Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Departamento de Engenharia Civil
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

MONITORAMENTO FÍSICO-QUÍMICO E MICROBIOLÓGICO DO LIXIVIADO DO ATERRO CONTROLADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE AGUAZINHA EM OLINDA PE

Etiene Elayne Meireles da Rocha

Recife, PE – Brasil
2008.

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

MONITORAMENTO FÍSICO-QUÍMICO E MICROBIOLÓGICO DO LIXIVIADO DO ATERRO CONTROLADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE AGUAZINHA EM OLINDA PE

Etiene Elayne Meireles da Rocha

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá

Co-orientador: Prof. Dr. Maurício Alves da Motta Sobrinho

Recife, PE – Brasil
2008.

MONITORAMENTO FÍSICO-QUÍMICO E MICROBIOLÓGICO DO LIXIVIADO DO ATERRO CONTROLADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE AGUAZINHA EM OLINDA PE

Etiene Elayne Meireles da Rocha

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO COMO PARTE INTEGRANTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL

Aprovada por:

José Fernando Thomé Jucá, D.Sc.
(Orientador)

Maurício Alves da Motta Sobrinho, Dr.
(Co-Orientador)

Valdeni Duarte Leite, Ph. D.
(Examinador Externo)

Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral, Ph. D.
(Examinador Interno)

Recife, PE – Brasil
Agosto de 2008

R672m **Rocha, Etiene Elayne Meireles da.**

Monitoramento físico-químico e microbiológico do lixiviado do aterro controlado de resíduos sólidos urbanos de Aguazinha em Olinda PE / Etiene Elayne Meireles da Rocha. - Recife: O Autor, 2008.

vii, 106 folhas, il : tabs. grafs., figs

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2008.

Inclui Bibliografia.

1. Engenharia Civil. 2. Características de lixiviado. 3. Tratamento de lixiviado. 4.Aterro controlado de Aguazinha PE. I. Título

UFPE

624 **CDD (22 ed.)** **BCTG/ 2009-041**

Dedicatória

Aos meus pais, José de Ribamar e Enilza Meireles da Rocha, e à minha irmã, Elyene Elene Meireles da Rocha, amores da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por seu infinito amor e por ser causa primária de todas as coisas;

Aos meus amores, José de Ribamar da Rocha, Enilza Meireles da Rocha e Elyene Elene Meireles da Rocha, pelo compromisso assumido e amor incondicional;

Aos meus amados tios (pais), Eduardo e Guiomar e primo (irmão), Eduardo da Rocha Saraiva pelo amor, apoio e valiosos incentivos;

Ao orientador Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá, por sua amizade, respeito, oportunidade, acessibilidade, ensinamentos e confiança em meu trabalho;

Ao co-orientador Prof. Dr. Maurício Alves da Motta Sobrinho, por sua amizade, disponibilidade, paciência, idéias e valiosas informações que foram de grande valia para a confecção deste trabalho;

Ao Gustavo Nogueira, por sua disponibilidade e valiosa colaboração para a confecção deste trabalho;

A prefeitura Municipal de Olinda pelos dados fornecidos;

Aos técnicos do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE), pelos dados fornecidos;

A professora Maria de Los Angeles Perez Palha e técnicos do Laboratório de Análises Microbiológicas da UFPE, pela dedicação e compromissos assumidos;

A Danuza Gusmão pelos dados fornecidos do Aterro Controlado de Aguazinha e do município de Olinda-PE;

A Andrea, secretária da pós-graduação em Engenharia Civil, por sua amizade, paciência, profissionalismo, carinho e ajuda;
Ao Engenheiro Antônio Brito, pela amizade e por ser um exemplo de humanismo;

Aos amigos do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS), pelo companheirismo e carinho;

Ao Sr. Severino pelo carinho, amizade e incentivos a mim dedicados;

As amigas Ericka e Lidiane pelo carinho, respeito e companheirismo;

A amiga Vânia Farias, por sua amizade e momentos de companheirismo;

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos;

A todos aqueles que contribuíram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho.

RESUMO

ROCHA, E.E.M. (2008). Característica Físico-Química e Microbiológica do Lixiviado do Aterro Controlado de Resíduos Sólidos de Aguazinha em Olinda-PE. Dissertação (Mestrado). Recife: Universidade Federal de Pernambuco.

A presente pesquisa aborda o estudo de caracterização físico-química e microbiológica dos lixiviados produzidos a partir de duas células de disposição de resíduos sólidos do Aterro Controlado de Aguazinha, localizado no município de Olinda-PE. O estudo apresenta uma abordagem sobre a caracterização dos lixiviados e sua contribuição como subsídio ao projeto de dimensionamento de sistemas de tratamentos futuros de lixiviados do aterro. O mesmo aborda também, alguns dos principais tratamentos utilizados em lixiviados no Brasil, bem como suas utilizações e eficiências verificadas. Este trabalho foi desenvolvido com experimentos em campo e laboratório com o apoio do Grupo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Pernambuco (GRS/UFPE). Realizou-se os estudos, através da caracterização dos lixiviados provenientes da degradação de resíduos antigos (>10 anos de disposição) e resíduos novos (<2 anos de disposição) e, avaliação dos parâmetros analisados como subsídio ao dimensionamento de sistemas de tratamentos futuros de lixiviados do aterro. Os resultados obtidos na caracterização apresentaram-se coerentes com as fases de degradação biológica: transição, acidogênica e metanogênica e, a avaliação dos parâmetros, mostrou-se conveniente haja vista que, a quantificação e qualificação destes parâmetros, poderão contribuir significativamente para a execução dos cálculos nos projetos de sistemas de tratamentos a serem implantados. Todavia, o sistema de tratamento de lixiviados, atualmente em construção no aterro, mostrou-se conveniente para remoção de matéria orgânica e possível remoção de nitrogênio amoniacal, principalmente, se associado a um tratamento complementar.

Palavras chaves: Características de lixiviado, Tratamento de lixiviado, Aterro controlado de aguazinha-PE.

ABSTRACT

ROCHA, E.E.M. (2008). Characteristics Physiochemical and Microbiology of the Leachate of the Controlled Landfill of Solids Wastes of Aguazinha/Olinda-PE. M.Sc. Dissertation. Recife: Federal University of Pernambuco.

This research it approaches the study of the physiochemical characteristics and microbiology of those leachate produced starting from two cells of disposition of solid wastes of the Controlled Landfill of Aguazinha, located in the municipal of Olinda-PE. The study presents an approach about the characteristics of those leachate and contribution as subsidy to the project of measure of systems of future treatments of leachate of the landfill. The same also approaches, some of the main treatments used in leached in Brazil, as well as their use and verified efficiencies. This work was developed with experiments in field and laboratory with the support of the Group of Solid Wastes of the Federal University of Pernambuco (GRS/UFPE). Took place the studies, through the characterization of the leachate coming of the degradation of old wastes (>10 years of disposition) and new wastes (<2 years of disposition) and, evaluation of the parameters analyzed as subsidy to the measure of systems of future treatments of leachate of the landfill. The results obtained in the characteristics were coherent with the phases of biological degradation: transition, acidogenesis and metanogenesis and, the evaluation of the parameters, was shown convenient has seen that, the quantification and qualification of these parameters, they will significantly be able to contribute for the execution of the calculations in the projects of systems of treatments to be implanted. Though, the treatment system of leachate, now in construction in the landfill, it was shown convenient for removal of organic matter and possible removal of nitrogen amoniacal, mainly, if associated to a complemental treatment.

Key words: Characteristics of leachate. Treatment of leachate. controlled landfill of Aguazinha-PE.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS…… V
RESUMO…….…….. Vii
ABSTRACT…… 1
LISTA DE FIGURAS…….…….. 5
LISTA DE TABELAS…… 7
LISTA DE QUADROS……..…… 8
LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES……..…….. 9
1. INTRODUÇÃO…….. 12
1.1 Problemática dos Resíduos Sólidos……..…….. 12
1.1.1 Características dos Resíduos Sólidos no Brasil..... 13
1.1.2 Características de Lixiviados no Brasil..... 16
1.2 Objetivos..... 18
1.2.1 Objetivo Geral..... 18
1.2.2 Objetivos Específicos..... 18
1.3 Justificativa..... 19
1.4 Estrutura da Dissertação..... 20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 22
2.1 Resíduos Sólidos……..…….. 22
2.2 Legislação Ambiental Brasileira..... 23
2.2.1 Lei de Política Nacional do Meio Ambiente –PNMA (6.938/81)..... 23
2.2.2 Lei Ambiental 9.605/98 (12/02/1998)..... 24
2.2.3 A Resolução CONAMA 357/05 (17/03/2005)..... 25
2.2.4. Crítica à Legislação..... 26
2.3 Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil..... 28
2.3.1 Lixiviados no Brasil..... 30
2.3.2 Biodegradabilidade de Lixiviados……..…….. 33
2.3.3 Decomposição Anaeróbia……..…… 35
2.4. Sistemas de Tratamentos de Lixiviados no Brasil..... 37
2.5 Alternativas de Tratamento de Lixiviados mais utilizados em Aterros..... 41
2.5.1 Lagoas de Estabilização..... 42

a) Lagoas Anaeróbias..... 42
b) Lagoas Facultativas..... 43
c) Lagoas Aeróbias ou de Maturação..... 44
2.5.2 Filtros Biológicos Anaeróbios..... 44
2.5.3 Evaporação de Lixiviados através de Destilação Solar..... 45
2.5.4 Tratamento Combinado de Lixiviado com Esgoto Doméstico..... 45
2.5.5 Recirculção de Lixiviado..... 46
2.5.6 Processos Físico-Químicos..... 47
2.5.7 Sistema Bioquímico..... 47
CAPÍTULO3 MATERIAL E MÉTODOS..... 48
3.1 Descrição da Área Estudada..... 48
3.1.1 Município de Olinda-PE..... 48
3.1.2 Aterro Controlado de Aguazinha-PE..... 50
3.2 Projeto do Sistema de Tratamento de Lixiviados no Aterro de Aguazinha-PE..... 52
3.2.1 Lagoa de Equalização..... 53
3.2.2 Filtro Biológico (tratamento anaeróbio)..... 54
3.2.3 Lagoa Facultativa..... 55
3.2.4 Recirculação de Lixiviado…….…….…. 56
3.3 Procedimentos para Coletas de Amostras..... 56
3.3.1 Amostragens..... 56
3.3.2 Pontos de Amostragens…….…….. 57
3.3.3 Parâmetros Analisados..... 61
3.3.4 Metodologias dos Parâmetros Analisados..... 61
3.3.5 Características dos Resíduos Sólidos de Aguazinha-PE..... 62
3.3.3.5.1 Composição Gravimétrica..…… 62
CAPÍTULO 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 65
4.1 Avaliação Global do Monitoramento Físico-Químico e Microbiológico dos Lixiviados…….. 65
4.2 Monitoramento Mensal Físico-Químico dos Lixiviados…… 68
4.2.1 Potencial Hidrogeniônico…… 68
4.2.2 Alcalinidade Total……..…….. 71
4.2.3 Condutividade Elétrica…… 72
4.2.4 Cor……..…….. 74
4.2.5 Turbidez……..…….. 76

4.2.6 DBO……..…… 77
4.2.7 DQO…… 79
4.2.8 Relação DBO_5/DQO……..... 80
4.2.9 Sólidos Totais…… 81
4.2.10 Sulfetos e Sulfatos……..…….. 83
4.2.11 Metais Pesados……..……... 85
4.2.11.1 Manganês, Chumbo, Cádmio, Cromo e Zinco……..…… 85
4.2.12 Nitrogênio Amoniacal, Nitrato e Nitrito…… 87
4.3 Monitoramento Microbiológico dos Lixiviados……..... 90
CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES..... 95
SUGESTOES PARA FUTURAS PESQUISAS..... 97
REFENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 98

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1: Desenho esquemático do sistema de tratamento (Muribeca-PE)..... 47
FIGURA 3.1: Mapa de localização do município de Olinda-PE..... 48
FIGURA 3.2: Aterro controlado de aguazinha-PE..... 50
FIGURA 3.3: Depósito de resíduo a céu aberto entre 1988 e 1998..... 51
FIGURA 3.4: Re-ordenamento da massa de resíduos sólidos do aterro controlado de aguazinha em 4 células..... 51
FIGURA 3.5: Sistema de tratamento de lixiviados do aterro controlado de aguazinha-PE..... 55
FIGURA 3.6: Planta do aterro controlado de aguazinha-PE com os pontos de coletas..... 58
FIGURA 3.7: Amostragas microbiológicas e físico-químicas, respectivamente..... 58
FIGURA 3.8: Célula Antiga; b) Célula Antiga (coleta de lixiviado); c) Célula Nova; d) Célula Nova (coleta de lixiviado)..... 59
FIGURA 3.9: Dados pluviométricos de Olinda-PE..... 59
FIGURA 4.1: Representação gráfica dos corpos d`água do grupo de bacias de pequeno rios litorâneos 65
FIGURA 4.2: Variação do pH e da precipitação mensal em função do tempo..... 70
FIGURA 4.3: Variação da alcalinidade total e da precipitação mensal em função do tempo..... 72
FIGURA 4.4: Variação da condutividade elétrica e da precipitação mensal em função do tempo..... 73
FIGURA 4.5: Variação da cor e da precipitação mensal em função do tempo..... 75
FIGURA 4.6: Variação da turbidez e da precipitação mensal em função do tempo..... 76
FIGURA 4.7: Variação da concentração de DBO e da precipitação mensal em função do tempo..... 77
FIGURA 4.8: Variação da concentração de DQO e da precipitação

mensal em função do tempo..... 79
FIGURA 4.9: Relação DBO_5/DQO e da precipitação mensal em função do tempo..... 81
Figura 4.10: Variação da concentração de ST, SST e SDT e da precipitação mensal-Lixiviado antigo..... 83
Figura 4.11: Variação da concentração de ST, SST e SDT e da precipitação mensal-Lixiviado antigo..... 83
FIGURA 4.12: Variação de sulfatos e sulfetos e da precipitação mensal em função do tempo – lixiviado antigo..... 84
FIGURA 4.13: Variação de sulfatos e sulfetos e da precipitação mensal em função do tempo – lixiviadonovo..... 84
FIGURA 4.14: Variação de metais pesados e da precipitação mensal em função do tempo – lixiviado antigo..... 86
FIGURA 4.15: Variação de metais pesados e da precipitação mensal em função do tempo – lixiviado novo..... 86
FIGURA 4.16: Valores de $N\text{-}NH_4^+$, Nitrato e Nitrito para o lixiviado antigo..... 89
FIGURA 4.17: Valores de $N\text{-}NH_4^+$, Nitrato e Nitrito para o lixiviado novo..... 90
FIGURA 4.18: Variação de Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes e Pseudomonas aeruginosa e da precipitação em função do tempo..... 92
FIGURA 4.19: Variação de Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes e Pseudomonas aeruginosa e da precipitação em função do tempo..... 93

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1: Quantidade de resíduos sólidos urbanos (ton/dia) – 2005.... 15
TABELA 1.2: Características mais prováveis do lixiviado de aterros brasileiros..... 16
TABELA 1.2: Características mais prováveis do lixiviado de aterros brasileiros (continuação)..... 17
TABELA 2.1: Geração de resíduos sólidos urbanos..... 29
TABELA 2.2: Quantidade de unidades de processamento de RSU, por tipo de unidade..... 30
TABELA 2.3: Origem dos íons encontrados no lixiviado..... 32
TABELA 3.1: Populações urbanas brasileiras e Olinda-PE..... 49
Tabela 3.2 Metodologias utilizadas no Estudo do Monitoramento do aterro controlado de Aguazinha……. 61
Tabela 3.2 Metodologias utilizadas no Estudo do Monitoramento do aterro controlado de Aguazinha (continuação)……. 62
TABELA 3.3: Ensaio gravimétrico do aterro controlado de aguazinha/PE–2000..... 63
TABELA 3.4: Quantidade de resíduos sólidos dispostos no aterro controlado de aguazinha-PE..... 64
TABELA 4.1: Média e desvios padrões dos parâmetros físico-químicos analisados..... 66
TABELA 4.2: Padrões de lançamentos de efluentes em corpos D`água.... 68
TABELA 4.3: Concentração dos constituintes dos lixiviados em função do grau de estabilização para o parâmetro DBO..... 78
TABELA 4.4: Concentração dos constituintes dos lixiviados em função do grau de estabilização para o parâmetro DQO..... 79
TABELA 4.5: Características mais prováveis do lixiviado de aterros brasileiros..... 89
TABELA 4.6: Resultados do monitoramento microbiológico do lixiviado antigo..... 92
TABELA 4.7: Resultados do monitoramento microbiológico do lixiviado novo..... 93

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1: Processos e tipos de tratamentos de lixiviado..... 39
QUADRO 2.2 (a): Tipos de tratamentos de lixiviados realizados nos maiores aterros de resíduos sólidos no Brasil..... 39
QUADRO 2.2 (b): Tipos de tratamentos de lixiviados realizados nos maiores aterros de resíduos sólidos no Brasil (continuação)..... 40
QUADRO 2.3: Dimensões construtivas dos filtros biológicos..... 55

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

ABREVIATURAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ATEPE: Associação Tecnológica de Pernambuco

CEF: Caixa Econômica Federal

CEMPRE: Compromisso Empresarial para Reciclagem

CETESB: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

COT: Carbono Orgânico Total

CT: Coliformes Totais

CTT: Coliformes Temotolerantes

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO: Demanda Química de Oxigênio

DLU: Diretoria de Limpeza Urbana

EDTA: Ácido Etileno Diamino Tetra-acético;

EMLURB: Empresa Municipal de Limpeza e Urbanização

ETEs: Estações de Tratamento de Esgotos

FUNASA: Fundação Nacional de Saúde

GRS: Grupo de Resíduos Sólidos

ICRT: Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável

IPT: Instituto de Pesquisa Tecnológica

ITEP: Instituto de Tecnologia de Pernambuco

LAMEPE: Laboratório de Meteorologia de Pernambuco

NISAM: Núcleo de Informações em Saúde Ambiental

NMP: Número Mais Provável

OD: Oxigênio Dissolvido

OMS: Organização Mundial da Saúde

PNSB: Programa Nacional de Saneamento Básico

POAs: Processos Oxidativos Avançados

PROSAB: Programa de Pesquisa em Saneamento Básico

QUANT: Quantidade

RSS: Resíduos de Serviços de Saúde

RSU: Resíduos Sólidos Urbanos

SEDU: Secretaria de Desenvolvimento Urbano

SEMA: Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Pernambuco

SNIS: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SISNAMA: Sistema Nacional de Meio Ambiente

SDT: Sólidos Dissolvidos Totais

SDV: Sólidos Dissolvidos Voláteis

SDF: Sólidos Dissolvidos Fixos

ST: Sólidos Totais

SV: Sólidos Voláteis

SST: Sólidos Suspensos Totais

SSF: Sólidos Suspensos Fixos

SSV: Sólidos Suspensos Voláteis

SÍMBOLOS

%: Porcentagem

℃: Grau Celsius

$CaCO_3$: Carbonato de Cálcio

Cd: Cádmio

CH_4 : Gás Metano

$CO_{2:}$: Dióxido de Carbono

Cr: Cromo

Fe: Ferro

H^+: Íon Hidrogênio

H_2: Hidrogênio

H_2S: Gás Sulfídrico

Mn: Manganês

N: Nitrogênio

NH_3^+: Amônia

NH_4^+: Amônio

NO_2^-: Nitrito

NO_3^-: Nitrato

N-NH_4^+: Nitrogênio Amoniacal

OH-: Hidroxila

P: Fósforo

Pb: Chumbo

Q: Vazão

O_2: Oxigênio Molecular

UV/H_2O_2: Ultra Violeta/Peróxido de Hidrogênio

Zn: Zinco

UNIDADES

d: Dia

g: Grama

h: Hora

ha: Hectare

hab: Habitante

Kg: Quilo-Grama

Km: Quilômetro

Km^2: Quilômetro Quadrado

L: Litro

L/s: Litros por Segundo

m: Metro

m^3: Metro Cúbico

mg/L: Miligrama por Litro

mL: Mililitro

Ton: Tonelada

UNT: Unidade Nefelométrica de Turbidez

1- INTRODUÇÃO

1.1 Problemática dos Resíduos Sólidos

A preocupação com a degradação do meio ambiente, tornou-se assunto principal e de extrema relevância ao interesse público em todas as partes do mundo. Tanto países desenvolvidos, como em processo de desenvolvimento, vêm sendo afetados pelos problemas de poluição e seus impactos ambientais.

A falta de uma política para o gerenciamento dos resíduos sólidos contribui para a poluição do ar, da água, do solo e para a conseqüente degradação da qualidade de vida. Além disso, a falta de recursos financeiros nos países em desenvolvimento tem agravado esse problema, pela impossibilidade da aplicação de medidas corretivas para reverter à situação (CETESB, 1995).

Soma-se a isso, a grande deficiência no saneamento básico de várias regiões brasileiras, em especial por falta de destinação adequada de seus resíduos, impondo a um grande número de pessoas os riscos de exposição aos resíduos sólidos e seus sub-produtos. Estes estão geralmente dispostos de forma inadequada no solo e em corpos d`águas, lançados frequentemente em rios e lagos, fora dos padrões de lançamentos exigidos pelos órgãos de fiscalização ambiental.

A disposição de resíduos sólidos, sempre foi questão de grande importância para os municípios devido aos problemas sociais, políticos, econômicos e ambientais. Segundo Schmidt (2005) o problema agrava-se ainda, pelo fato de que muitas vezes, os municípios não dispõem de estruturas administrativas e de recursos humanos compatíveis com as exigências dessa complexa tarefa, o que é acentuado pelas grandes diferenças regionais e, muitas vezes, pelo tamanho dos municípios.

A geração destes resíduos é influenciada, segundo Lima (1995) pelo número de habitantes, área relativa de produção, condições climáticas, hábitos e costumes da população, nível educacional e poder aquisitivo. Essa

geração sofre influência também das condições geográficas, sócio-econômicas, características de sexo e idade dos grupos populacionais além do tipo de controle exercido no sistema pelo órgão responsável pelos resíduos.

O grande volume de resíduos sólidos produzidos, e que cada vez mais aumenta, quando lançados em solos ou em corpos d`água sem algum tratamento ou tratamento inadequado, constitui-se em um problema sanitário, dificultando assim, a depuração natural do meio ambiente, haja vista que a contribuição de matéria orgânica é, em geral, elevada.

Segundo Gonçalves (2003) esta barreira sanitária tem forte influência nos indicadores de saúde, os quais, apresentam-se muito abaixo dos padrões mínimos de dignidade humana em várias regiões brasileiras.

Os resíduos sólidos e líquidos lixiviados provenientes de um aterro de resíduos sólidos urbanos, quando dispostos no solo e na água, estão sujeitos a processos de degradação microbiana, que objetivam a redução de substâncias em suas formas mais complexas (como substâncias húmicas, dentre outras), em formas reduzidas e estabilizadas (como ácidos orgânicos, etc.), contribuindo assim, para o ciclo de vida biológico. Esses resíduos, em sua maioria, são dispostos em lixões a céu aberto, aterros controlados ou aterros sanitários, no intuito de diminuir os problemas de impactos ambientais em uma determinada área.

1.1.1 Características dos resíduos sólidos no Brasil

A norma brasileira 10.004 (ABNT, 2004), classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente. Os resíduos sólidos são considerados nos estados sólido e semi-sólido, resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços ou de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas 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 técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

A situação do manejo de resíduos sólidos no Brasil é preocupante, principalmente no que diz respeito à questão da disposição final, uma vez que 75% dos municípios brasileiros utilizam lixões como forma de disposição dos resíduos sólidos urbanos, 15% utilizam aterros controlados e apenas 10% dispõem os resíduos em aterros sanitários (BROLLO, 2001).

Da totalidade dos municípios brasileiros, não são muitos os que têm conseguido soluções satisfatórias do ponto de vista ambiental e econômico. Ao contrário de ser desanimador, os exemplos conhecidos mostram que há soluções possíveis, mesmo nas atuais crises e transformações do desenvolvimento do país (IPT/CEMPRE, 1995).

Segundo Junior (2006) começa-se em nosso país, felizmente, a projetar, implantar e operar aterros sanitários. Surge daí a necessidade do tratamento dos lixiviados, que são efluentes com altas concentrações de matéria orgânica, cerca de 60 vezes superiores às encontradas nos esgotos domésticos, e com tratabilidade muito distinta da dos esgotos.

Jucá (2003) afirma que a grande dificuldade de implantação de aterros sanitários, reside na falta de políticas públicas e estudos de operação de um aterro, que pressupõe tratamento adequado de líquidos lixiviados e gases efluentes, além de todos os demais cuidados previstos nas normas técnicas disponíveis.

A construção e operação de aterros controlados, torna-se necessária para transformações e remediações de lixões, no intuito de diminuir impactos ambientais no local de disposição de resíduos. Os aterros controlados são designados como um local de disposição de resíduos sólidos urbanos com cobertura diária por camadas de terra, porém sem outras medidas que assegurem efetiva proteção ao meio ambiente e à saúde pública.

Em sua maioria, constituem-se de sistemas que foram convertidos a partir de lixões ou então implantados segundo as diretrizes de novos projetos, mas que não efetuaram a devida impermeabilização, porém, mantêm um bom nível de qualidade operacional, principalmente quanto à cobertura sistemática dos resíduos (HAMADA, 2003). Tanto em lixões, aterros controlados ou aterros sanitários, são avaliados os impactos ambientais causados, pois os mesmos podem causar contaminação das águas dos lençóis freáticos ou pluviais. Os lixões e aterros controlados são também responsáveis pela poluição do solo, do ar e pela poluição visual.

Um dos grandes problemas encontrados no gerenciamento de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos diz respeito à produção e ao tratamento dos líquidos lixiviados produzidos. Especialmente nos casos onde o aterro controlado está situado em áreas com uma alta pluviosidade, onde a produção de lixiviado é abundante, conseqüentemente, o risco de contaminação do solo, de lençóis freáticos e de leitos de rios é relativamente alto, podendo gerar um forte impacto ambiental na área de disposição.

Na Tabela 1.1, pode-se observar a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados e coletados no Brasil no ano de 2005. Verifica-se que as regiões Norte e Nordeste apresentam um percentual de menor cobertura do serviço, confirmando assim, a necessidade e motivação para o desenvolvimento deste trabalho, como contribuição e subsídio, às futuras pesquisas, voltadas não só para a região nordeste, mas para as demais regiões que este puder contribuir.

Tabela 1.1 Quantidade de Resíduos Sólidos Urbanos Gerados e Coletados no Brasil em ton/dia no ano de 2005.

MACROREGIÃO	RSU GERADO (ton/dia)	ÌNDICE DE COLETA (%)	RSU COLETADO (ton/dia)	RSU NÃO COLETADO (ton/dia)
Norte	14.365	87,5	12.569	1.796
Nordeste	46.623	89,4	41.681	4.942
Centro-Oeste	10.096	96,5	9.743	353
Sudeste	82.458	98,4	81.139	1.319
Sul	19.982	98,3	19.643	340
Brasil	173.524	95,0	164.774	8.750

Fonte: PNSB -2000 - CEF/FUNASA/SEDU/IBGE. In: Abrelpe, 2007.

1.1.2 Características de lixiviados no Brasil

Pode-se observar na Tabela 1.2, um estudo sobre as características dos líquidos lixiviados em aterros brasileiros. Este estudo foi realizado, por Souto & Povinelli (2007), com intuito de subsidiar trabalhos brasileiros que sempre utilizam dados literários oriundos do exterior, principalmente de países de clima temperado.

O estudo de Souto & Povinelli refere-se às características reais e faixas de variação mais prováveis dos parâmetros encontrados em lixiviados de lixões, aterros controlados e aterros sanitários brasileiros e tem fundamental importância no desenvolvimento deste trabalho, já que o mesmo também é voltado ao monitoramento dos líquidos lixiviados, no caso, o Aterro Controlado de Aguazinha-PE, objeto deste trabalho. Tomou-se o cuidado de selecionar do estudo dos referidos autores, os mesmos parâmetros que foram monitorados no Aterro Controlado de Aguazinha, Tabela 1.2.

Tabela 1.2 Características mais prováveis do Lixiviado de Aterros Brasileiros

VARIÁVEL	FAIXA MÁXIMA	FAIXA MAIS PROVÁVEL
*pH	5,7 – 8,6	7,2 – 8,6
Alcalinidade total (mg/L de $CaCO_3$)	750 – 11.400	750 – 7.100
**Condutividade (µS/cm)	2.950 – 25.000	2.950 – 17.660
DBO (mg/L)	< 20 – 30.000	< 20 – 8.600
DQO (mg/L)	190 – 80.000	190 – 22.300
N-amoniacal (mg/L)	0,4 – 3.000	0,4 – 1.800
N-nitrito (mg/L)	0 - 50	0 - 15
N-nitrato (mg/L)	0 - 11	0 – 3,5
P-total (mg/L)	0,1 - 40	0,1 - 15
Sulfeto (mg/L)	0 - 35	0 - 10
Sulfato (mg/L)	0 – 5.400	0 - 1 800
Sólidos totais (mg/L)	3.200 – 21.900	3.200 a 14.400
Sólidos totais voláteis (mg/L)	630 – 20.000	630 – 5.000
Sólidos totais fixos (mg/L)	2.100 – 14.500	2.100 – 8.300
Sólidos suspensos totais (mg/L)	5 – 2.800	5 - 700
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	5 - 530	5 - 200
Ferro (mg/L)	0,01 - 260	0,01 - 65

Fonte: Souto & Povinelli (2007); *adimensional; **µmho/cm

Tabela 1.2 Características mais Prováveis do Lixiviado de Aterros Brasileiros (continuação)

VARIÁVEL	FAIXA MÁXIMA	FAIXA MAIS PROVÁVEL
Manganês (mg/L)	0,04 – 2,6	0,04 – 2,0
Cromo (mg/L)	0,003 – 0,8	0,003 – 0,5
Cádmio (mg/L)	0 – 0,26	0 – 0,065
Chumbo (mg/L)	0,01 – 2,8	0,01 – 0,5
Zinco (mg/L)	0,01 – 8,0	0,01 – 1,5

Fonte: Souto & Povinelli (2007); *adimensional; **µmho/cm;

De acordo com Torres *et al.* (1997) os maiores problemas gerados no destino final de resíduos sólidos em aterros é a formação dos sub-produtos gerados pelos fenômenos físicos e bioquímicos que acontecem no interior do aterro e que saem na forma de gases e lixiviados.

Segundo Reichert & Cotrin (2000) o efetivo tratamento dos líquidos lixiviados dos aterros de resíduos se constituem em um dos principais problemas de gerenciamento dos mesmos, pois o volume e concentração desses líquidos variam ao longo da vida de um aterro.

De forma geral, nos aterros controlados, o destino desses efluentes tem sido frequentemente, rios e lagos às proximidades dos mesmos, ou fontes de abastecimento de água da população local, acarretando sérios problemas de poluição ambiental e de saúde pública. Pois, essas fontes poluidoras em sua maioria, são lançadas em corpos d´águas receptores fora dos padrões de lançamento exigidos pelos órgãos de fiscalização ambiental.

Do ponto de vista ambiental, a preocupação está principalmente, no gerenciamento dos efluentes líquidos, seja na forma de lixiviados ou de águas de escoamento superficial. Quanto aos lixiviados, a maioria dos aterros de resíduos sólidos urbanos não dispõe de um sistema efetivo de drenagem e tratamento, (HAMADA, 2003).

A motivação desta pesquisa está na necessidade de monitorar os líquidos lixiviados produzidos no Aterro Controlado de Aguazinha-PE, no intuito de quantificar, qualificar e, compreender sua composição e seus

possíveis impactos ao meio ambiente e a sociedade local, bem como, fornecer parâmetros para os futuros projetos de sistemas nos aterros, objetivando verificar e complementar medidas de viabilidade econômica e sustentabilidade ambiental.

A elaboração deste trabalho fundamenta-se no fato observado atualmente no aterro controlado de aguazinha, que apresenta um sistema de tratamento de lixiviados, em fase de construção. Fato este, que o torna de total relevância para as questões de compreensão das características dos líquidos lixiviados, os quais serão tratados, quando da operação do referido sistema.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Estudar e avaliar os lixiviados gerados a partir de duas células de diferentes idades do Aterro Controlado de Aguazinha, localizado no município de Olinda-PE, procurando conhecer e compreender sua composição, características físico-químicas e mirobiológicas, no intuito de buscar alternativas economicamente viáveis, eficientes e eficazes para o tratamento do lixiviado e indicar as alternativas economicamente viáveis como possível subsídio ao projeto do sistema de tratamento de lixiviados do aterro.

1.2.2 Objetivos específicos

Caracterizar, através de amostragens e análises mensais, os parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos lixiviados gerados nas duas células de disposição de resíduos sólidos do aterro de Aguazinha (célula 01 com resíduos antigos e célula 02 com resíduos novos);

Caracterizar os lixiviados no período de chuvas e de estiagem avaliando a influência da precipitação sobre os parâmetros analisados;

Analisar o nível de biodegradabilidade dos lixiviados de ambas as células;

Avaliar o potencial poluidor do efluente com base na legislação nacional, Resolução Nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e na legislação estadual da Agência Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Avaliar a influência desses parâmetros como subsídio ao projeto do dimensionamento de sistemas de tratamentos futuros de lixiviados, contribuindo com sugestões significativas no intuito de mitigar os possíveis impactos ambientais no local.

1.3 Justificativa

O município de Olinda apresenta um quadro populacional de 391.433 habitantes (IBGE, 2007), com a maior parcela da população em área urbana, apresentando uma elevada densidade populacional.

O município constitui-se em um grande pólo turístico do Estado, o que contribui para o aumento de produção dos resíduos e prestação dos serviços básicos de infra-estrutura.

Observa-se no aterro controlado de Aguazinha, o lançamento dos líquidos lixiviados das células 1 e 2, sendo destinados constantemente para a bacia do Rio Beberibe, especificamente para o corpo d`água Riacho Lava Tripa, classificado como muito poluído pela Agência Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (2007).

Diante deste fato, torna-se de extrema relevância conhecer e avaliar a composição dos lixiviados do aterro, pois esses líquidos constituem-se na principal preocupação quanto à degradação ambiental de áreas localizadas próximas ao local de disposição finais dos resíduos, uma vez que o tratamento desses efluentes tem se mostrado um grande desafio (CHERNICHARO *et al.*, 2003); e os resíduos sólidos produzidos nos bairros do município, são encaminhados e dispostos diariamente na área de destinação final constituída pelo aterro controlado de Aguazinha.

Com este trabalho, pretende-se contribuir com subsídios ao plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos do município, contribuir principalmente, para a qualidade de vida de sua população, diminuição dos impactos ambientais e conservação dos recursos naturais.

1.4 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está fundamentada em ensaios de campo e laboratório, seguidos de análises dos dados comentados junto aos órgãos públicos, com posterior avaliação dos dados como subsídio ao dimensionamento de sistemas de tratamentos futuros de lixiviados do Aterro Controlado de Aguazinha-PE.

A dissertação está estruturada em 4 capítulos. O Capítulo 1 refere-se à introdução, abordando a problemática atual dos resíduos sólidos, suas características no âmbito brasileiro; as características de um dos principais subprodutos (lixiviados) da degradação microbiológica dos lixiviados, e a situação dos líquidos lixiviados no âmbito brasileiro; apresenta o objetivo geral, objetivos específicos e justificativa, motivadora para a elaboração deste trabalho, bem como, a estrutura desta dissertação;

No capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica, iniciando-se com os aspectos gerais referentes à situação de tratamento dos lixiviados; aspectos referentes à legislação ambiental e críticas à mesma; a situação dos resíduos sólidos e lixiviados no Brasil e finalmente, os sistemas e métodos de tratamentos de lixiviados utilizados no Brasil e no Aterro Controlado de Aguazinha-PE;

No Capítulo 3 é feita uma descrição sobre a área estudada, abordando dados sobre a localização do aterro, os procedimentos utilizados para as coletas, o período das amostragens, bem como, os parâmetros e as metodologias utilizadas para o monitoramento dos mesmos; as características do Aterro Controlado de Aguazinha e a composição gravimétrica dos resíduos dispostos no mesmo;

No Capítulo 4 são apresentados e discutidos os resultados obtidos na pesquisa. Inicialmente são mostrados os resultados da caracterização físico-química e posteriormente os resultados da caracterização microbiológica; e uma avaliação dos dados encontrados, como subsídio para o projeto de dimensionamento de sistemas de tratamentos futuros de lixiviados do aterro.

No Capítulo 5 estão apresentadas as conclusões obtidas a partir desta pesquisa;

Ao final deste trabalho estão as sugestões para futuras pesquisas e as referências bibliográficas.

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Resíduos Sólidos

Em todo o mundo, a destinação final inadequada dos resíduos sólidos tem sido vista como um dos principais problemas da atualidade, que se agrava pelo crescimento da população e pelo incremento da produção de lixo *per capita* NISAM/ICTR, (2004). Em países economicamente desenvolvidos, à medida que há uma evolução tecnológica, agregam-se novos hábitos e costumes na sociedade, gerando novas fontes de poluição do ambiente, resultando em um resíduo cada vez mais complexo em sua constituição e com conseqüentes problemas relativos ao seu tratamento.

O Aterro Sanitário é o modelo de tratamento de resíduos mais utilizados no mundo, responsável pela destinação final de cerca de 50% destes na Europa. Quando bem projetado e operado, é um método ambientalmente seguro e economicamente viável para a maioria dos resíduos brasileiros (LOUREIRO, 2005).

Existe no Brasil, um número significativo de aterros sanitários, principalmente nas Regiões Sudeste e Sul. Por outro lado, nas demais regiões, este tipo de destinação final é praticamente inexistente. A grande dificuldade reside nos custos de operação de um aterro sanitário, que pressupõem tratamento adequado de líquidos e gases efluentes, além de todos os demais cuidados previstos nas normas técnicas pertinentes (LOUREIRO, 2005).

Vale ressaltar que as normas brasileiras de aterros de resíduos foram elaboradas, em sua maioria, há duas décadas e praticamente não incorporaram os conceitos mais recentes de geotecnia ambiental ou mesmo de biotecnologia (JUCÁ, 2003).

De acordo com Mannarino (2006) um dos desafios nos projetos de aterros sanitários é o tratamento do lixiviado uma vez que sua qualidade é alterada em função das características dos resíduos dispostos no aterro, de fatores relativos à área, de fatores climáticos e, sobretudo, com a idade do aterro. Desta forma, é relevante o desenvolvimento de técnicas de

tratamento eficientes na remoção da carga poluidora do lixiviado e que sejam compatíveis com a realidade técnica e econômica dos municípios.

No Brasil, a aplicação dos processos de tratamento de lixiviado tem por objetivo principal a redução das concentrações de compostos orgânicos e de nitrogênio amoniacal. Essa é uma decorrência da vigência da Resolução CONAMA 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes.

Segundo Souto & Povinelli (2007) o tratamento de lixiviado de aterros sanitários ainda se constitui num desafio aos profissionais da área, não tendo ainda sido encontrada uma solução eficaz. Entre os problemas encontrados pelos projetistas nacionais, está a dificuldade de se encontrar uma descrição das características usuais do lixiviado de aterros sanitários brasileiros. As tabelas disponíveis na literatura usualmente apresentam dados oriundos do exterior, principalmente de países de clima temperado. Diante dos fatos, faz-se necessário a caracterização de lixiviados de aterros sanitários no Brasil.

2.2 Legislação Ambiental Brasileira

As maiores exigências no cumprimento à legislação ambiental, transcrita em parâmetros de controle mais rigorosos e restritos, requer a adoção de um conjunto de medidas e procedimentos operacionais que se consubstanciem na efetiva mitigação dos impactos ambientais (PROSAB, 2003).

2.2.1 Lei de política nacional do meio ambiente (PNMA) 6.938/81

Affonso (2005) afirma que esta lei tem como objetivo principal a criação de uma política Nacional do Meio Ambiente. O SISNAMA, órgão composto por entidades da união, dos estados e dos municípios. Já refletia a tendência da necessidade de um trabalho envolvendo as três esferas de governo (Federal, Estadual e Municipal) no combate aos danos e proteção ao meio ambiente. Apesar de ser uma lei bastante geral, menciona em seu

artigo 13° que segue: “O Poder Executivo incentivará as atividades voltadas ao meio ambiente, visando":

a. Ao desenvolvimento no País, de pesquisas e processos tecnológicos destinados a reduzir a degradação da qualidade ambiental;

b. A fabricação de equipamentos antipoluidores;

c. Outras iniciativas que propiciem a racionalização do uso de recursos ambientais.

Verifica-se que apesar da maneira genérica, acredita-se que as possibilidades para uma técnica eficiente em sistemas de tratamento de lixiviados estejam inclusa neste parágrafo. Apesar de não se mencionar o poder Executivo, em questão, das esferas Federal, Estadual e Municipal. Este vácuo de especificação será uma constante até que se tenha motivações políticas para alterar esta realidade.

Também no âmbito desta lei, ficam instituídas as licenças a serem obtidas ao longo da existência das atividades modificadoras ou potencialmente modificadoras da qualidade ambiental (IPT/CEMPRE, 2000).

2.2.2 Lei ambiental 9.605 (12/02/1998)

Lei de Crimes Ambientais, e de acordo com esta, a prisão de um indivíduo no nosso país sem qualquer direito a apelação deve-se a três fatores: a) Não pagamento de pensão alimentícia, b) Ser infiel depositário e c) a praticar crimes contra o meio ambiente.

Esta lei, de caráter amplo, pretende legislar em crimes ambientais desde grafitar um monumento público até a exportação de animais silvestres nacionais, passando por toda a sorte de poluições (do ar, do solo e da água). Assim, a sua abrangência é total, possibilitando ao Ministério Público poderes para a detenção, prisão e multas sobre os infratores, pessoa física ou jurídica.

A mesma menciona alguns atenuadores, como motivos de baixa escolaridade, ausência de antecedentes, situação econômica do infrator e principalmente a intensidade do dano. Esta decisão, de caráter puramente

subjetivo, abre margem a inúmeras interpretações, sendo então uma máxima a frase: “Cada caso é um caso”, não cabendo qualquer possibilidade de procedimentos padrões.

As penas aplicadas poderão ser não apenas pecuniárias[1], mas também, prestar serviços à comunidade, interdição temporária de direitos, suspensão parcial ou total de atividades e recolhimento domiciliar. Assim, é assegurado ao poder público várias modalidades de sanções, lembrando que a análise destas questões será sempre subjetiva, ou seja, para crimes ambientais similares praticados em diferentes regiões, poderá haver diferentes atitudes por parte do poder público.

2.2.3 A resolução CONAMA 357/05

Os principais órgãos ambientais do Ministério do Meio Ambiente responsáveis pela proteção do meio ambiente são: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Ambos fazem parte do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e são responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, conforme estatuído na Lei 6.938/81. Dentro da estrutura do SISNAMA, o CONAMA é um órgão consultivo e deliberativo e o IBAMA é um órgão executor.

A Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, substitui a Resolução CONAMA N° 20, de 18 de junho de 1986. Esta resolução dispõe sobre a classificação dos corpos d’água e definem diretrizes ambientais para o seu enquadramento em função dos usos preponderantes atuais e futuros da água. Estabelece também, as condições e padrões para lançamento de efluentes. Tem competências conferidas pelos artigos. 6°, inciso II e 8°, inciso VII, da Lei ambiental 6.938 (31/08/1981) e é regulamentada pelo Decreto 99.274 (06/06/1990).

Esta resolução estabelece que os órgãos ambientais federais, estaduais e municipais, no âmbito de sua competência, deverão, por meio de norma específica ou no licenciamento da atividade ou empreendimento,

[1] Pecuniária: Relativo a dinheiro.

estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias passíveis de estarem presentes ou serem formadas nos processos produtivos, de modo a não comprometer os padrões estabelecidos pelo enquadramento do corpo de água.

Inicialmente faz-se uma definição geral sobre termos relevantes aos tipos de águas encontradas, ambientes aquáticos e classes de qualidades de águas, condições de lançamentos de efluentes e efeitos tóxicos sobre os corpos d`águas receptores. Posteriormente, faz-se a classificação dos corpos d`águas, bem como a definição de parâmetros a serem observados, tanto físico-químicos quanto microbiológicos, com valores máximos permissíveis e padrões para lançamentos de efluentes que não agridam a qualidade natural das mesmas.

Esta resolução não tem poder de lei, apenas serve de base para que as leis municipais possam ser criadas, já que é de responsabilidade exclusiva dos municípios, salvo casos especiais, a responsabilidade de gerenciar estes resíduos.

Partindo das exigências ambientais para lançamentos de efluentes e fontes poluidoras em corpos d`água receptores por tal resolução, este trabalho a considera como fundamento, buscando quantificar e qualificar as concentrações existentes dos parâmetros avaliados nos líquidos lixiviados do Aterro Controlado de Aguazinha-PE, para posterior lançamento no riacho Lava Tripa, por se constituir no corpo hídrico receptor mais próximo ao aterro, visando contribuir para um lançamento de carga poluidora compatível com a capacidade suporte do corpo d`água receptor.

2.2.4 Crítica à legislação

Pretende-se com o conhecimento e compreensão das leis e normas acima referidas, compreender o conceito sobre resíduos sólidos urbanos para posterior estudo de um dos principais subprodutos gerados quando da sua decomposição, os líquidos lixiviados. A ABNT/NBR 8.419/92 conceitua resíduos sólidos urbanos, como: “Resíduos sólidos gerados num

aglomerado urbano, excetuados os resíduos industriais perigosos, hospitalares sépticos e de aeroportos e portos”.

Deve-se, portanto observar qual o real conceito que se considera em um estudo sobre os resíduos sólidos urbanos, pois, por vezes é contraditório e interessante analisar, que em muitos municípios brasileiros, um aglomerado urbano engloba muitos setores comerciais que não são considerados nos conceitos normalizados. Portanto, este conceito poderia ser reformulado ou especificado, quanto aos estabelecimentos inclusos no mesmo, haja vista que, fazem parte da denominação “Resíduos Sólidos Urbanos”.

Nesse sentido, Monteiro *et al.* (2001) informam que, no Brasil, apesar da existência de normas para o setor, mais de 80% dos municípios vazam seus resíduos em locais a céu aberto, em cursos d’água ou em áreas ambientalmente protegidas. A maioria com a presença de catadores – entre eles crianças –, denunciando os problemas sociais que a má gestão do resíduo acarreta.

A inexistência de um modelo adequado de gestão para os resíduos sólidos urbanos nas prefeituras tem criado sérios problemas, os quais comprometem o meio ambiente e, conseqüentemente, a qualidade de vida da população. Este fato deve ser constantemente observado nos estudos realizados (LANGE *et al.* 2003).

Uma medida a ser tomada seria uma simplificação da legislação brasileira já existente e sua efetiva execução, já que é notório que o arcabouço legislativo brasileiro no que concerne à proteção ambiental, é excelente. Há, todavia, algumas deficiências de regulamentação que devem ser corrigidas (BEZERRA, 2005).

Os governos são os principais agentes das transformações, cabe a eles incentivar e implantar as políticas necessárias e imprescindíveis às mudanças, fiscalizando e penalizando quando a lei não é respeitada. Os economistas têm sido muito competentes em mostrar os custos da proteção ambiental, mas nem tanto no dimensionamento dos ganhos advindos de um

meio ambiente preservado. Os eleitores devem se atentar em eleger governantes com sinceras preocupações ambientais (JUNIOR, 2008).

2.3 Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil

O Brasil é um país onde o saneamento básico ainda é privilégio de poucos, passando ao largo das periferias onde vive a maioria da população. Apresenta uma população em torno de 174 milhões de habitantes, onde a questão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é preocupante, e cerca de 242 mil toneladas de RSU são produzidas diariamente, dos quais, aproximadamente 90 mil toneladas são de resíduos sólidos domésticos. A produção per capita de resíduos sólidos domésticos em áreas urbanas, no país, é em torno de 0,5 Kg a 1,0 Kg por dia, dependendo do porte da cidade (IPT/CEMPRE, 2000).

Estima-se que, em média, 55% (em peso) dos RSU produzidos são constituídos de matéria orgânica putrescível, sendo imprescindível a busca de alternativas tecnológicas adequadas para o tratamento dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos gerados na sua decomposição (PNSB, 2000).

Dos 5.561 municípios brasileiros, 73,1% têm população inferior a 20.000 habitantes. Nesses municípios, 68,5% dos resíduos gerados são dispostos em locais inadequados. Em muitos desses municípios faltam recursos humanos especializados e critérios técnicos, econômicos e sociais para tratar a questão dos resíduos sólidos (RECESA, 2007).

Este fato tem conduzido a sérios problemas ambientais e de saúde pública, além de ineficiência administrativa. A grande quantidade de resíduos sólidos gerados no Brasil não é compatível com as políticas públicas, com o desenvolvimento tecnológico e com os investimentos para o setor. Há um longo caminho a trilhar em que a capacitação técnica e a conscientização da sociedade são fatores determinantes (JUCÁ, 2003).

No Brasil, em especial na Região Nordeste, a quantidade de aterros sanitários ainda é relativamente pequena. Na Tabela 2.1, pode-se

verificar a população brasileira, sua distribuição regional, a quantidade de resíduos sólidos gerados diariamente e a geração por pessoa e por região.

Segundo (JUCÁ, 2003) cerca de 62,9%, do resíduo urbano produzido na região nordeste, são dispostos em vazadouros a céu aberto ou aterros controlados.

Tabela 2.1 Geração de Resíduos Sólidos

	POPULAÇÃO TOTAL		GERAÇÃO DE RESÍDUOS		GERAÇÃO PER CAPITA (KG/HAB/DIA)
	Valor	%	Valor	%	
Brasil	169.799,170	-	149.000,000	-	0,88
Norte	12.9000,704	8	7.152,000	4,8	0,55
Nordeste	47.741,711	28	27.118,000	18,2	0,57
Sudeste	72.412,411	43	92.380,000	62,0	1,28
Sul	25.107,616	15	12.963,000	8,7	0,52
Centro-oeste	11.636,728	7	9.387,000	6,3	0,81

Fonte: (PNSB, 2000)

Porém, os aterros sanitários continuam respondendo pela maior parte da destinação final dos resíduos sólidos urbanos coletados globalmente. Tal constatação pode ser explicada uma vez que, independentemente da forma de gestão dos resíduos sólidos, a técnica de aterramento ainda se mostra imprescindível, seja para dispor do volume de resíduos excedentes à capacidade instalada de tratamento ou recuperação, seja para dispor dos rejeitos gerados nesses processos Chernicharo *et al*., (2003).

De acordo com um levantamento realizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2004), referente a 438 unidades de processamento de resíduos sólidos no Brasil, para 26 delas os municípios encarregados da sua gestão não forneceram informações sobre o tipo de unidade, restando apenas 412 das mesmas.

Neste levantamento, as unidades de processamento de RSU por disposição no solo (lixões, aterros controlados e aterros sanitários), apresentaram-se como o tipo predominante entre as unidades avaliadas para os quais se tem dados, conforme mostra a tabela 2.2.

Tabela 2.2 Quantidade de Unidades de Processamento de RSU, por Tipo de Unidade

TIPO DE UNIDADE DE PROCESSAMENTO	QUANTIDADE DE UNIDADES DE PROCESSAMENTO	
	Absoluta	Relativa
Lixão	32	7,8%
Aterro Controlado	50	12,1%
Aterro Sanitário	66	16,0%
Vala Específica de RSS	42	10,2%
Aterro Industrial	3	0,7%
Unidade de Triagem (galpão ou usina)	103	25,0%
Unidade de Composto (pátio ou usina)	22	5,3%
Unidade de Tratamento por Incineração	17	4,1%
Unidade Tratamento por Microondas ou Autoclave	5	1,2%
Queima em forno de qualquer tipo	2	0,5%
Unidade de Manejo de Galhadas e Podas	11	2,7%
Unidade de Transbordo	23	5,6%
Unidade de Reciclagem de Entulhos	6	1,5%
Aterro de Inertes	30	7,3%
Total	412	100,0%

Fonte: SNIS, 2004.

2.3.1 Lixiviados no Brasil

"Chorume", "purina", "lixívia", "sumeiro", "líquido percolado" ou "lixiviados de aterro sanitário", são termos que designam o líquido viscoso de coloração escura, produzido pela ação enzimática dos microrganismos nos resíduos, pela oxidação química de metais e pela infiltração de água nos aterros sanitários (MASSAI, 2007).

Chorume é o nome usualmente utilizado para caracterizar o líquido gerado durante o processo da decomposição, predominantemente anaeróbia, dos resíduos sólidos dispostos em aterro sanitário (BIDONE & POVINELLI, 1999). Segundo Liehr *et al.* (2000 *apud* BIDONE & POVINELLI, 1999), após a precipitação pluviométrica sobre a massa de resíduos, o fluxo da água pelos vazios da massa sólida determina o seu contato e mistura com o chorume, resultando um líquido que apresenta vários tipos de poluentes compostos orgânicos biodegradáveis e não biodegradáveis, compostos nitrogenados, sólidos em suspensão e, em alguns casos, metais pesados e compostos tóxicos, entre outros. Esse líquido, ou essa mistura de líquidos, conceitua-se modernamente como lixiviado.

Os lixiviados são um dos principais subprodutos da decomposição dos resíduos sólidos em um aterro controlado ou sanitário, que merecem atenção e tratamento especial devido a sua grande variabilidade e alta complexidade de composição.

As concentrações desses constituintes variam de acordo com a composição dos próprios resíduos sólidos depositados e com as condições ambientais, como a umidade, o oxigênio disponível, a temperatura e o pH do meio. A descarga de lixiviado nos corpos d'água, gera a elevação da DBO (demanda bioquímica de oxigênio) ou seja, uma redução do oxigênio dissolvido na água disponível para a biota aquática. Também, o lixiviado tem grande concentração de nitrogênio amoniacal (NH_4^+) que é solúvel em água e tóxico a partir de certas concentrações Young *et al*., (2004).

Nos aterros sanitários, onde ocorre a disposição planejada dos resíduos sólidos, normalmente o lixiviado é canalizado para um tanque a céu aberto, podendo haver ou não um pré-tratamento, e desse reservatório, em alguns casos, é despejado em bacias hidrográficas (SISSINO, 2000).

Segato & Silva (2000) afirmam que as cargas contaminantes dos lixiviados, são compostas de muitas substâncias, entre as quais podem-se destacar: substâncias orgânicas (medidas pelos parâmetros DBO_5, DQO e COT); nitrogênio em todas as suas formas; metais (ferro, zinco, manganês, níquel, cobre, etc) e os halogênios inorgânicos, carbonatos, cloretos, sulfatos, etc. Segundo Torres *et al.* (1997) o lixiviado apresenta ainda, variações de pH, altos teores de sólidos totais, sólidos dissolvidos, nitrogênio na forma amoniacal, etc.

Pode-se verificar, na Tabela 2.3, que alguns íons encontrados no lixiviado e suas possíveis origens, segundo Segato & Silva (2000).

Tabela 2.3 Origem dos Íons encontrados no Lixiviado.

ÍONS	ORIGENS
Na^{+}, K^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}	Material orgânico, entulhos de construção, cascas de ovos;
PO_4^{-3}, NO_3^{-}, CO_3^{-2}	Material orgânico
Cu^{2+}, Fe^{2+}, Sn^{2+}	Material eletrônico, latas, tampas de garrafas
Hg^{2+}, Mn^{2+}	Pilhas comuns e alcalinas, lâmpadas fluorescentes
Ni^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+}	Baterias recarregáveis (celular, telefone sem fio, automóveis)
Al^{3+}	Latas descartáveis, utensílios domésticos, cosméticos, embalagens laminadas em geral
Cl^{-}, Br^{-}, Ag^{+}	Tubos de PVC, negativos de filmes e raios-X
As^{3+}, Sb^{3+}, Cr^{3+}	Embalagens de tintas, vernizes, solventes orgânicos

Fonte: SEGATO & SILVA (2000).

Partindo deste fato, caracterizar o lixiviado, é de fundamental importância, para o conhecimento quantitativo e qualitativo de alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos relevantes, para a detecção da fonte de sua composição, contribuindo para a avaliação de métodos de tratamentos e monitoramentos viáveis e adequados.

A geração de lixiviados constitui-se na principal preocupação quanto à degradação ambiental de áreas localizadas próximas ao local de disposição final dos resíduos sólidos, uma vez que o tratamento desses efluentes tem se mostrado um grande desafio. Isso em função da significativa variabilidade de suas características, dependente de inúmeros fatores, quase sempre de difícil determinação, além da imprevisibilidade das vazões aplicadas e da elevada carga poluente, PROSAB (2003).

Essa geração é influenciada por fatores diretamente ligados à umidade do aterro (chuva, águas subterrâneas, conteúdo de umidade inicial, recirculação, líquido co-disposto ao resíduo e a decomposição do mesmo), e a fatores que afetam a distribuição de umidade dentro do aterro (idade do resíduo, pré-tratamento, recalque, material utilizado na parede lateral do aterro, compactação, permeabilidade, tamanhos das partículas, densidade, vegetação, cobertura, geração e transporte de calor e gás).

A elevada carga poluente do lixiviado exige que o mesmo receba um tratamento adequado antes de ser disposto num corpo hídrico receptor ou no solo, sob pena de contaminação das águas superficiais e

subterrâneas. Esse tratamento ainda representa um desafio aos profissionais da área, não tendo sido encontrada uma solução técnica e economicamente eficaz. Raras são as estações de tratamento de lixiviado que apresentam desempenho satisfatório. Na ausência de melhores alternativas, as opções adotadas mais freqüentemente são as lagoas de estabilização e o transporte do lixiviado às estações de tratamento de esgotos domésticos ou industriais (JUCÁ, 2003).

2.3.2 Biodegradabilidade de lixiviados

A biodegradabilidade do lixiviado varia com o tempo e pode ser determinada pela relação DBO_5/DQO. Inicialmente (em aterros novos) essa relação situa-se em torno de 0,5 ou maior (relações entre 0,4 e 0,6 são indicadores de boa degradabilidade). Como resultado dessa variação nas características do lixiviado, o projeto de sistemas de tratamento é considerado bastante complexo (SANTOS, 2003).

Segundo Silva (2002), à dificuldade ou impossibilidade de degradação de certas substâncias químicas associa-se o termo recalcitrância. Como os microrganismos são os principais agentes dos processos de degradação e reciclagem de nutrientes, sua incapacidade de degradar ou transformar essas substâncias é o indício de sua recalcitrância ou persistência no meio ambiente. A recalcitrância está associada à presença de compostos de elevada massa molecular com estruturas muito complexas, como é o caso das substâncias húmicas.

Baig *et al*. (1997), citados por Santos *et al*. (2003), sugerem que valores inferiores a 0,25 da relação DBO_5/DQO indicam uma baixa biodegradabilidade do efluente. A manutenção da DQO afluente, mesmo após o tratamento, em valores elevados indicaria que os materiais orgânicos são recalcitrantes e não facilmente sujeitos à oxidação química.

Segundo CETESB (1995), em um lixiviado com relação DBO_5/DQO maior que 0,5 o teor de material orgânico biodegradável é elevado, caracterizando-o de fácil biodegradabilidade, o que possibilita o seu tratamento por processos biológicos. Quando esta relação encontra-se entre

0,1 e 0,5 o lixiviado é classificado como um efluente medianamente biodegradável, sendo o tratamento biológico satisfatório e quando esta relação apresenta valores inferiores a 0,1 será um efluente de difícil biodegradabilidade, indicando a impossibilidade do tratamento por processos biológicos.

Quando o lixiviado apresenta DQO elevada (acima de 10.000 mgO_2/L), típico de aterros novos, baixa concentração de nitrogênio amoniacal, uma relação DBO_5/DQO entre 0,4 a 0,8 e uma concentração significativa de ácidos graxos voláteis de baixo peso molecular, o tratamento pode ser efetuado por ambos os processos, ou seja, anaeróbio e aeróbio. O tratamento físico-químico neste caso, não é indicado. Porém, quando o lixiviado não apresenta as características de um aterro novo, ou seja, DQO entre 1.500 e 3.000 mgO_2/L, e relações DBO_5/DQO, menores que 0,4 presume-se que houve um decréscimo significativo de sua fração orgânica biodegradável, e neste caso espera-se uma elevada concentração de nitrogênio amoniacal. Assim, o tratamento tanto aeróbio quanto anaeróbio podem ser limitados. Entretanto, quando a relação DBO_5/DQO for menor que 0,1 a provável concentração de ácidos graxos voláteis será muito baixa, o que indica preferencialmente um processo físico-químico (HAMADA & MATSUNAGA, 2000).

As mudanças na biodegradabilidade do lixiviado são refletidas na relação DBO_5/DQO. A DBO_5 é diretamente calculada da tratabilidade do lixiviado pelo processo biológico. Todavia, existe uma quantidade significativa de material inerte biologicamente nos aterros velhos, como indicado pela baixa relação DBO_5/DQO ou pela larga diferença entre os valores de DBO_5 e DQO (LO, 1996).

A relação DQO/DBO tende a crescer com o aumento da idade do aterro em função da redução orgânica que mais rapidamente é degradada, podendo ser um indicativo que processos biológicos são cada vez menos efetivos para o tratamento de lixiviado Henry (1987 *apud* SANTOS 2003). Berrueta *et al.* (1996) avaliaram a biodegradabilidade de lixiviado de aterro antigo (12 anos) detectando que apenas 40-50% do material orgânico seria biodegradável.

Aterros antigos, geralmente, encontram-se em fase metanogênica e sob esta condição apresentam DQO na faixa de 1500 a 4000 mgO_2/L, tendendo a consumir rapidamente os ácidos graxos voláteis (AGV), convertendo-os em biogás no próprio aterro Welander *et al*. (1998 *apud* SANCINETTI *et al*., 2001), restando compostos orgânicos de alto peso molecular, de difícil tratamento por via biológica, como ácidos fúlvicos e húmicos Forgie (1988 *apud* SANCINETTI *et al*., 2001).

2.3.3 Decomposição anaeróbia

No ambiente anaeróbio são desenvolvidos processos fermentativos que se caracterizam pela não destruição da matéria orgânica. Por tanto, o que ocorre realmente é uma transformação da matéria orgânica em metano, água e outras substâncias, sem mineralização. Todavia, a digestão anaeróbia é um processo bioquímico complexo, composto por várias reações sequenciais, realizadas por grupos de bactérias específicas.

No processo anaeróbio, as proteínas são hidrolisadas através de proteinases extracelulares e convertidas, inicialmente, à proteoses e peptonas. Lackey & Hendrickson (2003 *apud* ALCÂNTARA, 2007). Segundo Campos *et al.* (1999) distinguem-se quatro etapas diferentes no processo global de conversão anaeróbia: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

Na fase acidogênica os compostos solubilizados na hidrólise são metabolizados pelos microrganismos fermentativos, anaeróbios estritos e facultativos, gerando produtos orgânicos intermediários de baixo peso molecular, como ácidos graxos de cadeia curta, álcoois, propionato, piruvato e substâncias minerais na forma gasosa, como hidrogênio, sulfeto de hidrogênio e, principalmente, dióxido de carbono (ALCÂNTARA, 2007).

Segundo Rocha (2005), na fase ácida, praticamente não ocorre redução de DBO_5 ou DQO, o que vai acontecer na fermentação metanogênica. Nesta fase, o que ocorre é a conversão dos carboidratos em açúcares e estes em ácidos orgânicos, aldeídos e álcoois. Outras

conversões também ocorrem como: lipídios, gorduras e óleos em álcoois, aldeídos e ácidos orgânicos e as proteínas são convertidas em aminoácidos e este também em ácidos orgânicos, mercaptanas e aminas. Poderão ocorrer nesta fase também o desprendimento de CO_2, H_2S e Amônia.

Na fase metanogênica, o consumo de hidrogênio segundo Barlaz (1996 *apud* ALCÂNTARA, 2007), contribui para uma maior conversão de butirato e propionato para acetato, e o consumo deste possibilita a elevação do pH (6,8 a 8,0), favorecendo o crescimento de acetogênicas, o que permite um consumo adicional de ácido carboxílico e aumento adicional na taxa de metano. Produtos intermediários aparecem durante a fase de formação de ácidos e são convertidos em CH_4 e CO_2. O pH retorna à condição tampão, controlado pelos ácidos voláteis. Ocorrem potenciais redox nos valores mais baixos e há precipitação e complexação de metais.

Os compostos gerados pelas bactérias hidrolíticas são absorvidos pelas células das bactérias fermentativas, que, após a acidogênese, excretam substâncias simples, destacando-se CO_2 , H_2, NH_3 , H_2S, dentre outras.

Na fermentação acidogênica, a grande maioria das bactérias é anaeróbia. Entretanto, algumas espécies são facultativas e podem metabolizar material orgânico por via oxidativa, consumindo o oxigênio, eventualmente presente que poderia ser tóxico para as bactérias anaeróbias metanogênicas, atuantes no final do processo.

Os produtos da acidogênese são convertidos através da acetogênese em compostos que formam os substratos necessários para a produção de metano, tais como: acetato, hidrogênio e CO_2. O metano pode ser produzido pelas bactérias acetotróficas, via redução do ácido acético, ou através das bactérias hidrogenotróficas, a partir da redução do dióxido de carbono.

As bactérias hidrogenotróficas crescem mais rapidamente do que aquelas que usam o ácido acético. Portanto, as bactérias metanogênicas acetotróficas, impõem o ritmo do processo, limitando a velocidade de

transformação do material orgânico, mais complexo, em gases, (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

2.4 Sistemas de Tratamento de Lixiviados no Brasil

As soluções relativas ao tratamento de lixiviado de aterros sanitários são ainda incipientes em países em desenvolvimento. As sistemáticas já conhecidas de tratamento de esgoto vêm sendo testadas para a finalidade de tratamento desses líquidos, porém, têm esbarrado nas dificuldades provenientes, principalmente, da baixa biodegradabilidade e das elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal. Os valores dessas concentrações e seus patamares dependem, basicamente, do grau de decomposição dos resíduos sólidos e dos fatores hidrológicos intrínsecos aos locais onde se localizam os sítios de disposição. Pelas razões expostas, fica estabelecida uma grande variabilidade das características do lixiviado, de aterro para aterro, determinando que não se disponha, no Brasil, de uma tecnologia padronizada de tratamento aplicável a todos os casos (BIDONE, 2007).

O primeiro sistema de tratamento de lixiviado implantado no Brasil foi as Lagoas de Estabilização, implantadas em alguns aterros sanitários do Brasil, no início da década de 80, como no Aterro Sanitário de São João-SP, no Aterro Controlado de Caucaia-CE, Aterro Sanitário de Curitiba-PR, dentre outros (LIMA, 2004).

No Brasil, quando se define por tratamento de lixiviado “*in situ*”, utiliza-se com muita freqüência as lagoas biológicas que possuem a desvantagem de necessitar de grande área para implantação, sobretudo nas regiões com elevados índices pluviométricos e de umidade. Neste sentido, muitos projetos utilizam a técnica de recirculação de lixiviados, para diminuir a quantidade de líquidos a serem tratados. Porém, em épocas chuvosas, o sistema pode chegar ao limite da sua capacidade. A recirculação de lixiviado deve ser aplicada quando se monitora a umidade ou grau de saturação do resíduo, pois além de elevar seu peso específico, pode provocar inibição do processo de biodegradação (JUCÁ, 2002).

Moraes (2004) diz que no Brasil, o lixiviado produzido é tratado por meio de aspersão do mesmo sobre a superfície do aterro (método da recirculação), tratado via oxidação biológica ou levado por caminhões-pipa até Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) onde, após tratamento microbiológico, é lançado juntamente com o esgoto tratado nos cursos d`água. Entretanto, os tratamentos biológicos possuem algumas limitações, tais como a susceptibilidade à variação da composição e volume do efluente, presença de compostos persistentes e substâncias tóxicas, a ocupação de grandes áreas de instalação e eficiência limitada para a remoção de cor, demandando muitos dias para que o efluente alcance os valores dos parâmetros de degradabilidade legalmente aceitáveis.

As alternativas mais conhecidas de tratamento de lixiviado são as seguintes: remoção de amônia por aeração mecânica; adsorção em carvão ativado; processos de membrana (osmose reversa); evaporação; aspersão sobre o solo; coagulação, floculação, sedimentação ou flotação; oxidação química; processo fotoeletroquímico; lagoas anaeróbias e lagoas facultativas; tratamento conjunto em estação de tratamento de esgoto; recirculação; tratamento em leito de vermicomposto; processos biológicos aeróbios; processos biológicos anaeróbios e, banhados construídos. Geralmente, são usados mais de um tipo de processo como forma de tratamento, prevalecendo o uso de um processo anaeróbio seguido de um processo aeróbio (BELTRÃO, 2004).

No Brasil são realizados diversos processos de tratamento de lixiviados, porém, a maioria com baixa eficiência ou nenhuma. A aplicação desses processos de tratamento tem por objetivo principal a redução das concentrações de compostos orgânicos e de N-amoniacal (BIDONE, 2007). Os processos mais empregados, para o tratamento de líquidos lixiviados de aterros sanitários são os biológicos, no entanto, há alguns problemas na utilização desses processos, tais como: vazão muito variável, o que perturba o sistema biológico; carga orgânica elevada e variável; necessidade de uma grande área para implantação, o que muitas vezes torna-os inviáveis; baixa eficiência, quando o lixiviado apresenta uma baixa biodegradabilidade; e presença de compostos orgânicos recalcitrantes. Tais processos de tratamento de lixiviados podem ser verificados no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 Processos e Tipos de Tratamentos de Lixiviados

PROCESSO	TIPO DE TRATAMENTO
Canalização do lixiviado	Recirculação de lixiviado
Processos biológicos	Tratamento conjunto com águas residuais; Tratamento aeróbio; Tratamento anaeróbio
Processos físico-químicos	Precipitação química; Oxidação química; Adsorção com carbono ativo; Filtração; Osmose inversa; Charcos artificiais
Tratamento natural	Aplicação no terreno; Jardinagem com aplicação no terreno
Tratamento Misto	Diferentes combinações de vários

Fonte: Juca, 2002.

O lixiviado gerado a partir da degradação anaeróbia dos resíduos poderá provocar impacto ambiental na área circunvizinha ao aterro, podendo ser negativo ou quase desprezível, dependendo das técnicas que serão adotadas para minimizá-lo. No quadro 2.2 (a e b), podemos verificar alguns processos de tratamento realizados em diversos aterros sanitários e controlados no Brasil.

Quadro 2.2 (a) Tipos de Tratamentos de Lixiviados realizados nos maiores Aterros de Resíduos Sólidos no Brasil

CIDADE	TIPO DE DESTINAÇÃO FINAL	QUANT. (TON/DIA)	TRATAMENTO DE LIXIVIADOS
Recife-PE	Aterro Controlado da Muribeca	2.800	Recirculação de lixiviado, lagoa anaeróbia, lagoas facultativas, sistema bioquímico
Caruaru-PE	Aterro sanitário de Caruaru	200	Digestor anaeróbio, seguido por um charco artificial
Manuas-AM	Aterro Sanitário de Manaus	1.125	Recirculação de lixiviado e biorremediação
Belém-PA	Aterro Sanitário de Belém	1.024	Recirculação de lixiviado e birremediação
Rio de Janeiro-RJ	Aterro Controlado de Gramacho	7.026	Tanques de polimento e sistemas de nano-filtração
Fortaleza-CE	Aterro Sanitário de Caucaia	3.500	Lagoas anaeróbias e facultativas
Fortaleza-CE	Aterro Sanitário de Aquiraz	21	Lagoas anaeróbias e facultativas
Extrema-MG	Aterro Sanitário de Extrema	8	Lagoas anaeróbias em série, seguidas por uma facultativa e uma de maturação
Paracatu-MG	Aterro Sanitário de Paracatu	26	Uma lagoa anaeróbia seguida por uma facultativa
Contagem-MG	Aterro Sanitário do Perobas	214	Tanque Inhoff seguido de filtro biológico

Fonte: JUCA, 2002.

Quadro 2.2 (b) Tipos de Tratamentos de Lixiviados realizados nos maiores Aterros de Resíduos Sólidos no Brasil (continuação)

CIDADE	TIPO DE DESTINAÇÃO FINAL	QUANT. (TON/DIA)	TRATAMENTO DE LIXIVIADOS
Ipatinga-MG	Aterro Sanitário de Ipatinga	150	Reator anaeróbio, lagoa de estabilização, aerador de cascata e lagoa de maturação
Uberlândia-MG	Aterro Sanitário de Uberlândia	120	Tratamento primário (grades, retentor de óleo e desarenador), seguido por RAFA (reator anaeróbio de fluxo ascendente) e filtro biológico
Três Corações-MG	Aterro Sanitário de Três Corações	30	Uma lagoa anaeróbia seguida por um filtro anaeróbio e uma lagoa facultativa
Belo Horizonte-MG	Aterro Sanitário de BH	4.139	Recirculação de lixiviado excedente tratado na ETE do município
Biguaçu-SC	Aterro Sanitário da Formaco	1.500 a 14.500	Poço coletor anaeróbio com circulação forçada, depois um reator UASB que inicia o tratamento físico-químico e posteriormente para um decantador e depois para um sitema de lagoas composta por lagoa anaeróbia, lagoa facultativa e lagoa de maturação e por fim adição de hipoclorito de sódio para desinfetar o líquido tratado
Porto Alegre-RS	Aterro Sanitário da Extrema	200	Filtro anaeróbio em leito de brita construído sob o aterro; lagoa de aeração forçada; transporte com caminhão tanque para co-tratamento final em ETE juntamente com esgoto doméstico.
Itaquaquecetuba - SP	Aterro Sanitário de Itaquaquecetuba	650	Não tem tratamento, o lixiviado é levado para estação de tratamento de esgoto do município. Está previsto tratamento químico
Mauá-SP	Aterro Sanitário de Mauá	1.500 a 2.000	3 reatores e 2 lagoas com agitador (aerador)
São Paulo-SP	Aterro Sanitário São João		Tratamento na SABESP (esgotos)
Santo André-SP	Aterro Sanitário	700 a 750	Uma lagoa anaeróbia e uma facultativa com aerador
Salvador-BA	Aterro Sanitário Metropolitano		Tratamento no CETREL (resíduos industriais)
Palmas-TO	Aterro Sanitário	120	Sistema de lagoas de estabilização em série com 01 lagoa anaeróbia, uma facultativa e uma de maturação
Araguaína-TO	Aterro Sanitário	160	Fossas sépticas e valas de infiltração
Guarai-TO	Aterro Sanitário	40	2 lagoas anaeróbias
João Pessoa-PB	Aterro Controlado	870	Digestor anaeróbio seguido de fitorremediação

Observa-se atualmente que os sistemas de tratamentos biológicos empregados em lixiviados, não reduzem as concentrações de

parâmetros como nitritos, nitratos e amônia, os quais, constituem-se em um dos principais focos de contaminação de corpos d`águas receptores.

Devido à cadeia de constituintes existentes nos lixiviados, e às variações quantitativas sazonais e cronológicas (pelo aumento da área exposta), não se deve considerar uma solução única de processo para seu tratamento (HAMADA & MATSUNAGA, 2000). Deve-se empregar uma combinação de processos, com cada um representando uma função específica no tratamento de lixiviados (HAMADA, 2002).

Do ponto de vista ambiental, a preocupação desses sistemas reside, principalmente, no gerenciamento dos efluentes líquidos, seja na forma de lixiviados ou de águas do escoamento superficial. Quanto ao lixiviado, a maioria dos aterros não dispõe de um sistema efetivo de drenagem e tratamento. Quanto a drenagem sub-superficial, normalmente verificam-se volumes de lixiviados muito aquém daquele previsto em projeto, normalmente pelo balanço hídrico clássico. O lixiviado assim obtido, normalmente é encaminhado para lagoas de tratamento que não receberam a devida impermeabilização ou são simplesmente recirculados a partir de poços de sucção ou tanques de armazenamento.

A qualidade dos líquidos lixiviados não depende somente da vida útil do aterro, mas de eventos e atividades operacionais do mesmo, tais como precipitação pluviométrica, localização da frente de descarga. E de fatores tais como eficiência do sistema de drenagem e da qualidade da impermeabilização de base.

2.5 Alternativas de Tratamento de Lixiviados no Brasil

Nesta sessão serão apresentados os processos de tratamento de lixiviados mais empregados em aterros de resíduos no Brasil.

Diversas técnicas podem ser empregadas para o manejo do lixiviado coletado dos aterros, entre as quais são destacadas por Tchobanoglous *et al*., (1993): Recirculação; Evaporação; Tratamento

seguido de disposição e Disposição em estações de tratamento de esgotos domésticos.

Segundo Jucá (2003), na ausência de melhores alternativas, as opções adotadas mais freqüentemente são as lagoas de estabilização e o transporte do lixiviado às estações de tratamento de esgotos domésticos ou industriais.

2.5.1 Lagoas de estabilização

No Brasil, o uso de lagoas de tratamento iniciou-se em 1960, com o sistema de tratamento de São José dos Campos. Têm-se disponibilidade de áreas em várias regiões do país, o clima favorável e a simplicidade de operação e manutenção das unidades de tratamento (PROSAB, 2006).

Os sistemas de lagoas de estabilização constituem-se na forma mais simples para tratamento de esgotos e o seu principal objetivo é a remoção da matéria carbonácea (VON SPERLING, 1996). São usualmente classificadas como aeróbias, facultativas e anaeróbias. Esta classificação é baseada na natureza da atividade biológica e de fatores de projeto como: profundidade, tempo de detenção, carga orgânica e a qualidade do efluente que variam para cada tipo de lagoa (QASIM & CHIANG, 1994).

Essas lagoas podem ser classificadas em três categorias ou tipos: anaeróbias, aeróbias-facultativas e de maturação ou aeróbias, com variantes segundo a intensificação do processo, como por exemplo: lagoas com plantas macrófitas e/ou micrófitas, lagoas aeradas, lagoas de alta taxa de degradação, etc. Podem ser interligadas em série ou em paralelo, de acordo com a qualidade do despejo a tratar e as exigências dos órgãos ambientais para o efluente tratado (PROSAB, 2006).

a) Lagoas Anaeróbias

Nessas lagoas ocorre o tratamento primário, são dimensionadas para receber cargas orgânicas elevadas, que consomem todo o oxigênio dissolvido no meio. De acordo com Jordão & Pessoa (1995), a estabilização

ocorre pelos fenômenos de digestão ácida e fermentação metanogênica. Inicialmente, os microrganismos facultativos, na ausência de oxigênio dissolvido, transformam compostos orgânicos complexos em substâncias e compostos mais simples, principalmente ácidos orgânicos. Verifica-se, nesta fase, a produção de material celular (síntese) e compostos intermediários (gás sulfídrico e mercaptanas) e o pH reduz a valores entre 5 e 6.

A estabilização em condições anaeróbias é lenta, pelo fato das bactérias anaeróbias se reproduzirem numa baixa taxa. Isto deve-se às reações anaeróbias gerarem menos energia do que as reações aeróbias de estabilização da matéria orgânica. A temperatura do meio tem uma grande influência nas taxas de reprodução e estabilização, o que faz com que locais de clima favorável (temperatura elevada), como no Brasil, tornem-se propícios a este tipo de lagoas (VON SPERLING, 1996).

b) Lagoas Facultativas

Nessas lagoas ocorre o tratamento secundário, são aeróbias na superfície (o que pode ser variável) e anaeróbias no fundo. Neste tipo de lagoa existe a divisão de zonas aeróbias, na camada superior e anaeróbia na parte inferior e intermediária, também denominada facultativa. São projetadas para operar individualmente ou em sequência à uma lagoa anaeróbia, aeróbia ou mesmo após outra unidade (SÁ, 2008).

As lagoas aeróbias-facultativas ou facultativas têm uma profundidade menor que as anaeróbias (1 a 2m) e operam com cargas orgânicas menores (<15g DBO_5/m^3/dia) que as utilizadas nas lagoas anaeróbias Pescod (1996 *apud* PROSAB, 2006).

As principais características de uma lagoa facultativa são: cor verde, devido à presença de algas, elevado teor de oxigênio dissolvido (produzido pela fotossíntese) e grande quantidade de sólidos suspensos (algas) de difícil sedimentação. Nessas lagoas, o tratamento ocorre de forma aeróbia-anaeróbia, através da simbiose entre algas e bactérias facultativas presentes no meio. Nelas, o processo de oxidação bacteriana converte a matéria orgânica em dióxido de carbono, amônia e fosfatos (PROSAB, 2006).

Sterrit & Lester (1988), descrevem como um tratamento combinado entre oxidação aeróbia, fotossíntese e digestão anaeróbia e que, com a profundidade variando entre 1,0 e 1,5m, apresenta duas zonas principais para atividade microbiológica.

A alternância das condições anaeróbia/aeróbia sugere nitrificação seguida de desnitrificação e, em condições anaeróbias e pH alto, ocorre a conversão de amônio para amônia, que é liberado para atmosfera pelo fenômeno conhecido por volatilização. (HORAN, 1989).

c) Lagoas anaeróbias e de Maturação

Segundo (VON SPERLING, 1996), as lagoas de maturação possibilitam um polimento no efluente de qualquer dos sistemas de lagoas de estabilização. O principal objetivo das lagoas de maturação é remover organismos patogênicos, e não remover adicionais de DBO. Essas lagoas constituem-se numa alternativa bastante econômica à desinfecção do efluente por métodos mais convencionais, como a cloração.

2.5.2 Filtros biológicos anaeróbios

Segundo Onay & Pohland (1998), os lixiviados gerados na fase final de estabilização do aterro são geralmente ricos em nitrogênio amoniacal devido à hidrólise e fermentação das frações nitrogenadas dos substratos biodegradáveis. Além disso, segundo os autores, em aterros onde ocorre a recirculação do lixiviado com o intuito de acelerar a decomposição dos constituintes orgânicos biodegradáveis, a concentração de nitrogênio amoniacal tende a ser bem maior que em aterros que não realizam a recirculação de lixiviado.

Bidone (2007), afirma que, filtros anaeróbios de fluxo ascendente são excelente alternativa para o tratamento de lixiviado de aterro sanitário, pois podem viabilizar remoções de matéria orgânica superiores a 50%; e ainda, banhados construídos representam uma ecotecnologia interessante para o complemento do tratamento de lixiviado, pois podem viabilizar elevadas remoções de Nitrogênio amoniacal, um parâmetro muito importante

a ser monitorado, pois diversas pesquisas atualmente, têm se mostrado ineficientes quanto à remoção do mesmo.

2.5.3 Evaporação de lixiviados através de destilação solar

Na evaporação ocorre à transformação do lixiviado em vapor, e este processo é regulado pela ação de fontes externas de energia, que podem ser naturais ou artificiais. Utilizando-se energia solar, o processo é normalmente realizado em lagoas nos aterros. Nesses casos, há necessidade de utilização de grandes áreas de modo a ser garantida elevada interface entre a massa líquida e a atmosfera. Se a fonte de energia for artificial, o processo é usualmente realizado em tanques de evaporação. Os pontos negativos da utilização desses equipamentos são os custos elevados de sua aquisição, uma vez que os mesmos não são produzidos no Brasil (CASTRO, 2001), e o gasto de energia relacionado ao provimento de calor ao sistema de tratamento. Porém, destaca-se a redução significativa do volume de lixiviado, seja qual for o tipo de energia utilizada.

Sá (2008) constatou a evaporação com reduções significativas, em estudo realizado através da evaporação natural do lixiviado do Aterro Controlado da Muribeca-PE, através de um destilador solar de simples efeito. Este estudo foi dividido em 8 fases, nas 6 fases iniciais, utilizou-se evaporação do lixiviado, com o destilador fechado e as duas fases finais, realizando o destilador aberto, no intuito de obter um percentual de maior evaporação do lixiviado em relação às fases iniciais para posterior comparação de eficiências. Este estudo de destilação solar do lixiviado produzido no Aterro controlado da Muribeca-PE mostrou-se possível, utilizando a energia solar como fonte primária para remoção de poluentes contidos no lixiviado, porém com valores elevados de nitrogênio amoniacal, indicando este experimento para outros aterros.

2.5.4 Tratamento combinado de lixiviado com esgoto doméstico

Este tratamento por via aeróbia pode apresentar excelentes resultados, com elevadas eficiências de remoção da carga orgânica desses efluentes, Robinson & Maris (1985 *apud* CHERNICHARO *et al.*, 2003).

A mistura de esgoto aos líquidos lixiviados de aterros sanitários também pode favorecer significativamente o tratamento desses efluentes em reatores anaeróbios, uma vez que possibilita redução significativa das concentrações finais de nitrogênio amoniacal, as quais podem ser bastante tóxicas no lixiviado (CHERNICHARO *et al.*, 2003).

Essa tecnologia foi utilizada pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), no âmbito do PROSAB, com o objetivo de avaliar a possibilidade de tratamento dos líquidos lixiviados, resultantes da decomposição de resíduos essencialmente orgânicos, em reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo (reatores UASB). Obtendo resultados bastante satisfatórios, atingindo eficiências médias de remoção de DQO e DBO_5 de 80% e 90%, respectivamente, para cargas orgânicas de até 4,4Kg $DQO.m^{-3}.dia^{-1}$ e tempo de detenção hidráulica igual a 10 horas, indicando a viabilidade técnica de tratamento combinado de líquidos lixiviados com esgotos domésticos em reatores UASB.

2.5.5 Recirculação de lixiviado

Essa técnica é uma das formas mais conhecidas e empregadas na promoção da digestão acelerada dos resíduos sólidos urbanos confinados em aterros. A técnica de recirculação dos líquidos drenados em aterros sanitários vem sendo aplicada em diferentes países desenvolvidos. No Brasil, essa tecnologia tem sido bastante difundida e empregada em importantes centros urbanos: Belo Horizonte(MG), Recife(PE), Caxias do Sul(RS) e outros (CHERNICHARO *et al.*, 2003).

A Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) utilizou esta técnica para tratamento de lixiviados, objetivando compreender os fenômenos de bioestabilização dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários, mensurando os efeitos e o grau de influência da mesma sobre esses efluentes. Obtendo resultados significativos na redução de compostos

orgânicos solúveis, os quais evidenciaram sucessão entre as fases acidogênica e metanogênica. A técnica ainda contribui para a produção de gás metano, proveniente da conversão dos ácidos orgânicos.

2.5.6 Processos físico-químicos

O tratamento de lixiviados por processos físico-químicos constitui-se em etapa primordial na busca de diminuição da carga poluente destes efluentes. Os processos mais utilizados são a coagulação, a floculação, a decantação, a flotação, a separação por membranas, a adsorção e a oxidação química. No Brasil, estes processos são pouco aplicados no tratamento de lixiviados de aterros sanitários, porém no tratamento de efluentes urbanos e industriais, estes processos encontram aplicações mais cotidianas (JUNIOR *et al.*, 2006).

No âmbito do Programa Nacional de Saneamento Básico (PROSAB), realizam-se estudos referentes aos processos físico-químicos para tratamento de lixiviados. Atualmente são estudados processos de coagulação; Floculação; Flotação; Eletrolíticos; Separação por Membranas; Adsorção e Processos Oxidativos Avançados (POAs).

2.5.7 Sistema bioquímico

O sistema bioquímico é um tratamento terciário cujo processo de descontaminação ocorre de formas variadas e concomitantes, partindo dos princípios de técnicas de tratamento de efluentes já consolidadas: fitorremediação, barreira reativa e filtro biológico, Figura 2.1.

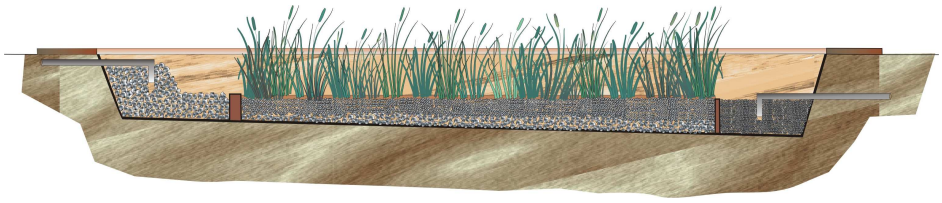

Figura 2.1 Desenho Esquemático do Sistema Bio-Químico

3- MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Descrição da Área Estudada

As informações descritas nas seções 3.1 e 3.2 foram obtidas através de relatórios técnicos de planejamento, construção e operação do aterro, assim como, as informações referentes ao sistema de tratamento de lixiviados. Outras informações foram acrescentadas através de dados provenientes da Prefeitura Municipal de Olinda (Secretaria do Meio Ambiente e Secretaria de Planejamento), do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET e através de entrevistas dirigidas aos profissionais da parte administrativa do aterro.

3.1.1. O município de Olinda-PE

O município de Olinda está localizado na mesorregião Metropolitana e na Microrregião Recife do Estado de Pernambuco, limitando-se ao norte com Paulista, ao sul com Recife, a leste com Oceano Atlântico e a oeste com Recife, ocupando uma área de 40,83 km², representando 1,57% da área da região metropolitana, e 0,05 % do Estado de Pernambuco. Figura 3.1.

Figura 3.1 Mapa de Localização do Município de Olinda-PE (Fonte: Google Maps, 2008).

De acordo com o censo do IBGE, a população residente total é de 387.494 habitantes (estimativa IBGE, 2006) sua densidade demográfica é de

9.715,17 habitantes por km², representando 11,02% da população da região metropolitana, sendo 379.744 habitantes na zona urbana e 7.750 habitantes na zona rural. A taxa de urbanização é de 98%, o que faz de Olinda um município predominantemente urbano.

O crescimento urbano em alguns centros se caracteriza por expansão irregular da periferia sem obediência às normas consolidadas no Plano Diretor ou, como no caso de Olinda, instituídas como consuetudinárias reguladoras de loteamentos, além de possuírem seus atores baixa renda. Isso tudo deve-se à demanda habitacional urbana histórica, que se maximiza entre as classes menos favorecidas, causando assentamentos sub-normais em áreas ribeirinhas, alagadiças ou de grande declividade (MELO, 2003).

Esses assentamentos localizam-se em áreas invadidas ou em loteamentos populares informais, sem condições de infra-estrutura, sendo apenas solução, para o problema de moradia, encontrado pela população que não consegue entrar no mercado imobiliário formal que, ao contrário, por atender às normas consuetudinárias, é melhor dotado, pois já se inicia com o mínimo necessário para a implantação de infra-estrutura urbana (MELO, 2003).

Na Tabela 3.1, podemos verificar a evolução da população total e o percentual correspondente da população urbana brasileira e do município de Olinda, desde 1970 até 2000, IBGE (2000).

Tabela 3.1 Populações Urbanas Brasileiras e Olinda-PE

ANO	BRASIL		OLINDA	
	População (milhões de habitantes)	Parcela da População urbana (%)	População (habitantes)	Parcela da População urbana (%)
1970	93,1	55,9	196.342,0	95,4
1980	119,0	68,2	282.207,0	94,5
1991	146,8	75,6	341.394	100,0
1996	157,1	78,4	349.380,0	100,0
2000	169,0	81,1	368.666,0	98,1

Fonte: IBGE, 2000.

De acordo com a Tabela 3.1, pode-se observar um crescimento significativo para a população Olindense, o que demonstra um percentual elevado em sua urbanização contribuindo para os agravantes quanto à

estrutura urbana do município, repercutindo em diversos setores de desenvolvimento, inclusive no fato de o aterro controlado de resíduos sólidos serem localizado muito próximo ao centro do município.

3.1.2. Aterro controlado de Aguazinha-PE

O Aterro Controlado de Aguazinha (Figura 3.2), situa-se à Avenida Senador Nilo Coelho, entre Avenida Presidente Kennedy e Avenida Antônio da Costa Azevedo, e de acordo com dados da SEMA (2003), o mesmo pertence à uma área de Zona de Morros, inclusa no grupo I – Morros situados a oeste do município, compreendendo 09 (nove) bairros, sendo estes: Alto do Sol Nascente, Alto da Conquista, Alto da Bondade, Águas Compridas, Passarinho, Caixa d´Água, Sapucaia, Aguazinha e São Benedito, com 80.978 habitantes, encontrando-se nesta Zona, o maior número de pontos de riscos.

Figura 3.2 Aterro Controlado de Aguazinha-PE (Fonte: EMLURB/DLU, Recife/PE, 2007)

O aterro recebe diariamente, cerca de 360 toneladas de sólidos regulares (resíduos domiciliares), sólidos volumosos (entulhos, varrição e limpeza pública) e resíduos de podação, chegando ao total de 11.000 toneladas/mês. Possui uma área de 19 hectares com distância média de 8Km do centro da massa urbana e funcionou como depósito de residuos à céu aberto entre 1988 e 1998.

A primeira etapa no processo de transformação da área do lixão em aterro controlado consistiu na construção de 4 células, com altura de resíduos variando de 4,0 m a 18,50 m, sendo iniciado em 1998. Em 2001, o projeto foi modificado com o objetivo de aumentar a vida útil do aterro, o qual consistiu na união das quatro células anteriormente projetadas em uma única, chamada Célula 1.

Os resíduos inicialmente foram dispostos na respectiva área do aterro, Figura 3.3, onde neste período, a área funcionava como depósito de resíduos a céu aberto, totalizando um período de 10 anos.

Figura 3.3 Depósito de Resíduos à Céu Aberto entre 1988 e 1998, (Fonte: Prefeitura Municipal de Olinda/PE).

O aterro recebia, neste período, resíduos provenientes de indústrias e domicílios. A partir de 1998, iniciou-se o processo de transformação da área em aterro controlado com a requalificação geométrica da massa de resíduos em 4 células, o que pode ser visualizado na Figura 3.4.

Figura 3.4 Re-Ordenamento da Massa de Resíduos do Aterro Controlado de Aguazinha em 4 Células (Fonte: Prefeitura Municipal de Olinda/PE).

Atualmente o aterro possui 2 células; a célula 1 (Resíduo antigo), não possui drenagem de base de lixiviado, nem drenos de gases até a cota de 15 metros de resíduos e, a célula 2 (resíduo novo) que ainda está em fase de operação, tem todo o sistema de impermeabilização de base, drenagem de lixiviados e gases. De acordo com o projeto de implantação da nova célula, o aterro ganhou vida útil de mais seis anos, contribuindo para disposição de 495.583,55 toneladas de resíduos, o que corresponde a um volume aproximado de 550.648,39m^3. A vida útil do aterro controlado encerra-se no ano de 2010.

3.2 Projeto do Sistema de Tratamento de Lixiviados no Aterro de Aguazinha-PE

Diversas tecnologias aplicadas ao tratamento de lixiviados são similares ao tratamento de esgotos domésticos. Assim, os métodos de dimensionamento serão análogos àqueles utilizados no tratamento desses esgotos, resguardando as diferenças, que são observadas, ao analisar os parâmetros de composição do lixiviado, pois este efluente apresenta concentrações bem mais altas que àquelas referentes aos esgotos domésticos (IPT/CEMPRE, 2000).

Mata-Alvarez (2002 *apud* ROCHA 2005), cita que dentre os tratamentos biológicos, a digestão anaeróbia vem se mostrando eficiente, contudo apresenta elevado custo de implantação inicial. Todavia, esse investimento é readquirido pela sua característica de geração de energia e impactos ambientais limitados (em particular, sua limitada contribuição para o efeito estufa).

O tratamento dos líquidos lixiviados no aterro controlado de Aguazinha está baseado em um tratamento primário: recirculação de 50% do volume do lixiviado gerado; um tratamento secundário (biológico): Lagoa de Equalização e Sistema Anaeróbio (Filtro Anaeróbio) e Lagoa Facultativa. A extensão da área onde está locada a estação de tratamento é de 80m de comprimento e largura média de 50m.

Na Figura 3.5, pode-se visualizar o sistema de tratamento dos lixiviados do Aterro Controlado de Aguazinha, em processo de construção, consistindo basicamente em uma lagoa de equalização, dois filtros biológicos (tratamento anaeróbio) e uma lagoa facultativa.

Figura 3.5 Sistema de Tratamento de Lixiviados do Aterro Controlado de Aguazinha-PE

Esse sistema é dimensionado para tratar uma vazão Q=2,2L/s, sendo que 50% será direcionado para a recirculação de lixiviado com vazão Q=1,1L/s, no intuito de obter um efluente final com baixas concentrações em termos de poluição orgânica, de acordo com os padrões estabelecidos pelos órgãos de fiscalização ambiental.

3.2.1 Lagoa de equalização

A lagoa de equalização absorve as variações de vazão ocorridas devido à grande área do aterro e pela influência das chuvas e evaporação. A equalização de fluxo é utilizada para superar os problemas operacionais causados pelas variações de fluxo, para melhorar o desempenho de processos e para reduzir o tamanho e custo de equipamentos de tratamentos posteriores. A equalização de fluxo é simplesmente um regulador de suas variações.

Os principais benefícios da aplicação do processo de equalização de fluxo são: o tratamento biológico é melhorado porque os choques de carga são eliminados ou podem ser minimizados, substâncias inibidoras

podem estar diluídas, e o pH pode ser estabilizado; a qualidade do efluente e o desempenho do espessamento dos tanques de sedimentação secundária, que seguem o tratamento biológico, são melhorados por meio de cargas constantes de sólidos; as necessidades de área de filtração do efluente são reduzidas, o desempenho do filtro é melhorado, e ciclos de lavagem do filtro mais uniformes são possíveis; no tratamento químico, além de melhorar o desempenho de muitas operações e processos de tratamento, a equalização de fluxo é uma opção atrativa para melhorar o desempenho de plantas sobrecarregadas.

No sistema do aterro, esta lagoa tem por finalidade equalizar a vazão, bem como homogeneizar o lixiviado que será tratado nos filtros anaeróbios e na lagoa facultativa. A entrada do efluente se efetua através de um sistema de drenagem de lixiviado por meio da gravidade. A lagoa é prevista para um tempo de detenção hidráulica de 2 dias, comportando um volume de 185m^3.

A lagoa terá forma de um tronco de pirâmide com a base maior de 12x12m e a base menor de 5,6x5,6m, com altura de 2,50m e inclinação dos taludes de 45°. A profundidade de 2,50m objetiva que o lixiviado mais superficial nitrifique a amônia, sendo aerado através da atividade fotossintética das algas, além de haver redução pelo processo de evaporação.

3.2.2 Filtro biológico (tratamento anaeróbio)

De acordo com Nascimento (2000), os filtros biológicos apesar do seu grande potencial e elenco de vantagens, têm sido pouco utilizados no Brasil. Talvez a principal razão para tal seja a pouca difusão da tecnologia no meio. É de grande importância, portanto, que se aumente e dissemine o nível de conhecimento sobre esses sistemas, como forma de viabilização da sua maior utilização. Os filtros biológicos são sistemas de tratamento de efluentes que podem encontrar uma elevada aplicabilidade no Brasil, tendo em vista, principalmente, a sua simplicidade e baixo custo operacional.

Entretanto, estes sistemas não têm encontrado uma maior disseminação no Brasil, sendo raras as unidades implantadas e atualmente em operação.

Quando aplicam-se tratamentos biológicos em lixiviados, objetiva-se transformar os constituintes orgânicos em compostos estáveis, não putrescíveis, com remoção eficiente de DBO, DQO e nitrogênio amoniacal do líquido tratado. Os principiais microorganismos envolvidos no processo são as bactérias, os protozoários, as algas e os fungos. Destes, as bactérias são, sem dúvida, os principais agentes transformadores da matéria orgânica (PROSAB, 2006).

A tecnologia empregada para o tratamento dos lixiviados produzidos, decorrentes da biodegradação das massas de resíduos sólidos urbanos dispostas no aterro controlado de Aguazinha, são 2 filtros biológicos anaeróbios de fluxo ascendente com leito fixo de pedra granítica, objetivando remover matéria orgânica e, eventualmente, nutrientes como nitrogênio e fósforo.

Os filtros apresentam dimensões idênticas (5,40mx5,40mx1,80m), e estarão interligados entre si para que, caso necessite, eles possam trabalhar em série ou em paralelo (durante o período chuvoso atuarão em paralelo e durante o período de baixa precipitação atuarão em série). A eficiência prevista é de 72% de remoção de matéria orgânica. As dimensões construtivas dos filtros podem ser visualizadas no Quadro 2.3 a seguir.

Quadro 2.3 Dimensões Construtivas dos Filtros Biológicos

CARACTERÍSTICAS	UNIDADE	FILTRO BIOLÓGICO
Altura útil	m	1,80
Largura = comprimento	m	5,40
Volume total	m^3	52,49

Fonte: GRS, 2005.

3.2.3 Lagoa facultativa

No aterro estudado, após o tratamento dos lixiviados pelos filtros biológicos, os mesmos serão encaminhados para uma lagoa facultativa, objetivando, através de oxidação bacteriana, converter a matéria orgânica em dióxido de carbono, amônia e fosfatos.

A lagoa facultativa caracteriza-se por possuir uma zona aeróbia superior, em que os processos de estabilização da matéria orgânica são a oxidação aeróbia e a redução fotossintética, e uma zona anaeróbia na camada de fundo, onde ocorrem os fenômenos típicos da fermentação anaeróbia. A camada intermediária entre essas duas zonas é dita facultativa, predominando os processos de oxigenação aeróbia e fotossintética.

A área superficial será da forma quadrada com dimensões de aproximadamente 44,5x44,5m e a base menor também quadrada com 38,5x38,5, com altura de 1,50m. O volume terá forma de tronco pirâmide com 2.586m^3.

3.2.4 Recirculação de lixiviado

A recirculação dos líquidos lixiviados no aterro objetiva: a redução da vazão efetivamente a tratar, através de uma regularização propiciada pelo armazenamento do lixiviado na massa porosa de resíduos, garantindo a manutenção de um nível freático máximo dentro da célula com o objetivo de permitir a infiltração e acumulação de água ao longo dos anos e sobretudo, garantir a estabilidade geotécnica da célula; além de reduzir a carga de sólidos em suspensão e orgânica no efluente a tratar.

Segundo (MCBEAN *et al*., 1995 *apud* HAMADA, 2004) pesquisadores como Pohland e Leckie *et al*., em trabalhos efetuados desde 1972, sugerem que a recirculação do lixiviado em aterros podem auxiliar ou promover o desenvolvimento rápido das bactérias metanogênicas.

Para o dimensionamento do poço de acumulação de lixiviado a ser recirculado, foi considerado a vazão de 190m^3/dia, sendo a partir daí 50% da vazão recirculada para a célula e, 50% enviada para o sistema de tratamento propriamente dito.

3.3 Procedimentos para Coletas de Amostras

3.3.1 Amostragens

Foram utilizadas amostras de lixiviados provenientes de duas células de disposição final de resíduos sólidos urbanos do aterro controlado de Aguazinha, localizado na região Metropolitana de Recife/PE. Vale ressaltar que as amostras foram coletadas e conservadas, para posterior análise em laboratórios, considerando a técnica utilizada para coleta e conservação de amostras da ABNT (1987).

As amostragens constituíram-se em: cerca de 2 litros de lixiviados acondicionados em bombonas plásticas de polietileno, previamente esterilizadas para posteriores análises físico-químicas; 1 litro para determinação de metais e cerca de 200 mililitros para as análises microbiológicas (Estas, por sua vez, acondicionadas em recipientes de vidro prévia e devidamente esterilizados, com soluções de tiossulfato de sódio, objetivando inibir influências de cloretos e, EDTA, como inibidor de metais pesados que possam estar presentes).

A preservação das amostras faz-se necessária no auxílio do retardamento da ação microbiológica, hidrólise dos compostos químicos complexos e redução da volatilidade que alguns constituintes possam apresentar.

3.3.2 Pontos de amostragens

Foram realizadas 9 coletas, durante 9 meses consecutivos, no período de agosto/2007 a abril/2008, em poços de monitoramento no aterro, da célula nova, recebendo resíduos diariamente e sendo operada a menos de 2 anos, e célula antiga, já encerrada e com resíduos de mais de 10 anos.

Os poços de monitoramento dos lixiviados, podem ser visualizados através do desenho esquemático do Aterro Controlado de Aguazinha, Figura 3.6.

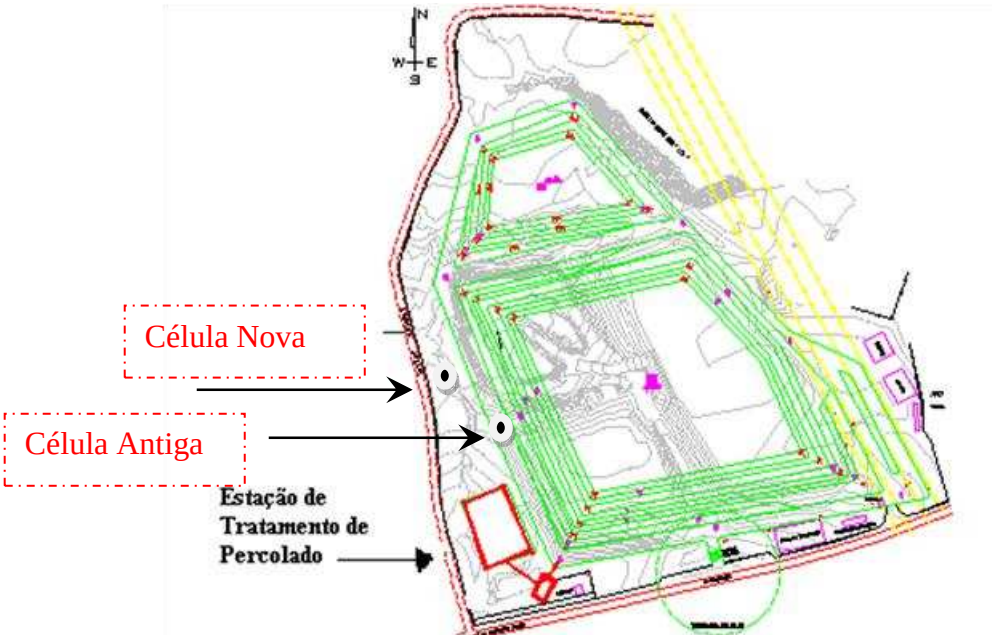

Figura 3.6 Planta do Aterro Controlado de Aguazinha com os Pontos de Coletas (Fonte: ATEPE, 2005).

No aterro, procurou-se realizar coletas em pontos estratégicos às proximidades e antes do sistema de tratamento de lixiviados. As amostragens físico-químicas e microbiológicas podem ser visualizadas na Figura 3.7 e, os pontos de coletas podem ser visualizados nas Figuras 3.8 a,b,c e d.

Figura 3.7 Amostras Microbiológicas e FisicoQuímicas, respectivamente

Figura 3.8 a) Célula Antiga, b) Célula Antiga (coleta do lixiviado), c) Célula Nova, d) Célula Nova (coleta do lixiviado)

Para a análise dos resultados, levou-se em consideração a influência das precipitações em cada mês monitorado, Figura 3.9. Os dados das precipitações mensais foram adquiridos da Estação Meteorológica, Plataforma de Coleta de Dados(PCDs) do município de Olinda, a qual, localiza-se no Memorial Arcoverde.

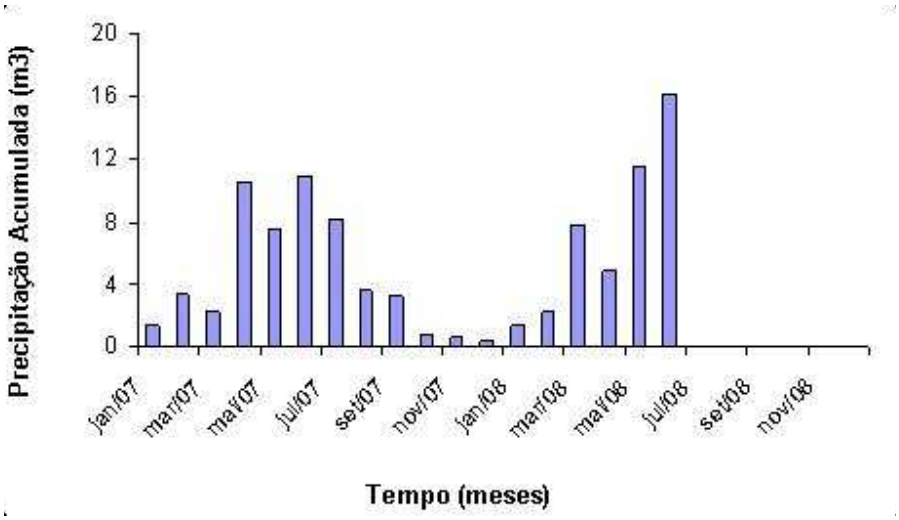

Figura 3.9 Dados Pluviométricos de Olinda-PE (Fonte: ITEP/LAMEPE, 2008)

O clima do município de Olinda é, segundo a classificação geral de Köeppen, do tipo As', ou seja, quente e úmido, com chuvas de outono e inverno, distribuídas de março a agosto, com temperatura do mês mais frio superior a 18ºC. A estação chuvosa ocorre no período de outono-inverno, nos meses de março a agosto, com valores de precipitação variando entre 140 a 270mm mensais. A média de chuvas anual varia em torno de 1760mm.

O Município de Olinda abrange as Bacias Hidrográficas dos Rios Beberibe, Paratibe e Fragoso.

O Rio Beberibe nasce no Município de São Lourenço da Mata, na confluência dos rios Pacas e Araçá, possui uma extensão de 19km e uma bacia de drenagem de aproximadamente 78,71km^2, dos quais 17,8% (aproximadamente 14km^2) estão situados no Município de Olinda. Bairros como Caixa D´água, São Benedito, Fosforita, Peixinhos, Vila Popular e Varadouro, localizam-se sobre sua margem esquerda no passo pelo município, enquanto que Salgadinho e Sitio Novo, são os aportes pela margem direita. O rio conforma a principal rede de macrodrenagem de Olinda pelos costados sudoeste e sudeste, com seu sistema de canais Lava-Tripas e Canal da Malária. Há que se considerar ainda, as lagoas do Jardim Brasil e outras.

O Rio Fragoso entra em Olinda pelo costado norte, bairro Tabajara, e percorre uma distancia de 6,2km dentro do município em sentido leste e depois norte, abrangendo os bairros Fragoso, Casa Caiada, Jardim Atlântico e Rio Doce. Nesse percurso conforma a principal rede de Macrodrenagem do lado nordeste, complementada com os canais Fragoso, Ouro Preto (canalização do riacho Ouro Preto) e Bultrins. Cabe mencionar que o Rio Fragoso toma o nome de Rio Doce, ao passo pelo bairro do mesmo nome e antes de entregar sua vazão no estuário do Rio Paratibe.

O Rio Paratibe, cujas nascentes localizam-se nos Municípios do Recife, Paulista e São Lourenço da Mata, percorre uma extensão de 16km e abrange uma área de 118,54km^2, dos quais 18,6% da mesma (aproximadamente 22,08km^2) estão inseridos no Município de Olinda.

3.3.3 Parâmetros analisados

Os critérios para caracterização dos efluentes brutos foram rigorosamente seguidos, a partir dos métodos do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA *et al.* (1995 e 1998) e do PROSAB/APHA (1992). Foram considerados parâmetros físico-químicos e microbiológicos para caracterização dos lixiviados brutos, são eles: pH; Alcalinidade; Cor; Condutividade; Turbidez; Sólidos Totais(ST); Sólidos Suspensos Totais(SST); Sólidos Dissolvidos Totais (SDT); Sólidos Sedimentáveis(SS); DQO; DBO; Nitrogênio Amoniacal; Nitrato; Nitrito; Sulfetos; Metais (Cádmio, Cromo, Zinco, Chumbo); Manganês; Sulfatos; Coliformes Totais (CT); Coliformes Termotolerantes(CTT); Pseudomonas aeruginosa.

3.3.4 Metodologias dos parâmetros analisados

A concentração de cada parâmetro foi avaliada de acordo com as seguintes metodologias: Tabela 3.2 a seguir.

Tabela 3.2 Metodologias utilizadas no Estudo do Monitoramento do aterro controlado de Aguazinha

PARÂMETRO	MÉTODO	OBS.
pH	Método eletrométrico	Potenciômetro modelo DM 22 (Digimed)
Alcalinidade (mg/L)	Método eletrométrico	PROSAB/APHA, 1992
Cor(mg/L)	Sistema fotométrico	Espectrofotômetro modelo Spectroquant Nova 60 (MERCK)
Condutividade (µS/cm)	Método eletrométrico	Condutivímetro modelo DM 32 (Digimed)
Turbidez(UNT)	Método nefelométrico	Turbidímetro modelo turbiquant 1000 IR (MERCK KGa A), (APHA, 1995)
Sólidos Totais(mg/L)	Método gravimétrico	(APHA, 1995)
Sólidos Suspensos Totais(mg/L);	Método gravimétrico	
Sólidos Dissolvidos Totais(mg/L);	Método gravimétrico	
Sólidos Sedimentáveis(mg/L)	Método do cone Imhoff	
DQO(mg O_2/L)	Método da oxidação química com dicromato de potássio	Reator de DQO compacto, banho seco para 8 tubos, modelo ECO 8 thermoreactor, (Velp scientifica) (APHA, 1998)
DBO(mg O_2/L)	Método de Winkler, adaptado de SMEWW 5210	

Tabela 3.2 Metodologias utilizadas no Estudo do Monitoramento do aterro controlado de Aguazinha (continuação)

PARÂMETRO	MÉTODO	OBS.
Nitrogênio Amoniacal(mg/L)	Método eletrométrico	utilizando eletrodo de íon seletivo–Orion, Modelo 720 SMEWW 4500-NH_3 D
Nitrato(mg/L)	Sistema fotométrico	espectrofotômetro, modelo Spectroquant Nova 60 (MERCK);
Nitrito(mg/L)	Sistema fotométrico	Sistema fotométrico, utilizando espectrofotômetro, modelo Spectroquant Nova 60 (MERCK)
Sulfetos(mg/L)	Sistema fotométrico	utilizando espectrofotômetro, modelo Spectroquant Nova 60 (MERCK);
Sulfato(mg/L)	Sistema fotométrico	espectrofotômetro, modelo Spectroquant Nova 60 (MERCK);
Metais (mg/L)	Sistema fotométrico	espectrofotômetro, modelo Spectroquant Nova 60 (MERCK);
Manganês(mg/L)	Sistema fotométrico	espectrofotômetro, modelo Spectroquant Nova 60 (MERCK);
Coliformes Totais(NMP/100mL)	Técnicas dos tubos múltiplos (APHA, 1998).	
Termotolerantes(NMP/100mL)		
Pseudomonas aeruginosa(NMP/100mL)		

3.3.5 Características dos resíduos sólidos de Aguazinha-PE

3.3.5.1 Composição Gravimétrica

A determinação da composição gravimétrica dos resíduos é outro dado essencial. Devido às transformações que ocorrem nas cidades, torna-se necessária a atualização periódica dos dados relativos à composição do resíduo, que, consequentemente, também se modifica com o passar do tempo. A composição gravimétrica expressa a presença de cada componente, dada em percentagem, em relação ao peso total do resíduo (MELO, 2000).

No caso dos resíduos de origem domiciliar e comercial, normalmente dispostos em aterros, os componentes comumente discriminados na composição gravimétrica são: matéria orgânica putrescível, metais ferrosos, metais não ferrosos, papel, papelão, plásticos, trapos, vidro, borracha, couro, madeira, entre outros. Na literatura são apresentados diferentes métodos para realizar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos, a maior parte com base no quarteamento da amostra, conforme a NBR 10007/ ABNT (1987).

Verifica-se na Tabela 3.3, a tipologia dos resíduos depositados, a partir do ensaio gravimétrico realizado no ano de 2000, do Aterro Controlado de Aguazinha. Através dos percentuais observados, constata-se que o percentual de matéria orgânica representa mais da metade do volume de resíduos, enquanto que a percentagem de materiais potencialmente recicláveis corresponde à 48% do total.

Tabela 3.3 Ensaio Gravimétrico do Aterro Controlado de Aguazinha-PE, 2000.

TIPOS DE RESÍDUOS DEPOSITADOS	PERCENTUAL (%)
Matéria Orgânica	52
Papel	19
Plástico	12
Vidro	5
Metal	3
Outros	9

Fonte: ATEPE/GRS, 2000

Realiza-se o estudo da composição gravimétrica em aterros controlados e sanitários com o intuito de expressar a presença de cada componente, apresentados em percentagem, em relação ao peso do resíduo.

No aterro, o estudo gravimétrico ocorreu apenas no ano 2000, não sendo possível realizar uma comparação em termos de redução ou elevação nos percentuais indicados em anos posteriores para o aterro. O percentual de 52% encontrado para matéria orgânica, encontra-se abaixo do percentual obtido nos estudos do Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2000), o qual apresenta 60% de matéria orgânica.

Já para os constituintes restantes, a maioria dos valores encontrados no aterro, com exceção dos metais, encontram-se acima dos valores apresentados pelo (PNSB, 2000), o qual nos apresenta valores de papel/papelão (25%); plástico (3%); metal(4%), vidro (3%) e outros (5%).

Os resíduos sólidos do aterro, tiveram um período longo, de aproximadamente 10 anos, de disposição desordenada e inapropriada.

Devido a este fato, o fornecimento da quantificação, caracterização e as respectivas idades dos resíduos aterrados desde o início de seu funcionamento, torna-se inviável.

Atualmente, o aterro encontra-se em fase final de vida útil. A prefeitura de Olinda está construindo a célula 2, em uma área de aproximadamente 2,0 hectares, com o intuito de junção à célula 1, prolongando a utilização do aterro por mais 4 anos (de 2007 a 2010). Finalizando ambas as células com fechamento de cotas iguais, a 50m de altura.

Podemos verificar na Tabela 3.4, alguns dados referentes à quantidade de resíduos dispostos no aterro, descritos de acordo com seus tipos e quantidades. Os dados foram fornecidos pela Prefeitura de Olinda, referentes aos anos de 2001 a 2006. Entendendo-se por resíduos volumosos, os resíduos provenientes de entulhos, varrição e limpeza pública.

Tabela 3.4 Quantidade de resíduos dispostos no aterro controlado de Aguazinha-PE

RESÍDUO (TON)				
ANO	**Podação**	**Volumosos**	**Domiciliares**	**Total de resíduos/ano**
2001	2.362,01	33.813,54	112.301,03	148.476,58
2002	2.932,31	46.214,61	90.747,95	139.894,87
2003	3.470,19	42.666,79	91.011,18	137.148,16
2004	3.479,92	40.833,32	87.147,76	131.461,00
2005	3.923,32	30.917,25	85.234,84	120.075,41
2006 (em andamento)	3.043,78	27.403,17	62.459,14	92.906,09

Fonte: CETAP, 2007.

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados para a caracterização dos lixiviados gerados no aterro controlado de aguazinha serão apresentados inicialmente no estudo do monitoramento físico-químico, seguido do monitoramento microbiológico e avaliação dos dados como subsídio ao projeto de dimensionamento de sistemas de tratamentos futuros de lixiviado do aterro. O estudo realizou-se no período de agosto/2007 a abril/2008, totalizando 9 amostragens consecutivas.

Esses resultados foram analisados considerando a influência da precipitação nas características dos lixiviados de ambas as células de resíduos.

4.1 Avaliação Global do Monitoramento FísicoQuímico e Microbiológico dos Lixiviados

O objetivo principal desta dissertação foi caracterizar físicoquimica e microbiologicamente o lixiviado de duas células no aterro controlado de Aguazinha e avaliar os dados como subsídio ao projeto de dimensionamento de sistemas de tratamentos futuros de lixiviado do aterro. Esses lixiviados são constantemente produzidos pela decomposição natural dos resíduos e direcionados ao corpo hídrico Riacho Lava Tripa classificado pela Agência Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos como muito poluído, Figura 4.1.

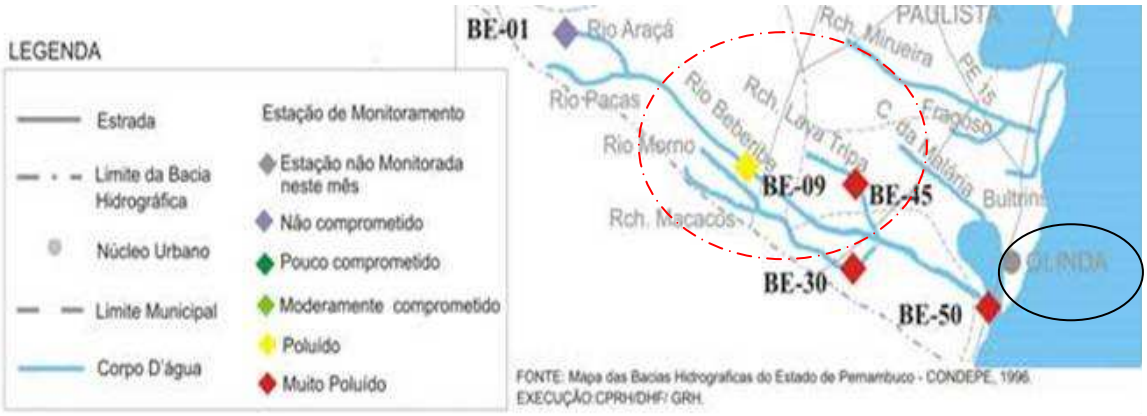

Figura 4.1 Representação Gráfica dos Corpos D`água do Grupo de Bacias de Pequeno Rios Litorâneos (Fonte: CONDEPE, 1996).

Conforme a metodologia proposta foram realizadas 9 amostragens no período de agosto/07 a abril/08 no Aterro Controlado de Aguazinha-PE, considerando lixiviados de duas células de diferentes idades, denominadas neste trabalho, como célula 1 (resíduos antigos) e célula 2 (resíduos novos). As respectivas médias e desvios padrões dos parâmetros analisados, são apresentados na Tabela 4.1.

A avaliação da caracterização para todos os parâmetros analisados, fez-se considerando lançamento dos lixiviados do aterro controlado de aguazinha no corpo hídrico receptor, Riacho Lava Tripa, por apresentar maior proximidade ao mesmo.

Tabela 4.1 Média e Desvio Padrão dos Parâmetros Físico-Químicos Analisados

PARÂMETRO	Lixiviado (resíduo antigo)		Lixiviado (resíduo novo)	
	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
pH	7,89	±0,208	8,56	±0,333
Alcalinidade Total (mg/L $CaCO_3$)	4.310,00	±916,079	9.711,00	±4.713,456
Condutividade (µS/cm.)	12.749,00	±1.348,210	17.140,00	±2.779,111
Cor (UC)	7.897,22	±12.584,50	7.837,78	±70.540,00
Turbidez (NTU)	95,87	±111,776	291,71	±145,547
DBO (mg/L)	1.000,00	±406,676	2.169,00	±629,895
DQO (mg/L)	1.873,00	±1.032,00	3.891,00	±1.398,00
$N\text{-}NH_4^+$ (mg/L)	1.366,00	±371,579	1.254,82	±420,912
ST (mg/L)	5.894,00	±669,923	11.274,00	±1.200,247
SDT (mg/L)	5.540,00	±615,396	9.873,00	±1.328,889
SST (mg/L)	0	±0,107	1.891,00	±1.365,40
SS (mg/L)	0	0	0	0
Sulfetos (mg/L)	1,54	±2,181	4,78	±6,092
Sulfatos (mg/L)	1.535,94	±1.382,4454	1.799,50	±1.424,889
Nitrato (mg/L)	20,3	±19,976	7,19	±12,763
Nitrito (mg/L)	0,45	±0,470	0,72	±0,321
Manganês (mg/L)	5,60	±2,497	11,38	±7,405
Cádmio (mg/L)	0,61	±0,246	7,17	±18,690
Chumbo (mg/L)	3,28	±1,263	7,04	±4,792
Cromo (mg/L)	1,57	±2,363	2,25	±1,442
Zinco (mg/L)	3,05	±7,441	12,08	±17,895

Nesta caracterização empregou-se o a função estatística Desvio Padrão (DP), para avaliar o grau de dispersão nas medidas dos parâmetros físico-químicos, a partir das nove repetições nas amostragens. O Desvio Padrão representa de forma significativa e estatisticamente, a dispersão dos resultados.

De acordo com os resultados obtidos e conforme mostra os valores do desvio padrão, os lixiviados de ambas as células, apresentaram no período de amostragem, uma variação significativa com relação aos parâmetros analisados. Exceção ocorreu para o parâmetro pH, cujos valores foram praticamente constantes durante o período de amostragem.

Isto deve-se aos valores elevados de alcalinidade, tanto para o Lixiviado Antigo como para o Lixiviado Novo, proporcionando o tamponamento do pH, evitando ocorrência de ácidos orgânicos voláteis, os quais são provenientes da queda do mesmo.

Os valores de DQO e DBO encontrados indicaram que ambos os lixiviados do aterro, são de boa degradabilidade (SANTOS, 2003), porém, há indícios de compostos recalcitrantes no meio, pelo lento processo de degradação observado. Para os valores de sólidos totais, observa-se predominância dos sólidos dissolvidos em detrimento dos sólidos suspensos, características típicas nos estudos de lixiviados; Os valores elevados de sulfatos, indicam boas condições para as atividades das bactérias metanogênicas e incentivo à capacidade anaeróbia do meio.

Os resultados foram devidamente avaliados e comparados com a precipitação mensal para o período de amostragem, proveniente do posto de coleta pluviométrica do município de Olinda-PE.

A resolução CONAMA n° 357/05, resolução vigente no país, estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora devem obedecer aos valores padrões para lançamento nos corpos d`águas receptores. Na tabela 4.2 verificamos valores de 4 parâmetros especificados por tal resolução, os quais, também foram determinados no monitoramento para ambos os lixiviados.

Tabela 4.2 Padrões de Lançamentos de Efluentes em Corpos D`águas

PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO ADMISSÍVEL
pH	5-9
Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L N)	20
Ferro Dissolvido (mg/L Fe)	15
Sulfeto (mg/L S)	1
Ausência de materiais flutuantes	

Fonte: Resolução CONAMA N°357/05

Observa-se a partir do estudo realizado que os valores para o parâmetro pH, apresentaram-se coerentes com a faixa máxima admissível para lançamento em corpos d`água por tal resolução. Porém, os valores encontrados para Nitrogênio Amoniacal, apresentaram-se acima dos valores máximos admissíveis; os valores de ferro apresentam-se coerentes às exigências e o parâmetro sulfeto, ora apresentou-se coerente ora fora dos padrões estabelecidos por tal resolução.

De acordo com a resolução CONAMA n° 357/05, o eflue nte que não estiver de acordo com os padrões de lançamento, não poderá ser lançado em corpos d`águas receptores sem um tratamento adequado, pois causarão impactos significativos ao corpo hídrico receptor.

4.2 Monitoramento Mensal FísicoQuímico dos Lixiviados

4.2.1 Potencial Hidrogeniônico

A quantificação deste parâmetro é de fundamental importância ambiental no monitoramento de aterros controlados, haja vista, que as atividades microbiológicas não estão apenas atreladas às variações de temperatura, tendo este parâmetro, significativa importância no processo de estabilização do lixiviado.

Segundo Werker & Hall (1999), os ecossistemas sempre estão sujeitos aos impactos provocados por variações de pH. Diversas bactérias têm sua proliferação afetada em valores de pH abaixo de 4,0 ou acima de 9,5.

O pH apresenta grande influência no processo anaeróbio (na atividade das enzimas hidrolíticas e dos microrganismos de todo o consórcio anaeróbio), principalmente dos microrganismos que têm baixa taxa de crescimento, como os metanogênicos. O processo de digestão anaeróbia ocorre no intervalo de pH de 6 a 8,3 sendo que valores de pH fora do intervalo ótimo podem inibir o processo de degradação, levando a subestimação da biodegradabilidade (Angelidaky *et al*, 2004). Neste caso é necessário, para o desenvolvimento dos processos de degradação, o ajuste do pH, com adição de agentes que proporcionem tamponamento do sistema na faixa ótima de pH.

Geralmente, o valor ótimo para o crescimento bacteriano está na faixa de 6,5 e 7,5. E é praticamente nesse mesmo intervalo de pH (6,7 a 7,5 – CHRISTENSEN & KJELDSEN, 1989 – ou de 6,6 a 7,6 – McCARTY, 1964a) que os processos de digestão anaeróbia se desenvolvem melhor. Valores abaixo de 6,2 inibem fortemente a atividade das metanogênicas e, na faixa de 4,5 a 5,0 afetam também as bactérias fermentativas. Efeitos similares são observados também, em valores de 8,0 a 8,5 (McCARTY, 1964a e 1964b *apud* ALCÂNTARA, 2007).

De acordo com Tchobanoglous *et al.* (1993 *apud* ALCÂNTARA, 2007), o pH na faixa de 6 a 9, não representa em si mesmo um fator significativo para o crescimento microbiano. Porém valores de pH na faixa de 6,8 a 8,0 mostram-se compatíveis com a fase metanogênica (TCHOBANOGLOUS *et al.*, 1993). O monitoramento desse parâmetro é fundamental para o equilíbrio dinâmico de sistemas de conversão biológica de resíduos orgânicos em ecossistemas anaeróbios naturais ou aqueles produzidos pelo homem, como os aterros sanitários.

Os resultados encontrados para o parâmetro de avaliação pH dos lixiviados de ambas as células, apresentaram-se praticamente constantes, com sutis variações. Pode-se observar na Figura 4.2, que os valores variaram nas faixas de 7,64-8,30 e de 8,02-8,94 para o lixiviado antigo e lixiviado novo, respectivamente. Ambos apresentando-se levemente alcalinos, indicando um significativo estágio de decomposição.

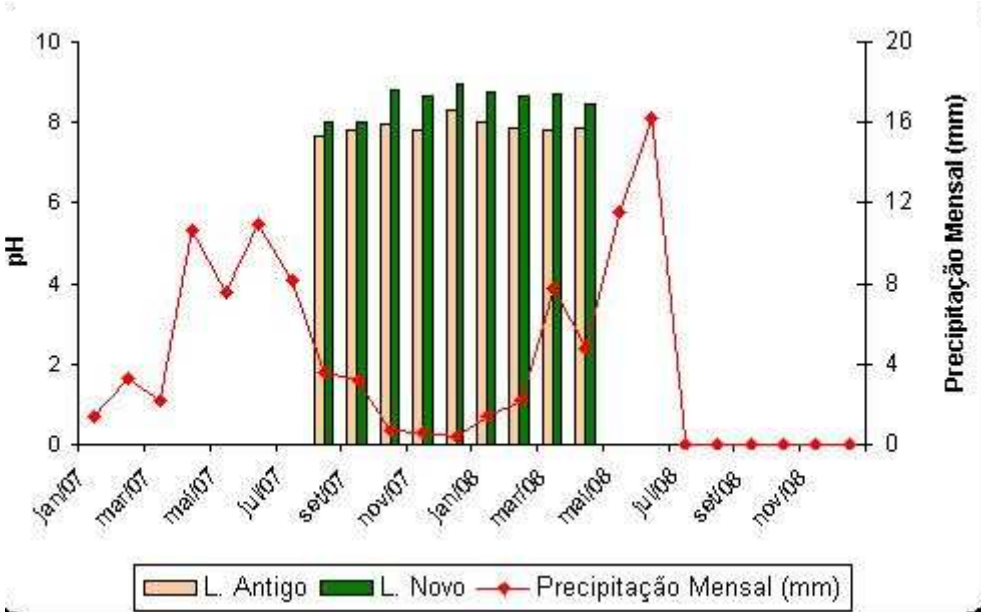

Figura 4.2 Variação do pH e da precipitação mensal em função do tempo

Os valores encontrados no estudo do lixiviado antigo, apresentaram-se coerentes com a fase metanogênica (TCHOBANOGLOUS *et al.*, 1993). Para o lixiviado novo, os valores encontrados apresentaram-se acima da faixa considerada pelo referido autor, porém com valores muito próximos a ela. É importante considerar que cada lixiviado de aterros, apresenta características e composições diversas, e a estabilização dos resíduos ocorre de acordo com as mesmas. Para ambos os lixiviados estudados, os resultados estão de acordo com ambientes favoráveis a degradação e estabilização da matéria orgânica, pelo processo anaeróbio.

Observa-se que os valores mantiveram-se praticamente constantes com sutis variações para o lixiviado antigo, principalmente nos meses de período seco (outubro/07 a fevereiro/08). Para o lixiviado novo, pode-se verificar uma relação ligeiramente inversa, apresentando os valores mais altos de pH nos meses de menor precipitação (outubro/2007 a fevereiro/2008).

Para ambos os lixiviados, os valores encontrados estão muito próximos à faixa máxima considerada no estudo de lixiviados de aterros brasileiros estudados por Souto & Povinelli (2007), e coerentes com o intervalo apresentado por Angelidaky *et al*., (2004).

No estudo do parâmetro de avaliação pH, pode-se dizer que ambos os lixiviados encontram-se na fase metanogênica considerando estudos realizados por Nopharatana *et al.* (2007 *apud* ALCÂNTARA, 2007). Ocorrendo um equilíbrio da população de bactérias arqueas metanogênicas que atuam na conversão dos ácidos orgânicos em metano, gás carbônico e água, ocorrendo desta forma, uma elevação do pH acima de 7,0 (CHRISTENSEN *et al.,* 2001).

Nessa fase metanogênica a população de bactérias subdivide-se em acetoclásticas e hidrogenotróficas de acordo com o substrato utilizado para a produção de metano. Na metanogênese acetoclástica, o metano é produzido a partir da redução do ácido acético, sendo gerado também, dióxido de carbono. Na metanogênese hidrogenotrófica, são utilizados hidrogênio e dióxido de carbono e são produzidos metano e água, Megonigal *et al*. (2004 *apud* ALCÂNTARA, 2007).

Os valores encontrados apresentaram-se de acordo com a faixa exigida pela resolução do CONAMA 357/05.

4.2.2 Alcalinidade Total

Um valor de alcalinidade elevado dificulta os processos de tratamento biológico, os quais, apresentam boas eficiências em concentrações máximas em torno de 400 a 500 $CaCO_3L^{-1}$ (VON SPERLING, 1996).

Os valores encontrados para o lixiviado antigo, Figura 4.3, estão de acordo com os estudos de Souto & Povinelli (2007), apresentando-se na faixa de 2.800-5.500 mg/L $CaCO_3$. Já para o lixiviado novo, Figura 4.3, apenas dois valores (13.300 e 27.333), apresentaram-se acima da faixa máxima considerada no mesmo estudo, e bem acima dos valores considerados por Tchobanoglous *et al.* (1993 *apud* CASSINI, 2003).

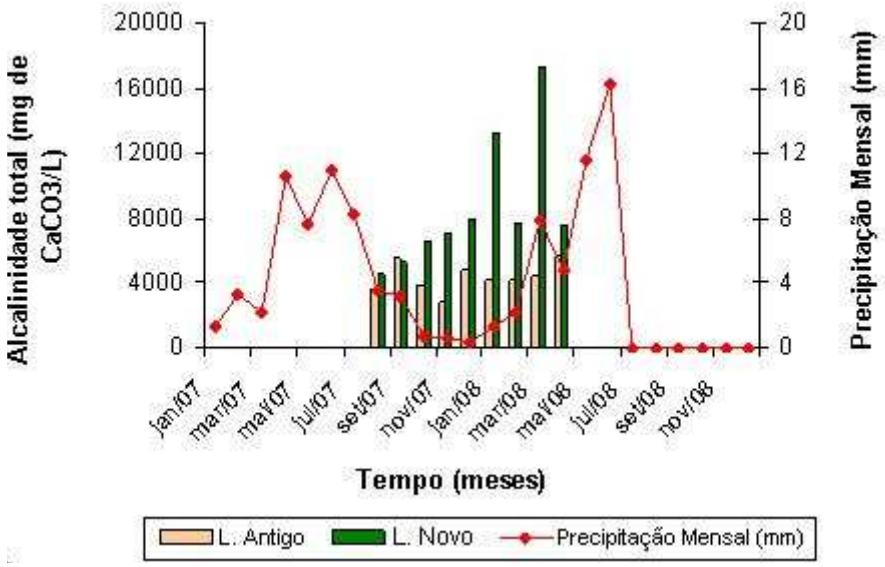

Figura 4.3 Variação da alcalinidade total e da precipitação mensal em função do tempo

Observa-se nos valores de alcalinidade para o lixiviado antigo, sutis variações durante todo o período de estudo, não apresentando assim, influência direta com a precipitação, mostrando-se coerente com os resultados encontrados para o parâmetro pH (Figura 4.2), para o mesmo período; Para o lixiviado novo, observa-se uma relação inversa com a precipitação, exceção feita, ao mês de março/08 onde ocorreu uma elevação juntamente com a precipitação, o que pode ser observado, para o mesmo mês no parâmetro pH (Figura 4.2). De acordo com Von Sperling (1996), quando o pH encontra-se numa faixa de 4,4 e 8,3 a alcalinidade é devida a apenas bicarbonatos; e quando encontra-se numa faixa de 8,3 e 9,4, a alcalinidade é devida a carbonatos e bicarbonatos.

Pode-se dizer que os valores de alcalinidade encontrados para o lixiviado antigo são devidos a apenas bicarbonatos e os valores encontrados para o lixiviado novo são devidos a carbonatos e bicarbonatos, porém isso é válido para o sistema carbônico, com necessidade de análise mais profunda, haja vista que outras espécies químicas podem conferir alcalinidade.

4.2.3 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a medida da capacidade de uma solução aquosa de conduzir a corrente elétrica. Esse parâmetro está relacionado à presença de íons dissolvidos, a concentração total, mobilidade e valência desses íons bem como a temperatura de solução. Soluções de compostos mais inorgânicos são boas condutoras, enquanto as de compostos orgânicos conduzem mal a corrente elétrica. No Sistema Internacional de Unidades, os valores de condutividade são expressos em milisiemens por metro (µS/m) que equivale a 1 µS/cm = 0.001 mS/cm = 0.000001 S/cm = 1 µmho/cm (APHA, 1998).

Condutividades elétricas elevadas também podem dificultar os processos biológicos, provocando a morte dos microrganismos por desidratação uma vez que a mesma está associada à presença de sais. Observou-se nos resultados encontrados, oscilações significativas nas faixas de 10.000-14.000 e 10.000-21.000 µS/cm, para o lixiviado antigo e lixiviado novo, respectivamente, Figura 4.4.

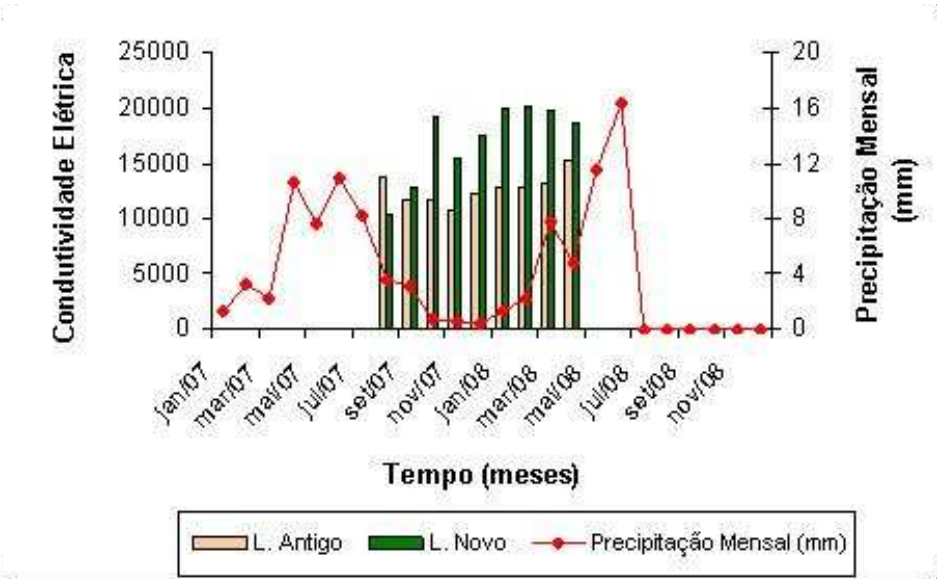

Figura 4.4 Variação da condutividade e da precipitação mensal em função do tempo

A oscilação dos resultados encontrados pode ser devida, segundo Meneses (1995), a elementos provenientes principalmente das fontes de substâncias dissolvidas que compõem o conteúdo químico da água (precipitações), decomposição de resíduos orgânicos terrestres e aquáticos, bem como o intemperismo químico do material local.

SCHALCH (1992), cita que os valores de condutividade elétrica tendem a diminuir à medida que as fases de degradação do lixiviado vão diminuindo, chegando à maturação final com valores entre 1.400 a 4.500 µS/cm. Pode-se observar na Figura 4.4, que os valores encontrados para ambos os lixiviados, não apresentaram diminuição no período de amostragem, justificando-se pela degradação da matéria orgânica ainda não ter alcançado a fase de maturação final.

Observa-se uma relação inversa dos valores de condutividade encontrados para ambos os lixiviados, com a precipitação, para todo o período de amostragem, onde a precipitação mostra-se reduzida, com conseqüente elevação nos valores de condutividade elétrica. Este fato pode ser devido ao efeito de diluição da água da chuva no lixiviado.

4.2.4 Cor

A cor pode ser altamente interferente nos processos fotossintéticos naturais nos leitos dos rios, provocando alterações na biota aquática (KNAPP *et al.,* 1997; KAPDAN *et al.,* 2000; KIRBY *et al.*, 2000). A cor no lixiviado significa a presença de matéria orgânica decomposta, especialmente de substâncias húmicas que são constituídas de macromoléculas, como ácidos amorfos predominantemente aromáticos e hidrofílicos, proveniente da decomposição de plantas e resíduos de animais (SANTOS & REZENDE, 2002).

Neste estudo, encontrou-se valores na faixa de 2.100-41.400 e 3.635-4.470 para o lixiviado antigo e lixiviado novo, respectivamente. O que pode ser verificado na Figura 4.5.

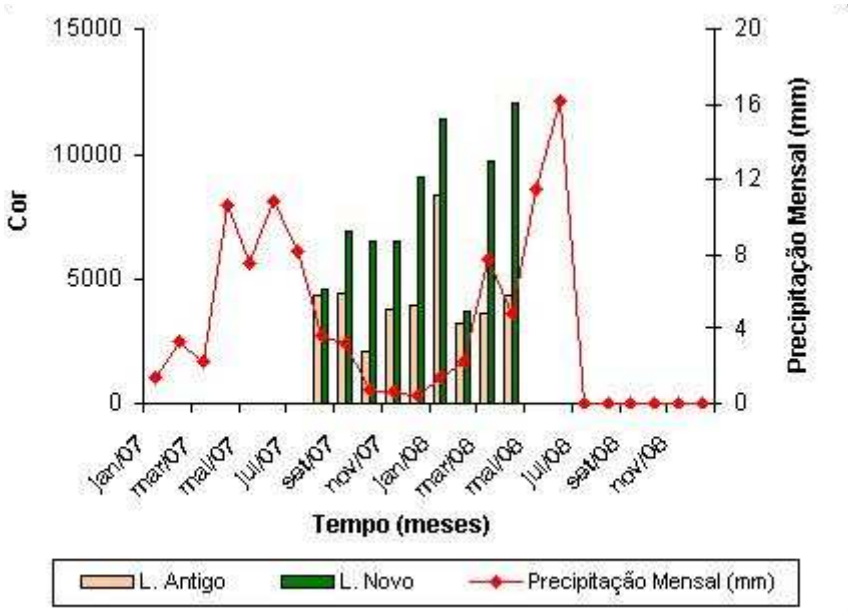

Figura 4.5 Variação da cor e da precipitação mensal em função do tempo

Observa-se bastante oscilação nos valores de cor para ambos os lixiviados, em todo o período de estudo, não verificando uma relação direta quanto à influência da precipitação para o lixiviado antigo, porém para o lixiviado novo, observa-se uma relação inversa com a precipitação, isso deve-se à concentração dos constituintes nos meses de período seco e diluição no período chuvoso.

Vale ressaltar que o lixiviado novo apresentou cor negra em todo o período de amostragem, enquanto que o lixiviado antigo mostrou-se em todas as amostragens em cor marrom. Isto é devido ao consumo do substrato orgânico mais facilmente assimilável pelos microrganismos decompositores, restando os compostos recalcitrantes, de difícil degradação bioquímica, como os ácidos fúlvicos e húmicos, resultantes da decomposição de tecido vegetal morto, que contribuem significativamente para a coloração escura do lixiviado (IPT/CEMPRE, 2000).

Para este parâmetro de avaliação, a resolução CONAMA 357/05 não apresenta valores mínimos nem máximos de padrões de lançamentos de efluentes em corpos d`água, todavia não se pode alterar a classe de um corpo d`água, logo a limitação é feita por esta restrição.

4.2.5 Turbidez

De acordo com Von Sperling (1996), a turbidez pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos. Em corpos d`águas pode reduzir a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese.

Segundo Jordâo & Pessoa (1995), a turbidez pode ser medida para caracterizar e avaliar a eficiência de tratamentos secundários, uma vez que pode estar relacionada à concentração de sólidos em suspensão.

Para este parâmetro, encontrou-se valores na faixa de 13,7-743,9 NTU e 68,9-1.111,0 NTU para o lixiviado antigo e lixiviado novo, respectivamente. O que pode ser observado na Figura 4.6.

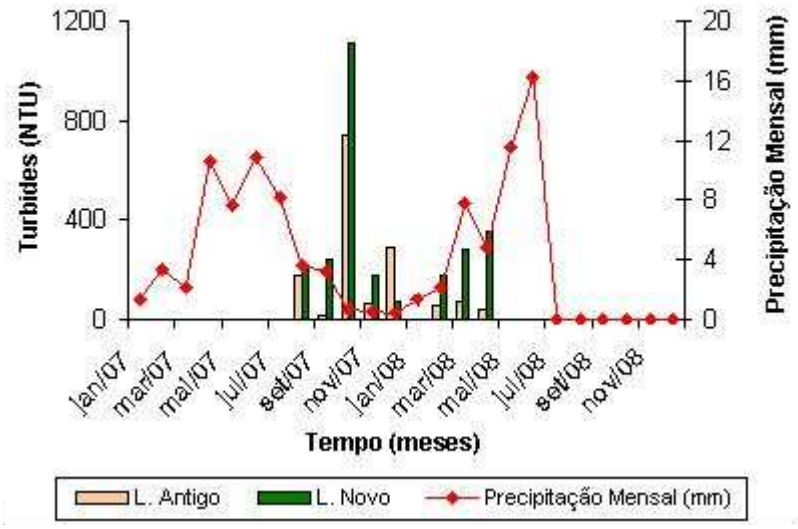

Figura 4.6 Variação da turbidez e da precipitação mensal em função do tempo

Observa-se na Figura 4.6 que os valores de turbidez, apresentaram bastante oscilação em todo o período de estudo, não ocorrendo uma relação direta com a precipitação. Exceção feita aos meses de outubro/07 e dezembro/07 para o lixiviado antigo e no mês de outubro/07 para o lixiviado novo, meses de período seco, onde ocorre maior concentração dos sólidos em suspensão. Vale ressaltar que neste estudo, os valores encontrados para sólidos em suspensão totais, apresentaram-se

pouco expressivos, predominando os valores dos sólidos dissolvidos em ambos os lixiviados.

4.2.6 DBO

A grande vantagem do monitoramento do parâmetro DBO é que resíduos distintos podem ter os respectivos potenciais poluidores comparados segundo uma mesma grandeza. Embora o conceito de DBO não sirva como única medida para avaliar o impacto de qualquer poluente, pois existem outros problemas que podem advir do despejo de poluentes, ele possibilita uma avaliação bastante importante do estado da qualidade da água de um determinado meio (MANCUSO *et al.*, 2003).

Neste estudo, encontraram-se valores nas faixas de 236-1.772,00 mg/L e 827-3.706,18 mg/L para o lixiviado antigo e lixiviado novo, respectivamente, Figura 4.7.

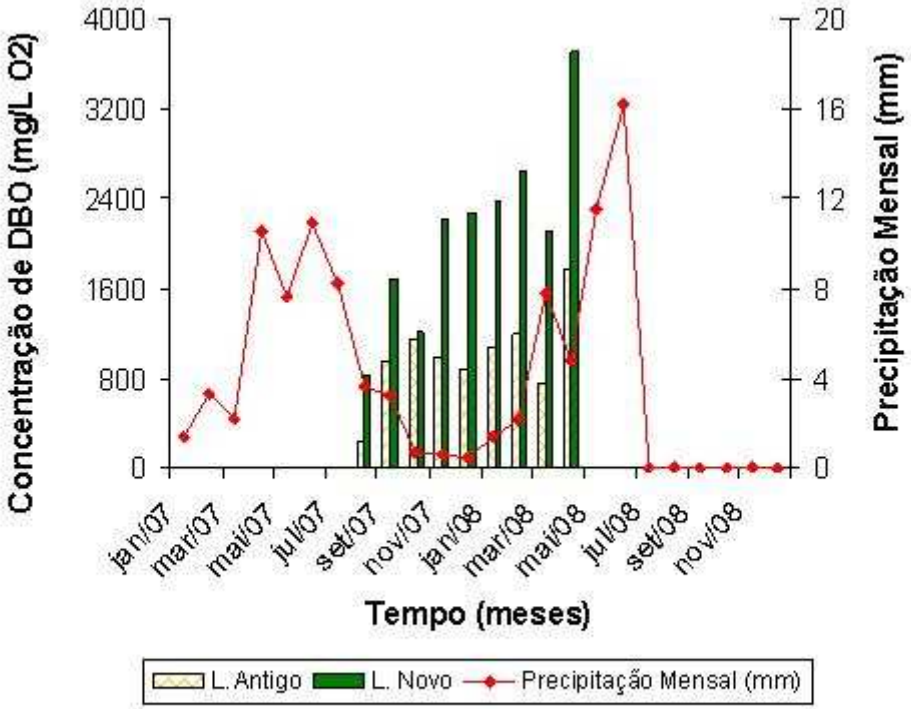

Figura 4.7 Variação da concentração de DBO e da precipitação mensal em função do tempo

Os valores encontrados no estudo apresentaram-se de acordo com as faixas mais prováveis encontradas no estudo realizado por Souto & Povinelli, (2007), em lixiviados de aterros brasileiros (<20-8.600 mg/L O_2). Já a resolução CONAMA 357/05 não apresenta valores mínimos nem máximos de DBO para lançamentos deste efluente em corpos d`água assim como a Agência Estadual do Meio ambiente e Recursos Hídricos.

Os valores encontrados apresentaram-se coerentes com os estudos realizados por Reinhart & Al-Yousfi (1996), sobre as fases de estabilização de lixiviados em aterros, indicando quatro fases de estabilização, Tabela 4.3.

Tabela 4.3 Concentração dos Constituintes dos Lixiviados em função do Grau de Estabilização para o Parâmetro DBO

PARÂMETRO	FASE II Transição	FASE III Acidogênese	FASE IV Metanogênica	FASE V Maturação final
DBO (mg/L)	100-1.000	1.000-57.700	600-3.400	4-120

Fonte: REINHART & AL-YOUSFI (1996)

Observa-se que para ambos os lixiviados, as atividades microbiológicas ocorrem na fase II (transição), fase III (acidogênese) e na fase IV (metanogênica). Todavia, pode-se verificar ocorrência simultânea das duas fases em ambos os lixiviados. Porém, observa-se para o lixiviado antigo, pelos menores valores encontrados, que há indícios de término da fase metanogênica e início da fase de maturação final. Já os valores mais altos no lixiviado novo, indicaram um estágio mais avançado da fase de acidogênese.

Observa-se na Figura 4.7, uma relação inversamente proporcional, com a precipitação, apresentando os maiores valores de DBO, quando há diminuição pluviométrica, para ambos os lixiviados, principalmente entre os meses de outubro/07 a fevereiro/08.

4.2.7 DQO

Souto & Povinelli (2007), estudando as características de lixiviados de aterros brasileiros, encontraram faixas prováveis de concentrações de DQO de 190–22.300 mg/L. No Aterro encontrou-se valores na faixa de 544,00-4.385,00 mg/L e 2.007,00-8.284,26 mg/L para o lixiviado antigo e lixiviado novo, respectivamente. Esses valores podem ser observados na Figura 4.8.

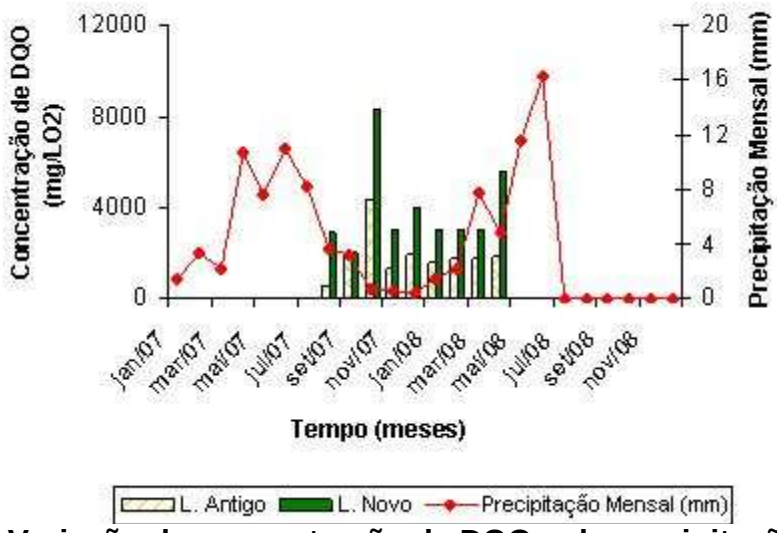

Figura 4.8 Variação da concentração de DQO e da precipitação mensal em função do tempo

Analisando os valores, pode-se dizer que ambos os lixiviados, apresentam valores coerentes entre as fases III e IV (acidogênese e metanogênese), apresentadas por Reinhart & Al-Yousfi (1996). O que provavelmente ocorrem simultaneamente no aterro, Tabela 4.4.

Tabela 4.4 Concentração dos Constituintes dos Lixiviados em função do Grau de Estabilização para o Parâmetro DQO

PARÂMETRO	FASE II	FASE III	FASE IV	FASE V
	Transição	Acidogênese	Metanogênica	Maturação final
DQO (mg/L)	480-18.000	1.500-71.000	580-9.760	31-900

Fonte: REINHART & AL-YOUSFI (1996)

Verifica-se que essas análises estão coerentes com as realizadas para o parâmetro DBO (Figura 4.7), onde os valores apresentam-se nas mesmas fases. Vale ressaltar que essas fases ocorrem de forma simultânea em ambos os lixiviados. O lixiviado antigo apresentou características da fase metanogênica tendendo à fase de maturação final. Já o lixiviado novo apresentou características de estágio avançado da fase acidogênica.

Os valores encontrados no estudo apresentaram-se de acordo com as faixas mais prováveis encontradas por Souto & Povinelli (2007), em lixiviados de aterros brasileiros (190-22.300 mg/L O_2). Já a resolução CONAMA 357/05 não apresenta valores mínimos nem máximos de DQO para lançamentos em corpos d`água, todavia a legislação estadual e municipal devem ser consultadas.

4.2.8 Relação DBO_5/DQO

Inicialmente, em aterros novos, a relação DBO_5/DQO, situa-se em torno de 0,5 ou maior; relações entre 0,4 e 0,6 são indicadores de boa degradabilidade. Em aterros antigos, a mesma relação situa-se normalmente na faixa entre 0,05 e 0,2 (SANTOS, 2003).

Segundo Robinson (1993), valores de referência de DBO_5/DQO igual a 0,4 definem a mudança de fase da digestão anaeróbia, sendo que valores acima deste, referem-se à fase acidogênica e abaixo metanogênica.

Os valores médios obtidos da relação DBO_5/DQO para ambos os lixiviados, apresentaram-se coerentes com a faixa de 0,4-0,6 (SANTOS, 2003), indicando boa degradabilidade, fato importante para a escolha do tratamento mais adequado ao lixiviado produzido no aterro. Estes valores indicam que tanto na fase acidogênica quanto na fase metanogênica ocorre a bioestabilização dos compostos mais complexos em compostos mais estáveis, com prováveis áreas de menor e maior estabilização dos resíduos, Figura 4.9.

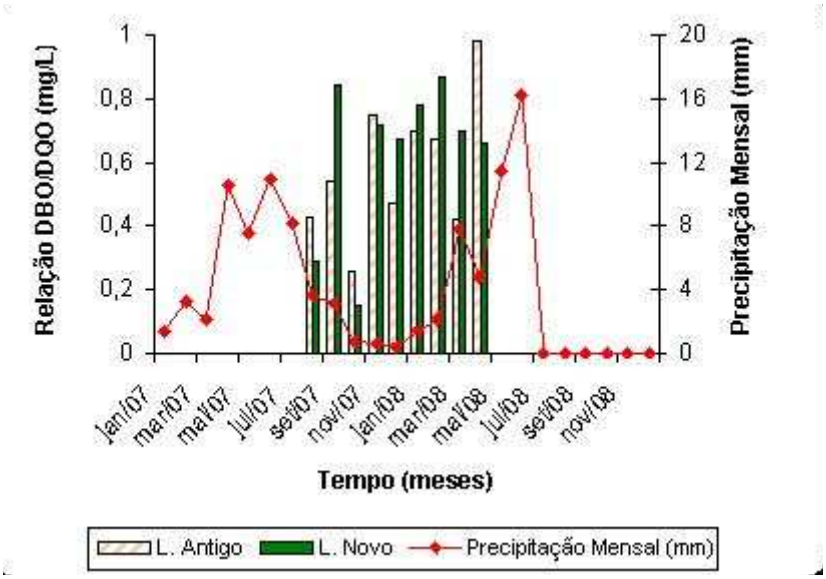

Figura 4.9 Relação DBO_5/DQO e da Precipitação mensal em função do tempo

Esta relação mostrou-se coerente à avaliação realizada para os parâmetros pH, DBO e DQO, os quais apresentam valores referentes à decomposição dos resíduos do aterro nas mesmas fases acima referidas.

Para o lixiviado novo, observa-se predominância de elevado estágio da fase acidogênica, mostrando-se coerente para degradação de resíduos dispostos em um tempo inferior a 2 anos de disposição. Indicando existência de material ainda à ser degradado e estabilizado pelas atividades microbianas.

O lixiviado antigo proveniente da célula 1 (> 10 anos), encontra-se em fase metanogênica, indicando transição à fase de maturação final. É importante ressaltar que essas fases ocorrem de forma simultânea no aterro e ainda, deve-se levar em consideração, o histórico inicial da área de disposição dos resíduos do aterro controlado de aguazinha, por ter iniciado com disposição à céu aberto.

4.2.9 Sólidos Totais

Neste estudo, os valores encontrados para as análises de sólidos nas amostras do lixiviado apresentaram-se de acordo com estudos realizados por Jordão & Pessoa (2005), em lixiviados onde os autores

afirmam que nos mesmos, predominam os sólidos dissolvidos, ao contrário dos esgotos domésticos, onde predominam os sólidos suspensos. Os sólidos dissolvidos constituem-se em fontes de alimentos facilmente biodegradáveis por bactérias, certas microalgas, bem como protozoários.

Pode-se verificar, na Figura 4.10, que do total de matéria sólida (5.894,0 mg/L) existente no lixiviado antigo, predominam significativamente os sólidos dissolvidos (5.540,0 mg/L) em detrimento dos sólidos suspensos (0,354 mg/L). Já na Figura 4.11, do total de matéria sólida (11.274,0 mg/L) existente no lixiviado novo, também predominam os sólidos dissolvidos (9.873,0 mg/L) com relação aos sólidos suspensos (1.401,0 mg/L).

Por tanto, no aterro controlado de aguazinha, predomina a fração sólida dissolvida em detrimento dos sólidos suspensos em ambos os lixiviados. Em termos percentuais, os sólidos dissolvidos correspondem a 93,99% e 87,57%, para o lixiviado antigo e lixiviado novos, respectivamente. Comprovando que a materia orgânica presente já se encontra bastante hidrolisada nos lixiviados.

Os valores encontrados no estudo de ambos os lixiviados, para o parâmetro sólidos totais, apresentaram-se coerentes com os encontrados nos estudos realizados por Souto & Povinelli (2007), onde apresentam valores mais prováveis em aterros brasileiros, para este parâmetro na faixa de 3.200 a 14.400 mg/L, porém os valores encontrados para o parâmetro sólidos suspensos totais, apresentaram-se diferentes aos do estudo. Para os parâmetros sólidos dissolvidos totais, os autores não fazem referências.

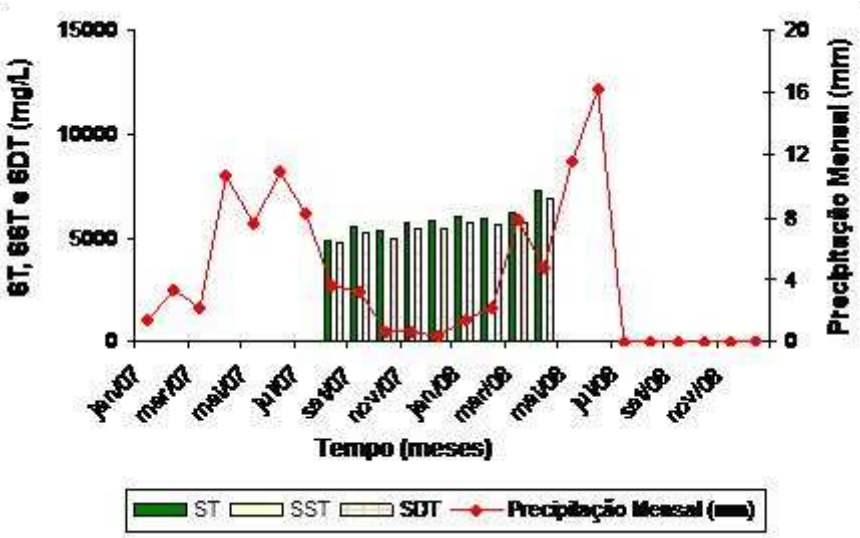

Figura 4.10 Variação da concentração de ST, SST e SDT e da precipitação mensal-Lixiviado antigo

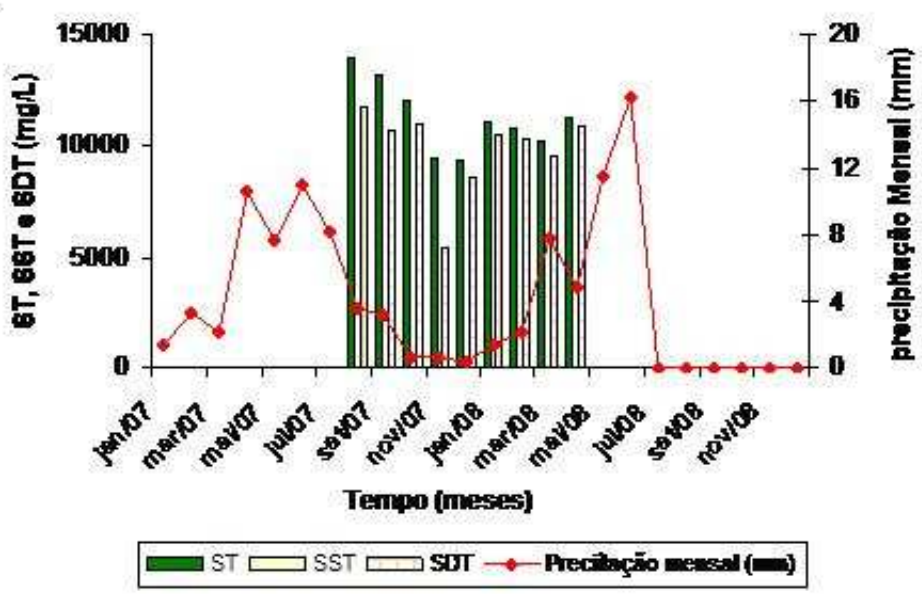

Figura 4.11 Variação da concentração de ST, SST e SDT e da precipitação mensal–Lixiviado novo

4.2.10 Sulfetos e Sulfatos

As bactérias redutoras de sulfatos tem suas atividades favorecidas em ambientes com pH em torno de 7, porém, tem suas atividades inibidas em valores abaixo de 6 e acima de 9 Grant & Long (1989 *apud* ALCÂNTARA, 2007).

No estudo, encontrou-se valores de sulfatos nas faixas de 4-3.440,0 mg/L e 181-4.080,0 mg/L no lixiviado antigo e lixiviado novo, respectivamente. E valores de sulfetos na faixa de 0,04-6,44 mg/L 4,00-3.440,00 mg/L e nos lixiviados antigo e novo, respectivamente, Figura 4.12 e Figura 4.13. Os valores elevados de sulfatos, indicam boas condições para as atividades das bactérias metanogênicas e incentivo à capacidade anaeróbia do meio.

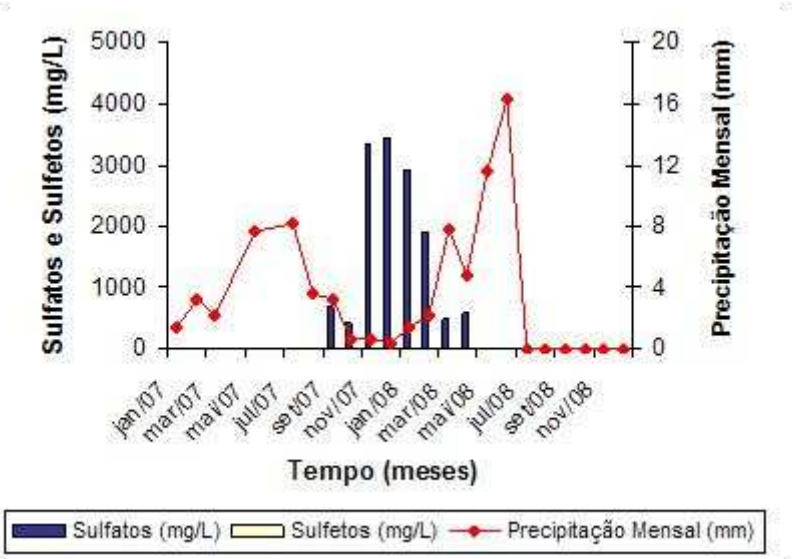

Figura 4.12 Variação de Sulfatos e Sulfetos e da precipitação mensal em função do tempo-lixiviado antigo

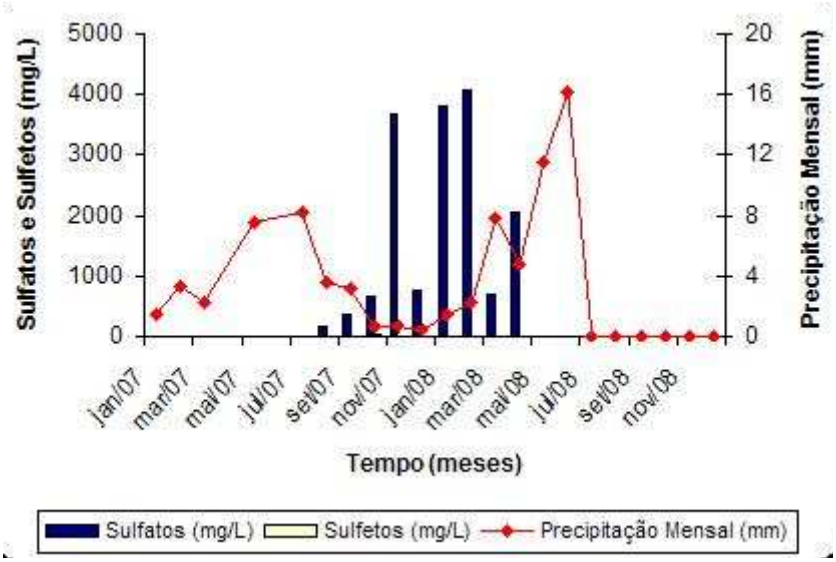

Figura 4.13 Variação de Sulfatos e Sulfetos e da precipitação mensal em função do tempo–lixiviado novo

Relacionando as faixas de pH encontradas em ambos os lixiviados com os valores de sulfatos, os mesmos apresentaram-se coerentes tanto em faixa de favorecimento quanto próximos as faixas de inibição de atividades bacterianas.

Os valores encontrados no estudo de ambos os lixiviados, para os parâmetros sulfetos e sulfatos, apresentaram-se coerentes com a faixa máxima encontrada nos estudos realizados por Souto & Povinelli (2007), Tabela 1.2.

Os resultados encontrados para o parâmetro sulfeto, embora prevaleçam maiores concentrações de sulfatos, estão acima das exigências pré-estabelecidas pela resolução CONAMA n° 357/05, a qual determina valores de sulfetos de 1 mg/L S.

4.2.11 Metais Pesados

4.2.11.1 Manganês, Chumbo, Cádmio, Cromo e Zinco.

Observa-se na Figura 4.14, lixiviado antigo, que dentre os valores encontrados para os parâmetros manganês, chumbo, cádmio, cromo e zinco, somente o parâmetro zinco, apresentou-se dentro dos valores máximos permitidos pelo CONAMA nº 357/2005, apresentando apenas uma oscilação no mês de Janeiro de 22,8 mg/L, o que pode ser devido à concentração do metal no período seco, ou interferências na realização das análises ou coleta do lixiviado.

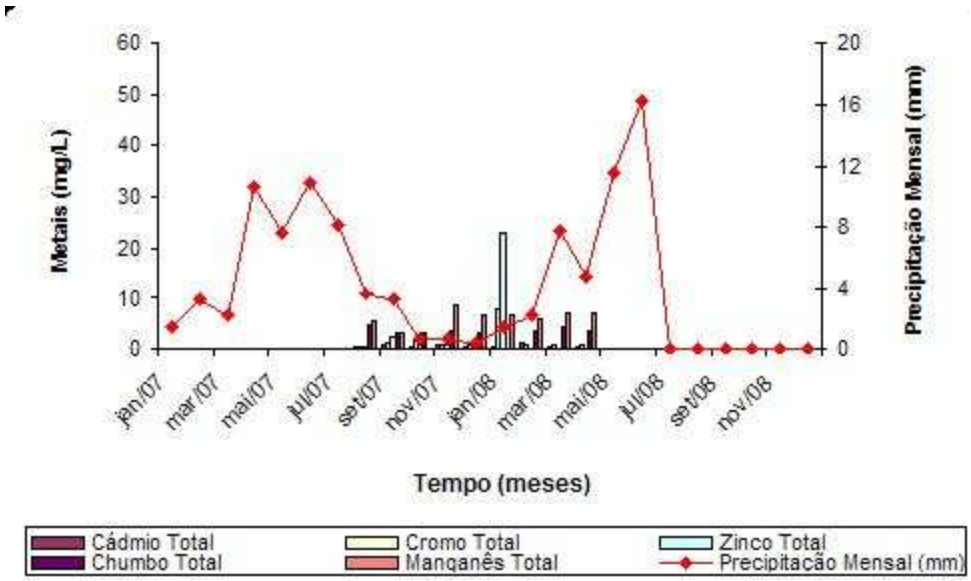

Figura 4.14 Variação de metais pesados e da precipitação em função do tempo (lixiviado antigo)

Na Figura 4.15, lixiviado novo, observa-se que dentre os valores encontrados para os parâmetros manganês, chumbo, cádmio, cromo e zinco, o parâmetro zinco, apresentou elevações significativas nos meses (agosto-setembro/07 e janeiro/08) e o parâmetro cádmio apresentou elevação significativa no mês de abril/08, ambos fora dos padrões máximos estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05.

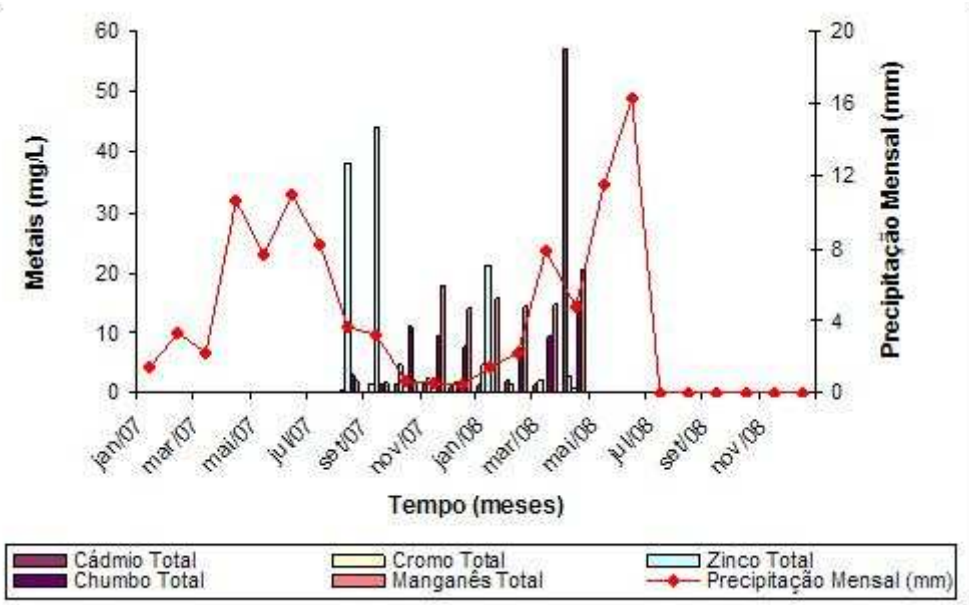

Figura 4.15 Variação de Metais pesados e da precipitação em função do tempo (lixiviado novo).

Para ambos os lixiviados, observou-se que os resultados obtidos não apresentaram estabilidade em seus valores durante o período de amostragem, isto deve-se provavelmente à idade do aterro, o qual opera há mais de 10 anos, inicialmente como depósito de resíduo a céu aberto, entre 1988-1998, produzindo diariamente, lixiviados de novos resíduos dispostos e provenientes de diversas fontes e, à operação da célula nova, a qual funciona a menos de 2 anos no aterro, atualmente em operação.

Observa-se que ambos os lixiviados não apresentaram relação de influência direta com a precipitação, tanto em período chuvoso como para o período seco, haja vista que os resultados tiveram oscilações bastante significativas em todo o período estudado.

Para ambos os lixiviados quase todos os parâmetros, apresentaram valores fora das faixas encontradas no estudo de Souto & Povinelli (2007), com exceção ao parâmetro zinco (lixiviado antigo), o qual para a maioria dos valores apresentaram-se dentro dos valores considerados no estudo.

Acredita-se que as concentrações desses metais encontrados no aterro em estudo, possam exercer influência nas atividades microbianas, devido seu potencial de toxicidade aos microrganismos, bem como os que se utilizam do material existente e disponível no aterro para suas atividades.

4.2.12 Nitrogênio Amoniacal ($N\text{-}NH_4^+$), Nitrato e Nitrito

A amônia, quando em altas concentrações, é um dos compostos tóxicos mais comuns responsáveis pelos problemas operacionais durante o tratamento anaeróbio (Calli *et al.*, 2005), e uma forma de contornar tais problemas é empregar a adaptação da biomassa (SPEECE, 1996).

A concentração dos compostos nitrogenados nas formas de amônia, nitrito e nitrato, ocorrem após os processos bioquímicos do nitrogênio com consumo de oxigênio dissolvido presente no meio. Espera-se que um aumento nos valores de nitrato implique em uma diminuição nos

valores de amônia, tendo em vista que a amônia é uma forma mais reduzida do nitrogênio, o qual, quando oxidado produz os nitratos.

Os valores encontrados na caracterização do parâmetro nitrogênio amoniacal, apresentaram-se elevados durante todo o período de amostragem, em ambos os lixiviados, oscilando nas faixas de 16,4 a 1.366,0 mg/L para o lixiviado antigo e de 32,5 a 2.040,0 mg/L para o lixiviado novo. Mostrando-se coerentes com os processos de degradação anaeróbia realizados em ausência de oxigênio molecular para lixiviados com significativa presença de matéria orgânica a ser estabilizada.

Silva (2002 *apud* ROCHA, 2005), relata que altas concentrações de nitrogênio amoniacal presentes em lixiviados pode ser consequência da degradação biológica de aminoácidos e outros compostos orgânicos nitrogenados, durante a fase acetogênica, podendo ocorrer elevadas concentrações de amônia. Durante a fase metanogênica, as concentrações de DQO e COT diminuem, e aumenta paulatinamente a concentração de nitrogênio amoniacal até chegar a valores de 4.000 mg/L (SEGATO & SILVA., 2000).

Monteiro (2003), afirma que a presença acentuada da amônia pode inibir o desenvolvimento de vários grupos bacterianos. A amônia é gerada pela própria decomposição da matéria orgânica. As proteínas na fração orgânica do resíduo aterrado, são convertidas em grande parte para amônia pela ação de bactérias heterotróficas em condições anaeróbias e aeróbias.

O parâmetro nitrito, apresentou valores na faixa de 0,17 a 1,3 mg/L e de 0,12 a 1,3 mg/L para o lixiviado antigo e lixiviado novo respectivamente. Confirmando que ambos os lixiviados sofrem degradação gradativamente, podendo esta, ser inibida pelas altas concentrações de nitrogênio amoniacal. Já para o parâmetro nitrato, não foi possível obter valores em quantidade expressiva para comparação.

Para o lixiviado antigo (Figura 4.16) e lixiviado novo (Figura 4.17), observa-se predominância do parâmetro nitrogênio amoniacal em ambos os lixiviados. Isto é devido ao baixo potencial de oxirredução, comportamento

característico de fase metanogênica e neste estudo, comprovada pelos baixos valores de nitrato Paul & Clark (1989 *apud* ALCÂNTARA, 2007).

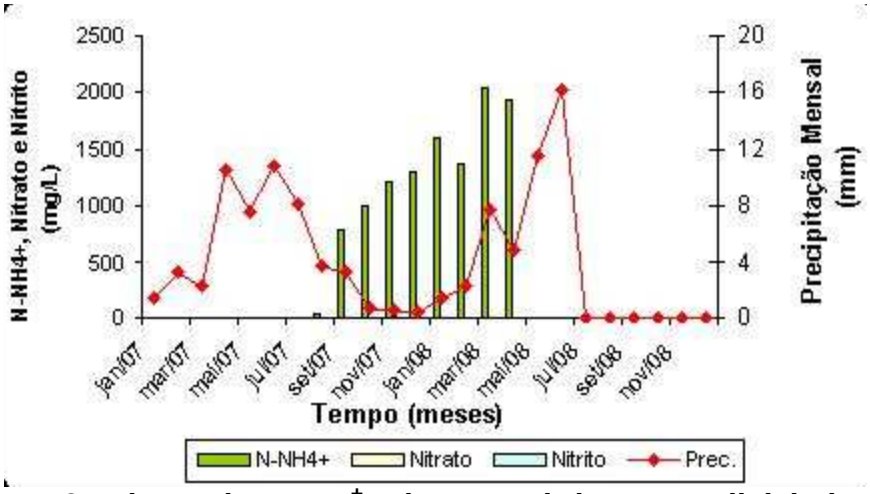

Figura 4.16 Valores de N-NH_4^+, Nitrato e Nitrito para o lixiviado antigo

Os valores encontrados para nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato, apresentaram-se coerentes com os estudos realizados por Souto & Povinelli (2007), de acordo com a Tabela 4.5.

Tabela 4.5 Características mais prováveis do Lixiviado de Aterros brasileiros

VARIÁVEL	FAIXA MÁXIMA	FAIXA MAIS PROVÁVEL
N-amoniacal (mg/L)	0,4 – 3.000	0,4 – 1.800
N-nitrito (mg/L)	0 – 50	0 - 15
N-nitrato (mg/L)	0 – 11	0 – 3,5

Fonte: Souto & Povinelli (2007).

A amonificação ocorre a partir da degradação biológica do nitrogênio orgânico, provenientes de matéria orgânica presente nos resíduose no interior das células de disposição. A decomposição ocorre pela ação enzimática de bactérias heterotróficas em condições anaeróbias e aeróbias, em uma larga faixa de pH e temperatura.

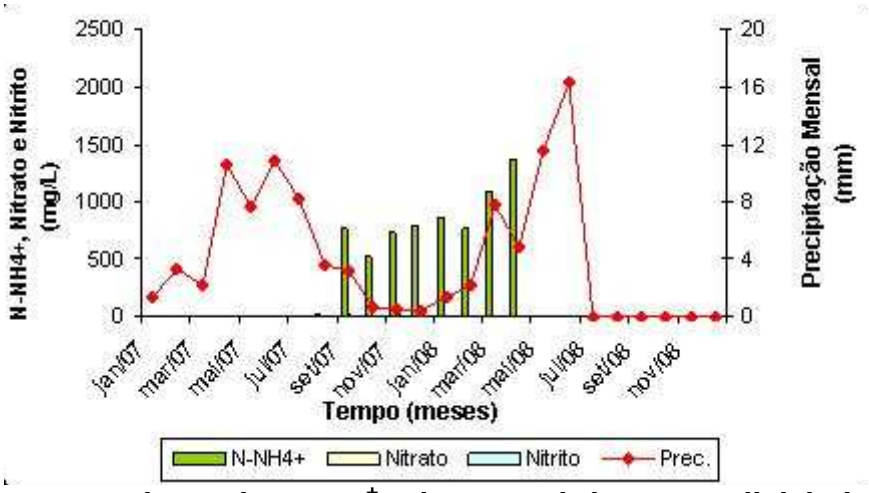

Figura 4.17 Valores de N-NH_4^+, Nitrato e Nitrito para o lixiviado Novo

Pode-se afirmar, de acordo com estudos de McCarty (1964), que a forma NH_3, predomina em ambos os lixiviados, pelos valores de pH em torno de 8,0 (valores em torno de 5,1% de NH_3).

Para este estudo, os valores encontrados apresentaram-se fora dos padrões de lançamentos estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05 em ambos os lixiviados.

4.3 Monitoramento Microbiológico dos Lixiviados

Em um aterro controlado, as atividades microbianas são influenciadas de maneira significativa pelas condições climáticas do meio. Conforme Jordâo & Pessoa (1995), há vários organismos cuja presença em um corpo d`água indica uma forma qualquer de poluição. Para indicar no entanto a poluição de origem humana e medir a grandeza desta contribuição, costuma-se considerar os organismos do grupo coliformes como indicadores de poluição.

Tais organismos não são patogênicos, mas dão uma satisfatória indicação de quando uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais e, por conseguinte, a sua potencialidade para transferir doenças (VON SPERLING, 1996).

Segundo Junior (2006), é de fundamental importância, o conhecimento das características microbiológicas dos consórcios presentes nos lixiviados, já que os procedimentos de degradação dos resíduos em aterros são, em grande parte, devidos às atividades desses organismos.

Neste estudo, o período de monitoramento dos parâmetros microbiológicos, foi o mesmo adotado para os parâmetros físico-químicos (agosto/07 a abril/08), para ambos os lixiviados do aterro.

Conforme Tabela 4.6 e Tabela 4.7, verifica-se que os valores para o lixiviado antigo variaram na ordem de grandeza para coliformes totais(CT) de 10^2 a 10^6, para os coliformes termotolerantes(CTT), na ordem de grandeza 10 a 10^3 e para Pseudomonas aeruginosa na ordem de grandeza 10 a 10^5; já para o lixiviado novo os coliformes totais(CT), variaram na ordem de grandeza 10^4 a 10^8, para os coliformes termotolerantes(CTT), na ordem de grandeza 10^3 a 10^8 e para Pseudomonas aeruginosa na ordem de grandeza 10^4 a 10^7.

Orth (1981 *apud* ROCHA, 2005), comparando lixiviados de três aterros diferentes no Estado de São Paulo, obteve os seguintes resultados: Aterro Vila Albertina, variação da ordem de 10 a 10^8 para os coliformes totais e ordem de 10 a 10^7 para os termotolerantes; o Aterro Pedreira Cit, com variação da ordem de 10^5 a 10^7 para os coliformes totais e da ordem de 10^4 a 10^7 para os termotolerantes; o Aterro Raposo Tavares variando na ordem de 10^3 a 10^6 para os coliformes totais e termotolerantes variando na ordem de 10 a 10^5.

Pode-se considerar neste trabalho, oscilações na mesma ordem de grandeza de variação dos Aterros do Estado de São Paulo, principalmente, com os aterros Vila Albertina e Raposo Tavares, para o lixiviado antigo; e, Aterro Vila Albertina, para o lixiviado novo.

Pode-se observar que para os três parâmetros de avaliação microbiológica, ocorreram variações significativas e por vezes elevadas em ambos os lixiviados, fato que pode ser verificado nos valores dos desvios padrões apresentados na Tabela 4.6 e Tabela 4.7.

Estes resultados podem ser verificados na Figura 4.18 (lixiviado antigo) e Figura 4.19 (lixiviado novo), respectivamente.

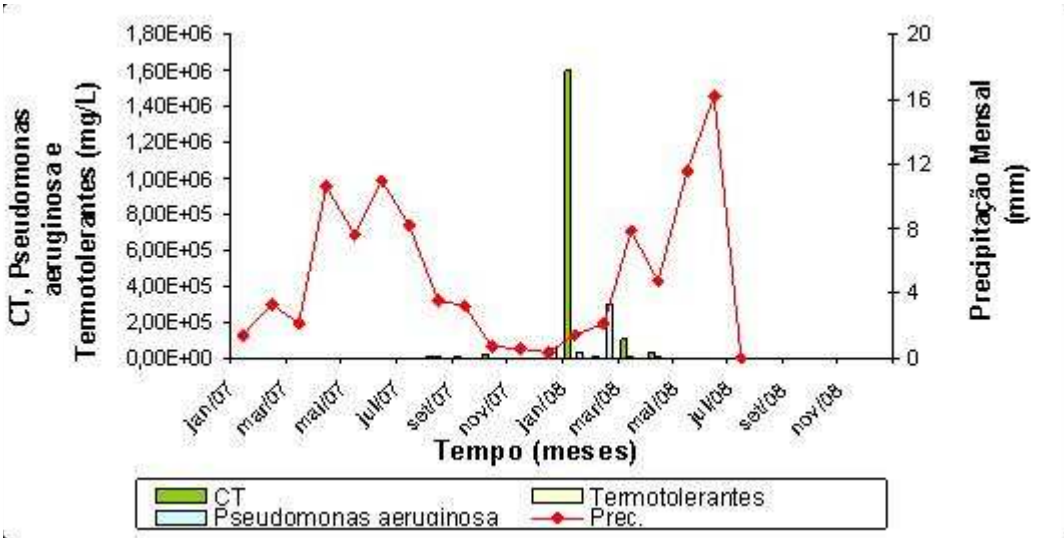

Figura 4.18 Variação de coliformes totais, coliformes termotolerantes e pseudomonas aeruginosa e da precipitação em função do tempo

Tabela 4.6 Resultados do monitoramento microbiológico do lixiviado antigo

AMOSTRAGENS DE LIXIVIADOS			
Parâmetros	**Coliformes totais**	**Coliformes termotolerantes**	**Pseudomonas aeruginosa**
Antigo			
ago/07	1,30E+04	8,E+03	-
set/07	7,00E+03	2,E+00	2,E+03
out/07	2,20E+04	2,E+03	-
nov/07	4,00E+03	2,E+00	2,E+00
dez/07	2,00E+02	2,E+00	2,E+00
jan/08	1,60E+06	2,E+00	2,E+00
fev/08	1,40E+04	2,E+00	5,E+04
mar/08	1,10E+05	8,E+03	3,E+04
Abril/08	2,70E+04	7,E+03	3,E+05
Média	2,00E+05	3,E+03	5,E+04
Desvio Padrão	5,26E+05	3,73E+03	1,10E+05

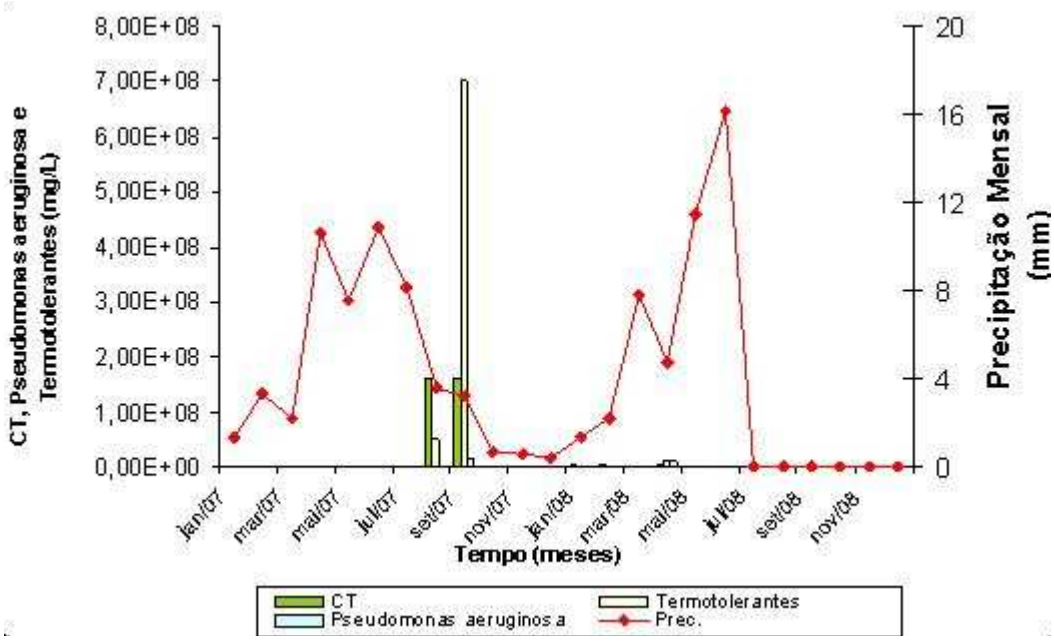

Figura 4.19 Variação de coliformes totais, coliformes termotolerantes e pseudomonas aeruginosa e da precipitação em função do tempo

Tabela 4.7 Resultados do monitoramento microbiológico do lixiviado novo

AMOSTRAGENS DE LIXIVIADOS			
Parâmetros	**Coliformes totais**	**Coliformes termotolerantes**	**Pseudomonas aeruginosa**
Novo			
ago/07	1,60E+08	5,E+07	-
set/07	1,60E+08	7,E+08	1,E+07
out/07	1,60E+06	5,E+05	-
nov/07	3,40E+04	1,E+04	3,E+04
dez/07	2,10E+05	8,E+04	1,E+05
jan/08	5,00E+06	1,E+06	1,E+05
fev/08	3,30E+06	2,E+03	2,E+05
mar/08	1,40E+06	1,E+05	2,E+05
Abril/08	3,00E+06	9,E+06	1,E+07
Média	3,72E+07	8,E+07	4,E+06
Desvio Padrão	6,97E+07	2,31E+08	6,10E+06

Diante dos resultados encontrados e analisados, observou-se que para ambos os lixiviados, as atividades microbiológicas apresentam-se coerentes com as fases III (acidogênese) e na fase IV (metanogênica) de acordo com Reinhart & Al-Yousfi, (1996). Para o lixiviado antigo, há

predominância da fase metanogênica, tendendo à fase de maturação. Para o lixiviado novo, observa-se estágio mais avançado da fase de acidogênese.

Na fase de maturação, os valores de pH apresentam-se acima de 7 a matéria orgânica fácil e medianamente biodegradável já encontra-se quase que totalmente degradada e os resíduos encontram-se em processos finais de bioestabilização.

Estas fases provavelmente, ocorrem de forma simultânea, fato observado pelo histórico do aterro ter iniciado com disposição de seus resíduos à céu aberto.

Em geral, não observou-se neste estudo uma relação coerente e significativa para ambos os lixiviados estudados.

5-CONCLUSÕES

- A caracterização dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, mostraram-se coerentes com dados verificados na literatura e durante todo o período de estudo.
- Os resultados apresentaram-se coerentes com as fases metanogênica tendendo à fase de maturação;
- Os resultados demostram que provavelmente todo o líquido que é produzido pela degradação dos resíduos, é escoado para os corpos d'águas recptores às proximidades do aterro, fato observado pela ineficiência da camada de cobertura do aterro e o mesmo iniciar com disposição dos seus resíduos a céu aberto.
- Os parâmetros físico-químicos mais expressivos para a avaliação do sistema de tratamento de lixiviados foram: pH, DQO, DBO, Nitrogênio amoniacal, metais e série de sólidos, bem como os parâmetros microbiológicos: coliformes totais, coliformes termotolerantes.
- O parâmetro pH, constitui-se de fundamental importância devido sua interferência nos processos de degradação microbiológica, o que possibilita-nos a identificação das fases predominantes de degradação em que se encontram os lixiviados; Contribuindo significativamente para a escolha do material de impermeabilização a ser utilizado nas lagoas, e material suporte nos filtros biológicos;
- Os parâmetros DQO e DBO, pela sua representatividade, podem ser considerados como as chaves de interpretação e auxílio inicial e de direcionamento na escolha dos tipos possíveis de tratamento, assim como a série de Sólidos, tornam-se eficientes quando da sua quantificação, para uma melhor compreensão de rotas metabólicas da degradação de produtos orgânicos e inorgânicos.
- A partir do conhecimento das concentrações, destes parâmetros, pode-se obter a carga orgânica existente nos lixiviados, contribuindo imensamente para o os cálculos das dimensões das lagoas de tratamento de lixiviados, assim como as vazões necessárias e convenientes para que não perturbem os sistemas biológicos existentes. Esses dados podem ainda, colaborar para a decisão sobre a

necessidade de recircular parte do lixiviado gerado, no intuito de acelerar o processo de biodegradação, ou encaminha-lo totalmente aos filtros biológicos e lagoas de tratamento, aguardando que o sistema microbiano responda satisfatoriamente.

- As concentrações de nitrogênio amoniacal elevadas neste estudo, porém compatíveis com valores encontrados em outros aterros, como por exemplo, o aterro controlado da Muribeca-PE, podem indicar a utilização de tratamentos complementares, ou o próprio tratamento utilizado para os lixiviados do aterro controlado de Aguazinha, já que o tratamento biológico é a forma mais econômica de remoção do nitrogênio amoniacal contido em um efluente (PIRAS, 2002).
- As concentrações elevadas de metais encontradas neste estudo, indicam possibilidade de inibição nos processos biodegradativos, contribuindo para aquisição de alternativas que propiciem redução, proporcionando maior velocidade e eficiência nos processos.
- Os parâmetros coliformes totais e termotolerantes indicam alguns dos tipos de resíduos predominantes, ou seja, os orgânicos, porém com fundamental importância, haja vista que, contribuem e fazem parte da fração orgânica a ser degradada biológicamente nos filtros e lagoas de tratamento dimensionados.

SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

- Continuar o monitoramento dos lixiviados do aterro, com a finalidade de obter um número de dados que melhor represente ao longo de um ou mais anos;
- Monitorar quantitativamente o volume e a vazão gerados de lixiviado em ambas as células, para a determinação dos seus efeitos na qualidade da água e também na validade dos métodos de controle empregados;
- Monitorar o Riacho Lava Tripas ao longo dos estudos, por se constituir no corpo hídrico receptor dos líquidos lixiviados;
- Estudar o processo de degradação microbiana afim de obter uma avaliação mais específica deste comportamento dentro da massa de resíduos;
- Monitorar um número maior de pontos de coletas em poços de monitoramento existentes no aterro;
- Caracterizar o lixiviado antes e após o sistema de tratamento de lixiviados do aterro;
- Avaliar a eficiência do sistema de tratamento de lixiviados em termos de remoção de concentração orgânica e redução de nitrogênio amoniacal do aterro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004/2004. Resíduos Sólidos - Classificação.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9898/1987. Preservação e técnica de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - Gestão de Resíduos no Brasil - Uma Visão Geral, agosto, 2007.

AFFONSO, F. J. A. Caracterização de Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição para uso em Camadas Drenantes de Aterros de Residuos Sólidos. Disseratação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. COPPE-UFRJ, 2005.

ALCÂNTARA, P. B. Avaliação da Influência da Composição de Residuos Sólidos Urbanos no Comportamento de Aterros Simulados. Tese de doutorado. Universidade Federal de Pernambuco/CTG. Engenharia Civil, 2007.

ANGELIDAKI, I., WENDY, S. Assessment of the anaerobic biodegradability of macropollutants. Reviews in Environmental Science and Technology, v.3, p.117-129. 2004.

APHA (1992) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater,*
17th Edition. American Public Health Association, Washington, DC.

APHA – AWWA – WEF . (1995), Standard Methods For The Examination Of Water and Wastewater. 19th edition. American Public Health association, American Water Works Association and Water Enviroment Federation

APHA – AWWA – WEF . (1998), Standard Methods For The Examination Of Water and Wastewater. American Public Health association, American Water Works Association and Water Enviroment Federation

BELTRÃO. K, G, Q, JUCÁ. J, F, T. Alternativa de Tratamento Terciário para Chorume em Aterros Sanitários: Sistema de Barreira Bio-Química. XI SILUBESA-Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Natal, (2004).

BERRUETA, J.; Gutérrez, A.; FUEYO, G. Anaerobic Treatment of leachates in pilot-scale UASB: strategy of start-up journal of chemical technology and biotechnology, v. 67, n. 3, p. 302-314, 1996.

BEZERRA, L. G. E. A Indústria Brasileira de Petróleo *Upstream* e a Proteção Ambiental–Arcabouço Jurídico e Breves Reflexões. 3° Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. Convênio Agência Nacional do Petróleo–Anp/Universidade do Estado do Rio de Janeiro. RJ, 2004.

BIDONE, F.R.A.; POLVINELLI, J. Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos. São Carlos: EESC/USP, 1999.

BIDONE, R. F. & POLVINELLI, J. Tratamento de Lixiviado de Aterro Sanitário por um Sistema Composto por Filtros Anaeróbios seguidos de Banhados Construídos: Estudo de Caso — Central de Resíduos do Recreio, Em Minas do Leão/RS, 2007.

BROLLO, M. J. Gestão de Resíduos Sólidos e Planejamento Ambiental. São Paulo. In: Seminário sobre Meio Ambiente. Mogi Mirim, 2001.

CALLI, B. *et al*. Methanogenic diversity in anaerobic bioreactors under extremely high ammonia levels. Enzyme and Microbial Technology, v. 37, p. 448-445. 2005.

CAMPOS, J. R. (coord). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, (1999).

CASTRO, M. C. A. A. Avaliação de um Sistema Australiano de Lagoas no Tratamento de Líquidos Percolados Gerados em Aterro Sanitário. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 248 p., 2001.

CEPOLLINA, M.; KAIMOTO, L. S. A.; MOTIDOME, M. J.; LEITE, E. F. Monitoramento em Aterros Sanitários durante a Operação: Desempenho Mecânico e Ambiental. Seminário sobre Resíduos Sólidos (RESID). Cepollina Engenheiros Consultores, 2004.

CETESB, Caracterização e Estudo de Tratabilidade de Líquidos Percolados de Aterros Sanitários. São Paulo, 1995.

CHERNICHARO, C. A. L.; LIBÂNIO, P. A. C.; LEITE, V. D.; SOUZA, J. T.; Tratamento e Recirculação de Lixiviados. In.: Digestão de Resíduos Sólidos Orgânicos e Aproveitamento do Biogás. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico-PROSAB 3ABES, RIMA, R.J., 2003. 438 p.

COTRIM, S.L.S. Filtros Aeróbios Percoladores Aplicados ao Tratamento de Lixiviados de Aterros Sanitários Antigos. Porto Alegre. 98 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

CHRISTENSEN, T. H.; KJELDSEN, P. Basic Biochemical Process in Landfills. In: CHRISTENSEN, T. H., COSSU, R., STEGMANN, R (eds.) Sanitary Landfilling: process. Technology and environmental impact. London: Academia Press, 1989. P. 29-49.

CHRISTENSEN, T. H.; KJELDSEN, P.; BJERG, P.; JENSEN, L.; CHRISTENSEN, B.; BAUN, A.; ALBRECHTSEN, H. J.; HERON, G. Biogeochemistry of Landfill Leachate Plumes. Applied Geochemistry. V. 16, n. 7, p. 659-718, June 2001. Disponível em <elsevier.com>

CPRH- Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração dos Recursos Hídricos. Passou a ser denominada de Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 1996.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, 2005.

GONÇALVES, R. F. Desinfecção de Efluentes Sanitários. Programa Nacional de Saneamento Básico- PROSAB. Coordenador: R.J.: ABES, RIMA, 2003. 438 p.

HAMADA, J. MATSUNAGA, I.; Concepção do Sistema de Tratamento de Chorume para o Aterro Sanitário de Ilhéus-BA. In: IX SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000, Porto Seguro. Anais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000. p. 1515-1524.

HAMADA, J., CASTILHO FILHO, G.S., FARIA, S., CINTRA, F.H., Aplicabilidade de Processos Físico e Físico-Químicos no Tratamento do Chorume de Aterros Sanitários. VI Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vitória, 2002.

HAMADA, J.; IWAI, Cristiano Kenji ; GIACHETI, Heraldo Luiz . Destinação do Chorume de Aterros Controlados. In: I Fórum das Universidades Públicas Paulistas de Ciência e Tecnologia em Resíduos, 2003, São Pedro. Anais do I Fórum das Universidades Públicas Paulistas de Ciência e Tecnologia em Resíduos. São Paulo : ICTR - Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos, 2003.

HAMADA, J.; SILVA, C. L.; GIACHETI, H. L. Análise Crítica de Sistemas para Tratamento de Chorume de Aterros para Resíduos Sólidos Urbanos. Congresso Brasileiro e Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. ICTR. Costão do Santinho – Florianópolis– Santa Catarina, 2004.

HORAN. N. J. (1989), Biological Wastewater Treatment Systems: Theory and Operation. TD755.H66, 1989. ISBN 0 471 92258 7.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estadística. Rio de Janeiro, 2000.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estadística. Rio de Janeiro, 2006.

IPT/CEMPRE. Lixo Municipal. Manual de Gerenciamento Integrado/ Coordenação: Maria Luiza Otero D`Almeida, André Vilhena - 2. ed. São Paulo, 2000. 370 p.

Instituto Tecnológico de Pernambuco/Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (ITEP/LAMEPE). Arquivo de Pluviometria Anual. Código: 275 Posto: Olinda, 2007.

JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 3ª ed. ABES, Rio de Janeiro,RJ., 1995.

JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 4ª ed. ABES, Rio de Janeiro, RJ. 720p. 2005.

JUCÁ, J. F. T.; MONTEIRO, V. E. D.; MELO, M. C. Monitoreo ambiental de la recuperación Del Vertedero de Residuos Sólidos de Muribeca, Brasil – 1ª parte. Residuos: Revista Técnica Meio Ambiente. Espanha: Alegrus. Ano 12, n. 64, ene/feb, p. 100-106, 2002.

JUCÁ, J. F. T. Disposição Final dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. In: V Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental - REGEO, 2003, Porto Alegre. v. 1. p. 10-24.

JUNIOR, A. B. C.; LANGE, L. C.; COSTA, R. H. R.; MÁXIMO, V. A.; RODRIGUES, M. C.; ALVES, J. F. Principais Processos Físico-Químicos utilizados no Tratamento de Lixiviados de Aterros Sanitários. In: Gerenciamento de Residuos Sólidos Urbanos com Ênfase na Proteção de Corpos D`Água: Prevenção, Geração e Tratamento de Lixiviados de Aterros Sanitários. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico-PROSAB 4. Florianópolis, SC, 2006.

JUNIOR, F. P. Atividade Petrolífera no Brasil. Universidade de Fortaleza/UNIFOR, 2008.

KAPDAN, I. K. et al. Biologycal decolorization of textile dyestuff by Coriolus versicolor in a packed column reactor. Environmental Technology, v. 21, n. 2, p. 231-236, 2000.

KNAPP, J. S.; ZHANG, F.; TAPLEY, K. Decolourisation of orange II by wood-rotting fungus. Journal Chemistry Technology and Biotechnology, v.69, n.3, p.289-296, 1997.

KIRBY, N.; MARCHANT, R.; MSMULLAN, G. Decolourisation of synthetic dyes by Phlebia tremellosa. Fems Microbiology Letters, v.188, n. 91, p. 93-96, 2000.

LANGE, L. C.; SIMÕES, G. F.; FERREIRA, C. F. A.; DOUGLAS, W. E. A.; SILVA, F. V. B.; COELHO, H. M. G.; OLIVEIRA, E. S. S.; SOARES, R. A. Estudo da Implantação de Aterros para Pequenas Comunidades. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Escola de Engenharia – EE. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA. Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia – ETG. Belo Horizonte, Julho, 2003.

LIMA, J.D. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, 2004.

LIMA, L.M.Q. Tratamento e Biorremediação. São Paulo, SP: Ed. Hemus, 1995.

LO, I. M. C. Characteristics and Treatment of Leachates from Domestic Landfills. Environment International. vol. 22, Nº 4. pp. 433-442. 1996.

LOUREIRO, S. M., Índice de Qualidade no Sistema da Gestão Ambiental em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos – IQS. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado), Rio de Janeiro, RJ – BRASIL, Outubro de 2005.

LU, J. C. S., EICHENBERG, B., & STEARNS, R. J. 1981. Leachate from Municipal Landfills, Production and Management. Pollution Technology Review. New Jersey: Noyes Publications, n. 119.

LUIZA, M. R. *et al*. Utilização de Filtros Aeróbios em Escala de Laboratório para o Tratamento do Lixiviado do Aterro Metropolitano de Gramacho. 23° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental– Campo Grande – Mato Grosso so Sul, 2005.

MANNARINO, C. F., FERREIRA, J. A., CAMPOS, J. C., RITTER, E. Wetlands Para Tratamento de Lixiviados de Aterros Sanitários – Experiências no Aterro Sanitário de Piraí e no Aterro Metropolitano de Gramacho, Universidade Estadual do Rio de Janeiro (RJ), 2006.

MANCUSO, P. C. S., SANTOS, H. F. Reúso de Água. Universidade de São Paulo (SP). Faculdade de saúde Pública, Núcleo de Informações em saúde Ambiental, 2003.

MASSAI, L. R.; RIBEIRO, C. A.; DUARTE, L. R. Tratamento do Chorume de Aterros Sanitários, por Precipitação Química, com Hidróxido de Sódio e Álcool Etílico. 8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecanica. Pontifícia Universidade Católica de Campinas–Puc-Campinas. Instituto de Química de Araraquara – Universidade Estadual Paulista–Unesp, Rede Estadual de Ensino de São Paulo–Brasil, , 2007.

MELO, V. L. A. Estudos de Referência para o Diagnóstico Ambiental em Aterros de Resíduos Sólidos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, UFPE/CTG, p. 130, 2000.

MELO, M.C., Uma Análise de Recalques Associada a Biodegradação no Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, UFPE/CTG, 2003.

MELO, M. J. V. A Bacia do Rio Fragoso em Olinda-PE: Drenagem e Gestão Ambiental. Dissertação (Mestrado), 2003.

McCARTY, P. L. Anaerobic Waste Treatment Fundaments II. Environmental Requeriments and Control. Public Works, v. 95, p. 123, 1964.

MONTEIRO, V. E. D.; JUCÁ, J. F. T. & RÊGO, C. C. Influência das Condições Climáticas no Comportamento do Aterro de Resíduos Sólidos da

Muribeca. In: Xxi Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, 2001. Anais…João Pessoa. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 2001. CD ROM.

MONTEIRO, V. E. D. (2003), Analises Físicas, Químicas e Biológicas no estudo do comportamento do aterro da Muribeca. Tese de Doutorado – UFPE. Recife, 2003.

MORAES, P. B., Tratameno de Lixiviado proveniente do aterro sanitário através de Eletrólise assistida por fotocatálise. Campina: Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, 118p. Tese(Doutorado em Engenharia Mecânica), 2004.

NASCIMENTO, M. C. P.; CHERNICHARO, C. A. L., MOURA, J. C. R.; CASTRO, L. Comportamento de Uma Sistema UASB/Filtro Biológico Aeróbio quando Exposto a Choques de Carga Hidráulica. 27° C ongresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental–Anais. Associação Barsileira de Engenhraia sanitar e ambiental, Porto Alegre, 2000.

ONAY, T. T., POHLAND, F. G. “In Situ Nitrogen Managment in Controlled Birreactor Landfills”. Water Research, v. 32, n. 5, pp. 1383-1392, 1998.

PIRAS, P. R. F.; Estimação de Parâmetros na Remoção de Nitrogênio Amoniacal em Efluentes Industriais Mediante Biorreatores Trifásicos. Centro de Tecnologia Mineral. Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação de Inovação Tecnológica–CTEC. Serviço de Tecnologias Limpas-SETL. Rio de Janeiro, 2002.

Plano de Gerenciamento Integrado de Residuos Sólidos (Pgirs)- Diagnóstico da Situação Atual. Prefeitura Municipal De Olinda – Pe. Volume I – Revisão 1, Vector - Tecnologia de Sistemas. Recife, Abril de 2.004

PNSB-PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro - 2000.

Projeto da Estação de Tratamento de Percolado (ETP) Aterro de Resíduos Sólidos de Aguazinha, OLINDA-PE. Grupo de Residuos Sólidos-UFPE, 2005.

PROSAB (2003). Desinfecção de Efluentes Sanitários. Programa Nacional de Saneamento Básico. R.J.: ABES, RIMA, 2003. 438 p.

PROSAB (2006). Principais Processos Físico-Químicos utilizados no Tratamento de Lixiviados de Aterros Sanitários. In: Gerenciamento de Residuos Sólidos Urbanos com Ênfase na Proteção de Corpos D`Água: Prevenção, Geração e Tratamento de Lixiviados de Aterros Sanitários. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Florianópolis, SC, 2006.

QASIM, S. R.; CHIANG, W. (1994), Sanitary Landfill Leachate – Generation, Control and Treatment. Techonomic Publishing Co. Inc. p.323. ISBN 1-56676-129-8.

REICHERT, G. A.; COTRIM, S. L. S., Tratamento de Lixiviado de Aterro Sanitário realizado em Filtro Anaeróbio em Leito de Brita Construído sob o Aterro: Concepção de Projeto. 27° Congresso Interam ericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, 2000.

REINHART, D. R.; AL-YOUSFI, A. B. The Impact of Leachate Recirculation on municipal solid Waste Landfill Operating Characteristics. Waste Management & Research. V. 14, p. 337-346, 1996.

Resíduos sólidos : plano de gestão de resíduos sólidos urbanos: guia do profi ssional em treinamento : nível 2/Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.).–Belo Horizonte : ReCESA, 2007. 100 p.

Revista Brasileira de Ciencias Ambientais/Publicação do Núcleo de Informações em Saúde Ambiental da Universidade de São Paulo e do Instituto de Ciencia e Tecnología em Residuos e Desenvolvimento Sustentable. N° 1 (2004). São Paulo: NISAM:ICTR, 20 04.

ROCHA, E. M. R. Desempenho de um Sistema de Lagoas de Estabilização na Redução da Carga Orgânica do Percolado Gerado no Aterro da Muribeca (PE). Dissertação de Mestrado, UFPE, 2005.

SÁ, L. F. Evaporação Natural do Lixiviado do Aterro da Muribeca Através de um Destilador Solar. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco-PE, 2008.

SANCINETTI, G. P.; FIGUEIRA, M. S.; COLEHO, M. G., Uso de Lodos Ativados no Tratamento de Lixiviado provenientes de Aterro Sanitário. In: IX SILUBESA-SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, Bahia. Anais. Salvador. CD, 2001.

SANTOS, F. F.; REZENDE, M. O. O. Influência no meio reacional no comportamento fotoquímico do inseticida paration etílico. Química Nova, v.25, n. 1, p. 1-15, 2002.

SANTOS, A. F. M. S. Avaliação da Biodegradabilidade Anaeróbia e do tratamento de Lixiviado através de Reator UASB em Escala experimental. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Joinville – SC, 2003.

SCHALCH, V., Análise Comparativa de Dois Aterros Sanitários Semelhantes e Correlações dos Parâmetros do Processo de Digestão Anaeróbia. Tese (Doutorado), EE/USP, São Carlos, SP, Brasil, 1992.

SCHMIDT, T. Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos: avaliação da arte no Brasil, comparação com a situação na Alemanha e proposições para uma metodologia apropriada. Recife, 2005.

SEGATO, L. M.; SILVA, C. L. Caracterização do Lixiviado do Aterro Sanitário de Bauru. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e

Ambiental. Porto Alegre, 2000. Anais - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. CD rom.
SISSINO, C. L. S (org). (2000), Resíduos sólidos, ambiente e saúde: Uma visão multidisciplinar. Org. por Cristina Luiza Silveira Sissino e Rosalia Mara de Oliveira. Rio de Janeiro. Editora Fiocruz, 2000. 142p.

SILVA, A. C. Tratamento do Percolado de Aterro Sanitário e Avaliação da Toxicidade do Efluente Bruto e Tratado. Rio de Janeiro, Brasil - 2002. Dissertação de Mestrado.

SOUTO, G. D. B. & POVINELLI, J. Características do Lixiviado de Aterros Sanitários no Brasil. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

SOUZA, M. F. N. Estudo da Influência do Tempo de Detenção no Comportamento de Nutrientes ao Longo de uma Série de Lagoas de Estabilização – Lagoas Profundas. Campina Grande: UFPB, 1988. 185p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1988

SNIS- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Residuos Sólidos Urbanos-2005. Programa de Modernização do Setor Saneamento-PMSS. Ministerio das Cidades, Brasilia, agostote 2007.

SPEECE, R. E. Anaerobic biotechnology for industrial wastewaters. Archaea Press. 1966.

STERRITT, R. M.; LESTER, J. N. (1988), Microbiology for environmental and public health engineers. ISBN 419 12760-7.

TAKASHIMA, M., SPEECE, R.E. Mineral nutrient requeriments for high-rate methane fermentation of acetate at low SRT. Res. J. Wat. Poll. Contr. Fed., v. 61, n. 11-12, p. 1645-1650, 1989.

TCHOBANOGLOUS, G.; THEISEN, H.; VIGILI, S. (1993), Integrated solid waste management: engineering principles and management issues. McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering. ISBN 0-07-063237-5

TORRES, P.; BORBA, L.E.; RIASCOS, J.; VIDAL, J.C. Tratabilidade Biológica de chorume produzido em Aterro não Controlado. Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro - Brasil. Vol. 2 – nº 2 – ABR/JUN 1997, p 55-62. ISSN 1413-4152.

VAN HAANDEL, A. C. & LETTINGA, G. Tratamento Anaeróbio de Esgotos. Um Manual para Regiões de Clima Quente. Campina Grande: Epgraf, 1994.

VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 2° ed. Belo Horizonte: Departamento de Eng enharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

WERKER, A. G.; HALL, E. R. The influence of pH on the growth-linked biodegradation kinetics of selected resin acids found in pulp mill effluent. Tappi Journal, v.82, n. 7, p. 169-177, 1999.
www.google.com.br/maps - acesso: 05/04/2008.

YOUNG, J., COTRIM, S. L. S., CRUZ, M. A. S. Gestão do Tratamento de Efluentes Líquidos Lixiviados de Aterros Sanitários. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2004.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo