. ; CAIRNS JR. J. 1995. *Handbook of Ecotoxicology* . Lewis Publishers. USA. 755p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2000). Dados Censo - Coleta de lixo. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso: 24/04/05.

KAUR, R. ; BUCKLEY, B. ; PARK, S. S., KIM, Y. K. ; COOPER, K. R. 1996 . Toxicity Test of Nanji Island Landfill (Seoul, Korea) Leachate using Japanese Medaka (*Oryzias latipes*) Embryo Larval Assay. Springer-Verlag

New York Inc. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 57:84-90.

KOIVISTO, S. 1996. Toxicity testing from an Ecological Perspective: Life history and food web studies with cladocerans. Stockholm University. Sweden.

KORINEK, V. ; FREY, D.G. 1991. *Biology of Cladocera*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.

KRUIJF, H. A. M.; ZWART, D.; VISWANATHAN, P. N.; RAY, P. K. 1988. *Manual on aquatic Ecotoxicology*. Allied Publishers. India. 332p.

LAWS, E.A. 1993 . *Aquatic Pollution an Introductory text*. 2ª ed. Ed. John Willy & sons, inc. New York. 611p.

LEÃO, A. L. 1997. *Geração de resíduos sólidos urbanos e seu impacto ambiental*. Martos, H.L.; Maia, N.B. In : *Indicadores Ambientais*. Sorocaba. SP. 266p.

LIMA, L.M.Q. 1991 . *Tratamento de lixo* . 2ª ed. revista . Hemus Editora Ltda. 240p.

LINS, E.S. 1981 . *Diagnóstico preliminar - presença de metais pesados na Baía de Babitonga* . CETESB - FATMA - Florianópolis. np.

LO, I. M. C. 1996 . The role of organic attenuation in saturated clay barrier system. In: Water Science and Technology 33 (8)145-151p. IWA Publishing.

MACHADO, P.A. L. 1992 . Direito Ambiental Brasileiro. 4ª ed. Malheiros Editores. São Paulo. 606p.

MARGALEF, R. 1983. Limnología. Ediciones Omega. Barcelona. Espanha. 1010p.

MARTTINEN,S.K.; KETTUNEN,R.H.; SORMUNEN,K.M.;SOIMASUO R.M.; RINTALA, J.A. 2002. Screening of physical-chemical methods for removal of organic material, nitrogen and toxicity from low strength landfill leachates. In: Chemosphere 46 (6): 851-858.

MELLANBY, K. 1982 . Biologia da Poluição . 2ª ed. Edusp . São Paulo. 89p.

MENEZES, D. B. 1995. Diagnostico dos impactos do depósito de resíduos sólidos de São Carlos (SP), no meio físico. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia - USP. São Carlos . SP.103p.

MERBACH JUNIOR, P.S. 1989. Estudos de avaliação de metais pesados em percolado de aterro sanitário em função do tempo de disposição. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia - USP. São Carlos . SP. 89p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. (2004). Portaria nº 518. 25 março. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da

qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em : http://crq4.org.br/downloads/portaria518_04.pdf > Acesso:24/04/05.

MORIARTY, F. 1983. *Ecotoxicology - The study of pollutants in ecosystems*. Academic press. London. England. 289p.

O ESTADO DO MARANHÃO. (2002). Aterro contamina lençóis freáticos. Maranhão. 26 set. Disponível em: <<http://www.ibps.com.br/index.asp?idnoticia=441>> Acesso em: 12/01/05.

OLIVEIRA NETO, A.L. 2000. Toxicidade de alguns metais pesados (Cd, Cr e Pb) em organismos planctônicos lacustres de região subtropical. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia - USP. São Carlos. SP. 91p.

PAMPLIN, P.A.Z. 1999. Avaliação da qualidade ambiental da represa de Americana (SP-Brasil) com ênfase no estudo da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e parâmetros ecotoxicológicos. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia. USP - São Carlos - SP. 111p.

PARISOT, E.H. 1985. Monitoramento das águas subterrâneas adjacentes ao aterro sanitário de Taubaté, SP. Primeiros resultados. In: Boletim IG-USP. Série Científica. (16) 32-45p.

PENNAK, R.W. 1989. *Fresh-Water Invertebrates of the United States*. 3º Ed. Wiley-Interscience Publication. Colorado. EUA. 628p.

PIRACICABA 2010. (2003). Piracicaba. Disponível em:
<http://www.piracicaba2010.com.br/dinamicas/dinam_ambiental_parte10.htm> Acesso em 09/07/03.

PIMENTEL JUNIOR, A.C.N. 1998. Monitoramento integrado em aterro sanitário com codisposição de resíduos sólidos industriais não inertes e inertes: experiência do município de Limeira-SP. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia. USP. São Carlos. SP. 78p.

PINTO, W.D. ; ALMEIDA, M. 1999. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Ed. Ambiental. Brasília-DF. 932p.

PLOTKIN, S.; RAM, N.M. 1984. Multiple bioassays to assess the toxicity of a sanitary landfill leachate. In: Arch. Environmental Contam. Toxicology. (13) 197-206.

POHLAND, F. G.; CROSS, W. H.; GOULD, J. P. 1993. Metal speciation and mobility as influenced by landfill disposal practices. In: Metals in groundwater. Lewis publishers. Chelsea - USA. 411-425p.

PORTO, R.L.L.; BRANCO, S.M.; CLEARY, R.W.; COIMBRA, R.M.; EIGER, S.; LUCA, S.J.; NOGUEIRA, V.P.Q.; PORTO, M.F.A. 1991. Hidrologia Ambiental. Edusp. São Paulo. 414p.

QUEIROZ, G. (2004). Metais pesados sobre as hortaliças. Brasília. 05 ago. Disponível em: <<http://jbonline.terra.com.br/jb/papel/brasil/2004/08>>

/04/jorbrs20040804013.html> Acesso: 24/01/05.

RAND, G. M.; PETROCELLI, S. R. 1985. *Fundamentals of Aquatic Toxicology: methods and applications*. Hemisphere Publishing Co. USA. 666p.

RAND, G. M. 1995. *Fundamentals of Aquatic Toxicology: effects, environmental fate, and risk assessment*. Second Edition. Taylor & Francis Publishers. Flórida. USA. 1125p.

REICHERT, G.A.1999.A vermicompostagem aplicada ao tratamento de lixiviado de aterro sanitário. Dissertação de Mestrado. UFRGS. Porto Alegre. RS. 136p.

REYNOLDSON, T.B.; DAY, K.E.; BAILEY, R.C.; NORRIS, N.H.. 1995. *Methods for establishing biologically based sediment guidelines for freshwater quality management using benthic assessment of sediment*. Australian J. Ecology 20:198-219p.


RIOS, L. 1993. *Estudo limnológico e fatores ecológicos em ribeirões e córregos da bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão (Estado de São Paulo)*. Dissertação de Mestrado. ESCOLA DE ENGENHARIA DE SAO CARLOS. USP. SP. 146p.


ROOKER, A. P. 2000. *A critical evaluation of factors required to terminate the post-closure monitoring period at solid waste landfills*. Dissertação de Mestrado - Graduate Faculty of North Carolina State University. EUA.


ROSS, B. 1990. The diversion capacity of capillary barriers. In: Water Resources Research 26(10): 2625-2629.

RUTHERFORD, L.A.; MATTHEWS, S.L. ; DOE, K.G.; JULIEN, G.R.L. 2000 . Aquatic toxicity and environmental impact of leachate discharges from a municipal landfill. In : Water Quality Research Journal of Canada, 35(1):39-57.

SANTOS, M. F. 1993. Subsídios para o planejamento conservacionista da bacia hidrográfica do Ribeirão Feijão (São Carlos, Itirapina, Analândia, SP). Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. SP. 222p.

SÃO PAULO (Estado) (1976). Decreto nº 8468 de 8 de setembro de 1976. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos d'água. Disponível em: <<http://www.tec.abinee.org.br>> Acesso em 05/01/05. 

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. São Paulo (Estado) 2005. Lei nº 10.888 de 20 de setembro de 2001. Dispõe sobre o descarte final de produtos potencialmente perigosos do resíduo urbano que contenham metais pesados e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/>> Acesso em 05/01/05. 

SCHALCH, V. 1984. Produção e características do chorume em processo de decomposição de lixo urbano. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia. USP. São Carlos. SP. 103p. 

SCHALCH, V. 1992. Análise comparativa do comportamento de dois aterros sanitários semelhantes e correlações dos parâmetros do processo de digestão anaeróbia. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia. USP. São Carlos. SP. 220p.

SCHVARTSMAN, S. 1985. Intoxicações agudas. 3ª edição. Ed. Sarvier. São Paulo. 427-52p.

SOBRAL, H.R. 1996. O Meio ambiente e a cidade de São Paulo. Ed. Makron Books Ltda. São Paulo. 80p.

STRIXINO, G., STRIXINO, S. T. 1982. Macrobentos da represa do Monjolinho (São Carlos - SP). Revista Brasileira de Biologia 42 (1) 165-170.

UFPR. (2003). Departamento de Química. Chorume. Disponível em : <<http://www.quimica.ufpr.br/~tecnorat/chorume.htm>> Acesso em 09/07/03.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1994. USEPA/600/R-94/024. Methods for measuring the toxicity and bioaccumulation of sediment associated contaminants with freshwater invertebrates. Washington. D.C., 133p.

ZAGATTO, P.A. ; GOLDSTEIN, E.G. 1984. Estudo comparativo entre as taxas de reprodução de *Daphnia similis* Claus, 1876 e *Daphnia magna* Straus,

1820: Resultados preliminares. Simpósio Brasileiro de Aqüicultura III. São Carlos. SP. 13p.

ZAGATTO, P.A. 1986. Determinação da inibição da mobilidade de *Daphnia similis*, Claus 1876 (Crustácea - Cladocera). CETESB. SP. 18p.

WESTMAN, W.E. 1985. Ecology, impact assessment, and environmental planning. In: Environmental Science and Technology. 194-287p.

WONG, M. H. 1989. Toxicity of landfill leachate using *Sarotherodon mossambicus* (Freshwater Fish). In: Ecotoxicology Environmental Safety. (17) 149-156.

www.sedes.com.br/cecap/apostilas/materias_ma/arquivos/Educacao_ambiental/Apostila%20Tecnologias%20Limpas%20%20Modulo%202.html - Acesso em 23/01/03.

8. APÊNDICE

APÊNDICE I

Água de Diluição - Água Natural

(CETESB, 1994).

Pode ser utilizada água de superfície ou da rede de abastecimento desclorada, filtrada em rede de plâncton com malha de 30 a 45 μm , não contaminada e de qualidade constante, entendendo-se como qualidade constante quando as variações mensais de dureza, alcalinidade e condutividade forem menores que 10% de suas respectivas médias e a variação mensal do pH for menor que 0,7 unidades de sua média. Medir a dureza total e, se necessário, acertar para a faixa requerida, de 40 - 48 mg/L em CaCO_3 com soluções 1 e 2, considerando que para cada miligrama de dureza a ser aumentada, deve-se acrescentar 0,5 ml da solução 1 e 0,25 ml da solução 2 por litro de água. A água deve passar por um processo de aeração de 24 horas, para se verificar a solubilização e manutenção da saturação de oxigênio dissolvido, para que dados como dureza, pH e condutividade estejam na mesma faixa estipulada para a água de diluição, caso contrário a mesma deve ser desprezada. Após ajuste de pH a água não pode ser aerada.

Faixas estipuladas: pH : 7,2 - 7,6.

 Condutividade: 160 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

APÊNDICE II

Solução 1 e 2 .

(CETESB, 1994).

- Solução 1

Sulfato de Cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$)	1,5 g
Dissolvido em Água bidesionizada ou destilada	1000 ml

- Solução 2

Cloreto de Potássio (KCl)	0,2 g
Bicarbonato de Sódio (NaHCO_3)	4,8 g
Sulfato de Magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$)	6,1 g
Dissolvidos em Água bidesionizada ou destilada	1000 ml

APÊNDICE III

Análise Estatística dos Testes de Toxicidade Aguda e Crônica com Líquidos Percolados

Análises estatísticas dos teste de toxicidade aguda efetuado com *Ceriodaphnia silvestrii*, *Chironomus xanthus* e *Daphnia similis* calculadas através do método de programa computacional, Trimmed Spearman-Kärber.

DATE	31/01/03	TEST NUMBER 01				DURATION	48 h
CHEMICAL	chorume novo					SPECIES	<i>C. silvestrii</i>
CONCENTRATION (%)		0.01	0.10	1.00	10.00	20.00	
NUMBER EXPOSED		15	15	15	15	15	
MORTALITIES		2	3	15	15	15	
SPEARMAN-KARBER TRIM							13.33
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES		EC50					0.2154435
		95% LOWER CONFIDENCE					0.11
		95% UPPER CONFIDENCE					0.43

DATE	31/01/03	TEST NUMBER 02				DURATION	48 h
CHEMICAL	chorume velho					SPECIES	<i>C. silvestrii</i>
CONCENTRATION (%)		0.01	0.10	1.00	10.00	20.00	
NUMBER EXPOSED		15	15	16	15	15	
MORTALITIES		0	0	6	15	15	
SPEARMAN-KARBER TRIM		0.00					
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES		EC50					1.3335214
		95% LOWER CONFIDENCE					0.76
		95% UPPER CONFIDENCE					2.33

DATE	31/01/03	TEST NUMBER 03				DURATION	48 h
CHEMICAL	chorume recirculado					SPECIES	<i>C. silvestrii</i>
CONCENTRATION (%)		0.01	0.10	1.00	10.00	20.00	
NUMBER EXPOSED		15	15	15	15	15	
MORTALITIES		0	0	9	15	15	
SPEARMAN-KARBER TRIM		0.00					
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES		EC50					0.7943282
		95% LOWER CONFIDENCE					0.44
		95% UPPER CONFIDENCE					1.42

DATE	01/02/03	TEST NUMBER 04				DURATION	48 h
CHEMICAL	chorume novo					SPECIES	<i>C. silvestrii</i>
CONCENTRATION (%)		0.01	0.10	1.00	10.00	20.00	
NUMBER EXPOSED		15	15	15	15	15	
MORTALITIES		0	6	0	15	15	
SPEARMAN-KARBER TRIM		0.00					
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES		EC50					1.2589254
		95% LOWER CONFIDENCE					0.64
		95% UPPER CONFIDENCE					2.47

DATE 01/02/03 TEST NUMBER 05 DURATION 48 h
 CHEMICAL chorume velho SPECIES *C. silvestrii*
 CONCENTRATION (%) 0.01 0.10 1.00 10.00 20.00
 NUMBER EXPOSED 15 15 15 15 15
 MORTALITIES 7 7 0 15 15
 SPEARMAN-KARBER TRIM 31.11
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 1.8801546
 95% CONFIDENCE LIMITS ARE NOT RELIABLE.

DATE 01/02/03 TEST NUMBER 06 DURATION 48 h
 CHEMICAL chorume recirculado SPECIES *C. silvestrii*
 CONCENTRATION (%) 0.01 0.10 1.00 10.00 20.00
 NUMBER EXPOSED 15 15 15 15 15
 MORTALITIES 7 5 0 15 15
 SPEARMAN-KARBER TRIM 26.67
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 2.0805676
 95% CONFIDENCE LIMITS ARE NOT RELIABLE.

TEST NUMBER 07 - Minimum required trim is too large 100.0 so SK is not calculable.

DATE 04/02/03 TEST NUMBER 08 DURATION 48 h
 CHEMICAL chorume velho SPECIES *C. silvestrii*
 CONCENTRATION (%) 0.63 1.25 2.50 5.00 10.00
 NUMBER EXPOSED 15 15 15 15 15
 MORTALITIES 0 0 0 15 15
 SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 3.5355334
 95% CONFIDENCE LIMITS ARE NOT RELIABLE.

DATE 09 TEST NUMBER 09 DURATION 48 h
 CHEMICAL chorume recirculado SPECIES *C. silvestrii*
 CONCENTRATION (%) 0.63 1.25 2.50 5.00 10.00
 NUMBER EXPOSED 15 15 15 15 15
 MORTALITIES 0 0 0 15 15
 SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 3.5355334
 95% CONFIDENCE LIMITS ARE NOT RELIABLE.

DATE 05/02/03 TEST NUMBER 10 DURATION 48 h
 CHEMICAL chorume velho SPECIES *C. silvestrii*
 CONCENTRATION (%) 0.63 1.25 2.50 5.00 10.00
 NUMBER EXPOSED 9 9 9 9 9
 MORTALITIES 0 0 0 6 9
 SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 4.4544930
 95% LOWER CONFIDENCE 3.58
 95% UPPER CONFIDENCE 5.54

TEST NUMBER 11 - Minimum required trim is too large 100.0 so SK is not calculable.

DATE 05/02/03 TEST NUMBER 12 DURATION 48 h
 CHEMICAL chorume recirculado SPECIES *C. silvestrii*
 CONCENTRATION (%) 0.63 1.25 2.50 5.00 10.00
 NUMBER EXPOSED 9 9 9 9 9
 MORTALITIES 0 0 0 9 9
 SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 3.5355334
 95% CONFIDENCE LIMITS ARE NOT RELIABLE.

DATE 10/03/03 TEST NUMBER 13 DURATION 48 h
 CHEMICAL chorume novo SPECIES *C. silvestrii*
 CONCENTRATION (%) 0.63 1.25 2.50 5.00 10.00
 NUMBER EXPOSED 15 15 15 15 15
 MORTALITIES 2 3 13 15 15
 SPEARMAN-KARBER TRIM 13.33
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 1.6598110
 95% LOWER CONFIDENCE 1.32
 95% UPPER CONFIDENCE 2.08

DATE 10/03/03 TEST NUMBER 14 DURATION 48 h
 CHEMICAL chorume velho SPECIES *C. silvestrii*
 CONCENTRATION (%) 2.00 4.00 6.00 8.00 10.00
 NUMBER EXPOSED 15 15 15 15 15
 MORTALITIES 0 15 15 15 15
 SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 2.8284266
 95% CONFIDENCE LIMITS ARE NOT RELIABLE.

DATE 10/03/03 TEST NUMBER 15 DURATION 48 h
 CHEMICAL chorume recirculado SPECIES *C. silvestrii*
 CONCENTRATION (%) 1.00 2.00 3.00 6.00 8.00
 NUMBER EXPOSED 15 15 15 15 15
 MORTALITIES 0 0 3 15 15
 SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 3.8012297
 95% LOWER CONFIDENCE 3.39
 95% UPPER CONFIDENCE 4.26

DATE	18/03/03	TEST NUMBER	01	DURATION	48 h
CHEMICAL	Cloreto de sodio (NaCl)			SPECIES	<i>C. silvestrii</i>
CONCENTRATION (g/l)	1.00	1.30	1.60	2.20	2.50
NUMBER EXPOSED	15	15	15	15	15
MORTALITIES	1	2	7	13	15
SPEARMAN-KARBER TRIM	6.67				
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	EC50	1.6560808			
95% LOWER CONFIDENCE			1.49		
95% UPPER CONFIDENCE			1.83		

DATE	01/02/03	TEST NUMBER	01	DURATION	96 h
CHEMICAL	chorume novo			SPECIES	<i>C. xanthus</i>
CONCENTRATION (%)	0.01	0.10	1.00	10.00	20.00
NUMBER EXPOSED	18	18	18	18	18
MORTALITIES	3	4	5	4	17
SPEARMAN-KARBER TRIM	16.67				
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	EC50	6.9150486			
95% LOWER CONFIDENCE			2.25		
95% UPPER CONFIDENCE			21.22		

DATE	01/02/03	TEST NUMBER	02	DURATION	96 h
CHEMICAL	chorume velho			SPECIES	<i>C. xanthus</i>
CONCENTRATION (%)	0.01	0.10	1.00	10.00	20.00
NUMBER EXPOSED	18	18	18	18	18
MORTALITIES	3	5	5	1	12
SPEARMAN-KARBER TRIM	33.33				
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	EC50	15.5832920			
95% LOWER CONFIDENCE			11.98		
95% UPPER CONFIDENCE			20.26		

DATE	01/02/03	TEST NUMBER	03	DURATION	96 h
CHEMICAL	chorume recirculado			SPECIES	<i>C. xanthus</i>
CONCENTRATION (%)	0.01	0.10	1.00	10.00	20.00
NUMBER EXPOSED	18	18	18	18	18
MORTALITIES	3	5	6	7	16
SPEARMAN-KARBER TRIM	16.67				
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	EC50	3.2052414			
95% LOWER CONFIDENCE			0.95		
95% UPPER CONFIDENCE			10.83		

DATE 07/03/03 TEST NUMBER 04 DURATION 96 h
 CHEMICAL chorume novo SPECIES *C. xanthus*
 CONCENTRATION (%) 10.00 25.00 50.00 75.00 100.00
 NUMBER EXPOSED 18 18 18 18 18
 MORTALITIES 8 18 18 18 18
 SPEARMAN-KARBER TRIM 44.44
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 10.9595823
 95% CONFIDENCE LIMITS ARE NOT RELIABLE.

DATE 08/03/03 TEST NUMBER 05 DURATION 96 h
 CHEMICAL chorume velho SPECIES *C. xanthus*
 CONCENTRATION (%) 10.00 25.00 50.00 75.00 100.00
 NUMBER EXPOSED 18 18 18 18 18
 MORTALITIES 5 18 18 18 18
 SPEARMAN-KARBER TRIM 27.78
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 13.2569313
 95% CONFIDENCE LIMITS ARE NOT RELIABLE.

DATE 08/03/03 TEST NUMBER 06 DURATION 96 h
 CHEMICAL chorume recirculado SPECIES *c. xanthus*
 CONCENTRATION (%) 10.00 25.00 50.00 75.00 100.00
 NUMBER EXPOSED 18 18 18 18 18
 MORTALITIES 1 18 18 18 18
 SPEARMAN-KARBER TRIM 5.56
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 15.3909645
 95% CONFIDENCE LIMITS ARE NOT RELIABLE.

DATE 22/07/03 TEST NUMBER 1 DURATION 48 h
 CHEMICAL chorume novo SPECIES *c. silvestrii*
 CONCENTRATION (%) 0.32 0.63 1.25 2.50 5.00
 NUMBER EXPOSED 15 15 15 15 15
 MORTALITIES 0 0 13 15 15
 SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 0.9694654
 95% LOWER CONFIDENCE 0.86
 95% UPPER CONFIDENCE 1.09

TEST NUMBER 02 - Minimum required trim is too large 60.0 so SK is not calculable.

DATE 22/07/03 TEST NUMBER 03 DURATION 48 h
 CHEMICAL chorume recirculado SPECIES *c. silvestrii*
 CONCENTRATION (%) 1.00 2.00 4.00 6.00 8.00
 NUMBER EXPOSED 15 16 15 15 15
 MORTALITIES 0 16 15 15 15
 SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 1.4142134
95% CONFIDENCE LIMITS ARE NOT RELIABLE.

DATE 12/07/03 TEST NUMBER 01 DURATION 48 h
CHEMICAL chorume velho SPECIES *D. similis*
CONCENTRATION (%) 1.00 2.00 4.00 6.00 8.00
NUMBER EXPOSED 15 15 15 15 15
MORTALITIES 2 8 14 15 15
SPEARMAN-KARBER TRIM 13.33
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 1.8877485
95% LOWER CONFIDENCE 1.46
95% UPPER CONFIDENCE 2.44

DATE 12/07/03 TEST NUMBER 02 DURATION 48 h
CHEMICAL chorume novo SPECIES *D. similis*
CONCENTRATION (%) 0.32 0.63 1.25 2.50 5.00
NUMBER EXPOSED 15 15 15 15 15
MORTALITIES 0 0 1 6 15
SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 2.5584345
95% LOWER CONFIDENCE 2.10
95% UPPER CONFIDENCE 3.11

DATE 12/07/03 TEST NUMBER 03 DURATION 48 h
CHEMICAL chorume recirculado SPECIES *D. similis*
CONCENTRATION (%) 1.00 2.00 4.00 6.00 8.00
NUMBER EXPOSED 15 15 15 15 15
MORTALITIES 0 0 4 15 15
SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 4.2314515
95% LOWER CONFIDENCE 3.73
95% UPPER CONFIDENCE 4.80

DATE 21/07/03 TEST NUMBER 04 DURATION 48 h
CHEMICAL chorume velho SPECIES *D. similis*
CONCENTRATION (%) 1.00 2.00 4.00 6.00 8.00
NUMBER EXPOSED 15 15 15 15 15
MORTALITIES 0 0 4 14 15
SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 4.3303571
95% LOWER CONFIDENCE 3.79
95% UPPER CONFIDENCE 4.95

DATE	21/07/03	TEST NUMBER	05	DURATION	48 h
CHEMICAL	chorume recirculado			SPECIES	<i>D. similis</i>
CONCENTRATION (%)	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
NUMBER EXPOSED	15	15	16	15	15
MORTALITIES	0	0	2	13	15
SPEARMAN-KARBER TRIM		0.00			
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	EC50			4.7902055	
95% LOWER CONFIDENCE				4.29	
95% UPPER CONFIDENCE				5.34	

DATE	21/07/03	TEST NUMBER	6	DURATION	48 h
CHEMICAL	chorume novo			SPECIES	<i>D. similis</i>
CONCENTRATION (%)	0.32	0.63	1.25	2.50	5.00
NUMBER EXPOSED	15	15	15	15	15
MORTALITIES	0	0	0	15	15
SPEARMAN-KARBER TRIM		0.00			
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	EC50			1.7677668	
95% CONFIDENCE LIMITS ARE NOT RELIABLE.					

DATE	12/07/03	TEST NUMBER	01	DURATION	96 h
CHEMICAL	chorume novo			SPECIES	<i>C. xanthus</i>
CONCENTRATION (%)	3.13	6.25	12.50	25.00	50.00
NUMBER EXPOSED	18	18	18	18	18
MORTALITIES	2	3	18	18	18
SPEARMAN-KARBER TRIM		11.11			
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	EC50			8.0585632	
95% LOWER CONFIDENCE				6.81	
95% UPPER CONFIDENCE				9.54	

DATE	12/07/03	TEST NUMBER	02	DURATION	96 h
CHEMICAL	chorume velho			SPECIES	<i>C. xanthus</i>
CONCENTRATION (%)	3.13	6.25	12.50	25.00	50.00
NUMBER EXPOSED	18	18	18	18	18
MORTALITIES	2	6	4	18	18
SPEARMAN-KARBER TRIM		11.11			
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	EC50			12.5955725	
95% LOWER CONFIDENCE				9.59	
95% UPPER CONFIDENCE				16.54	

DATE	13/07/03	TEST NUMBER	3	DURATION	96 h
CHEMICAL	chorume recircul			SPECIES	<i>C. xanthus</i>
CONCENTRATION (%)	3.13	6.25	12.50	25.00	50.00
NUMBER EXPOSED	18	18	18	18	18
MORTALITIES	1	2	14	18	18
SPEARMAN-KARBER TRIM		5.56			
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	EC50			9.4834929	
95% LOWER CONFIDENCE				7.82	
95% UPPER CONFIDENCE				11.50	

DATE	22/07/03	TEST NUMBER	04	DURATION	96 h
CHEMICAL	chorume velho			SPECIES	<i>C. xanthus</i>
CONCENTRATION (%)	1.00	5.00	10.00	15.00	25.00
NUMBER EXPOSED	18	18	18	18	18
MORTALITIES	6	7	9	13	18
SPEARMAN-KARBER TRIM		33.33			
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	EC50			7.4890413	
95% LOWER CONFIDENCE				2.67	
95% UPPER CONFIDENCE				21.04	

DATE	22/07/00	TEST NUMBER	053	DURATION	96 h
CHEMICAL	chorume novo			SPECIES	<i>C. xanthus</i>
CONCENTRATION (%)	1.00	5.00	10.00	15.00	20.00
NUMBER EXPOSED	18	18	18	18	18
MORTALITIES	4	4	8	18	18
SPEARMAN-KARBER TRIM		22.22			
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	EC50			9.3646269	
95% LOWER CONFIDENCE				7.29	
95% UPPER CONFIDENCE				12.02	

DATE	22/07/03	TEST NUMBER	06	DURATION	96 h
CHEMICAL	chorume recirculado			SPECIES	<i>C. xanthus</i>
CONCENTRATION (%)	1.00	5.00	10.00	15.00	25.00
NUMBER EXPOSED	18	18	18	18	18
MORTALITIES	8	9	18	18	18
SPEARMAN-KARBER TRIM		44.44			
SPEARMAN-KARBER ESTIMATES	EC50			3.4087048	
95% LOWER CONFIDENCE				0.27	
95% UPPER CONFIDENCE				42.30	

DATE 24/07/03 TEST NUMBER 04 DURATION 48 h
 CHEMICAL Cloreto sodio (NaCl) SPECIES *C. silvestrii*
 CONCENTRATION (g/l) 1.00 1.30 1.60 2.20 2.50
 NUMBER EXPOSED 16 15 15 15 15
 MORTALITIES 0 0 8 15 15
 SPEARMAN-KARBER TRIM 0.00
 SPEARMAN-KARBER ESTIMATES EC50 1.6305852
 95% LOWER CONFIDENCE 1.52
 95% UPPER CONFIDENCE 1.74

Análises estatísticas efetuadas com os resultados dos testes crônicos feitos com *Ceriodaphnia silvestrii* e amostras de líquido percolado velho, recirculado e novo.

⌘ FILE: RECIRCULADO - *C. silvestrii*

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	3	13	23	7	4

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 3.1756

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

Data PASS normality test.

Hartley's test for homogeneity of variance

Calculated H statistic (max Var/min Var) = 7.67

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 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).

FISHER'S EXACT TEST

IDENTIFICATION	NUMBER OF		
	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	10	0	10
0.2	10	0	10
TOTAL	20	0	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,10) ($p=0.05$) IS 6. b VALUE IS 10. Since b is greater than 6 there is no significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

IDENTIFICATION	NUMBER OF		
	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	10	0	10
0.5	10	0	10
TOTAL	20	0	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,10) ($p=0.05$) IS 6. b VALUE IS 10. Since b is greater than 6 there is no significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

IDENTIFICATION	NUMBER OF		
	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	10	0	10
1.0	9	1	10
TOTAL	19	1	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,10) ($p=0.05$) IS 6. b VALUE IS 9. Since b is greater than 6 there is no significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

IDENTIFICATION	NUMBER OF		
	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	10	0	10
2.0	3	7	10
TOTAL	13	7	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,10) (p=0.05) IS 6. b VALUE IS 3. Since b is less than or equal to 6 there is a significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

SUMMARY OF FISHER'S EXACT TESTS

GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
	CONTROL	10	0	
1	0.2	10	0	
2	0.5	10	0	
3	1.0	10	1	
4	2.0	10	7	*

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	4	2484.000	621.000	24.470
Within (Error)	45	1142.000	25.378	
Total	49	3626.000		

Critical F value = 2.61 (0.05,4,40). Since F > Critical F REJECT Ho: All equal

DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2

Ho: Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	19.800	19.800		
2	0.2	17.200	17.200	1.154	
3	0.5	21.400	21.400	-0.710	
4	1.0	15.000	15.000	2.131	
5	2.0	1.600	1.600	8.078	*

Dunnett table value = 2.23 (1 Tailed Value, P=0.05, df=40,4)

DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2

Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	10			
2	0.2	10	5.024	25.4	2.600
3	0.5	10	5.024	25.4	-1.600
4	1.0	10	5.024	25.4	4.800
5	2.0	10	5.024	25.4	18.200

⌘ FILE: NOVO - *C. silvestrii*

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	5	5	16	13	1

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 6.4967

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

Data PASS normality test.

Hartley's test for homogeneity of variance

Calculated H statistic (max Var/min Var) = 6.11

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 PASS homogeneity test. 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).

FISHER'S EXACT TEST

IDENTIFICATION	NUMBER OF		
	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	10	0	10
0.2	10	0	10
TOTAL	20	0	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,10) (p=0.05) IS 6. b VALUE IS 10. Since b is greater than 6 there is no significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

IDENTIFICATION	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	10	0	10
0.5	8	2	10
TOTAL	18	2	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,10) (p=0.05) IS 6. b VALUE IS 8. Since b is greater than 6 there is no significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

IDENTIFICATION	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	10	0	10
1.0	6	4	10
TOTAL	16	4	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,10) (p=0.05) IS 6. b VALUE IS 6. Since b is less than or equal to 6 there is a significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

SUMMARY OF FISHER'S EXACT TESTS

GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
	CONTROL	10		
1	0.2	10	0	
2	0.5	10	2	
3	1.0	10	4	*

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	3	577.400	192.467	6.545
Within (Error)	36	1058.600	29.406	
Total	39	1636.000		

Critical F value = 2.92 (0.05,3,30). Since $F > \text{Critical } F$ REJECT H_0 : All equal

DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2

Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	19.800	19.800		
2	0.2	22.300	22.300	-1.031	
3	0.5	15.400	15.400	1.814	
4	1.0	12.500	12.500	3.010	*

Dunnett table value = 2.15 (1 Tailed Value, P=0.05, df=30,3)

DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2

Ho: Control<Treatment

ROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig (IN ORIG. UNITS)	Diff % of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	10			
2	0.2	10	5.214	26.3	-2.500
3	0.5	10	5.214	26.3	4.400
4	1.0	10	5.214	26.3	7.300

⌘ FILE: VELHO - C. silvestrii

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	2	12	20	11	5

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 1.5000

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277 Data PASS normality test.

Hartley's test for homogeneity of variance

Calculated H statistic (max Var/min Var) = 6.83

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 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).

FISHER'S EXACT TEST

IDENTIFICATION	NUMBER OF		
	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	10	0	10
0.2	10	0	10
TOTAL	20	0	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,10) (p=0.05) IS 6. b VALUE IS 10.

Since b is greater than 6 there is no significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

IDENTIFICATION	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	10	0	10
0.5	10	0	10
TOTAL	20	0	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,10) (p=0.05) IS 6. b VALUE IS 10.

Since b is greater than 6 there is no significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

FISHER'S EXACT TEST

IDENTIFICATION	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	10	0	10
1.0	9	1	10
TOTAL	19	1	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,10) (p=0.05) IS 6. b VALUE IS 9.

Since b is greater than 6 there is no significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

IDENTIFICATION	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	10	0	10
2.0	5	5	10
TOTAL	15	5	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,10) (p=0.05) IS 6. b VALUE IS 5. Since b is less than or equal to 6 there is a significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

SUMMARY OF FISHER'S EXACT TESTS

GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
	CONTROL	10	0	
1	0.2	10	0	
2	0.5	10	0	
3	1.0	10	1	
4	2.0	10	5	*

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	4	2120.920	530.230	24.224
Within (Error)	45	985.000	21.889	
Total	49	3105.920		

Critical F value = 2.61 (0.05,4,40). Since F > Critical F REJECT Ho: All equal

DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2 Ho: Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	19.800	19.800		
2	0.2	17.800	17.800	0.956	
3	0.5	18.500	18.500	0.621	
4	1.0	16.600	16.600	1.529	
5	2.0	2.100	2.100	8.460	*

Dunnett table value = 2.23 (1 Tailed Value, P=0.05, df=40,4)

DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2

Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	10			
2	0.2	10	4.666	23.6	2.000
3	0.5	10	4.666	23.6	1.300
4	1.0	10	4.666	23.6	3.200
5	2.0	10	4.666	23.6	17.700

Análises estatísticas efetuadas com os resultados dos testes crônicos feitos com *Daphnia similis*, e amostras de líquido percolado velho, recirculado e novo.

⌘ FILE: DAPHNIA VELHO

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	2	16	14	16	2

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 4.9639

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

Data PASS normality test.

Hartley's test for homogeneity of variance

Calculated H statistic (max Var/min Var) = 3.07

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 PASS homogeneity test.

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).

FISHER'S EXACT TEST

IDENTIFICATION	NUMBER OF		
	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	9	1	10
0.25	8	2	10
TOTAL	17	3	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,9) ($p=0.05$) IS 4. b VALUE IS 8. Since b is greater than 4 there is no significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

IDENTIFICATION	NUMBER OF		
	DEAD	ALIVE	TOTAL ANIMALS
CONTROL	1	9	10
0.5	0	10	10
TOTAL	1	19	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,1) ($p=0.05$) IS LESS THAN 0. b VALUE IS 0. No significant difference.

IDENTIFICATION	NUMBER OF		
	DEAD	ALIVE	TOTAL ANIMALS
CONTROL	1	9	10
1.0	0	10	10
TOTAL	1	19	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,1) ($p=0.05$) IS LESS THAN 0. b VALUE IS 0. No significant difference.

IDENTIFICATION	NUMBER OF		
	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	9	1	10
2.0	9	1	10
TOTAL	18	2	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,9) ($p=0.05$) IS 4. b VALUE IS 9. Since b is greater than 4 there is no significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

SUMMARY OF FISHER'S EXACT TESTS

GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
	CONTROL	10	1	
1	0.25	10	2	
2	0.5	10	0	
3	1.0	10	0	
4	2.0	10	1	

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	4	549.280	137.320	6.333
Within (Error)	45	975.700	21.682	
Total	49	1524.980		

Critical F value = 2.61 (0.05,4,40). Since F > Critical F REJECT Ho: All equal

DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2 Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	29.200	29.200		
2	0.25	26.400	26.400	1.345	
3	0.5	20.800	20.800	4.034	*
4	1.0	20.700	20.700	4.082	*
5	2.0	23.000	23.000	2.977	*

Dunnett table value = 2.23 (1 Tailed Value, P=0.05, df=40,4)

DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2 Ho: Control<Treatment

ROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	10			
2	0.25	10	4.644	15.9	2.800
3	0.5	10	4.644	15.9	8.400
4	1.0	10	4.644	15.9	8.500
5	2.0	10	4.644	15.9	6.200

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	3	12	19	15	1

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 2,3815

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

Data PASS normality test.

Hartley's test for homogeneity of variance

Calculated H statistic (max Var/min Var) = 11.68

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).

FISHER'S EXACT TEST

IDENTIFICATION	NUMBER OF		
	DEAD	ALIVE	TOTAL ANIMALS
CONTROL	1	9	10
0.25	0	10	10
TOTAL	1	19	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,1) (p=0.05) IS LESS THAN 0. b VALUE IS 0. NO SIGNIFICANT DIFFERENCE

IDENTIFICATION	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	9	1	10
0.5	9	1	10
TOTAL	18	2	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,9) ($p=0.05$) IS 4. b VALUE IS 9. Since b is greater than 4 there is no significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

IDENTIFICATION	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	9	1	10
1.0	9	1	10
TOTAL	18	2	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,9) ($p=0.05$) IS 4. b VALUE IS 9. Since b is greater than 4 there is no significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

IDENTIFICATION	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	9	1	10
2.0	9	1	10
TOTAL	18	2	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,9) ($p=0.05$) IS 4. b VALUE IS 9. Since b is greater than 4 there is no significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

SUMMARY OF FISHER'S EXACT TESTS

GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
	CONTROL	10	1	
1	0.25	10	0	
2	0.5	10	1	
3	1.0	10	1	
4	2.0	10	1	

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	4	234.480	58.620	0.753
Within (Error)	45	3504.500	77.878	
Total	49	3738.980		

Critical F value = 2.61 (0.05,4,40). Since $F < \text{Critical F}$ FAIL TO REJECT H_0 : All equal

DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2

Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	29.200	29.200		
2	0.25	25.900	25.900	0.836	
3	0.5	27.200	27.200	0.507	
4	1.0	26.000	26.000	0.811	
5	2.0	31.600	31.600	-0.608	

Dunnett table value = 2.23 (1 Tailed Value, P=0.05, df=40,4)

DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2

Ho: Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	10			
2	0.25	10	8.801	30.1	3.300
3	0.5	10	8.801	30.1	2.000
4	1.0	10	8.801	30.1	3.200
5	2.0	10	8.801	30.1	-2.400

⌘ FILE: DAPHNIA RECIRCULADO

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	2	14	18	13	3

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 1.0092

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

Data PASS normality test.

Hartley's test for homogeneity of variance

Calculated H statistic (max Var/min Var) = 2.01

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 PASS homogeneity test.

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).

FISHER'S EXACT TEST

IDENTIFICATION	DEAD	ALIVE	TOTAL ANIMALS
CONTROL	1	9	10
1.0	0	10	10
TOTAL	1	19	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,1) ($p=0.05$) IS LESS THAN 0. b VALUE IS 0. NO SIGNIFICANT DIFFERENCE

IDENTIFICATION	ALIVE	DEAD	TOTAL ANIMALS
CONTROL	9	1	10
2.0	9	1	10
TOTAL	18	2	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,9) ($p=0.05$) IS 4. b VALUE IS 9. Since b is greater than 4 there is no significant difference between CONTROL and TREATMENT at the 0.05 level.

IDENTIFICATION	DEAD	ALIVE	TOTAL ANIMALS
CONTROL	1	9	10
3.0	0	10	10
TOTAL	1	19	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,1) ($p=0.05$) IS LESS THAN 0. b VALUE IS 0. NO SIGNIFICANT DIFFERENCE

IDENTIFICATION	DEAD	ALIVE	TOTAL ANIMALS
CONTROL	1	9	10
4.0	0	10	10
TOTAL	1	19	20

CRITICAL FISHER'S VALUE (10,10,1) ($p=0.05$) IS LESS THAN 0. b VALUE IS 0. NO SIGNIFICANT DIFFERENCE

SUMMARY OF FISHER'S EXACT TESTS

GROUP	IDENTIFICATION	NUMBER EXPOSED	NUMBER DEAD	SIG (P=.05)
	CONTROL	10	1	
1	1.0	10	0	
2	2.0	10	1	
3	3.0	10	0	
4	4.0	10	0	

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	4	2320.520	580.130	27.754
Within (Error)	45	940.600	20.902	
Total	49	3261.120		

Critical F value = 2.61 (0.05,4,40). Since $F > \text{Critical F}$ REJECT H_0 : All equal

DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2 H_0 : Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	29.200	29.200		
2	1.0	9.100	9.100	9.831	*
3	2.0	13.700	13.700	7.581	*
4	3.0	15.400	15.400	6.749	*
5	4.0	13.800	13.800	7.532	*

Dunnett table value = 2.23 (1 Tailed Value, $P=0.05$, $df=40,4$)

DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2 H_0 : Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	10			
2	1.0	10	4.559	15.6	20.100
3	2.0	10	4.559	15.6	15.500
4	3.0	10	4.559	15.6	13.800
5	4.0	10	4.559	15.6	15.400

ANEXOS

Tabela - Precipitação total diária, em milímetros, referente aos dias de coleta e aos 7 (sete) dias que as antecederam (Período de Chuva).

Precipitação total diária		
Data (dia/mês)	Precipitação (mm)	Temperatura média (°C)
24/1	22,7	24,5
25/1	0,9	22,1
26/1	3,2	23,5
27/1	24,1	23,4
28/1	10,0	23,5
29/1	8,0	23,0
30/1	10,7	22,6
31/1	1,0	24,7
Total	80,6	

Precipitação total diária		
Data (dia/mês)	Precipitação (mm)	Temperatura média (°C)
28/2	0,0	27,6
1/3	0,0	27,0
2/3	0,0	25,1
3/3	5,0	25,7
4/3	0,0	25,5
5/3	18,5	25,8
6/3	9,1	26,4
7/3	42,8	25,7
Total	75,4	

Os dias 31/01 e 07/03 foram os dias de coleta.

Fonte :Base de Dados do Posto Agrometeorológico ESALQ - USP - Piracicaba, SP - Brasil (www.esalq.usp.br/departamentos/Ice/excedados/DCE2003.TXT).
 Coordenadas Geográficas do Posto: Latitude : 22° 42' 30" sul, Longitude: 47° 38' 30" oeste e Altitude : 546 m.

Tabela - Precipitação total, em milímetros, entre as duas coletas efetuadas no período de chuva (31/01/03 e 07/03/03).

Período	Precipitação Total (mm)
31/01/03	1,0
01/02/03 a 28/02/03	58,6
01/03/03	0,0
02/03/03	0,0
03/03/03	5,0
04/03/03	0,0
05/03/03	18,5
06/03/03	9,1
07/03/03	42,8
TOTAL	134,0

Tabela - Precipitação total diária, em milímetros, referente aos dias de coleta e aos 7 (sete) dias que as antecederam (Período de Seca).

Precipitação total diária					
Data (dia/mês)	Precipitação (mm)	Temperatura média (°C)	Data (dia/mês)	Precipitação (mm)	Temperatura média (°C)
05/jul	0	18,1	15/jul	0	18,6
06/jul	0	19,2	16/jul	0	19,6
07/jul	0	20,5	17/jul	0	18,9
08/jul	0	21,1	18/jul	0	18,6
09/jul	0	20,9	19/jul	0	19
10/jul	16,4	16,6	20/jul	0	19,7
11/jul	0	16,7	21/jul	0	21
12/jul	0	12,8	22/jul	0	20,9
Total	16,4		Total	0	

Os dias demarcados em vermelho (12/07 e 22/07) foram os dias de coleta.

Fonte: Base de Dados do Posto Agrometeorológico ESALQ - USP - Piracicaba, SP- Brasil (www.esalq.usp.br/departamentos/Ice/excedados/DCE2003.TXT).
 Coordenadas Geográficas do Posto: Latitude : 22° 42' 30" sul, Longitude: 47° 38' 30" oeste e Altitude : 546 m.