

Dedico esta monografia à minha querida mãe, Maria Goretti, em reconhecimento de tantas renúncias em favor de minha educação. Pela confiança em mim depositada e, sobretudo pela paciência com a qual me apoiou nos momentos difíceis, sempre com todo amor, admiração, e fé em Deus acima de tudo.

Ao meu namorado, Arlindo Junior, por seu companheirismo, amor e incentivo. Por estar presente nos momentos importantes da minha vida, valorizando minhas conquistas e ajudando-me a alcançar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Ao meu grande e misericordioso DEUS, por estar ao meu lado nos bons momentos e me sustentar nos momentos de dificuldade, dando-me força e perseverança de continuar no bom caminho.

Ao meu orientador, Prof. Valderi Duarte Leite, pela oportunidade do meu crescimento acadêmico, como também pelo incentivo e dedicação.

Aos examinadores Prof^a. Ms. Weruska Brasileiro Ferreira e Prof. Dr. Wilton Silva Lopes por aceitarem o convite de compor esta banca examinadora e pelas prestimosas contribuições que só vieram a engrandecer o trabalho.

Aos órgãos de fomento a pesquisa FINEP, CNPq e PROSAB.

A todos os colegas de turma - Antonio Henrique, Caio César, David Lúcio, Diógenes Rodrigues, Edilma Dantas, George Martins, José Carlos, José Raniery, Lincoln Mota, Maniza Sofia, Suely Rodrigues, Thiago Albuquerque, Viviane Lucena - pelo companheirismo e pelos momentos únicos que compartilhamos nesses 05 anos.

Ao Prof. Paulo Loureiro, diretor do Colégio Alfredo Dantas, o muito obrigado de coração por ter acreditado no meu futuro acadêmico.

À minha prima, Kátia Campos, e ao meu irmão, Danilo do Monte, por toda ajuda durante a graduação.

Aos professores que com os conhecimentos transmitidos nos conduziram para o mais perto da sabedoria.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho, os meus reconhecimentos.

DURANTE ESTE TRABALHO...

As dificuldades não foram poucas...

Os desafios foram muitos...

Os obstáculos, muitas vezes, pareciam intransponíveis.

Muitas vezes nos sentimos sós, e, assim, o estivemos...

O desânimo quis contagiar, porém, a garra e a tenacidade foram mais fortes, sobrepondo esse sentimento, fazendo-nos seguir a caminhada, apesar da sinuosidade do caminho.

Agora, ao olharmos para trás, a sensação do dever cumprido se faz presente e podemos constatar que as noites de sono perdidas e visitas realizadas; o cansaço dos encontros, os longos tempos de leitura, digitação, discussão; a ansiedade em querer fazer e a angústia de muitas vezes não o conseguir, por problemas estruturais; não foram em vão.

Aqui estamos, como sobreviventes de uma longa batalha, porém, muito mais fortes e hábeis, com coragem suficiente para mudar a nossa postura, apesar de todos os percalços...

Como dizia Antoine Saint Exupèry em sua obra prima "O Pequeno Príncipe":

“Foi o tempo que perdeste com a tua rosa, que fez a tua rosa tão importante”

MONTE, Fernanda Patrício do. **O PROCESSO DE TRATAMENTO DE LIXIVIADO EM LAGOAS DE STRIPPING** Campina Grande, UEPB, 2010, p. 43. (Monografia para Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental).

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi estudar o processo de stripping de amônia de líquidos lixiviados, em lagoas de stripping, levando em consideração prioritariamente a questão da concentração de nitrogênio amoniacal presente no lixiviado para que seja possível viabilizar o tratamento biológico deste líquido e posteriormente lançá-lo em um corpo receptor. Foram construídos quatro reatores de stripping em série onde foram alimentados com lixiviado bruto, sem correção do pH e sem alimentação forçada de ar. O primeiro reator era alimentado através de uma bomba peristáltica, de motor trifásico, modelo B63b4, onde a vazão do lixiviado era constante e os outros reatores recebiam o lixiviado por meio de gravidade, pois suas alturas eram menores que a anterior. O monitoramento do sistema experimental foi realizado em quatro fases distintas, onde os reatores receberam cargas superficiais aplicadas de 450, 500, 600 e 700 kg $\text{NH}_4^+ \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$. Os parâmetros analíticos utilizados no monitoramento foram: nitrogênio amoniacal, pH, alcalinidade total e ácidos graxos voláteis. Em todas as fases a concentração de nitrogênio amoniacal apresentou eficiência de remoção superior a 96%, obtendo assim o resultado esperado pela pesquisa. Conclui-se que é possível remover quase que o valor total da concentração de nitrogênio amoniacal de lixiviado, que leva ao favorecimento da aplicação do tratamento biológico.

Palavras-chave: Lixiviado; Amônia; Stripping.

MONTE, Fernanda Patrício do Monte. **THE TREATMENT OF LEACHETE FROM STRIPPING LAKES**. Campina Grande, UEPB, 2010, p. 43. (Graduation Monograph in Sanitary and Environmental Engineering).

ABSTRACT

This research's goal has been studying the stripping process of ammonia from leachete liquids at stripping lakes, regarding as crucial point the concentration of ammoniacal nitrogen contained in the leachate, in order to feasible the biological treatment of liquid and then release it into a receptor. Four stripping reactors had been built in series and filled with raw leachate without pH adjustment, and no forced air feeding. The first reactor had been fed by peristaltic bomb, three-phase motor, B63b4 model, in which the leachate flow was constant and the other reactors received the leachate by gravity, since their heights were smaller than the first one. The experimental system monitoring happened in four distinct periods, the reactors received superficial charges applied in 450, 500, 600 and 700 kg NH₄ +. 1.day ha⁻¹. The analytical parameters used for monitoring were: ammonia nitrogen, pH, total alkalinity and volatile fatty acids. In all periods the concentration of ammoniacal nitrogen displayed removal efficiency over 96%, thus achieving the expected result by the research. We conclude that it is possible to remove almost the total ammonia concentration of leachate, what lead us to the fostering of applying biological treatment on leachete liquids.

Keywords: Leachate, Ammonia, Stripping.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação dos resíduos sólidos quanto à origem	Erro! Indicador não definido.
Figura 2 – Esquema de construção e operação de aterro sanitário	Erro! Indicador não definido.
Figura 3 – Figura esquemática dos reatores de estripping	Erro! Indicador não definido.
Figura 4 – Taxa de aplicação superficial de nitrogênio amoniacal	Erro! Indicador não definido.
Figura 5 – Comportamento da concentração de nitrogênio amoniacal	33
Figura 6 – Comportamento do pH	34
Figura 7 – Comportamento da alcalinidade total	35
Figura 8 – Comportamento da concentração de ácidos voláteis.....	36
Figura 9 – Comportamento da DQO total.....	37
Figura 10 – Comportamento da DQO solúvel	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativa de geração e coleta de RSU no Brasil	18
Tabela 2 – Composição percentual média de RSU em cidades brasileiras	19
Tabela 3 – Destino final dos resíduos sólidos no Brasil – 1989/2008	20
Tabela 4 – Parâmetros físicos aplicados aos reatores de stripping	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

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

ASMJP: Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONDIAM: Consórcio de Desenvolvimento Intermunicipal

CSA: Carga Superficial Aplicada

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO: Demanda Química de Oxigênio

EXTRABES: Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NBR: Norma Brasileira

PB: Paraíba

pH: Potencial Hidrogeniônico

PVC: Cloreto de Povinila

RSU: Resíduos Sólidos Urbanos

TDH: Tempo de Detenção Hidráulica

LISTA DE SÍMBOLOS

hab: habitante

t: tonelada

%: percentagem

Km: quilômetro

BR: Brasil

CH₄: Gás metano

CO₂: Dióxido de carbono

NH₃: Amônia

NH₄⁺: Íon amônio

NO₂⁻: Nitrito

NO₃⁻: Nitrato

OH⁻: Hidróxila

H₂O: Molécula de água

K_b: Constante de dissociação de basicidade

K_w: Constante de dissociação da água

mg: Miligrama

L: Litro

m: Metro

m³: Metro cúbico

d: Número de dispersão

kg: Quilograma

ha: Hectare

CaCO₃: Carbonato de cálcio

Hac: Ácidos voláteis

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.0 REVISÃO DA LITERATURA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.1.1 Classificação dos resíduos sólidos	Erro! Indicador não definido.
2.1.2 Geração e coleta de resíduos sólidos	Erro! Indicador não definido.
2.1.3 Composição dos resíduos sólidos	Erro! Indicador não definido.
2.1.4 Resíduos sólidos: disposição final	Erro! Indicador não definido.
2.2 ATERRO SANITÁRIO	20
2.2.1 Aterro sanitário da cidade de João Pessoa - PB	22
2.3 LIXIVIADO	23
2.3.1 Composição de lixiviado	Erro! Indicador não definido.
2.3.2 Quantificação de lixiviado	Erro! Indicador não definido.
2.3.3 Potencial poluidor e métodos de manejo de lixiviado	Erro! Indicador não definido.
2.3.4 Tratamento de lixiviado	25
2.4 STRIPPING DE AMÔNIA	26
2.4.1 Nitrogênio amoniacal	26
3.0 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 REALIZAÇÃO DO TRABALHO	29
3.2 LIXIVIADO	29
3.3 SISTEMA EXPERIMENTAL	29
3.4 MONITORAMENTO DO SISTEMA EXPERIMENTAL	Erro! Indicador não definido.
3.5 PARÂMETROS ANALÍTICOS	Erro! Indicador não definido.
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.0 CONCLUSÕES	Erro! Indicador não definido.
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1.0 INTRODUÇÃO

O intenso desenvolvimento industrial, tecnológico e científico, especialmente a partir do século XX, trouxe consigo grandes problemas ambientais. Crescimento irregular das zonas urbanas, extração e uso descontrolados de recursos naturais, florestas destruídas, poluição do solo, da água e da atmosfera, mudanças climáticas e principalmente a questão dos resíduos sólidos, grande desafio contemporâneo, numa sociedade capitalista na qual “consumo” é a palavra da vez.

Segundo Macêdo (2009) o capitalismo embasou o surgimento da sociedade de consumo, fundada em valores de eficiência econômica, sempre sedenta por novas tecnologias. Esse consumo desenfreado e acrítico, proporcionado pela evolução tecnológica, tem gerado os mais diversos riscos para o meio ambiente.

A geração dos resíduos sólidos cresce proporcionalmente com o aumento da população e com o aumento de produtos que geram variedades cada vez maiores de elementos descartáveis como plásticos, metais, papelões. A industrialização moderna tornou as embalagens, em geral, como parte anexa do produto de consumo, contribuindo para a maior geração de inertes nos depósitos de resíduos.

Ensinas (2003) relata que disposição final do lixo urbano é um dos graves problemas ambientais enfrentados pelos grandes centros urbanos em todo o mundo e tende a agravar-se com o aumento do consumo de bens descartáveis, que passam cada vez mais a compor os grandes volumes de lixo gerados pela população.

De acordo com Gomes (2005) o Brasil apresenta um quadro agravante no que tange à infra-estrutura de serviços de saneamento, sendo o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos ainda incipientes na realidade nacional, especialmente no tocante à utilização de sistemas adequados para a disposição final dos resíduos.

Os resíduos sólidos constituem umas das fontes mais importantes de insalubridade (TORRES, 1997); quando vão parar em locais inadequados, provocam problemas diversos, como a poluição de mananciais, contaminação do solo e proliferação de doenças (ALVES, 2005). Torres (1997) relata que os maiores problemas gerados no destino final de resíduos sólidos em aterros sanitários é a formação dos subprodutos gerados pelos fenômenos físicos e bioquímicos que acontecem no interior do aterro e que saem na forma de gases e lixiviados, os quais

causam a contaminação das águas superficiais, subterrâneas e do solo se não tratados convenientemente.

Devido a sua complexidade o lixiviado formado nos aterros deve ser tratado antes de seu lançamento nos corpos receptores (LOPES, 2003) Uma das técnicas mais utilizadas para o tratamento do chorume é o stripping de amônia que reduz o alto teor de nitrogênio amoniacal do lixiviado através da remoção da amônia por arraste de ar para que em seguida seja possível viabilizar o tratamento biológico.

Este trabalho teve como objetivo estudar o processo de stripping de amônia de líquidos lixiviados em lagoas de stripping, levando em consideração prioritariamente a questão da concentração de nitrogênio amoniacal presente no lixiviado para que seja possível viabilizar o tratamento biológico deste líquido e posteriormente lançá-lo em um corpo receptor.

2.0 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

2.1.1 Classificação dos resíduos sólidos

A Associação Brasileira de Normas Técnica – ABNT (2004) classifica os resíduos sólidos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde pública, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto contagiosas para que estes resíduos possam ter manuseio e destinação adequados. Estes são classificados em:

- Classe I (perigosos): apresentam propriedades de inflamabilidade, toxicidade, corrosividade, reatividade e patogenicidade.
- Classe II A (não inertes): são os que apresentam propriedades de combustibilidade, biodegradabilidade e solubilidade em água, não se enquadram como resíduos de classe I ou II B.
- Classe II B (inertes): são aqueles que quando submetidos aos testes de solubilização (NBR 10.007) não têm nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água.

Os resíduos sólidos em sua maioria, podem ser reutilizáveis ou recicláveis, gerando entre outros aspectos, proteção à saúde e economia de recursos naturais. São separados de acordo com o nível de biodegradabilidade:

- Facilmente biodegradáveis: restos de comida, sobras de cozinha, folhas, capim, cascas de frutas, animais mortos e excrementos;
- Moderamente biodegradáveis: papel, papelão, madeira e outros de origem celulósica;
- Dificilmente biodegradáveis: couro, borracha, osso, plástico, metal não ferroso, vidro, pedra, cinza, areia, cerâmica (CAMPOS, 2007).

Os resíduos sólidos também podem ser classificados quanto a sua origem, baseados na classificação da ABNT (2004), conforme a Figura 1:

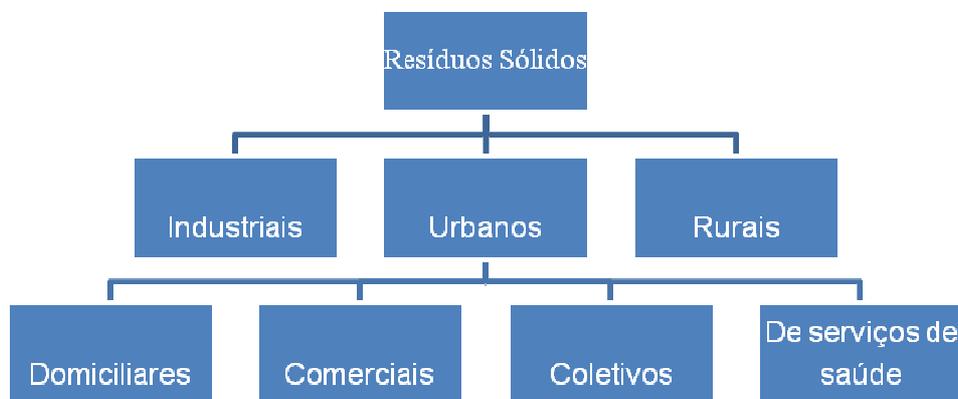


Figura 1. Classificação dos resíduos sólidos quanto à origem.

Para a legislação brasileira, o resíduo sólido doméstico é de propriedade da prefeitura, cumprindo-lhe a missão de assegurar sua coleta e destinação final (CALDERONI, 1998). E os resíduos industriais, de serviços de saúde e agrícola são de responsabilidade do próprio gerador (MANSUR, 2003).

2.1.2 Resíduos sólidos: geração e coleta

A geração dos resíduos sólidos cresce proporcionalmente com o aumento da população e com o consumo de produtos que geram variedades cada vez maiores de elementos descartáveis como plásticos, metais, papelões.

Em meados da década de 90 houve um aumento significativo na quantidade de resíduos, que de acordo com Jucá (2001), isto pode ser explicado pela redução nos índices inflacionários pelo aumento de consumo da população ocorridos nesse período.

De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, realizado pela ABRELPE em 2009, é gerado diariamente 182.728 toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) diariamente, e desse total são coletados 161.084 toneladas. A Tabela 1 apresenta a população brasileira e sua distribuição regional, a quantidade de resíduos sólidos gerados e coletados diariamente e, a geração e coleta por pessoa e por região.

Tabela 01. Estimativa de geração e coleta de RSU no Brasil.

Região	População Urbana (hab)	RSU Gerado (t/dia)	Geração Percapita (t/dia)	RSU coletado (t/dia)	Geração Percapita (t/dia)
Norte	11.482.246	12.072	1,051	9.672	0,788
Nordeste	38.024.507	47.665	1,254	35.925	0,912
Centro-Oeste	11.976.679	13.907	1,161	12.398	0,946
Sudeste	74.325.454	89.460	1,204	85.282	1,087
Sul	22.848.997	19.624	0,859	17.807	0,693
Brasil	158.657.883	182.728	1,152	161.084	0,950

Fonte: ABRELPE (2009)

2.1.3 Composição dos resíduos sólidos

A composição dos RSU acompanha diretamente as modificações econômicas e as transformações tecnológicas, que vêm influenciando o modo de vida dos centros urbanos em um ritmo cada vez mais acelerado, gerando conseqüentemente mais resíduos.

Novas matérias primas passam a integrar os processos produtivos, com novos produtos e subprodutos, alterando a composição do lixo urbano, que passa cada vez mais a ser composto por embalagens e produtos artificiais, acompanhando o desenvolvimento econômico e conseqüentemente o aumento do consumo de bens industrializados pela população.

Nos países desenvolvidos, devido ao alto grau de industrialização, nota-se uma predominância de materiais como papel, metais, plásticos e vidros, característicos de produtos industrializados e suas respectivas embalagens. Além disso a quantidade de lixo gerado apresenta-se muito maior que em países em desenvolvimento, devido ao maior poder aquisitivo da população (ENSINAS, 2003).

Segundo D'Almeida e Vilhena (2000), no Brasil nota-se que mais de 50% do lixo urbano ainda é composto por matéria orgânica, mas segundo Meldonian (1998) esse número vem baixando, o que demonstra uma mudança de hábitos do brasileiro, refletindo as mudanças econômicas que estão em curso. A Tabela 2 apresenta a composição do RSU em diferentes cidades brasileiras.

Tabela 2. Composição percentual média de RSU em cidades brasileiras.

	Campina Grande (PB)	Caxias do Sul (RS)	Porto Alegre (RS)	Ouro Preto (MG)	Vitória (ES)	Criciúma (SC)
Materiais						
Matéria Orgânica	56,8%	58,8%	41,9%	53,7%	53,1%	45,2%
Papel e Papelão	13,6%	17,3%	20,8%	19,3%	19,1%	21,1%
Plásticos	15,5%	6,6%	22,5%	9,2%	11,8%	17,1%
Vidro	1,1%	1,3%	2,1%	4,2%	2,7%	2,1%
Metal	1,5%	2,9%	4,1%	4,2%	2,7%	2,1%
Outros	11,5%	13,7%	8,6%	9,4%	10,0%	11,2%

* Outros: Couro + borracha + osso

Fonte: Leite et al. (2002).

De acordo com os dados da Tabela 2, constata-se que a maior fração é a de matéria orgânica putrescível, fração esta que gera em maior quantidade o lixiviado devido a sua degradação.

2.1.4 Disposição final dos resíduos sólidos

Um dos grandes problemas enfrentados hoje é sobre a questão da destinação dos resíduos sólidos. Quando descartados inadequadamente no ambiente, provocam alterações no solo, na água e no ar, além da possibilidade de causarem danos as diversas formas de vida.

Segundo Costa (2004) a inexistência de uma política brasileira de limpeza pública, a falta de capacitação técnico-profissional, a descontinuidade política e administrativa e, em especial, a limitação financeira decorrente, entre outros fatores, da cobrança dos serviços a ser feita, em geral, sob forma de imposto ou taxa, dificultam ainda mais a atribuição da prefeitura de gerenciar de forma eficaz a prestação de serviços.

Os resultados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008 (IBGE, 2008) demonstraram que os vazadouros a céu aberto, conhecidos como “lixões”, ainda são o destino final dos resíduos sólidos em 50,8% dos municípios brasileiros, mas esse quadro teve uma mudança significativa nos últimos 20 anos: em 1989,

eles representavam o destino final de resíduos sólidos em 88,2% dos municípios. As regiões Nordeste (89,3%) e Norte (85,5%) registraram as maiores proporções de municípios que destinavam seus resíduos aos lixões, enquanto as regiões Sul (15,8%) e Sudeste (18,7%) apresentaram os menores percentuais. Paralelamente, houve uma expansão no destino dos resíduos para os aterros sanitários, solução mais adequada, que passou de 17,3% dos municípios, em 2000, para 27,7% entre os anos de 1989 e 2008 em 2008. A Tabela 3 apresenta o destino final dos resíduos sólidos no Brasil entre os anos de 1989 e 2008.

Tabela 3. Destino final dos resíduos sólidos no Brasil – 1989/2008.

Ano	Destino final dos resíduos sólidos, por unidade de destino dos resíduos (%)		
	Lixão	Aterro controlado	Aterro sanitário
1989	88,2	9,6	1,1
2000	72,3	22,3	17,3
2008	50,8	22,5	27,7

Fonte: IBGE (2008)

De acordo com MONTEIRO *et al.* (2001) o processo recomendado para a disposição adequada do lixo domiciliar é o aterro sanitário. No mundo inteiro, com algumas poucas exceções, os aterros sanitários representam a principal destinação final dos resíduos sólidos, apesar do imenso esforço em se reduzir, reutilizar e reciclar. Apesar da contradição, nos países em desenvolvimento, o aterro sanitário tem sido a mais importante meta a alcançar, com vista a um tratamento adequado dos resíduos (JUCÁ, 2001).

2.2 ATERRO SANITÁRIO

Ensinas (2003) acredita que o aterro é a forma destinação final do lixo largamente utilizada nos dias atuais, em virtude de sua simplicidade de execução, seu baixo custo e capacidade de absorção diária de grande quantidade de resíduos, quando comparado às demais formas de tratamento do lixo. A Figura 2 apresenta um esquema de um aterro sanitário com os diversos sistemas de controle ambiental

e as etapas de operação. Um aterro sanitário segue normas técnicas de construção e deve apresentar drenagem de lixiviado, de biogás e de águas superficiais, impermeabilização da base do terreno e camada de cobertura final. As etapas básicas da operação são a chegada, pesagem e descarregamento do lixo na frente de descarga, seguida da compactação e da cobertura do lixo depositado, preparando assim o terreno para recebimento de uma nova camada de resíduos até que se atinja a cota final de projeto.

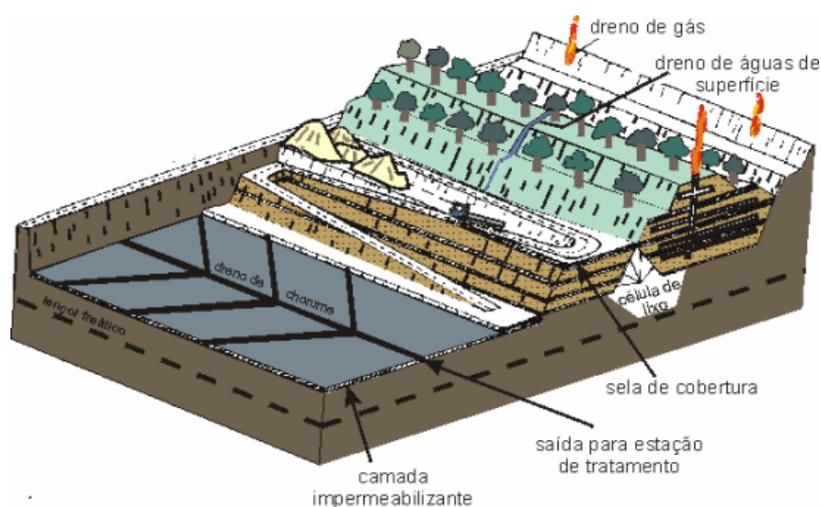


Figura 2. Esquema de construção e operação de aterro sanitário.
Fonte: ENSINAS (2003).

Segundo D’Almeida e Vilhena (2000) os aterros podem ser assim classificados:

- Lixões: forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública.
- Aterros controlados: técnica de disposição de resíduos sólidos que utiliza alguns princípios de engenharia para confinar os resíduos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho. Geralmente não dispõe de impermeabilização de base, nem de sistemas de tratamento de percolato ou do biogás gerado.
- Aterros sanitários: técnica de disposição de resíduos no solo baseada em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais.

2.2.1 Aterro sanitário da cidade de João Pessoa – PB

O primeiro aterro sanitário do estado da Paraíba entrou em operação no dia 05 de outubro de 2003 substituindo o Lixão do Roger, com 45 anos de existência, que se localizava nas imediações do centro da cidade de João Pessoa. O Lixão estava saturado pelo fato de receber cerca de 780 toneladas diárias de todo o tipo de lixo, além do mais ele representava um risco de contaminação do rio Sanhauá, principalmente pela infiltração do lixiviado.

De acordo com Eduardo Oliveira da Agência Folha (04/08/2003) seu terreno vem sendo tratado por meio do aterramento do lixo, remediação do solo, drenagem e recolhimento de lixiviado. Cinco dos 17 hectares estão sendo transformados num parque, com o plantio de mudas de cajueiros, amoreiras e sucupiras, entre outras. A área também terá 1.500 árvores adultas que foram “transplantadas” do local onde será instalado o aterro sanitário. Tarefa que está a cargo da Prefeitura de João Pessoa, que já desenvolve experiência semelhante com coqueiros ao longo da orla da cidade.

Nas apresentações do projeto do aterro foram mostradas a metodologia de análise com a caracterização de cada impacto, as medidas de compensação como a implantação do viveiro de mudas de espécies nativas, recuperação de áreas degradadas, e conservação do “Parque Estadual da Mata do Xém-Xém”, em Bayeux.

O projeto do aterro prevê a construção de 29 células para receber resíduos sólidos domiciliares, de uma estação para tratamento do lixiviado, de unidades de triagem e de compostagem e a instalação de um incinerador para resíduo sólido industrial e hospitalar.

O aterro sanitário metropolitano de João Pessoa (ASMJP) localiza-se no Engenho Mussuré no Distrito Industrial, a 5 Km da BR – 101, e recebe o lixo do Consórcio de Desenvolvimento Intermunicipal da Região Metropolitana, constituído pelas cidades de Santa Rita, Bayeux, Cabedelo, Lucena, Conde, Cruz do Espírito Santo e João Pessoa (PORTAL PARAÍBA, 2003).

Depois de totalmente instalado, o aterro terá capacidade para tratar e destinar adequadamente 1.172 toneladas de lixo por dia durante 21 anos. A sua

administração ficará a cargo do Consórcio de Desenvolvimento Intermunicipal da Área Metropolitana (CONDIAM).

2.3 LIXIVIADO

O lixiviado pode ser definido como sendo o líquido escuro e turvo, de odor desagradável, originado em locais como aterros sanitários ou lixões, resultado da água pluvial que cai sobre essas áreas, da decomposição e da umidade dos resíduos sólidos que drenam e percolam através dos interstícios e camadas de lixo propiciando, dessa forma, uma série de reações e processos físicos, químicos e biológicos de degradação (SILVA, 2002).

A geração de lixiviados constitui a principal preocupação quanto à degradação ambiental de áreas localizadas próximas ao local de disposição final dos RSU, uma vez que o tratamento desses efluentes tem se mostrado um grande desafio (AMARAL *et al.*, 2008).

Segundo Meira (2003) de forma geral, o processo de decomposição do resíduo sólido se dá em três fases: a aeróbia, a acetogênica e, por último, a metanogênica. Na primeira fase há uma grande liberação de calor e o lixiviado produzido nessa fase apresenta elevadas concentrações de sais de alta solubilidade, inclusive alguns contendo metais. Os microrganismos aeróbios, ou seja, aqueles que utilizam oxigênio na decomposição de matéria orgânica dão início à decomposição do lixo. Esta fase é relativamente curta, durando em média um mês, uma vez que a quantidade limitada de oxigênio presente no meio é consumida rapidamente.

Após a diminuição da quantidade de oxigênio, começam a predominar microrganismos anaeróbios facultativos, ou seja, aqueles que preferencialmente não usam o oxigênio no metabolismo, podendo, porém utilizá-lo. Esses microrganismos são chamados de bactérias acetogênicas. Essas bactérias convertem o material orgânico particulado em dissolvido a partir do processo de hidrólise. Em seguida dá-se o processo fermentativo. Durante esta segunda fase, que pode perdurar por alguns anos, são produzidos compostos orgânicos simples e de alta solubilidade, principalmente ácidos graxos voláteis, como o ácido acético, e também amônia.

Estes ácidos se misturam com a água percolada pela massa de lixo, fazendo com que o pH do lixiviado caia consideravelmente, para valores que podem variar de 4 a 6. Nesta fase, em geral a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é alta.

Na terceira e última fase, os compostos orgânicos formados na fase acetogênica começam a ser consumidos por microrganismos estritamente anaeróbios, denominados "*arqueas metanogênicas*". Com o consumo dos ácidos voláteis, o valor do pH volta a subir, favorecendo o aparecimento desses organismos que desenvolvem-se preferencialmente em meios com pH próximo ao neutro (7,0). As *arqueas metanogênicas* transformam os compostos orgânicos em metano (CH₄) e gás carbônico (CO₂). Nesta última fase, a DBO tende a diminuir.

2.3.1 Composição de lixiviado

Segundo Cabeza et al. (2007) o lixiviado gerado em aterro sanitário pode ser considerado um efluente complexo que normalmente contém combinações orgânicas, metais pesados, amônio, cloreto e muitas outras combinações solúveis.

A composição do lixiviado varia consideravelmente dependendo de fatores climáticoambientais, como o regime pluviométrico, a temperatura, a umidade relativa, geologia do aterro, bem como dependem também da idade deste aterro, da constituição dos resíduos que chegam a este aterro e da tecnologia de aterramento. Assim, não é possível estabelecer uma composição fixa para o lixiviado (PACHECO, 2004).

2.3.2 Quantificação de lixiviado

Torres (1997) afirma que a quantidade de lixiviado produzido em um aterro sanitário depende de vários fatores como: condições meteorológicas do lugar (umidade, precipitação, taxa de evaporação, regime de temperatura e ventos); a geologia e geomorfologia; condições de operação do aterro (conformação e cobertura das células, grau de compactação, tipo de equipamentos, recirculação do

lixiviado); natureza dos resíduos sólidos (tipo, umidade, nível de matéria orgânica, características); topografia (área e perfil do aterro); qualidade e quantidade de recicláveis e hábitos da população.

2.3.3 Potencial poluidor e métodos de manejo de lixiviado

O potencial poluidor do lixiviado de um aterro sanitário antigo está ligado aos valores de matéria orgânica recalcitrante, alta salinidade e elevadas concentrações de amônia que o mesmo apresenta, prejudicando e contaminando os ecossistemas em seu entorno. Por isso, o controle da qualidade do lixiviado gerado é fundamental para que este não contamine e deprecie os recursos naturais.

A aplicação de métodos apropriados de manejo desses resíduos pode reduzir ou controlar a quantidade e a qualidade de lixiviado gerado em um determinado aterro sanitário. Essas estratégias de manejo podem estar direcionadas para:

- A redução da infiltração, incluindo a aplicação da cobertura diária;
- Captação de lixiviado através de um bom sistema de drenagem e recirculação posterior no aterro sanitário;
- Coleta e tratamento por métodos físicos, químicos e biológicos em função da composição, características e grau de estabilização dos resíduos sólidos e idade do aterro (TORRES, 1997).

2.3.4 Tratamento de lixiviado

A variabilidade das características de lixiviado torna os sistemas de tratamento complexos, pois inúmeros fatores interferem na escolha de uma forma de tratamento. O tipo de tratamento adotado dependerá das características do aterro e de sua localização física e geográfica (TCHOBANOGLIOUS et al, 1993).

A decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento de lixiviado deve ser fundamentada em uma avaliação com critérios técnicos e econômicos, com

a apreciação de parâmetros quantitativos, vinculados essencialmente à realidade em foco (LIMA *et al*, 2005).

Os métodos convencionais de tratamento de lixiviado podem ser classificados em quatro grandes grupos: transferência de lixiviado – recirculação, evaporação e tratamento combinado com esgotos; métodos biológicos – aeróbios e anaeróbios; métodos físicos e químicos – adsorção, precipitação química, coagulação/floculação, oxidação química, air stripping ou remoção de amônia por injeção de ar e filtração por membranas; e por fim, métodos alternativos – *wetlands*.

2.4 STRIPPING DE AMÔNIA

2.4.1 Nitrogênio amoniacal

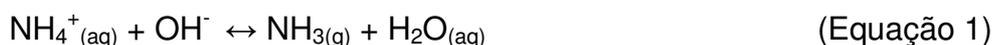
Um dos contaminantes mais importantes da água é o nitrogênio, pois as atividades agrícolas e industriais têm aumentado e isto tem dobrado a concentração de nitrogênio fixado na biosfera anualmente. Parte importante deste nitrogênio chega aos corpos d'água na forma de amônio, nitrato e nitrito criando problemas de toxicidade para os organismos aquáticos, além de causar a eutrofização de lagos. É necessário, então, encontrar sistemas que mantenham a concentração dos compostos nitrogenados dentro dos níveis que não causem deterioração dos rios, lagos e mares (CERVANTES-CARRILLO, 2000).

Resultante de processos bioquímicos, o nitrogênio amoniacal, pode ser encontrado na forma de nitrogênio orgânico, amônia (NH_3) e como íons amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). A forma orgânica consiste de uma complexa mistura de compostos incluindo aminoácidos, aminoaçúcares e proteínas, que podem ser solúveis ou particulados (METCALF & EDDY, 2003).

O tratamento de lixiviado torna-se imprescindível para que não aconteça a contaminação e depreciação dos recursos naturais que pode vir a acontecer devido ao seu alto teor de nitrogênio amoniacal e uma baixa relação DBO/DQO o que inviabiliza o tratamento biológico (KIMA, 2006). Uma das soluções que pode ser

utilizada pra resolver este problema é a realização do stripping de amônia sob a forma de amônia (LOPES, 2003).

A amônia, em fase aquosa, encontra-se em equilíbrio de duas formas, que são a iônica (NH_4^+) e a molecular gasosa (NH_3). A equação de equilíbrio pode ser descrita da seguinte forma:



Este equilíbrio depende do pH, e até pH igual a 7,2 o equilíbrio estará deslocado para a esquerda. Com a elevação do pH, há o deslocamento do equilíbrio para a direita, com elevação da fração gasosa (FLECK, 2003).

O stripping de amônia consiste em um processo físico de transferência de massa de um poluente da fase líquida para a fase gasosa, através da injeção de ar no líquido por meio de difusores ou outros mecanismos de aeração, após estar estabelecida a condição de pH adequado. A introdução mecânica de ar no meio líquido, pela ação da circulação dessa massa de ar, favorece a expulsão ou o arraste do NH_3 , normalmente para a atmosfera. Segundo Silva (2002), os fatores responsáveis pela eficiência de remoção dos compostos orgânicos voláteis envolvem a área de contato (gás-líquido), a solubilidade do contaminante na fase aquosa, a difusividade do contaminante no ar e na água e a temperatura ambiente de operação.

MetCalf & Eddy (1981) afirma que, como a equação 1 depende do pH, a distribuição percentual da amônia e do íon amônio pode ser calculada utilizando a equação 2:

$$\text{NH}_3 \% = \frac{\text{NH}_3 * 100}{\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+} = \frac{100}{1 + \frac{\text{NH}_4^+}{\text{NH}_3}} = \frac{100}{1 + \frac{\text{Kb}(\text{H})}{\text{Kw}}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

NH_3 : concentração de amônia

NH_4^+ : concentração do íon amônio

Kb: constante de dissociação de basicidade

Kw: constante de dissociação da água

A amônia é aproximadamente cem vezes mais tóxica nas espécies aquáticas que a forma ionizada, mesmo em baixas concentrações. Essa maior toxicidade certamente se deve a difusão da amônia pela membrana epitelial das espécies

aquáticas, dificultando, por exemplo, mecanismos naturais de eliminação dessa substância desses organismos (SILVA & JARDIM, 2007).

A Resolução Federal CONAMA 20/86, já revogada, trazia para lançamentos de efluentes em corpos aquáticos o valor limite de amônia de 5,0 mg/L. Na nova legislação CONAMA 357/05, a amônia passou a ser expressa como nitrogênio amoniacal total, cujo limite de lançamento aumentou para 20,0 mg/L.

Devido ao seu baixo peso molecular o nitrogênio amoniacal, na forma de amônia, pode ser removido por uma variedade de métodos, incluindo físicos, químicos e biológicos. A remoção deste contaminante é eficiente através de processos físicos, tais como stripping ou volatilização (exceto pelo processo de separação por membranas), quando por processos biológicos de nitrificação-desnitrificação (WISZNIOWSKI et al., 2006).

3.0 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 REALIZAÇÃO DO TRABALHO

A pesquisa foi realizada na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário (EXTRABES), localizada no bairro do Tambor na cidade de Campina Grande – PB.

3.2 LIXIVIADO

O lixiviado utilizado durante a realização do trabalho experimental veio do Aterro Sanitário Metropolitano da Cidade de João Pessoa (ASMJP), capital do estado da Paraíba, e transportado para a EXTRABES, por meio de carros tanque.

3.3 SISTEMA EXPERIMENTAL

Para a realização do trabalho experimental foram construídos quatro reatores de stripping em série onde foram alimentados com lixiviado bruto, sem correção do pH e sem alimentação forçada de ar.

Os reatores foram construídos de alvenaria e canos de PVC para a passagem do lixiviado de um reator para outro. O primeiro reator era alimentado através de uma bomba peristáltica, de motor trifásico, modelo B63b4, onde a vazão de lixiviado era constante e os outros reatores recebiam o lixiviado por meio de gravidade, pois suas alturas eram menores que o anterior.

Na Tabela 4 são apresentados os parâmetros físicos aplicados aos reatores de stripping.

Tabela 4. Parâmetros físicos aplicados aos reatores de stripping.

Parâmetros Reatores	Compartimento (m)	Largura (m)	Altura (m)	Volume (m ³)	D	Tempo (dias)
R1	5	1	0,60	3	0,18	17,6
R2	5	1	0,55	2,75	0,18	16,1
R3	5	1	0,50	2,5	0,18	14,7
R4	5	1	0,45	2,25	0,18	13,2

* d: número de dispersão

Na Figura 3 pode ser observada a geometria dos reatores, o sistema de alimentação e agitação do lixiviado.

**Figura 3.** Figura esquemática dos reatores de stripping.

Nos reatores foi instalado um sistema de agitação no sentido transversal, constituído por 4 unidades de agitação por reator onde as haletas das unidades de agitação são em número de 4 com comprimento médio de 28 centímetros e largura de 2 centímetros cada.

3.4 MONITORAMENTO DO SISTEMA EXPERIMENTAL

O monitoramento do sistema experimental foi realizado em quatro fases distintas, onde os reatores receberam cargas superficiais aplicadas de 450, 500, 600 e 700 kg NH₄⁺.ha⁻¹.dia⁻¹.

A carga superficial aplicada aos reatores foi calculada em função da concentração de lixiviado utilizado e a área dos reatores, onde a vazão era ajustada na bomba que alimentava o primeiro reator e os outros reatores recebiam o lixiviado por meio de gravidade. À medida que o lixiviado passava de um reator para outro, a concentração de nitrogênio amoniacal sofria um decaimento, conseqüentemente a carga superficial aplicada também sofria um decaimento.

Na Figura 4, são apresentados os parâmetros operacionais aplicados ao sistema experimental nas quatro fases.

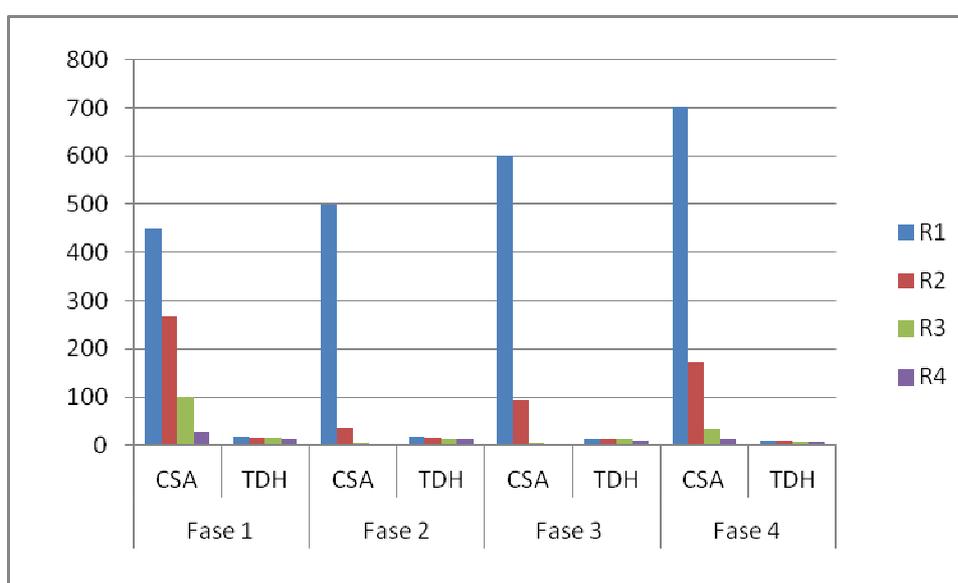


Figura 4. Taxa de aplicação superficial de nitrogênio amoniacal.

Ao analisar a variação da Carga Superficial Aplicada no decorrer dos reatores nas 4 fases foi observado um maior decaimento nas fases 2 e 3. Na fase 2 os valores da CSA variaram de 500 kgNH₄⁺/ha.dia, no primeiro reator, a um valor de 2,08 kgNH₄⁺/ha.dia no R4, no tempo de detenção hidráulica de 60 dias; e na fase 3 os valores da CSA no R4 correspondiam a apenas 0,4% da CSA inicial.

3.5 PARÂMETROS ANALÍTICOS

Os parâmetros analíticos utilizados no monitoramento foram: nitrogênio amoniacal, pH, alcalinidade total, ácidos graxos voláteis e DQO total e solúvel.

Todos esses parâmetros utilizados no sistema experimental estão seguindo os métodos preconizados por APHA – AWWA – WPCF (2005).

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram analisados os parâmetros analíticos físicos e químicos no material afluente de cada reator e no material do efluente final dos reatores, totalizando cinco pontos em cada fase analisada. Em cada reator e no efluente final apresenta-se o valor máximo, a média e o valor mínimo em cada parâmetro.

Na Figura 5 apresenta-se o comportamento da concentração de nitrogênio amoniacal das quatro fases, nos quatro reatores e no efluente final.

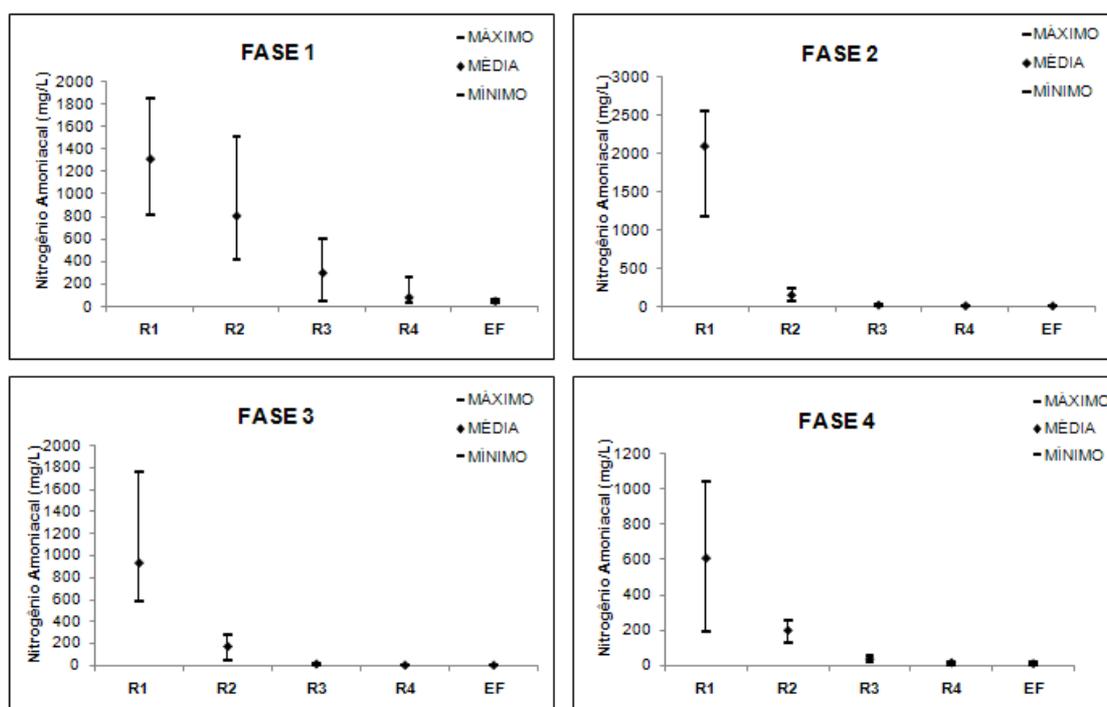


Figura 5. Comportamento da concentração de nitrogênio amoniacal.

Analisando os gráficos acima se observa na fase 1 a concentração média do nitrogênio amoniacal no reator 1 de 1309 mg/L e no efluente final de 51 mg/L, havendo uma eficiência de remoção de 96,1 %; na fase 2, a concentração média no material afluente foi de 2098 mg/L e no efluente final 6 mg/L, com remoção de 99,7%; na fase 3, o afluente teve uma concentração média de 935 mg/L e o efluente final 5 mg/L, com 99,5% de remoção; e na fase 4, a concentração do afluente foi 604 mg/L e no efluente final foi 9 mg/L, com remoção média de 98,5%. Após esta análise

é possível afirmar que em todas as fases houve uma remoção satisfatória do nitrogênio amoniacal, sendo a fase 2 a mais eficiente em remover este composto inorgânico.

Kima (2006) desenvolveu um estudo em que era possível remover nitrogênio amoniacal de lixiviado através da precipitação de struvita, tendo obtido uma remoção de 90%. Com isso é possível afirmar que, o sistema de lagoas de stripping, em todas as fases teve uma remoção satisfatória de nitrogênio amoniacal, embora tenha sido a fase 2 mais eficiente.

Na Figura 6 apresenta-se o comportamento do pH nas quatro fases monitoradas no experimento.

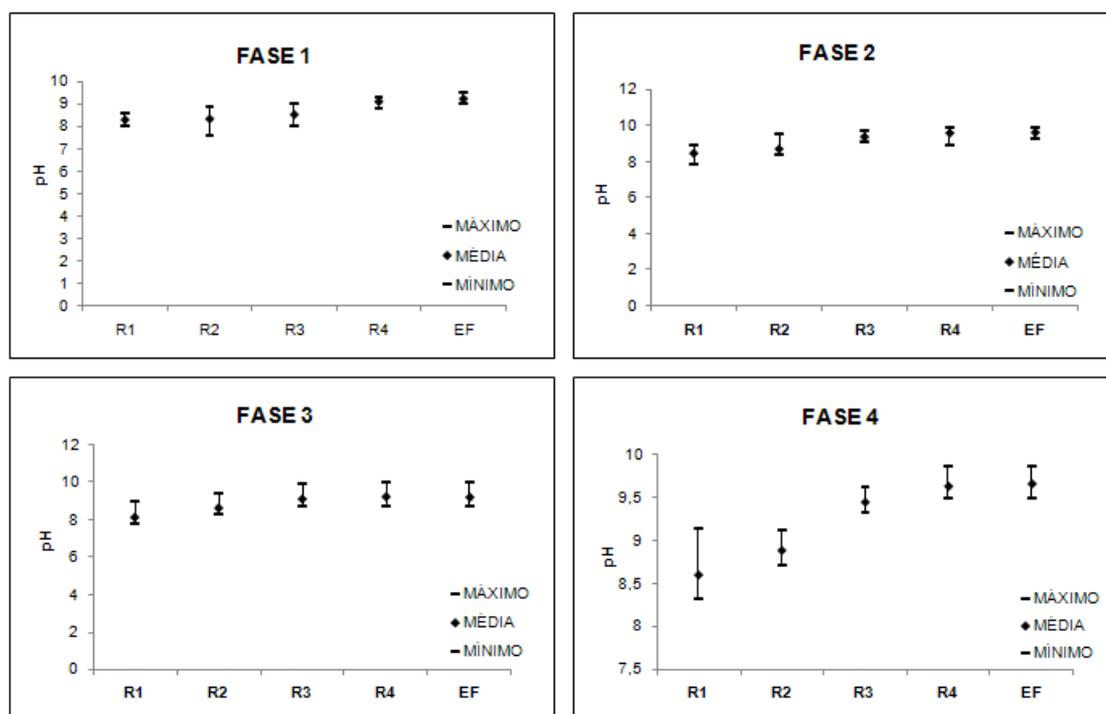


Figura 6. Comportamento do pH do lixiviado.

Comparando as Figuras 5 e 6, observa-se que na proporção que o pH aumentava a concentração de nitrogênio amoniacal era reduzida. Segundo OZTURK et al (2003), no método de stripping, o pH apresenta um comportamento crescente ao longo das primeiras horas e em um determinado período de tempo tende a diminuir progressivamente. No entanto esse comportamento não foi verificado em nossos estudos, observou-se apenas o aumento gradativo do pH em todas as fases.

Os valores de pH iniciais foram na faixa de 8,3, 8,5, 8,1 e 8,6 nas quatro fases, e os valores finais eram 9,3, 9,6, 9,2 e 9,6 respectivamente; onde constatamos que em cada fase o aumento do pH variou em torno de 1,0 e 1,1 unidades de pH.

Na Figura 7, são apresentados os dados das concentrações da alcalinidade total do lixiviado de cada reator e do efluente final.

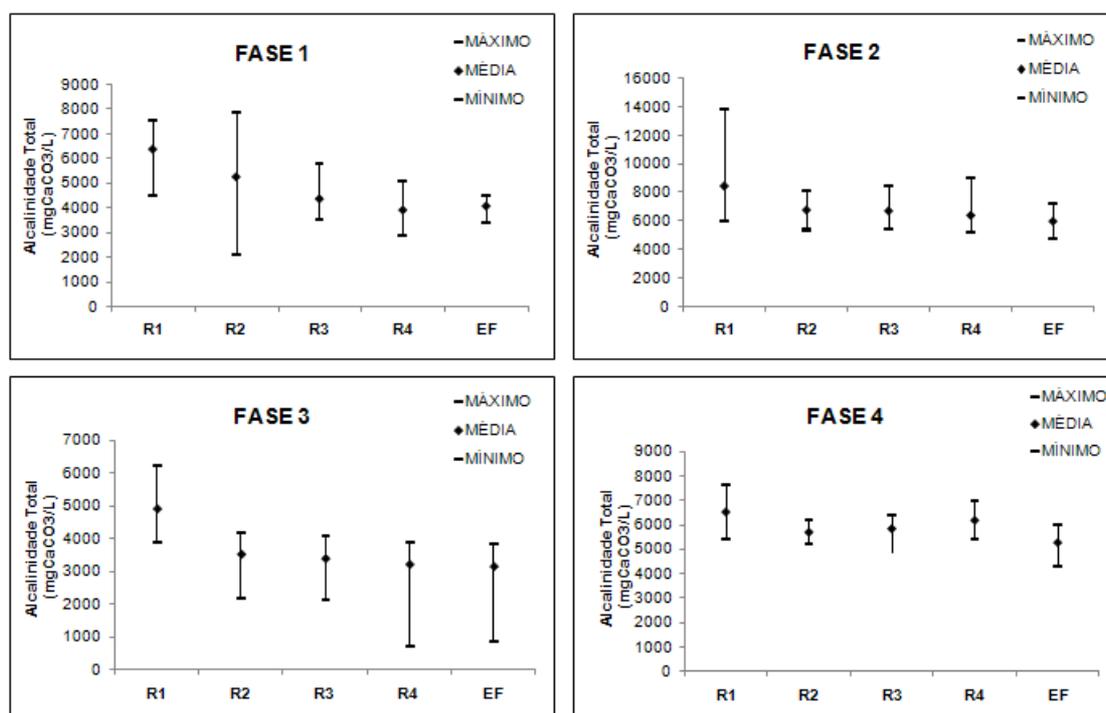


Figura 7. Comportamento da alcalinidade total.

Na 1ª fase a alcalinidade total variou de 6363 mgCaCO₃/L, no afluente, à 4050 mgCaCO₃/L no efluente final, obtendo um consumo de 36,4%. Na 2ª fase o reator 1 apresentou uma concentração média de 8113 mgCaCO₃/L enquanto que o efluente final uma média de 5887 mgCaCO₃/L obtendo um consumo de 37,82%. Na 3ª fase a concentração média do afluente a concentração máxima do efluente final variou de 4932 mgCaCO₃/L a 4771 mgCaCO₃/L, verificando um consumo de 35,7%. Já na 4ª e última fase, levando-se em consideração o valor inicial do afluente e o valor do efluente final obteve-se um consumo no sistema de 19,6%. Esta baixo consumo na última fase pode ser explicado pelo fato do pH já estar bastante

elevado, não sendo mais necessário o elevado consumo de bicarbonatos e carbonatos

Na Figura 8 são apresentados os dados das concentrações de ácidos graxos voláteis de cada reator e do efluente final.

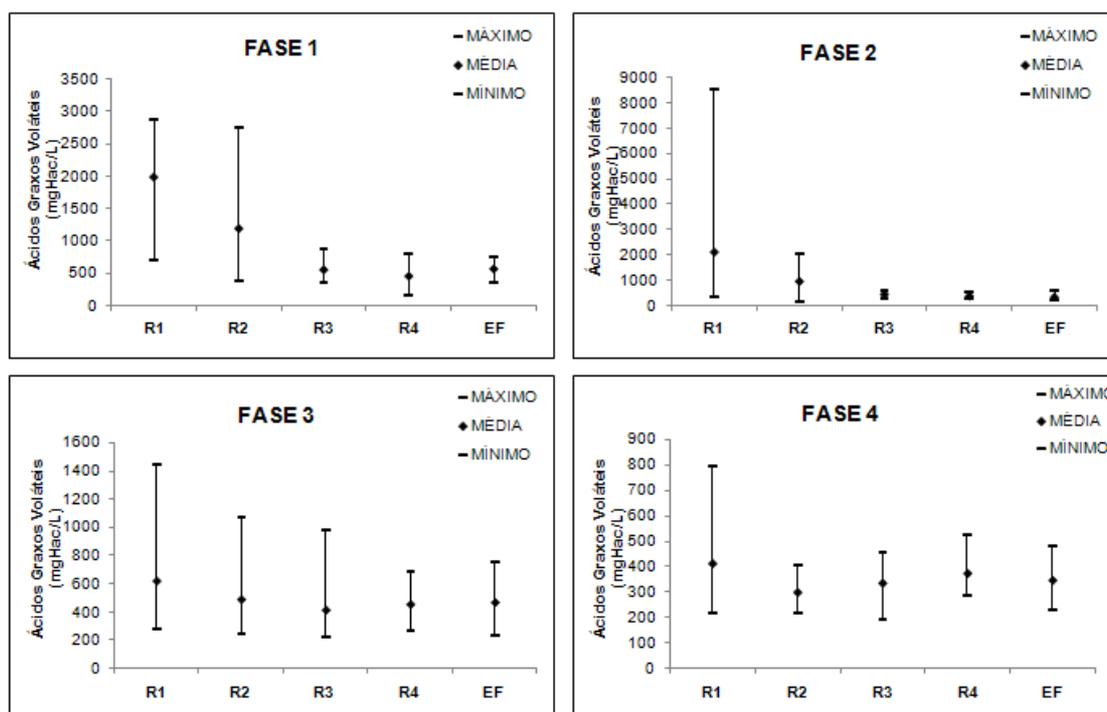


Figura 8. Comportamento da concentração dos ácidos voláteis.

A concentração dos ácidos graxos voláteis na 1ª fase foi de 1999 mgHac/L no afluente e 578 mgHac/L no efluente final, obtendo uma remoção de 71,1%. Na 2ª fase, a concentração média dos ácidos graxos voláteis no afluente foi de 2139 mgHac/L e no efluente final foi de 338 mgHac/L, obtendo uma remoção de 84,2%. Na 3ª fase variou de 626 mgHac/L, no afluente, à 470 mgHac/L no efluente final, com uma remoção de 24,9%. E na 4ª fase, a última fase, a concentração média no afluente foi 414 mg Hac/L e no efluente final com 348 mg Hac/L, com remoção de 15,9%.

O comportamento dos ácidos graxos voláteis segue a mesma tendência da alcalinidade total, pois à medida que a concentração de nitrogênio amoniacal é volatilizada, junto são volatilizados alguns ácidos, os quais também contribuem para o aumento do pH do meio (METCALF & EDDY, 2003).

As Figuras 9 e 10 apresentam o comportamento da DQO total e DQO solúvel, respectivamente.

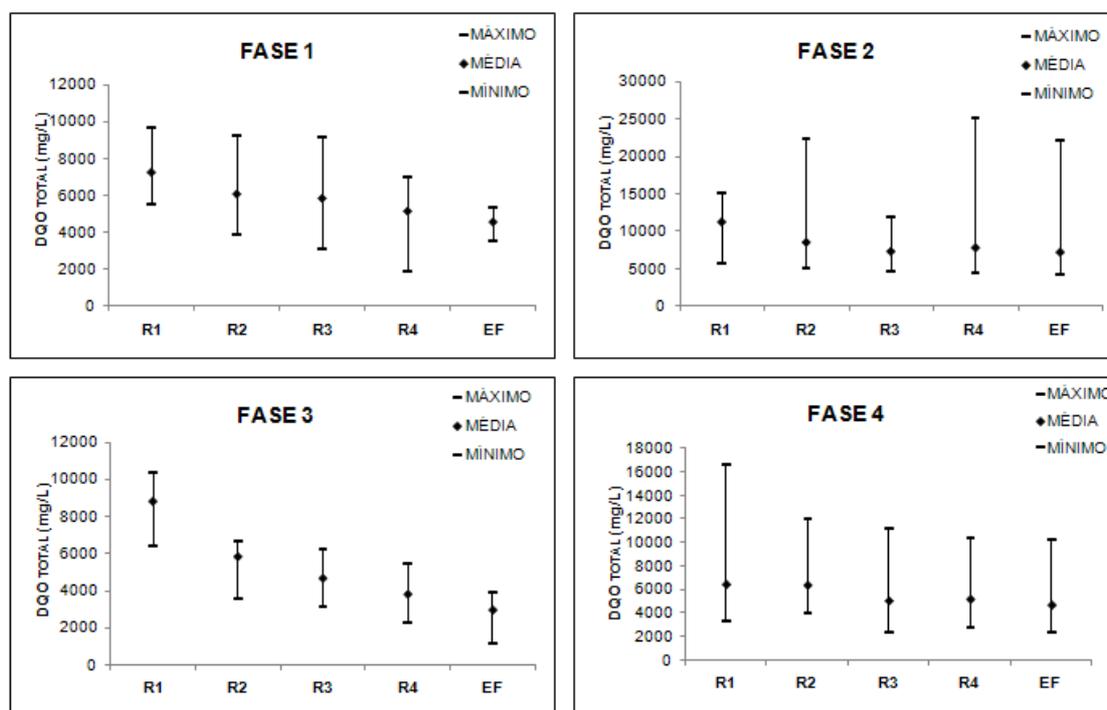


Figura 9. Comportamento da DQO total.

A concentração média da DQO total na fase 1 foi de 7247 mg/L o material afluente e 4538 mg/L no efluente final, obtendo uma eficiência média de remoção de 37,4%; na fase 2, a concentração do afluente foi 11278 mg/L e no efluente final foi 7291 mg/L, com remoção de 35,4%; na fase 3, a concentração média foi de 8794 mg/L no afluente e 2972 mg/L no efluente final, com remoção média de 66,2%; e na fase 4, o material afluente foi de 6462 mg/L e no efluente final com 4750 mg/L, obtendo remoção de 26,5%.

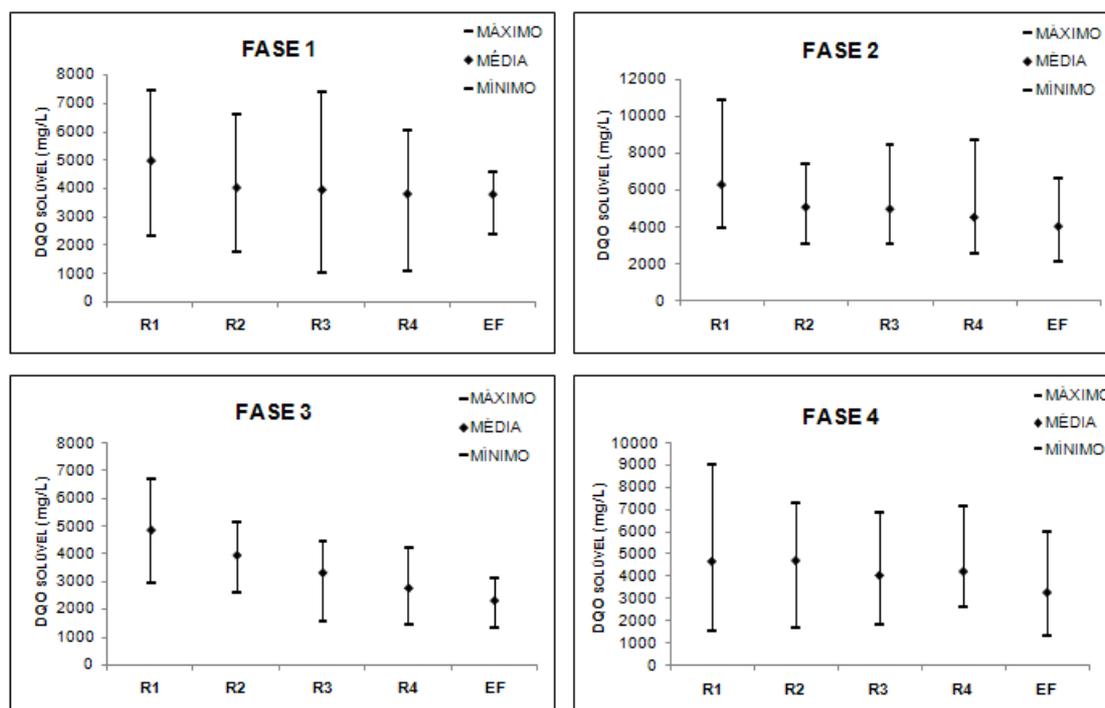


Figura 10. Comportamento da DQO solúvel.

A concentração média da DQO solúvel seguiu a mesma tendência da DQO total, tendo em vista que a DQO solúvel é parte da DQO total. Na fase 1, a concentração média de DQO solúvel no material afluente foi 4992 mg/L e no efluente final foi 3814 mg/L, obtendo uma remoção média de 23,6%; na fase 2, o material afluente teve uma concentração de 6313 mg/L e o efluente final foi 4039 mg/L, com remoção de 36%; na fase 3, o material afluente foi 4843 mg/L e o efluente final 2302 mg/L, com remoção de 52,5%; e na fase 4, o material afluente teve uma concentração média de 4689 mg/L e o efluente final foi 3317 mg/L, obtendo uma remoção de 29,3%.

Pode-se observar que em todas as fases do processo houve uma remoção tanto de DQO total quanto de DQO solúvel. Essa remoção pode ser justificada pela volatilização de compostos orgânicos juntamente com o nitrogênio amoniacal (SILVA, 2002).

A maior eficiência de remoção de DQO total e DQO solúvel foi na fase 3, tendo em vista que a remoção de DQO está associada com a biodegradabilidade do lixiviado.

5.0 CONCLUSÕES

- Nos reatores de stripping de amônia com taxas de aplicação superficial igual a 450, 500, 600 e 700 $\text{kgNH}_4^+ \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, a eficiência média de remoção de nitrogênio amoniacal foi de 96,1%, 99,7%, 99,4% e 98,5 respectivamente.
- A excelente eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal torna possível um posterior tratamento biológico.
- Em suma, para projetos de tratamento de lixiviado em escala real, os reatores de stripping de amônia despontam como uma promissora alternativa tecnológica, haja vista, a necessidade do tratamento físico-químico para redução da concentração de nitrogênio amoniacal, favorecendo a aplicação do tratamento biológico.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, F.; MONTENEGRO. **Quem tem R\$ 1 bilhão para colocar no lixo?** Revista Saneamento Ambiental: Em defesa do Saneamento e Meio Ambiente, São Paulo, ano 15, n.115, 2005.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2009.** Disponível em: www.abrelpe.org.br. Acesso em: 07 dez. 2010.

AMARAL, M. C. S.; FERREIRA, C. F. A.; LANGE, L. C.; AQUINO, S. F. **Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de lixiviados de aterros sanitários.** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol.13. n.1. Rio de Janeiro, 2008.

APHA, AWWA, WPCF - **Standard Methods for the Examination of water and Wastewater**- 20th ed. Washington: American Public Health Association, 2005.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-10 004, Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ATERRO sanitário metropolitano é apresentado em audiência publica. **Portal Paraíba**, 14 jul. 2003 Disponível em: <<http://portal.paraíba.pb.gov.br>>. Acesso em: 22 jan. 2008.

CABEZA, A.; URTIAGA, A.; RIVERO, M.J.; OUTIZ, I. **Ammonium removal from landfill leachate by anodic oxidation.** Journal Hazardous Materials, 144:715-719, 2007.

CALDERONI, S. **Os Bilhões Perdidos no Lixo.** 2º ed. São Paulo. Ed. Humanitas FFLCH/Universidade de São Paulo. 1998. 343p.

CAMPOS. D.C. **Co - digestão anaeróbica de resíduos sólidos orgânicos.** In. : RELATÓRIO PARCIAL APRESENTADO AO PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA- PIBIQ/CNPQ/UEPB. Campina Grande, 2007.

CERVANTES – CARRILO, Francisco; PÉREZ, Jaime; GÓMEZ, Jorge. **Avances em la Eliminación Biológica del Nitrogênio de las Aguas Residuales.** Revista Latinoamericana de Microbiologia, 2000.

COSTA, E.M.P. **Destinação final dos resíduos sólidos de serviço de saúde da cidade do Crato – CE.** Monografia (Especialização em Ecologia). Universidade Regional do Cariri, 2004. Disponível em:<74.125.47.132/search?q=cache:op8mfVZ1anMJ:www.conhecer.org.br/enciclop/2006/DESTINACAO%2520FINAL.pdf+destina%C3%A7%C3%A3o+final+dos+res%C3%ADduos+s%C3%B3lidos&cd=5&hl=ptBR&ct=clnk&gl=br&client=firefox-a>. Acesso em:12 mar. 2009.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005:** dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões

de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mms.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em 11 jan. 2009.

D'ALMEIDA, M.L.O. & VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2º ed. São Paulo: IPT/CEMPRE. 2000. 370 p.

ENSINAS, A.V. **Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta em Campinas – SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. Disponível em:<d.scribd.com/docs/9tqx0q2eduj9kuy2htm.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2009.

FLECK, Eduardo. **Sistema integrado por filtro anaeróbio, filtro biológico de baixa taxa e banhado construído aplicado ao tratamento de lixiviado de aterro sanitário**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em:<http://66.102.1.104/scholar?hl=pt-BR&lr=lang_pt&q=cache:N448112QudcJ:www.resol.com.br/textos/Tese%2520Eduardodotrat%2520lixiviado%2520POA.pdf+estudo+do+stripping+de+am%C3%B4nia+no+lixiviado>. Acesso em: 26 jan. 2008.

GOMES, T.L. **Avaliação quali – quantitativa do percolado gerado no aterro controlado de Santa Maria – RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. Disponível em:<<http://www.scribd.com/doc/7403385/AVALIACAO-QUALIQUANTITATIVA-DO-PERCOLADO-GERADO-NO-ATERRO-CONTROLADO-DE-SANTA-MARIA-RS-III049020505>>. Acesso em 11 jan. 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008**. Disponível em: www.ibge.org.br. Acesso em: 07 de dez. de 2010.

JUCÁ, J.F.T. Destinação final dos resíduos sólidos no Brasil: situação atual e perspectivas. In: X SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2002, Braga. Recife: UFPE, 2001. Disponível em:<www.institutoaf.org.br/Imagens/artigos/residuos/Destinaçãofinaldosresiduossolidosnobrasil.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2009.

LEITE, V. D.; SOUSA, J. T.; LOPES, W. S.; PRASAD, S. **Perfil quali/quantitativo dos resíduos sólidos urbanos no estado da Paraíba**. VI Seminário Nacional de Resíduos Sólidos. Gramado-RS. 2002.

LIMA, C. A. A.; MUCHA, M. S.; TELES, R. B.; CUNHA, R. **Estudos preliminares de estimativa de produção de chorume e avaliação de alternativas de tratamento – Estudo de caso: novo aterro de Ribeirão Preto-SP**. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande-MS. 2005.

LOPES, W.S. et al. **Estudo do stripping de amônia em líquido percolado**. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2003, Joinville. Campina Grande: EXTRABES, 2003. p. 1-2,ref. 3-133.

KIMA, Daeyeun. et al. **Potencial de remoção de nitrogênio amoniacal de lixiviados de aterros sanitários em precipitação de estruvita**. Waste Management, 2006.

MACÊDO, Jader Cunha. **Lixo tecnológico, contexto e soluções**. Monografia (Bacharel em Ciências da Computação). Universidade Federal da Bahia, 2009. Disponível em: http://disciplinas.dcc.ufba.br/pub/MATA67/TrabalhosSemestre20091/Monografia_Jader_Macedo_20091.pdf. Acesso em:30 nov. 2010.

MANSUR, Gilson Leite. **Cartilha de limpeza urbana**. (S.I.): CPU- Centro de Pesquisas Urbanas do IBAM e Secretaria Nacional do Meio Ambiente-Ministério da Ação Social, 81p.:il. Disponível em <www.resol.com.br>. Acesso em 21 dez.2003.

MEIRA, J.C.R. **Chorume do aterro sanitário de Goiânia : Tratamento por floculação, coagulação,degradação fotoquímica e custos operacionais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MELDONIAN, N. **Alguns aspectos do lixo urbano no estado de São Paulo e considerações sobre a reciclagem do alumínio e do papel**.1998. 196p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

METCALF & EDDY. **Waste engineering: Treatment and reuse**. 4.ed. Boston: McGraw-Hill. 2003.

METCALF & EDDY. **Tratamento y Depuracion de las Águas Residuales**. 2.ed.Assuncion: Editorial Labor-S.A,1981.

MONTEIRO, José Henrique Penido et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Victor Zular Zveibil (coord.). Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p.

OLIVEIRA, Eduardo. Primeiro aterro sanitário da Paraíba entra em operação amanhã. **Agências Folha**, Paraíba, 04 ago. 2003. Disponível em :<<http://www1.folha.ol.com.br/folha/cotidiano/utl95u79641.html>>. Acesso em: 22 jan. 2008.

OZTURK, I.; ALTINBAS, M.; KOYUNCU, I.; ARIKAN, O.; GOMEZ-YANGIN, C. **Advanced physico-chemical treatment experiences on young municipal landfill leachates**. Waste Management, v. 23. 2003.

PACHECO, J.R. **Estudos de certas potencialidades de processos oxidativos avançados para o tratamento de percolado de aterro sanitário**. Dissertação de mestrado. Dissertação de mestrado. (Mestrado em Química Analítica). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. Pen – Drive.

SILVA, A.C. **Tratamento do percolado aterro sanitário e avaliação da toxicidade do efluente bruto e tratado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/mestrado/rh/2002/teses/SILVA_AC_02_t_M_rhs.pdf. Acesso em: 27 jan. 2008.

SILVA, G. S.; JARDIM, W. F. **Aplicação do método da carga máxima total diária (CTMD) para amônia no Rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia-SP**. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 12, n. 2. 2007.

TORRES, Patrícia.et al.**Tratabilidade Biológica de Chorume Produzido em Aterro Não Controlado**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental: órgão oficial de informação técnica da ABES, Brasil, v.2, 1997.

TCHOBANOGLOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A. **Integrated solid waste management – engineering principles and management issues**. New York: McGraw-Hill. 1993.

WISZNIOWSKI, J.; ROBERT, D.; SURMACZ-GORSKA, J.; MIKSCH, K.; WEBER, J.V. **Landfill leachate treatment methods: a review**. Environmental Chemistry. Letters, v. 4. 2006.