

AGDA DA LUZ OLIVEIRA

ESTUDO DA VARIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE E SÓLIDOS TOTAIS
VOLÁTEIS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, COM A PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA E SUAS IMPLICAÇÕES NA GERAÇÃO DE LIXIVIADOS NO
ATERRO SANITÁRIO INTEGRADO DE CRUZ DAS ALMAS – BA

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana, Ba, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências em Engenharia Civil e Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria do Socorro Costa São Mateus

FEIRA DE SANTANA, BA-BRASIL

JULHO – 2011

Ficha catalogafica: Biblioteca Central Julieta Carteado

Oliveira, Agda da Luz

- O45 Estudo da variação do teor de umidade e sólidos totais voláteis dos resíduos sólidos urbanos, com a precipitação pluviométrica e suas implicações na geração de lixiviados no aterro sanitário integrado de Cruz das Almas-BA / Agda da Luz Oliveira, 2011.
140f. : il.

Orientadora: Maria do Socorro Costa São Mateus
Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) –
Universidade Estadual de Feira de Santana, 2011.

1. Resíduos sólidos urbanos – Teor de umidade. 2. Aterro sanitário – Cruz das Almas, Bahia. 3. Precipitação pluviométrica. I. São Mateus, Maria do Socorro Costa, orient. II. Universidade Estadual de Feira de Santana. III. Título.

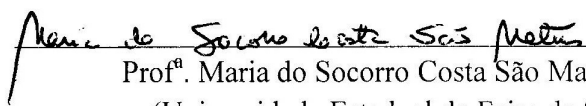
CDU : 628.4(814.22Cruz das Almas)

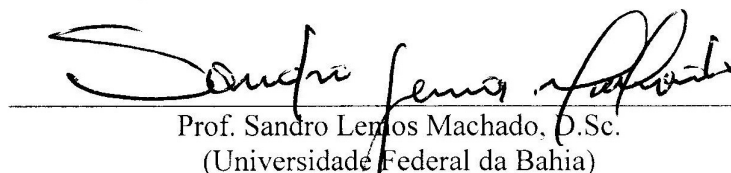
ESTUDO DA VARIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE E SÓLIDOS TOTAIS
VOLÁTEIS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, COM A PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA E SUAS IMPLICAÇÕES NA GERAÇÃO DE LIXIVIADOS NO
ATERRO SANITÁRIO INTEGRADO DE CRUZ DAS ALMAS – BA

Agda da Luz Oliveira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL.

Aprovada por:


Prof.^a Maria do Socorro Costa São Mateus, D.Sc.
(Universidade Estadual de Feira de Santana)


Prof. Sandro Lenhos Machado, D.Sc.
(Universidade Federal da Bahia)


Prof.^a Rosângela Santos Leal, D.Sc.
(Universidade Estadual de Feira de Santana)


Prof.^a Sandra Maria Furiam Dias, D.Sc.
(Universidade Estadual de Feira de Santana)

FEIRA DE SANTANA, BA-BRASIL

2011

*Aos meus pais, Antônio e Alzira, por
todo seu amor e por me concederem a
maior dádiva que o ser humano pode
receber e que ninguém pode lhes tirar:
a Educação!*

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu guia espiritual. Obrigada pela minha existência e por me permitir concluir mais uma etapa tão desejada de minha vida.

A minha família, representada pelo meu pai (Antônio), minha mãe (Alzira) e meus irmãos Neide, Ariel, Aurenny, Ilma, Ari, Zene e Nara. Pessoas que entenderam minha ausência em alguns dos melhores momentos familiares e me ensinam a cada dia o valor e a importância da humildade e dignidade na vida humana.

A minha orientadora, Socorro, pelos momentos de sabedoria e conhecimentos transmitidos à minha pessoa.

Aos sobrinhos lindos Luíza, Giovanna, Afonso e Arthur, por me proporcionarem momentos de distração e alegrias e me fazerem sentir novamente criança, junto com vocês.

A Arq Tec Engenharia, na pessoa de Gabriel Felzemburgo e todos os seus funcionários (Antônio Carlos, Gilson, Luizinho, Júlio César, Xavier, Sr. Zé e Sr. Evandro) pelo acesso ao aterro, pela acolhida e ajuda extremamente valiosas. Aprendi muito com cada um de vocês!

A Prefeitura Municipal de Cruz das Almas, através da Secretaria de Obras Públicas e do Setor de Garagem, pelo acesso irrestrito ao aterro sanitário e às informações necessárias a esta pesquisa.

A EMBRAPA, por meio dos funcionários Tibério Silva e Sr. João, pela acolhida e pelo fornecimento dos dados climatológicos de Cruz das Almas.

A Jânio, pela sua generosidade no empréstimo da balança.

Aos Srs. Antônio, Zica e Dedéu, funcionários do Estádio Municipal de Cruz das Almas, por todo auxílio dado na organização do espaço para realização da caracterização dos resíduos. Sou eternamente grata a vocês.

A Tio Baleia (Jorge), Dai, Carlinhos e Ari, pessoas mais do que presentes nos momentos de desespero de transporte dos resíduos.

Ao pessoal da EEA/UEFS (João, Sr. Zé, Márcio, Cleyton, Luciano Vaz, Sandra Furiam, Áurea Chateaubriand), pelo apoio e utilização do espaço, da estufa elétrica e pelas conversas distraídas que tivemos ao longo desta caminhada.

Ao Laboratório de Saneamento/DTEC (Adriano, Luiz, Dione e D. Maria) pela eterna ajuda prestada na realização dos ensaios e pelas conversas amigáveis durante todo o período da pesquisa.

Ao Pessoal do GEOAMB/UFBA, Prof. Sandro, Átila, Jeová, Sr. Antônio e Ricardo, pelo apoio dado à realização do ensaio de lignina.

A amiga de turma, mais que acadêmica, Leila Santiago, testemunha dos meus momentos estressantes e calorosos durante esta jornada. Muito obrigada pela tua presença e paciência.

Ao PPGECEA, colegas, amigos, professores, funcionários e bolsistas, pelo eterno aprendizado e apoio que obtive nessa passagem pelo mestrado. Muito obrigada!

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

A UEFS, especialmente aos motoristas, que em momento algum, se negaram a transportar os resíduos de Cruz das Almas a Feira de Santana.

Aos Amigos mais que presentes, e com os quais dividimos este momento ímpar em nossas vidas: Beto e Danusa.

Aos demais familiares, especialmente tio Irandir, Neilson e ao cunhado Hélio Bonati, por todo entusiasmo em me ajudarem.

A TODOS os meus amigos geograficamente distantes, mas próximos emocionalmente. Obrigada pelos incentivos, preocupações e por entenderem minha ausência em alguns BONS momentos. Sem a compreensão de vocês, a jornada seria mais longa!

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGECEA/UEFS como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

ESTUDO DA VARIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE E SÓLIDOS TOTAIS
VOLÁTEIS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, COM A PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA E SUAS IMPLICAÇÕES NA GERAÇÃO DE LIXIVIADOS NO
ATERRO SANITÁRIO INTEGRADO DE CRUZ DAS ALMAS – BA

AGDA DA LUZ OLIVEIRA

JULHO/2011

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Maria do Socorro Costa São Mateus

Programa: Engenharia Civil e Ambiental

O presente trabalho teve como objetivo apresentar os resultados da caracterização física (composição gravimétrica e teor de umidade) e físico-química (STV e teor de lignina) dos resíduos sólidos urbanos (RSU) que são dispostos no aterro sanitário de Cruz das Almas, bem como identificar a variação dos parâmetros umidade inicial dos resíduos e STV com a pluviosidade local. Para o desenvolvimento da pesquisa, foram realizadas oito coletas de resíduos novos ou frescos em 2010 na frente de lançamento do aterro sanitário, no momento da sua disposição na célula 1. A partir da coleta de dados pluviométricos na estação climatológica da EMBRAPA e no pluviômetro do aterro sanitário, foram construídos gráficos comparando a umidade dos resíduos com a pluviosidade que incide sobre o município, assim como a influência da precipitação sobre a geração de lixiviado. Os resultados da composição gravimétrica mostraram uma predominância da fração pastosa, seguida de plásticos e papéis, respectivamente, tanto em base úmida quanto em base seca. O teor de umidade encontrado nos resíduos, em base úmida, variou de 37% a 56%, e em base seca, entre 59% e 127%. Os valores de STV tiveram uma variação de 33% a 64%, indicando elevado teor de matéria orgânica nos resíduos e foram coerentes com a idade dos mesmos (resíduos novos). Observou-se uma correlação linear baixa nos valores de STV e umidade inicial, para as amostras ensaiadas de acordo com as metodologias aplicadas: Carvalho ($R^2 = 0,40$) e CETESB ($R^2 = 0,16$). As amostras com teor de umidade maior apresentaram os maiores valores de STV. Para o teor de lignina, os resultados obtidos foram da ordem de 23% a 44,3%, muito superiores aos encontrados na literatura, em aterros brasileiros e internacionais. Foi verificado que há uma tendência no aumento do teor de umidade que chega com os resíduos ao aterro, com a precipitação pluviométrica que incide sobre o município. Entretanto, há necessidade de análise para um período superior ao estudado. O lixiviado gerado na célula 1 estudada segue uma tendência em acompanhar a pluviosidade na área do aterro, ainda que discretamente. Constatou-se ainda que os resíduos trazem consigo, para o aterro, uma quantidade de 37,43% a 55,83% de líquido em relação ao peso total de resíduos, que fica retido com esses resíduos na célula estudada.

Palavras-chave: Resíduo Sólido Urbano, Aterro Sanitário, Precipitação Pluviométrica, Teor de Umidade dos Resíduos.

Abstract of Dissertation presented to PPGECEA/UEFS as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

A STUDY OF VARIATION OF WATER CONTENT AND VOLATILE TOTAL SOLIDS OF MUNICIPAL SOLID WASTES WITH RAINFALL AND THEIR CONSEQUENCES TO THE LEACHATE GENERATION IN CRUZ DAS ALMAS-BA INTEGRATED LANDFILL

AGDA DA LUZ OLIVEIRA

JULY/2011

Advisor: Prof^a. Dr^a. Maria do Socorro Costa São Mateus

Department: Civil and Environment Engineering

This work presents the results of physical (gravimetric composition and water content) and physico-chemical characterization (volatile total solids and lignin content) of the municipal solid wastes (MSW) disposed in the Cruz das Almas landfill, as to identify the variation of water content and volatile total solids to the local rainfall. This research was developed by sampling domestic solid wastes during the year of 2010, in eight different months. The samples were collected from the wastes when they arrived at the landfill (fresh wastes) and before they were disposed in cell 1. The data of rainfall were collected at EMBRAPA climatological station and pluviometer in the landfill. The water contents of the studied wastes were plotted versus rainfall registered at the city as the generated leachate versus rainfall registered at the landfill. The results of gravimetric composition have shown that the wastes have the major amount of paste component, followed by plastics and carbon paper in wet and dry basis. The values of calculated water content varied between 37% and 56% (wet basis), 59% and 127% (dry basis). The volatile total solids obtained values were between 33% and 64%, and they indicate the presence of a high organic matter content in the wastes, in agreement to their age (young waste). It was observed a low linear co-relation between volatile total solids and the initial water content of the studied wastes to both applied methodologies: Carvalho ($R^2 = 0,40$) and CETESB ($R^2 = 0,16$). The samples with high wet content presented the highest volatile total solids values. The lignin content obtained values were between 23% and 44,3% and they were higher than presented values at national and international literature. The initial water content of the wastes that come to the landfill tend to increase with the rainfall at the city. But it's necessary to evaluate a long period, more than 01 (one) year. The leachate generated into the cell 1 and the rainfall in the landfill have similar behavior. It was verified that the municipal solid wastes have an amount of liquid around 37,43% - 55,83% of the total weight of the wastes and that liquid stays into the cell.

Key-words: Municipal solid waste, Landfill, Rainfall, Water content of wastes.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS	xvi
1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO (RSU) ...	23
2.2 MÉTODOS DE DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) NO SOLO E SUAS CONSEQUÊNCIAS	24
2.2.1 Lixão.....	25
2.2.2 Aterro controlado	25
2.2.3 Aterro sanitário	26
2.3 PARÂMETROS FÍSICOS E FÍSICO-QUÍMICOS DE RSU	32
2.3.1 Composição gravimétrica	32
2.3.2 Teor de umidade	36
2.3.3 Sólidos Totais Voláteis	39
2.3.4 Teor de lignina	41
2.4 LIXIVIADOS EM ATERROS SANITÁRIOS DE RSU	41
2.4.1 Composição dos lixiviados	43
2.4.2 Volume de lixiviado x Precipitação pluviométrica	45
2.4.3 Volume de lixiviado x Teor de Umidade	46
3 METODOLOGIA	48
3.1 TIPO DE ESTUDO	48
3.2 LOCAL DE ESTUDO.....	48
3.2.1 Características gerais do município de Cruz das Almas-Ba	48
3.2.2 Localização e Características do Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas-Ba.....	52
3.3 ETAPA EXPERIMENTAL: AMOSTRAGEM E COLETA DOS RSU	59
3.4 FONTE DE COLETA DE DADOS	60
3.5 PROCEDIMENTOS PARA DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO E FÍSICO-QUÍMICOS DO RSU	61
3.5.1 Determinação da composição gravimétrica	61

3.5.2 Determinação do teor de umidade	64
3.5.3 Determinação do teor de Sólidos Totais Voláteis (STV)	64
3.5.4 Determinação do teor de lignina	66
3.6 MÉTODO DE ANÁLISE DE DADOS	66
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.1 PARÂMETROS DO RSU	67
4.1.1 Composição gravimétrica	67
4.1.2 Teor de umidade dos RSU	71
4.1.3 Sólidos Totais Voláteis (STV)	73
4.1.4 Teor de lignina	78
4.2 PLUVIOMETRIA EM CRUZ DAS ALMAS/BA	79
4.2.1 Pluviometria na área do Aterro Sanitário de Cruz das Almas/BA	83
4.3 LIXIVIADO	85
4.3.1 Precipitação pluviométrica no Aterro x Lixiviado	86
4.4 PESO MENSAL DE RSU X LÍQUIDO MENSAL QUE ENTROU COM O RSU . 90	
4.5 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (EMBRAPA) x UMIDADE INICIAL DO RSU	93
5. CONCLUSÃO	94
6. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	96
REFERÊNCIAS	97
APÊNDICES	108
ANEXOS	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Classificação percentual, por municípios, das diversas modalidades de destinação final dos RSU no Brasil	18
Figura 2.1 - Esquema de um aterro sanitário.....	27
Figura 3.1 - Localização do município de Cruz das Almas/BA.....	48
Figura 3.2 - Geologia do município de Cruz das Almas/BA.	49
Figura 3.3 - Mapa geomorfológico de Cruz das Almas/BA.....	50
Figura 3.4 - Mapa de Solos de Cruz das Amas/BA.....	51
Figura 3.5 - Mapa Hidrográfico de Cruz das Almas/BA	52
Figura 3.6 - Municípios consorciados com o aterro sanitário	53
Figura 3.7 - Vista geral do Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas/BA.....	53
Figura 3.8 - Participação dos municípios na disposição final dos RSU no aterro sanitário (percentual em peso).....	54
Figura 3.9 - Planta baixa do aterro sanitário de Cruz das Almas/BA.	55
Figura 3.10 - Lagoas de Estabilização – Aterro Sanitário de Cruz das Almas/BA.....	56
Figura 3.11 - Pluviômetro instalado na área interna do Aterro Sanitário de Cruz das Almas/BA	56
Figura 3.12 - Coleta do lixiviado no Aterro Sanitário de Cruz das Almas/BA	57
Figura 3.13 - Vala séptica destinada aos resíduos hospitalares-Aterro Sanitário de Cruz das Almas/BA.....	58
Figura 3.14 - Mistura e coleta dos RSU.	60
Figura 3.15 - Separação e identificação dos componentes dos RSU.	62
Figura 3.16 - Secagem dos resíduos em área aberta na EEA/UEFS.	63
Figura 3.17 - Trituração (a), secagem das amostras na estufa (b) e na mufla (c).....	65
Figura 4.1 - Composição gravimétrica, em base úmida, dos RSU novos coletados no Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas/BA	68
Figura 4.2 - Composição gravimétrica, em base seca, dos RSU novos coletados no Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas/BA.....	70
Figura 4.3 - Teor de umidade dos RSU, em base úmida e seca, das amostras 01 a 08..	72
Figura 4.4 - Valores de STV das amostras A e B de RSU (metodologia adotada por Carvalho, 1999) – Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas/BA.....	74

Figura 4.5 - Valores de STV das amostras C e D (metodologia CETESB, 1998) – Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas/BA	75
Figura 4.6 - Relação entre os valores de STV e teor de umidade dos RSU (metodologia adotada por Carvalho, 1999).	77
Figura 4.7 - Relação entre os valores de STV e teor de umidade dos RSU (metodologia CETESB).	77
Figura 4.8 - Valores de lignina para as amostras 01 a 08.	78
Figura 4.9 - Teores de lignina e STV determinados para os RSU estudados.	79
Figura 4.10 - Precipitação pluviométrica diária em Cruz das Almas-Ba, registrada na Estação Climatológica da EMBRAPA (Janeiro/2005 – Dezembro/2010).	80
Figura 4.11 - Média mensal da precipitação pluviométrica, no período de 2005 a 2010, registrada na Estação Climatológica da EMBRAPA	81
Figura 4.12 - Precipitação pluviométrica total para os anos de 2005 a 2010, registrada pela EMBRAPA	81
Figura 4.13 - Pluviosidade diária de 2010 em Cruz das Almas-Ba, observada na Estação Climatológica da EMBRAPA	82
Figura 4.14 - Precipitação pluviométrica diária de 2010 no aterro de Cruz das Almas - medições no pluviômetro do aterro	83
Figura 4.15 - Comparação entre os dados pluviométricos registrados no pluviômetro do Aterro Sanitário e na Estação Climatológica da EMBRAPA (Janeiro/2009 – Dezembro/2010).	84
Figura 4.16 - Vazão do lixiviado gerado em 2010 no aterro sanitário de Cruz das Almas/BA	85
Figura 4.17 - Comparação entre a vazão mensal do lixiviado e a precipitação pluviométrica mensal registrada no aterro sanitário, para o ano de 2010	86
Figura 4.18 - Saída do lixiviado pela lateral do talude.	87
Figura 4.19 - Relação da pluviosidade acumulada (Aterro) nos oito dias anteriores ao final do período chuvoso e o volume de lixiviado acumulado dos vinte dias após início da sequência de dias chuvosos	88
Figura 4.20 - Relação do volume acumulado de chuva e geração do lixiviado coletado.	89
Figura 4.21 - Relação entre peso mensal de RSU e peso de água trazido pelos resíduos ao Aterro Sanitário de Cruz das Almas-Ba, 2010	90

Figura 4.22 - Comparação entre o peso acumulado de RSU e o peso acumulado de água que veio com os resíduos para o aterro, em 2010.....	91
Figura 4.23 - Relação entre precipitação, volume de água do RSU e lixiviado mensal gerado no aterro de Cruz das Almas-BA.....	91
Figura 4.24 - Relação entre os volumes acumulados de chuva no aterro, lixiviado e água do RSU.....	92
Figura 4.25 - Comparação entre precipitação total (EMBRAPA) no período de oito dias anteriores à coleta e umidade dos RSU	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Destino final dos RSU no Brasil, 2008 (por municípios).....	18
Tabela 1.2 - Destino final dos RSU no Brasil, 2000 (por municípios).....	18
Tabela 2.1 - Potencial de degradação dos resíduos sólidos.....	24
Tabela 2.2 - Composição gravimétrica dos resíduos de diversas regiões do mundo	33
Tabela 2.3 - Caracterização gravimétrica, em base úmida, dos RSU de alguns municípios brasileiros.....	34
Tabela 2.4 - Caracterização gravimétrica, em base úmida, dos RSU de alguns municípios baianos	35
Tabela 2.5 - Metodologias para obtenção do teor de umidade de RSU	37
Tabela 2.6 - Teor de umidade do RSU de diversos locais.....	38
Tabela 2.7 - Umidade dos componentes do RSU.....	39
Tabela 2.8 - Valores de STV dos RSU	40
Tabela 2.9 - Teor de lignina em RSU	41
Tabela 2.10 - Dados típicos da composição do lixiviado para aterros novos e antigos..	44
Tabela 2.11 - Parâmetros físico-químicos de lixiviados analisados em aterros brasileiros: ⁽¹⁾ Moraes e outros (1995); ⁽²⁾ Pessin e outros (1998); ⁽³⁾ Capelo Neto e Mota (1999); ⁽⁴⁾ Fernandes e outros (2006); ⁽⁵⁾ Ferreira e outros (2006)..	44
Tabela 3.1 - Cronograma de coleta dos RSU com seus respectivos pesos.....	59
Tabela 3.2 - Instrumento de coleta de dados	61
Tabela 3.3 - Descrição dos componentes dos RSU (CARVALHO, 1999).....	62
Tabela 4.1 - Comparação da composição gravimétrica média dos resíduos, em base úmida, do Aterro Sanitário de Cruz das Almas-Ba com os valores encontrados na literatura.....	69
Tabela 4.2 - Comparação da composição gravimétrica média dos resíduos, em base seca, do Aterro Sanitário de Cruz das Almas-Ba valores encontrados na literatura	71
Tabela 4.3 - Comparação entre o teor de umidade (base úmida e base seca) encontrado nos resíduos do Aterro Sanitário de Cruz das Almas-Ba (2010) e os valores encontrados na literatura.....	72
Tabela 4.4 - Comparação dos valores encontrados para o STV nos resíduos do Aterro Sanitário de Cruz das Almas-Ba (2010) com outros valores encontrados na literatura..	75

Tabela 4.5 - Teor de STV e fração pastosa no RSU – Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas/Ba.	76
Tabela 4.6 - Comparação entre os teores de lignina obtidos nos resíduos do Aterro Sanitário de Cruz das Almas-Ba (2010) e outros encontrados na literatura.....	78
Tabela 4.7 - Registros de chuva dos pluviômetros do Aterro e da EMBRAPA	84
Tabela 4.8 - Relação dos dias com maiores registros de chuva, volume de lixiviado e precipitação pluviométrica	88

LISTA DE ABREVIATURAS

- ABRELPE-** Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
- ABNT-** Associação Brasileira de Normas Técnicas
- CETESB-** Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
- CONAMA-** Conselho Nacional de Meio Ambiente
- CONDER-** Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia
- DBO-** Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DTEC-** Departamento de Tecnologia
- EEA-** Equipe de Estudo e Educação Ambiental
- EIA-** Estudo de Impacto Ambiental
- EMBRAPA-** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- IBGE-** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- LI-** Licença de Instalação
- LO-** Licença de Operação
- LP-** Licença Prévia
- PDDU-** Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano
- PEAD-** Polietileno de Alta Densidade
- RECESA-** Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento
- RIMA-** Relatório de Impacto Ambiental
- RSU-** Resíduo Sólido Urbano
- STV-** Sólidos Totais Voláteis

1 INTRODUÇÃO

Desde o processo de Revolução Industrial, ainda no século XVIII, a população urbana tem se intensificado, ocasionando diversos problemas nas cidades. Dentre os agravantes sociais urbanos, o gerenciamento de resíduos sólidos é um dos mais preocupantes para a sociedade moderna, que mudou consideravelmente os seus hábitos de vida, passando a consumir mais e, conseqüentemente, gerar uma quantidade maior de resíduos.

Na atual sociedade, o volume de resíduos gerados vem aumentando progressivamente, em função de alguns fatores, como o aumento populacional, a melhoria do nível de vida, a ampliação do poder aquisitivo e a ampliação do consumo de bens industrializados.

Para Aquino e outros (2007) nos últimos vinte anos, a sociedade brasileira passou por transformações nos seus hábitos de vida, e com isso houve uma mudança na quantidade, qualidade e composição dos resíduos gerados. Entretanto, essa evolução não veio acompanhada da preocupação com a necessidade de se ter locais específicos para tratamento e disposição dos resíduos sólidos. (CATAPRETA, 2008).

A disposição inadequada dos resíduos sólidos tende a causar problemas à estética, à saúde humana - problemas respiratórios e no sistema reprodutivo, diversos tipos de câncer, e outros - e ao meio ambiente, afetando diretamente a qualidade dos recursos naturais.

Assim, os resíduos sólidos descartados irregularmente, ao sofrerem processos de degradação que se estendem durante décadas, podem dar lugar a grandes contaminações de água, solo e ar.

Diversos são os métodos de disposição final (aterros e vazadouro a céu aberto ou lixão), e as técnicas de processamento (trituração, compactação, incineração e compostagem) que são dadas aos resíduos sólidos. Porém, os mais utilizados no Brasil são aterro sanitário e vazadouro a céu aberto. De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2008), 50,8% dos municípios brasileiros dispõem seus resíduos em lixões (Tabela 1.1).

Tabela 1.1: Destino final dos RSU no Brasil, 2008 (por municípios)

Destino final dos resíduos	Número de municípios (%)
Aterro sanitário	27,7
Aterro controlado	22,5
Lixão	50,8

Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2008).

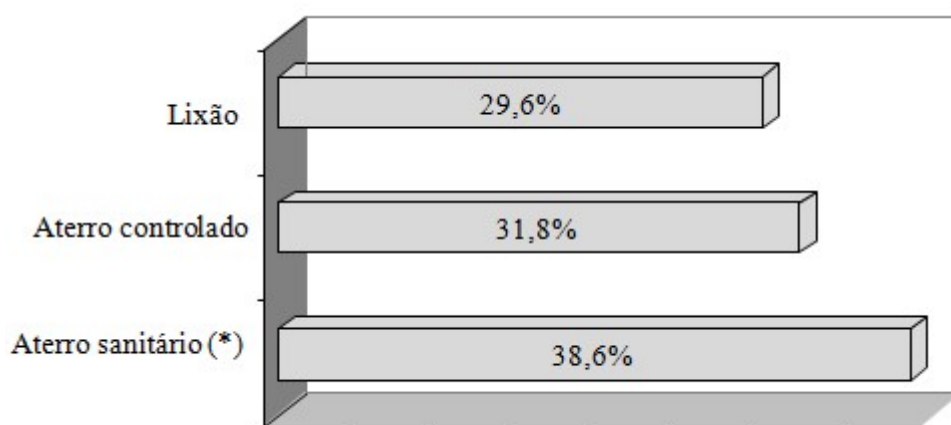
Apesar de a pesquisa apontar que metade dos municípios brasileiros dispõe seus resíduos de forma inadequada, aparentemente houve uma mudança nesta situação, pois, em 2000, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000) revelou que 63% dos municípios brasileiros dispuseram seus resíduos em lixões (Tabela 1.2).

Tabela 1.2: Destino final dos RSU no Brasil, 2000 (por municípios)

Destino final dos resíduos	Número de municípios (%)
Aterro sanitário	13,7
Aterro controlado	18,3
Lixão	63
Não informado	5

Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000)

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2007), em uma pesquisa realizada em 220 municípios brasileiros, englobando todas as macro regiões, a disposição dos resíduos sólidos encontra-se distribuída em aterros sanitários (38,6%), aterros controlados (31,8%) e lixões (29,5%), conforme representado na Figura 1.1.



(*) Um dado que merece registro, relativamente aos municípios que destinam os RSU coletados para Aterro Sanitário, é que 7,1% destes possuem adicionalmente um Aterro de Inertes.

Figura 1.1: Classificação percentual, por municípios, das diversas modalidades de destinação final dos RSU no Brasil. Fonte: ABRELPE, 2007.

Os dados da ABRELPE (2007), embora com uma amostragem menor, mostram que, dos municípios pesquisados, a maior parte (70,4%) dispõe seus resíduos adequadamente, apesar da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2008), em um universo maior de municípios, mostrar um percentual menor (50,2%).

A metodologia adotada pela ABRELPE (2007) inclui análise de municípios com populações que variaram de 1.779 a 2.833.424 habitantes. Entretanto, a maior parte (63,7%) dos municípios envolvidos na pesquisa tinha uma população acima de 100.000 habitantes. Isto representa a realidade dos grandes centros urbanos que geram mais resíduos e possuem aterros sanitários.

No Brasil, os aterros sanitários representam a solução técnica e economicamente mais viável para a disposição final dos RSU no solo, embora eles ainda sejam pouco utilizados. Esse método de disposição deve ser constantemente acompanhado e monitorado, usando tecnologias adequadas e comprovadamente eficazes.

A necessidade de estabelecer critérios de segurança e de riscos ambientais relacionados à operação dos aterros sanitários é vista como uma das principais lacunas dentro do contexto da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil (MONTEIRO e outros, 2005; CATAPRETA e outros, 2007). Esta situação deve-se à falta de conhecimento dos parâmetros utilizados na fase do projeto; dificultando a operação dos aterros e pondo em risco de contaminação a área em seu entorno.

Dentre os fenômenos que ocorrem em aterros sanitários, os processos biológicos são um dos mais representativos, haja vista que a geração de gases e lixiviados é o resultado do processo de decomposição da matéria orgânica. Nesse sentido, tudo que entra e sai em um aterro de Resíduo Sólido Urbano (RSU) precisa ser conhecido e acompanhado.

A geração de lixiviado depende de uma série de fatores, entre os quais, estão as condições climáticas locais. Por exemplo, regiões onde a precipitação pluviométrica é pequena, o volume de lixiviados é reduzido e, regiões com alto índice pluviométrico apresentam maior volume desses líquidos (MONTEIRO e outros, 2001; BLIGHT, 2005; NAHAS, 2009; ROCHA e outros, 2009).

O conhecimento dos volumes de lixiviados em aterros sanitários é essencial para a definição do sistema de drenagem e tratamento desses líquidos, além de servir como uma medida de proteção ambiental (CASTILHOS Jr. e outros, 2003; PADILLA e outros, 2007).

Apesar da importância do manejo ideal e da disposição dos resíduos sólidos urbanos, mais especificamente o funcionamento de aterros sanitários e da quantidade de estudos desenvolvidos neste sentido, ainda existe a necessidade de investigações em cada local, para caracterizar corretamente as suas particularidades e propor medidas corretivas ou de ajustes.

No Brasil, os aterros sanitários que são monitorados para avaliação do seu desempenho são os das grandes cidades, em detrimento dos aterros em municípios de pequeno e médio porte. Dentre estes, pode-se citar como exemplos os aterros Bandeirantes e São João (São Paulo), Metropolitano Centro (Salvador), Muribeca (Recife), Gramacho (Rio de Janeiro), Extrema (Porto Alegre) e a Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040 (Belo Horizonte).

Os resíduos sólidos dispostos em aterros sanitários são complexos e heterogêneos, apresentando características bastante variáveis de um local para outro. Considerando a necessidade de se estudar os parâmetros dos RSU para cada local e em aterros de menor porte, nesta pesquisa foram determinados alguns parâmetros dos resíduos que são depositados no Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas (ASICA) e correlacionados com a precipitação pluviométrica que incide sobre este município.

Como solução para dispor adequadamente os seus resíduos, de forma mais econômica e viável, alguns municípios de pequeno e médio porte se associam, por meio de consórcios intermunicipais e implantam um aterro sanitário. Nesta situação está inserido Cruz das Almas, município localizado no interior do estado baiano e que foi escolhido para este estudo pelo fato de possuir um aterro sanitário e pela facilidade de acesso à Prefeitura e à empresa que opera o aterro, para conhecimento dos dados do RSU, e do projeto e operação do aterro.

Cruz das Almas, da mesma forma que as grandes cidades brasileiras citadas, necessita que os parâmetros dos RSU sejam melhor determinados.

Como ponto de partida para esta pesquisa, algumas questões foram levantadas:

- A variação no teor de umidade do RSU ao longo do ano e a sua relação com os registros pluviométricos de cada local são analisados na previsão do comportamento de aterro sanitário nas fases de projeto e operação?
- A umidade inicial do RSU possui contribuição significativa para o volume de chorume e/ou lixiviado em todos os aterros sanitários?

A partir destas indagações e, considerando a necessidade de se estudar os parâmetros dos RSU associados às condições climáticas locais, a referida pesquisa tem como objetivo geral:

Estudar a influência da precipitação pluviométrica na variação da umidade inicial e STV do RSU de Cruz das Almas-BA e, verificar o quanto a umidade contribui para a geração de lixiviados no aterro sanitário do município, ao longo do ano, e a relação entre esses parâmetros.

Os objetivos específicos são:

- Avaliar a variação da precipitação pluviométrica na cidade e na área do aterro e comparar com a variação de umidade inicial do RSU
- Determinar, mensalmente, o teor de umidade do RSU ao chegar no aterro sanitário de Cruz das Almas-BA
- Quantificar o volume de líquidos correspondentes ao do teor de umidade inicial do RSU e, portanto, a quantidade de líquidos que entra no aterro, independente das chuvas que incidem sobre a área do aterro
- Caracterizar (composição gravimétrica, teor de umidade, teor de sólidos totais voláteis e teor de lignina) o RSU que é conduzido ao aterro sanitário de Cruz das Almas-BA.

Esta pesquisa encontra-se estruturada na seguinte ordem:

O Capítulo 1 apresenta a Introdução, contendo uma breve contextualização sobre a temática estudada, a delimitação do problema, a justificativa e a importância da escolha do assunto, bem como os objetivos desta pesquisa.

O Capítulo 2 contém a Revisão Bibliográfica sobre RSU (conceitos, características, parâmetros e métodos de disposição no solo), lixiviados em aterros

sanitários, sua relação com a precipitação pluviométrica e com a umidade inicial dos resíduos.

No Capítulo 3, é descrita a Metodologia utilizada para a realização desta pesquisa. São apresentados a caracterização da área de estudo, as etapas de realização dos ensaios, os procedimentos para determinação dos parâmetros dos resíduos e o método de análise de dados.

No Capítulo 4, são apresentados os Resultados obtidos em campo e em laboratório, discutidos e comparados com os valores encontrados na literatura.

O Capítulo 5 traz as Conclusões do estudo realizado.

No Capítulo 6 são apresentadas Sugestões para futuras pesquisas.

Por fim, são apresentadas as Referências Bibliográficas utilizadas nesta pesquisa, os Apêndices e os Anexos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO (RSU)

Sob o ponto de vista da norma brasileira NBR-10004 (ABNT, 2004) os resíduos sólidos são aqueles

“resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e 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 inviáveis seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos de água, ou exigem para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível” (ABNT, 2004).

A Lei 12.305/10, que institui a Política Nacional de Saneamento Básico, define resíduos sólidos como

“material, substância, objeto ou bem descartado, resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (BRASIL, 2010).

De acordo com a NBR-8419 (ABNT, 1992), os resíduos sólidos urbanos são os “resíduos gerados em um aglomerado urbano, excetuados os resíduos perigosos, hospitalares sépticos e de aeroportos e portos”. Tais resíduos são constituídos de vários componentes, dentre os quais estão os vidros, metais, plásticos, papéis, trapos e matéria orgânica, que se degradam com o tempo.

A Lei 12.305/10 classifica os resíduos sólidos urbanos como aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas, da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.

Outra forma de classificar os resíduos sólidos e que complementa a classificação por tipo, é apresentada por BRASIL (1999): dependendo do grau de degradabilidade, os resíduos são classificados em grupos, conforme Tabela 2.1:

Tabela 2.1: Potencial de degradação dos resíduos sólidos

Grau de degradação	Exemplos
Facilmente degradáveis	Restos de comida, sobras de cozinha, folhas, capim, cascas de frutas, animais mortos e excrementos
Moderadamente degradáveis	Papel, papelão e outros produtos celulósicos
Difícilmente degradáveis	Trapo, couro, pano, madeira, borracha, cabelo, pena de galinha, osso, plástico, entre outros
Não degradáveis	Metal não ferroso, vidro, pedras, cinzas, terra, areia, cerâmica, e outros.

Fonte: BRASIL,1999.

O potencial de degradação dos resíduos sólidos é importante para a previsão da geração de biogás e lixiviados em aterros.

Existem diversas formas de tratar os resíduos sólidos urbanos, sendo que neste trabalho estão apresentados apenas os métodos de disposição final no solo, uma vez que o objeto de estudo foi um aterro sanitário.

2.2 MÉTODOS DE DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) NO SOLO E CONSEQUÊNCIAS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos 12.305/10 considera a disposição final de resíduos ambientalmente adequada à distribuição ordenada desses resíduos em aterros, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e, a minimizar os impactos ambientais adversos.

No Brasil, o RSU quando disposto no solo, tem utilizado três diferentes métodos de confinamento: lixão ou vazadouro a céu aberto, aterro controlado, aterro sanitário.

2.2.1 Lixão

“O lixão é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao ambiente ou à saúde pública” (IPT/CEMPRE, 1995, p. 76).

Em função de ser um lançamento a céu aberto, este método ocasiona sérios problemas ao meio ambiente. Com o processo de decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos, há geração de chorume e de gases tóxicos, como o H₂S e o CH₄. Estes gases, quando são liberados, ocasionam problemas na camada de ozônio e, conseqüentemente, provocam mudanças climáticas e problemas ambientais. O chorume, quando em contato com o solo ou algum corpo hídrico, contamina estes sistemas.

A saúde pública também é atingida com esse método irregular de disposição final de resíduos sólidos, uma vez que os resíduos expostos atraem insetos e oferecem condições de proliferação de vetores de doenças.

A existência de lixão atrai catadores, também denominados badameiros, que ficam expostos a todo tipo de doenças, pois permanecem no local catando resíduos, muitos dos quais contaminados por resíduos hospitalares, industriais e domésticos, contendo objetos perfuro-cortantes, altamente prejudiciais à saúde humana.

2.2.2 Aterro Controlado

No aterro controlado, a disposição do lixo é feita “em local controlado, onde os resíduos sólidos recebem uma cobertura de solos ao final de cada jornada” (NBR-8849/85). São executados princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, como o recobrimento destes com argila (material inerte) ao fim de cada jornada diária.

O aterro controlado difere do aterro sanitário por não possuir uma camada de impermeabilização de base, sistema de tratamento do chorume e de dispersão dos gases gerados. Por isso, esse método não se fundamenta na melhor forma de destinação final dos RSU, porém é uma técnica preferível quando comparada ao lixão. Na concepção de Bidone e Povinelli (1999, p. 18), ainda “é também uma solução compatível (não completamente adequada) para municípios pequenos que não dispõem de equipamentos compactadores (sua maior dificuldade)”.

2.2.3 Aterro Sanitário

Segundo a NBR-8419 (ABNT, 1992), aterro sanitário é "uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais". Para tanto, esse método utiliza princípios de engenharia que objetivam confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se for necessário.

É um dos métodos de disposição mais seguros, além de ser aquele que melhor dispõe os resíduos no solo, sendo, portanto, preferível em relação aos demais métodos.

O aterro sanitário é uma forma de disposição que apresenta algumas vantagens em relação a outras técnicas de disposição. Dentre elas estão o baixo custo de investimento inicial de implantação e de operação, grande flexibilidade operacional, podendo receber e acomodar quantidades e tipos variados de RSU, atendendo assim à demanda de médias e grandes cidades, e a possibilidade de ser construído em áreas degradadas e de baixo valor comercial (FEAM, 1995, CAPELO NETO e CASTRO, 2007b).

O Brasil é um país que não tem a prática de reaproveitar seus resíduos antes de serem lançados no aterro. E, apesar de algumas experiências bem sucedidas na recuperação de materiais dos resíduos sólidos urbanos, o montante total aproveitado ainda não é significativo diante do volume de resíduos gerados, quer pelo ciclo reverso, por tecnologias de reaproveitamento distante das fontes geradoras ou pelo custo. Por isso, deve-se reconhecer que, na realidade brasileira atual, o aterramento dos resíduos sólidos é sempre necessário, por considerá-lo como um método que dispõe significativas quantidades de materiais não recuperáveis em células - espaços destinados à deposição dos resíduos (CASSINI e outros, 2003).

Um aterro sanitário tem a função de conter os RSU, de forma segura e controlada, por longo período de tempo com a emissão mínima de poluentes gasosos e líquidos, garantindo a preservação do meio ambiente, a higiene e a saúde pública. Devem ser adotados critérios de engenharia, através de sistemas de drenagem periférica e superficial para afastamento das águas de chuva; sistemas de drenagem de fundo para coleta do lixiviado; sistema de tratamento para o lixiviado drenado; sistema de queima de gases gerados durante o processo de bioestabilização da matéria orgânica e sistema

de cobertura diária do lixo compactado (BIDONE e POVINELLI, 1999), conforme demonstrado na Figura 2.1. Deve-se ainda destacar o sistema de impermeabilização de fundo e das laterais.

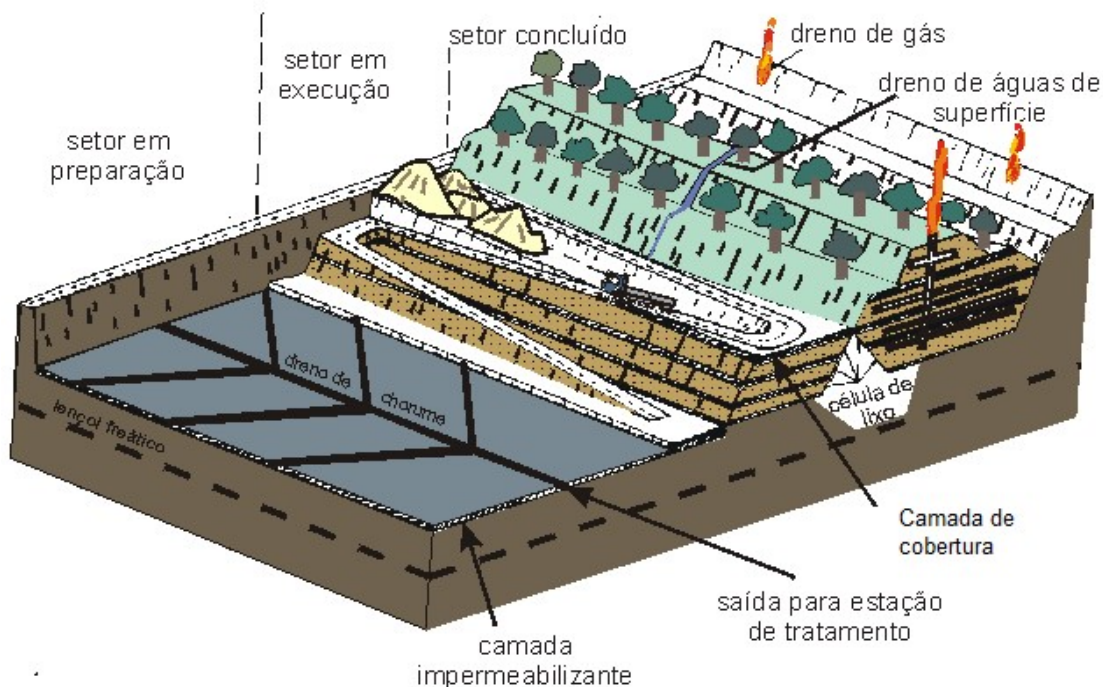


Figura 2.1: Esquema de um aterro sanitário
Fonte: IPT/CEMPRE, 1995.

A ineficácia de um desses sistemas pode comprometer a estrutura do aterro, bem como gerar efeitos adversos ao ambiente. Segundo o Manual de Operação de Aterros Sanitários, desenvolvido pela Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (CONDER, 2009),

A drenagem ineficiente das águas de chuva pode provocar maior infiltração na célula, aumentando o volume de chorume gerado. Por isso, deve-se evitar ao máximo a entrada de chuva na área das células. Caso a drenagem interna e a impermeabilização da base sejam mal feitas, pode haver a contaminação do solo e das águas subterrâneas (CONDER, 2009, p. 22).

Nesse sentido, como forma de evitar a infiltração dos lixiviados no solo, são comumente empregadas duas alternativas de impermeabilização; uma a partir da utilização de solo argiloso (material natural) e outra através de elementos sintéticos, do

tipo geomembrana, que varia de espessura a depender da sua aplicação (GOMES e MARTINS, 2003).

Com o intenso processo de decomposição da matéria orgânica presente nos RSU, há geração de chorume e gases (metano, oxigênio, gás carbônico e sulfídrico e hidrogênio). De acordo com Nahas (2009), a importância e a necessidade de se implantar sistemas de drenagem, devem-se ao fato destes produtos (chorume e gases poluentes) representarem potenciais riscos de degradação ambiental aos solos, às águas do lençol freático e às áreas dos arredores do aterro, além de poderem ocasionar possíveis explosões no próprio aterro. Como forma de minimizar os problemas atmosféricos, a exemplo do aquecimento global, tem sido realizada a queima destes gases.

a) Aspectos Legais para Implantação de Aterro Sanitário

Para a elaboração dos projetos de aterros sanitários de RSU, adotam-se as normas brasileiras NBR-13896 (ABNT, 1997), que fixa os critérios de projeto de aterros de resíduos não perigosos e NBR-8419 (ABNT, 1992), a qual fixa condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

De acordo com a Resolução CONAMA 237/97, o aterro sanitário, enquanto empreendimento projetado para receber e tratar os resíduos sólidos produzidos pelos habitantes de uma cidade, está sujeito ao licenciamento ambiental, por meio do requerimento das Licenças Prévia (LP), de Instalação (LI) e de Operação (LO). Para os aterros de médio e grande porte são exigidos um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), após concessão da LP; entretanto, esta exigência não é obrigatória para os aterros de pequeno porte.

Considerando que a implantação de aterro sanitário de RSU deve ser precedida de licenciamento ambiental, por órgão competente e levando-se em conta as dificuldades que os municípios de pequeno porte têm em implantar e operar este tipo de aterro, a Resolução CONAMA 404/08 estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte, ou seja, aqueles que recebem diariamente até 20 toneladas de RSU.

Assim sendo, para efeito desta Resolução, considera-se que os procedimentos para licenciamento ambiental sejam realizados de forma simplificada, ou seja, sem a

exigência do EIA/RIMA; salvo quando o órgão ambiental competente verificar que o aterro proposto é potencialmente causador de significativa degradação do meio ambiente. Sob esta condição, o Art. 4^o da resolução CONAMA 404/08 contempla os critérios e diretrizes exigidos para a implantação do aterro sanitário.

Além do licenciamento ambiental, a viabilidade de implantação e operação de aterros sanitários depende de uma série de aspectos, dentre os quais Gomes e Martins destacam (2003):

- Proteção das águas superficiais e subterrâneas;
- Disposição, acúmulo e compactação diária do RSU;
- Recobrimento diário dos RSU;
- Controle de gases e líquidos que são gerados no aterro;
- Manutenção do acesso interno e externo em boas condições;
- Restrição de acesso ao aterro para evitar que pessoas e animais entrem no local;
- Monitoramento das águas subterrâneas, da qualidade do chorume, do maciço dos resíduos sólidos que são dispostos no aterro e do sistema de drenagem superficial e dos gases.

Ao ser implantado um aterro sanitário, deve-se sempre ter em vista a importância das características do meio físico e sócio-econômico (IPT/CEMPRE, 1995). Assim, o local escolhido deve atender alguns objetivos, entre os quais Gomes e Martins (2003) apresentam:

- Minimizar a possibilidade de existência de impactos ambientais negativos aos meios físico, biótico e antrópico.
- Minimizar os custos envolvidos.
- Minimizar a complexidade técnica para viabilização do aterro.
- Maximizar a aceitação pública ao encontro dos interesses da comunidade.

Para que esses objetivos sejam atendidos, a implantação de aterros sanitários exige a elaboração de um projeto executivo, que deverá ser constituído do Memorial descritivo, Memorial técnico, Cronograma de execução e estimativa de custos, Apresentação de desenhos ou plantas e eventuais anexos.

Quanto ao local de instalação, são preferíveis áreas afastadas de centros urbanos, considerando os custos com transporte, e que tenham facilidade de acesso para os transportes responsáveis pela coleta do lixo; terrenos amplos; áreas que tenham serviço de telefonia, água, transporte e energia elétrica e que apresentem posicionamento adequado em relação à direção dos ventos dominantes; locais no qual o

solo é de baixa permeabilidade e que estão afastados de aeroportos ou de corredores de aproximação das aeronaves devido à presença de urubus (FEAM, 1995). A RECESA (2008) - Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental - acrescenta ainda como critérios essenciais à instalação de aterros a distância de recursos hídricos, a profundidade do lençol freático e o tipo de fauna e flora locais.

A CONDER, órgão responsável pela implantação de aterros sanitários no estado da Bahia, considera alguns critérios fundamentais para a construção destes aterros, como maior distância do centro gerador dos resíduos (preferencialmente até 20km, devido aos custos com o transporte), boas condições de vias de acesso, vida útil do aterro em 15 anos, disponibilidade de infra-estrutura na área e de solo para cobertura, características do solo, entre outros.

Ainda que o poder municipal não atenda a todos os quesitos para a implantação, deve-se, no mínimo, adequar-se às normas técnicas e sanitárias.

Evidentemente, uma cidade poderá construir seu aterro sanitário; ainda que o terreno não reúna todas as condições físicas teoricamente ideais, desde que ele seja projetado e executado de acordo com os princípios de engenharia que venham corrigir ou, pelo menos, atenuar eventuais problemas decorrentes da sua utilização (FEAM, 1995, p.18).

A implantação de aterros em áreas degradadas faz com que tenham o objetivo adicional de recuperar essas áreas. Um exemplo é a utilização de cavas de antigas minerações, grotas, pedreiras abandonadas, encostas degradadas e escavações oriundas de extração de solos.

b) Aspectos Construtivos, Operacionais e de Encerramento de um Aterro Sanitário

O bom funcionamento do aterro depende da eficácia operacional do mesmo. O Guia do profissional em treinamento, elaborado pelo RECESA (2008), considera relevantes alguns critérios essenciais à operação de aterros sanitários, como: isolamento e iluminação da área, horário de funcionamento do aterro, identificação e pesagem dos resíduos na chegada, pátio de estocagem dos materiais (equipamentos de operação ou materiais de consumo no aterro, como solos), descarga, espalhamento, compactação e cobertura diário (e final) dos resíduos, execução das células, sistema de drenagem pluvial, de gases e de líquidos lixiviados e sistema de monitoramento ambiental.

De acordo com Catapreta (2008), a segurança quanto à estabilidade estrutural depende da eficiência da disposição dos RSU, que requer uma série de critérios operacionais e geotécnicos, devido aos mecanismos físicos, químicos e biológicos envolvidos. Dentre os critérios, destacam-se as formas de disposição – através do número de passadas do equipamento compactador e da altura das camadas de resíduos – composição dos resíduos, tipo do material empregado e configuração das camadas de cobertura intermediária e final, configuração dos sistemas de drenagem interna de líquidos e gases e drenagem superficial.

O Manual de Gerenciamento Integrado (IPT/CEMPRE, 1995) chama a atenção que na fase final do projeto e no detalhamento do fechamento e desativação do local como aterro sanitário, deve-se atentar para algumas atividades:

- Cobertura final
- Tratamento dos gases e lixiviados
- Projeto paisagístico e de uso futuro da área
- Monitoramento ambiental
- Inspeções periódicas de campo
- Serviços de manutenção dos equipamentos e acessórios utilizados

Gomes e Martins (2003) salientam que, transcorrido o período de execução do aterro sanitário e finalizadas as obras, os terrenos podem servir para outras funções como praças de esporte, lazer, jardins, parque ecológico e etc., através de um novo desenho paisagístico. Entretanto, esse terreno não poderá receber estruturas pesadas como prédios e edifícios, devido aos recalques da área (GOMES e MARTINS, 2003).

Como uma das causas do recalque é a decomposição da fração orgânica, que gera líquidos e gases no interior do maciço, alguns autores ressaltam que o uso dessa nova área deverá ser feito após a paralisação na geração dos gases. Tchobanoglous e outros (1993), Mendes (2007) destacam que a geração de gases após conclusão da célula do aterro continua durante algum tempo, em média de vinte a trinta anos. Todavia, este período poderá ser encurtado quando os resíduos estiverem em condições úmidas e, prolongado, se o mesmo estiver em condições mais secas, pois a umidade favorece a biodegradação dos resíduos. Uma vez atingida a estabilização da massa de resíduos, há uma queda na geração dos gases até que esta seja virtualmente cessada.

2.3 PARÂMETROS FÍSICOS e FÍSICO-QUÍMICOS de RSU

Para um adequado funcionamento do aterro, durante e após sua operação, é imprescindível conhecer o material que será disposto nas células, mediante o estudo de suas propriedades físicas e físico-químicas (ANDRADE e LIMA, 2003). Segundo a Fundação Estadual de Meio Ambiente (1995) do estado de Minas Gerais, o conhecimento das características dos resíduos sólidos urbanos depende da composição dos mesmos e possibilita uma escolha mais apropriada na seleção de processos de tratamento e técnicas de disposição final a serem utilizadas.

Os parâmetros físicos utilizados para a caracterização dos resíduos sólidos urbanos nesta pesquisa são a composição gravimétrica e o teor de umidade; e os parâmetros físico-químicos são o STV e o teor de lignina.

2.3.1 Composição gravimétrica

A composição gravimétrica representa o percentual de cada componente (restos orgânicos, papel/papelão, podas, plásticos, madeira, vidro, metal, entre outros) dos resíduos em relação ao seu peso total. É bastante variável de um lugar para outro, em função dos costumes populacionais, do poder aquisitivo, do desenvolvimento econômico local, do índice de escolaridade e da sazonalidade (HENRY e HEINKE, 1996; EL-FADEL e outros, 2002; GOMÉZ e outros, 2009; SHEKDAR, 2009). Padilla (2007) acrescenta ainda que um dos fatores que interferem na composição física dos resíduos sólidos é a origem dos mesmos. Por exemplo, resíduos domiciliares apresentam proporções diferentes de compostos em relação aos resíduos industriais e de saúde.

Em virtude da influência desses fatores, deve-se considerar a realidade do local na caracterização gravimétrica dos resíduos de uma determinada região. Ou seja, estas variáveis particularizam a composição gravimétrica nas comunidades, nas cidades e nos países. O componente orgânico, por exemplo, constitui a maior parcela gravimétrica dos RSU em cidades brasileiras, o que não ocorre em países mais desenvolvidos. Trankler e outros (2005), Magrinho e outros (2006), Chang e Davila (2008), Gómez e outros (2009), Shekdar (2009), Moghadam e outros (2009); Silva e outros (2009), Kanat (2010) e Machado e outros (2010) apresentaram a composição dos resíduos em alguns países e

em algumas capitais brasileiras, conforme Tabela 2.2. À exceção de Magrinho e outros (2006), os demais autores mostraram a caracterização em base úmida.

Tabela 2.2: Composição gravimétrica dos resíduos de diversas regiões do mundo

Composição gravimétrica (%)								
Local	Resíduo orgânico	Metal	Papel	Plástico	Galhos e/ou Borrachas	Têxtil	Vidro	Outros
Bangkok⁽¹⁾ (Tailândia)	59,0	1,0	-	24,0	5,0	-	7,0	-
Portugal⁽²⁾	35,5	2,6	25,9	11,5	0,75	3,4	5,4	14,95
Texas⁽³⁾ (EUA)	9,0	5,0	36,0	8,0	26,0	-	5,0	11,0
Chihuahua (México)⁽⁴⁾	45,0	3,0	17,0	13,0	-	-	5,0	16,0
Japão⁽⁵⁾	26	8	46	9	-	-	7	12
Rasht (Iran)⁽⁶⁾	80,2	0,7	8,7	9,0	0,4	0,4	0,2	0,4
Rio de Janeiro⁽⁷⁾	55,65	1,59	16,5	19,19	(*)	(*)	2,88	4,64
Istambul⁽⁸⁾ (Turquia)	50,0	2,0	14,0	18,0	1,5	5,5	6,0,0	3,0
Salvador⁽⁹⁾	42,9	1,5	19,7	18,7	5,2 (**)	-	1,7	10,4 (***)

(*) incluído no componente “outros”

(**) somente madeira

(***) incluindo pedra, têxtil, couro e borracha

Fonte: ⁽¹⁾Trankler e outros (2005); ⁽²⁾Magrinho e outros (2006); ⁽³⁾Chang e Davila (2008); ⁽⁴⁾Gómez e outros (2009), ⁽⁵⁾Shekdar (2009), ⁽⁶⁾Moghadam e outros (2009); ⁽⁷⁾Silva e outros (2009); ⁽⁸⁾Kanat (2010); ⁽⁹⁾Machado e outros (2010)

A Tabela 2.2 indica a percentagem dos componentes gravimétricos dos RSU, mostrando que um baixo percentual de orgânicos corresponde a locais com maior nível de desenvolvimento econômico (Portugal, Texas e Japão) ao mesmo tempo em que o percentual de papel é maior nestes países.

Embora papel e madeira, por exemplo, sejam também resíduo orgânico, a classificação usual com esse termo tem sido usada na literatura para resíduos facilmente degradáveis, que, em geral, são restos de alimentos.

Nesta dissertação, o termo matéria orgânica foi utilizado para representar uma parte do resíduo que compõe a fração pastosa do RSU. A definição para fração pastosa encontra-se na Tabela 3.3.

Aquino e outros (2007), Leite e outros (2007), Padilla e outros (2007), Quissini e outros (2007) e Tavares e outros (2010) determinaram a composição gravimétrica em Anhandeúba (PA), Campina Grande (PB), Belo Horizonte (MG), São Marcos (RS) e

Maceió (AL), respectivamente, mostrando que em todas as cidades, os resíduos sólidos urbanos são constituídos, na maior parte, pela fração orgânica (Tabela 2.3).

Tabela 2.3: Caracterização gravimétrica, em base úmida, dos RSU de alguns municípios brasileiros

Cidade	Anhandeúba (PA) ⁽¹⁾	Campina Grande (PB) ⁽²⁾	Belo Horizonte (MG) ⁽³⁾	São Marcos (RS) ⁽⁴⁾	Maceió (AL) ⁽⁵⁾
Resíduo (%)					
Orgânico	42,34	75,43	61,59	56,9	60,0
Papel, papelão	17,35	4,15	9,53	7,7	8,3
Plástico	16,27	7,87	10,88	5,6	13,0
Metal	3,87	1,08	2,29	2,3	1,8
Não reciclável	-	-	-	-	-
Vidro	2,97	1,26	2,85	0,8	1,0
Borracha	-	2,81	-	-	0,2
Tecido	-	*	-	2,1	3,0
Madeira	-	*	-	1,0	0,3
Contaminante químico	-	-	-	2,2	-
Contaminante biológico	-	-	-	19,7	-
Outros	17,20	7,4	12,86	1,7	12,4

(*) incluído no item “borracha”

Fonte: ⁽¹⁾Aquino e outros (2007), ⁽²⁾Leite e outros, (2007), ⁽³⁾Padilla e outros (2007), ⁽⁴⁾Quissini e outros (2007) e ⁽⁵⁾Tavares e outros (2010)

Além da fração orgânica, o componente plástico aparece em segundo lugar, em pelo menos três das cinco cidades pesquisadas. Vale ressaltar que, apesar de Belo Horizonte ter apresentado um percentual de “outros” maior que o percentual de plásticos, a componente “outros” envolve um conjunto de resíduos que não puderam ser identificados ou não são passíveis de serem separados em outras categorias ou ainda que tiveram peso insignificante em relação ao peso total da amostra.

Em se tratando da realidade da Bahia, Dias e Vaz (2002), Campos e outros (2007) e Santana e outros (2010) determinaram a composição gravimétrica, em base úmida, em alguns municípios do Estado, conforme apresentada na Tabela 2.4, e os resultados mostram a predominância da fração orgânica em todas as cidades, situação semelhante à das demais cidades brasileiras (Tabela 2.3).

Observa-se ainda que o percentual de papel e plástico na Tabelas 2.3, de modo geral, é maior em relação ao percentual dessas componentes, para a Tabela 2.4. Isto pode ser atribuído ao porte da cidade, uma vez que cidades maiores tendem a gerar uma quantidade maior de plásticos e papel/papelão.

Tabela 2.4: Caracterização gravimétrica, em base úmida, dos RSU de alguns municípios baianos

Cidade	Lençóis⁽¹⁾	Lamarão⁽¹⁾	Feira de Santana⁽²⁾	Santo Estevão⁽³⁾
Resíduo (%)				
Orgânico	61,7	65,4	59,25	59,1
Papel, papelão	3,4	12,0	2,23	2,0
Plástico	5,9	7,8	3,85	14,1
Metal	2,0	3,3	0,93	2,2
Têxteis, trapo	1,6	2,9	(*)	2,9
Vidro	1,6	0,9	0,96	4,8
Borracha	1,0	1,3	5,56	2,0
Madeira	(*)	(*)	(*)	0,9
Pedra cerâmica	-	-	-	1,5
Inertes	(**)	6,4	-	-
Outros	22,8	-	26,40	10,7

(*) incluído no item “borracha”

(**) incluído no item “outros”

Fonte: ⁽¹⁾Dias e Vaz (2002), ⁽²⁾Campos e outros (2007); ⁽³⁾Santana e outros (2010)

A composição dos RSU, por conter diferentes componentes, influencia no teor de umidade destes resíduos, pois cada componente apresenta capacidade diferenciada de retenção de água.

A composição gravimétrica pode ser obtida em base seca ou em base úmida. A caracterização em base úmida é feita separando-se os componentes, na umidade em que se encontram no momento da coleta, e dividindo o peso de cada um pelo peso total úmido da amostra. A composição em base seca é determinada após secagem dos resíduos na estufa. Desta forma, o resultado para cada componente será obtido pela divisão do peso seco de cada um pelo peso total da amostra seca e será dado em percentual.

Magrinho e outros (2006), Aquino e outros (2007), Mattei e Escosteguy (2007), Alves e Santos (2009) salientam que a composição gravimétrica de um aterro de RSU constitui uma informação necessária para o monitoramento de aterros sanitários e avaliação de projetos ambientais, para a implementação da coleta seletiva e análise de viabilidade de usinas de reciclagem e compostagem, uma vez que o conhecimento da composição dos resíduos possibilita o aproveitamento das frações recicláveis para comercialização e da matéria orgânica para a produção de composto orgânico. Tavares e outros (2010) também acrescentam que de posse do resultado da caracterização

gravimétrica, é possível calcular o potencial de geração do biogás e estudar o comportamento físico dos elementos que compõem os resíduos.

No entanto, a obtenção dessa informação é dificultada pela inexistência de procedimentos padrões de amostragem, pela heterogeneidade dos RS e pela forma de disposição desses resíduos (AQUINO e outros, 2010).

2.3.2 Teor de umidade

O teor de umidade, utilizado mais especificamente na Área de Geotecnia, é a relação entre a massa de água e a massa do material seco. Os valores de teor de umidade do RSU são modificados pelos seguintes fatores: composição inicial do resíduo, existência e eficiência do sistema de drenagem do aterro, procedimentos de operação do aterro, teor de umidade gerada pelo processo de biodegradação dos resíduos e condições climáticas do local (principalmente índice pluviométrico e evapotranspiração) (SILVEIRA, 2004; PADILLA, 2007).

Para Tchobanoglous e outros (1993), o teor de umidade dos resíduos sólidos pode ser determinado sob duas formas: base úmida e base seca. No método em base úmida, a umidade de uma amostra se expressa como uma porcentagem do peso do material na umidade em que foi coletado; no método em base seca, como uma porcentagem do peso seco do material.

De acordo com Monteiro e outros (2001), Sobrinho e outros (2009) a umidade dos resíduos é fortemente influenciada pelas condições climáticas locais e pela época do ano.

Estudos têm mostrado que o teor de umidade pode variar em função das estações do ano e da incidência de chuvas.

Blight e outros (1992) apud Marques (2001) encontraram valores para o teor de umidade dos RSU no aterro Limbro Park (África do Sul), após período chuvoso excepcional, da ordem de 10 a 105%, ao passo que no início deste período o teor de umidade dos resíduos variou de 10 a 45%.

Estudos realizados por Catapreta e outros (2005) no Aterro sanitário de Belo Horizonte indicaram que houve uma relação direta da precipitação pluviométrica que incide sobre o aterro com a umidade dos resíduos. Entretanto, a relação da umidade

inicial com a ocorrência de chuva enquanto os resíduos aguardam a coleta, não foi claramente mencionada neste trabalho.

São Mateus (2008) lembra que, ao se avaliar a influência dos fatores climáticos na variação da umidade do RSU no aterro, é preciso considerar que, se a cobertura final for eficiente no sentido de dificultar a infiltração da água da chuva, a umidade irá variar em função de outras características, tais como o processo de biodegradação, a idade dos resíduos e a profundidade do aterramento.

A determinação do teor de umidade dos RSU é de grande valia para a previsão de balanço hídrico em aterros sanitários, pois este parâmetro representa uma das variáveis de entrada de água.

De modo geral, a metodologia utilizada para obtenção do teor de umidade de RSU varia entre autores, divergindo na temperatura do ensaio e no tempo que o material leva para secagem na estufa, conforme apresentado na Tabela 2.5:

Tabela 2.5: Metodologias para obtenção do teor de umidade de RSU

Autor	Temperatura do ensaio (°C)	Tempo de secagem
Carvalho (1999)	70	Até a constância de massa
Lange e outros (2003)	105	24h
Andrade e Lima (2003)	110	24h
Silveira (2004)	100	Até a constância de massa
Borgatto e outros (2007)	70	48 a 72h
Capelo Neto e Castro (2007a)	105	24h
Tavares e outros (2007)	100	24h
Kumar e Goel (2009)	105	24h

Os dados mostram que ainda não existe uma metodologia definida quanto à temperatura e ao tempo de secagem dos resíduos. Entretanto, temperaturas acima de 70°C tendem a fazer com que o componente orgânico perca massa.

Segundo Catapreta (2008), o teor de umidade dos resíduos afeta consideravelmente o peso específico úmido destes materiais.

Diferentes valores no teor de umidade são encontrados na literatura, os quais variam de 30% a mais de 100% (MACHADO e outros, 2005).

Medeiros e outros (2002); Andrade e Lima (2003); Blight (2005); Coelho e outros (2005); Tavares e outros (2007); Hao e outros (2008); Machado e outros (2009);

Maciel e outros (2009a); Papachristou e outros (2009); Silva e outros (2009) determinaram o teor de umidade dos RSU e o resultado é apresentado na Tabela 2.6.

Tabela 2.6: Teor de umidade do RSU de diversos locais

Local	Autor	Teor de Umidade (%)
Florianópolis	Medeiros e outros (2002)	55,2 *
Manacapuru (AM)	Andrade e Lima (2003)	52,84 (BU)*
Aterro Coastal Park (África do Sul)	Blight (2005)	31 (BS)**
Aterro de Catas Altas (MG)	Coelho e outros (2005)	55(BU)**
Maceió	Tavares e outros (2007)	73,08 (BU)*
Lisímetro Aterro sanitário (Tailândia)	Trankler e outros (2005)	47**
Hangzhou (China)	Hao e outros (2008)	55 (BU)*
Aterro Metropolitano Centro (Salvador)	Machado e outros (2009)	47,6 (BU)**
Aterro da Muribeca (PE)	Maciel e outros (2009a)	52,3 (BU)**
Thessaloniki (Grécia)	Papachristou e outros (2009)	27,7 (BU)**
Rio de Janeiro	Silva e outros (2009)	57,92**

Fonte: Medeiros e outros (2002); Andrade e Lima (2003); Blight (2005); Coelho e outros (2005); Tavares e outros (2007); Hao e outros (2008); Machado e outros (2009); Maciel e outros (2009a); Papachristou e outros (2009); Silva e outros (2009).

*Determinado na fonte geradora

**Determinado no aterro

O teor de umidade inicial do RSU difere do teor de umidade do resíduo quando já se encontra depositado no aterro. São Mateus (2008, p. 11) destaca que

(...) o primeiro depende da composição do resíduo produzido, do tempo de exposição às intempéries antes e durante a coleta do lixo. O segundo, além dos fatores citados, depende da quantidade de água que infiltra no aterro, da evaporação, dos procedimentos de operação do aterro, idade do RSU, profundidade de aterramento, do funcionamento do sistema de drenagem de lixiviados, umidade gerada por processos biológicos e umidade removida com gases de aterro.

O teor de umidade na fração orgânica, em geral, tende a ser mais elevado em relação aos demais constituintes (CARVALHO, 1999).

A Tabela 2.7 mostra os valores de umidade encontrados para cada componente do RSU.

Tabela 2.7: Umidade dos componentes do RSU

Componente	Teor de umidade (%) Base úmida	
	Carvalho (1999) Aterro sanitário Bandeirantes	Maciel e outros (2009b) Aterro da Muribeca
Fração orgânica	32	46,2
Papel	42,8	52,3
Plásticos	29,3	36,9*
Têxteis	35,5	46,2
Borrachas e couro	19,6	8,7
Madeira	41,1	37,4
Isopor	-	30,4
Côco	-	64,1

*considerado apenas “plástico mole”

A obtenção do teor de umidade é importante, dentre outros fatores, porque informa a quantidade de água que entra com os resíduos para o aterro.

Um elevado teor de umidade facilita a decomposição da matéria orgânica e esta, associada a outros fatores, provoca o recalque do maciço (JUCÁ e outros, 1999; SILVA e outros, 2005). Entretanto, esse processo acontecerá dependendo das condições do ambiente em que se encontra o resíduo.

2.3.3 Sólidos Totais Voláteis (STV)

Este parâmetro mostra a quantidade de matéria orgânica presente no resíduo e indica o grau de degradação do RSU ao longo do tempo (MELO, 2003; SÃO MATEUS, 2008). Quanto maior o valor de STV, maior a quantidade de matéria orgânica que ainda será degradada.

O conhecimento do teor de matéria orgânica presente no aterro de RSU é de fundamental importância para o acompanhamento do processo de decomposição dos resíduos, além de avaliar o potencial de geração do biogás (MELO e JUCÁ, 2001; CARVALHO e outros, 2010) e auxiliar na avaliação da magnitude do recalque.

Segundo Jucá e outros (1999), Monteiro e outros (2001), os teores de umidade estão relacionados com os teores de STV, indicando que a maior porcentagem de umidade presente na massa de resíduos deve-se à maior presença de matéria orgânica, porque a mesma retém maior quantidade de água, quando comparado aos demais componentes.

Melo e Jucá (2001) realizaram estudos comparativos entre dois aterros pernambucanos (Aguazinha e Muribeca) e o Metropolitano Centro (Salvador) e concluíram que os teores de STV e umidade dos resíduos dos aterros pernambucanos foram mais baixos em relação ao de Salvador, indicando a matéria orgânica em estágio avançado de decomposição, uma vez que os resíduos coletados eram velhos. Os resíduos depositados na célula piloto do aterro Metropolitano eram novos, possuíam maior teor de matéria orgânica e maior teor de umidade.

O teor de STV é obtido por meio da diferença entre a massa da amostra após a secagem na estufa (material inerte + não inerte) e na mufla (material inerte) (FRANCOIS e outros, 2006; CARVALHO e outros, 2010), dividida pela primeira.

A variação do teor de Sólidos Totais Voláteis em alguns aterros do Brasil e de outros países é apresentada na Tabela 2.8.

Tabela 2.8: Valores de STV dos RSU

Local	Autor	Idade do RSU	STV (%)	Teor de umidade (%)
Aterro de Catas Altas (MG)	Silva e outros (2005)	Novo	77	53 (BU)
RSU da França	François e outros (2006)	Novo 8 anos	69,3 37	-
Lixão (Maceió-AL)	Tavares e outros (2007)	Novo	69	73,03 (BU)
RSU de Caxias do Sul	Teixeira e outros (2009)	-	69,4	75,95
Aterro Paijia (China)	Jun e outros (2009)	-	33,2	28,4(BU)
RSU de Kharagpur (Índia)	Kumar e Goel (2009)	-	19,63	42 (BU)
Aterro Metropolitano Centro (Salvador-BA)	Machado e outros (2009)	Novo 1 ano 4 anos	57,9 28,7 19,8	47,6 (BU) 63,8 47,4
Aterro da Muribeca (Jaboatão - PE)	Maciel e outros (2009a)	Novo	50,9	52,3(BU)
Aterro Sanitário Simplificado de Aporá (BA)	Sobrinho e outros (2009)	Novo	71,6	77,3

Fonte: Francois e outros (2006); Tavares e outros (2007); Teixeira e outros (2009); Jun e outros (2009); Kumar e Goel (2009); Machado e outros (2009); Maciel e outros (2009); Sobrinho e outros (2009).

A partir dos dados apresentados na Tabela 2.8, percebe-se que os resíduos mais novos apresentaram valores mais elevados no teor de STV em relação aos mais antigos, indicando que aqueles resíduos estão em estado de degradação ainda recente

em relação à esses que já foram depositados há mais tempo. Observa-se ainda que os maiores valores de STV, em geral, estão relacionados aos resíduos com maior teor de umidade, para os resíduos mais novos.

2.3.4 Teor de Lignina

Segundo Kayhanian (1995) e Reichert (2005), a lignina é um material complexo de difícil degradação pelas bactérias anaeróbias e, normalmente, requer um longo período de tempo para completar a degradação. Sua quantificação é fundamental para estimar o potencial de geração do biogás e prever a taxa de biodegradabilidade dos resíduos ao longo do tempo (JIN e outros, 2003; MACIEL e outros, 2009b; TEIXEIRA e outros, 2009).

Britto (2006) salienta que altos percentuais de lignina indicam que o material analisado não é facilmente degradável. Os resíduos de jardim, alimentos e papéis são considerados facilmente degradáveis e componentes como, madeira, têxteis, couro e borracha são classificados como lentamente biodegradáveis.

Para Barlaz e outros (1989) *apud* Teixeira e outros (2009), os resíduos sólidos municipais são constituídos, basicamente, por 10 a 15% de lignina.

A Tabela 2.9 mostra os teores de lignina encontrados em resíduos sólidos urbanos.

Tabela 2.9: Teor de Lignina em RSU

Autor	Local	Teor de lignina (%)
Barlaz (2006)	Aterro de Kentucky (EUA)	18,5
	Aterro Canadian (EUA)	11
Maciel e outros (2009b)	Aterro da Muribeca (PE)	8,9
Peres e outros (1990) <i>apud</i> Teixeira e outros (2009)	Resíduos de São Paulo	12,5
Santos (2011)	Aterro Metropolitano Centro (Salvador)	19,6

2.4 LIXIVIADOS EM ATERROS SANITÁRIOS DE RSU

Um dos principais problemas ambientais dos aterros sanitários é a geração de lixiviados, que, quando não são drenados, coletados e tratados de forma adequada podem resultar na contaminação do solo e de cursos d'água, superficiais e subterrâneos (CATAPRETA e outros, 2009; OLIVEIRA e outros, 2010). Esses líquidos, geralmente,

apresentam contaminantes orgânicos e inorgânicos, além de sais diversos, formas nitrogenadas protéica e amoniacal e metais. Capelo Neto e Castro (2007b) destacam que, mesmo pequenas quantidades de líquidos lixiviados podem contaminar uma grande extensão das águas subterrâneas, devido à sua composição química.

Segundo a NBR-8419 (ABNT, 1992) o chorume é um “líquido produzido pela decomposição de substâncias contidas nos resíduos sólidos, que têm como características a cor escura, o mau cheiro e a elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio” (DBO). Capelo Neto e Castro (2007b) consideram que o chorume pode ser composto de líquidos que se originam de várias fontes, incluindo a precipitação, o armazenamento da umidade inicial e as reações associadas com a decomposição dos resíduos.

Atualmente, sabe-se que a decomposição da fração sólida do resíduo libera água do mesmo e as bactérias se servem de parte dessa água para continuarem realizando o processo de decomposição.

Tchobanoglous e outros (1993) consideram o lixiviado como o líquido que se infiltra através dos resíduos sólidos e extrai materiais dissolvidos ou em suspensão. Assim, os líquidos lixiviados são resultado do fluxo de água em um aterro sanitário e, segundo El-Fadel e outros (2002) são formados quando a umidade dos resíduos excede a sua capacidade de campo - máxima umidade que é retida em um meio poroso sem produzir percolação.

Além dos fatores climatológicos (regime de chuvas e precipitação pluviométrica; escoamento superficial; evapotranspiração e temperatura), outros fatores influenciam na formação dos lixiviados, dentre os quais El-Fadel e outros (2002) destacam aqueles que contribuem diretamente para o teor de umidade (chuva, neve, teor de umidade inicial, recirculação, etc) e aqueles que afetam os lixiviados ou a umidade dos resíduos aterrados (compactação, permeabilidade, granulometria, peso específico, camadas de cobertura, etc).

De acordo com Catapreta (2008) e Oliveira e outros (2010), o conhecimento da taxa de geração de lixiviados é de suma relevância para a definição das estratégias de gestão, bem como para os procedimentos de tratamento que serão adotados em projeto.

O monitoramento da evolução dos parâmetros físico-químicos presentes no lixiviado e da vazão do mesmo pode indicar a situação operacional do aterro e representar um indicador do potencial poluidor desse líquido (CATAPRETA e outros, 2009).

A estimativa de geração de lixiviados em aterros sanitários é realizada mediante avaliação do seu balanço hídrico, o qual pode ser calculado por diversos modelos e métodos empíricos.

A geração de lixiviados ocorre durante todo o ciclo de vida do aterro (PADILLA e outros, 2007) e, por ser um efluente altamente poluente, deve ser tratado e monitorado. Entretanto, devido à heterogeneidade em sua composição, o tratamento de lixiviados de aterros sanitários é um processo difícil e, segundo Farias Filho e outros (2010), os tratamentos mais comuns são recirculação para as células do aterro sanitário, tratamento conjugado com os esgotos sanitários, lagoas de estabilização, filtros biológicos, reatores anaeróbios, processos físico-químicos de coagulação-floculação, processos oxidativos avançados, ozonização e adsorção em carvão ativado.

2.4.1 Composição dos lixiviados

A composição dos líquidos lixiviados varia segundo uma diversidade de fatores, dentre os quais estão aqueles relacionados aos resíduos sólidos (composição, peso específico e teor de umidade inicial), ao tipo de operação do aterro e às condições meteorológicas locais (PADILLA, 2007; CATAPRETA e outros, 2009; SÁ e outros, 2009).

Segundo Tchobanoglous e outros (1993), a composição química dos lixiviados varia com a idade do aterro e com as fases da biodegradação da fração orgânica. A Tabela 2.10 exemplifica as concentrações típicas presentes no lixiviado com as diferentes idades do aterro sanitário, conforme Tchobanoglous e outros (1993). A composição desses efluentes faz com que os mesmos apresentem teores elevados de contaminantes orgânicos e inorgânicos, além de sais diversos. Dessa forma, esses líquidos representam uma fonte de poluição bastante significativa.

Tabela 2.10: Dados típicos da composição do lixiviado para aterros novos e antigos

Características	Valores (mg/L)*	
	Aterros novos (menos que 2 anos)	Aterros antigos (mais que 10 anos)
DBO ₅	2.000 - 30.000	100 – 200
DQO	3.000 - 60.000	100 – 500
Sólidos Suspensos Totais	200 - 2.000	100 – 400
Nitrogênio Orgânico	10 - 800	80 -120
Nitrogênio Amoniacal	10 - 800	20 – 40
Nitrato	5 - 40	5 -10
Fósforo Total	5 -100	5 – 10
Alcalinidade (CaCO ₃)	1.000 -10.000	200 - 1.000
pH	4,5 - 7,5	6,6 - 7,5
Cálcio	200 - 3.000	100 – 400
Magnésio	50 - 1500	50 – 200
Potássio	200 - 1000	50 – 400
Sódio	200 - 2500	100 – 200

* Exceto pH.

Fonte: Tchobanoglous e outros (1993)

Como se observa da Tabela 2.10, à medida que os resíduos tornam-se mais antigos no aterro, os valores dos constituintes orgânicos e inorgânicos presentes no lixiviado diminuem. Campos e outros (2003) e Oliveira e outros (2009), reuniram valores da composição do lixiviado em diferentes aterros brasileiros, conforme representados na Tabela 2.11.

Tabela 2.11: Parâmetros físico-químicos de lixiviados analisados em aterros brasileiros: ⁽¹⁾Moraes e outros (1995); ⁽²⁾Pessin e outros (1998); ⁽³⁾Capelo Neto e Mota (1999); ⁽⁴⁾Fernandes e outros (2006); ⁽⁵⁾Ferreira e outros (2006)

Parâmetro	Bandeirantes (SP) ¹	São Giácomo (RS) ²	Caucáia (CE) ³	Londrina (PR) ⁴	Piraí (RJ) ⁵
pH	7,1 – 8,5	5,7 – 8,4	7,6 – 8,3	8,3	6,9 – 8,2
DBO	5.500 – 7.150	558 - 49.680	442 - 2.521	330	27 - 100
DQO	3.410 – 8.430	99 – 2.679	72-969	4500	57 -3209
Nitrogênio Amoniacal	62 - 220	0,6 - 1258	65 - 425	1100	-
Nitrito	< 0,05	-	0,015 - 71	-	-
Nitrato	0,40 - 0,60	-	0,19 -185	-	-

(*) Todos os valores em mg/L, exceto o pH

(-) Valores não encontrados na literatura

Os estudos realizados pelos autores e apresentados na Tabela 2.11 não trouxeram informações sobre a idade do líquido. Entretanto, de acordo com os valores

encontrados, pode-se inferir que o lixiviado coletado no aterro de Pirai (RJ) pode ser considerado mais antigo em relação aos demais aterros.

2.4.2 Volume de Lixiviados x Precipitação Pluviométrica

A estimativa da vazão de lixiviados é feita através do balanço hídrico, que considera a precipitação pluviométrica como um parâmetro de entrada de água no sistema e, associada aos critérios operacionais do aterro e às características dos resíduos, interfere na geração dos lixiviados (SIMÕES e outros, 2005). Assim, os dados climatológicos são essenciais na determinação do comportamento da vazão do lixiviado, nas diferentes épocas do ano. Segundo Monteiro e outros (2001), as condições climáticas representam um dos fatores que influenciam no comportamento de aterros de RSU, e por isso, são indispensáveis de serem considerados para se compreender os parâmetros que regem o comportamento destes aterros.

Blight (2005) salienta que em regiões de clima semi-árido, onde a evaporação potencial supera a precipitação pluviométrica ao longo do ano, a geração de lixiviado em aterros sanitários tende a ser reduzida.

A precipitação pluviométrica tem sido estudada por alguns pesquisadores, que buscam avaliar a sua relação com o volume de lixiviado gerado em alguns aterros. De acordo com Trankler e outros (2005), esses estudos ainda são limitados, principalmente em regiões tropicais.

Estudos realizados por Capelo Neto e outros (1999), com o objetivo de determinar o volume de lixiviado gerado no aterro sanitário Oeste, em Caucaia (CE) e correlacioná-lo com o regime pluviométrico, mostraram que durante o período observado, o volume de lixiviado gerado manteve estreita relação com a precipitação. Os autores acreditam que o pouco volume gerado possa ser explicado pela camada final de cobertura dos resíduos, composta de argila com baixo coeficiente de permeabilidade e pela retenção de líquido no interior da célula de resíduos.

Monteiro e outros (2001), ao analisarem a influência das condições climáticas no comportamento do Aterro da Muribeca, localizado no município de Jaboatão dos Guararapes, região metropolitana de Recife, observaram, no período de dezembro/1996 a janeiro/2001, que a vazão média de percolado medida no aterro assumiu valores médios de 2 l/s nos períodos secos e 4 l/s nos períodos chuvosos; exceto para a

ocorrência de um evento extremamente superior, medida no período de junho e julho de 2000, onde ocorreram precipitações acima das verificadas durante os anos da pesquisa.

Firta e outros (2003), em pesquisa realizada em um aterro sanitário experimental em Florianópolis, durante um período de dois anos e após análises das medições de volume de lixiviados nas três células e dados de chuva, concluíram haver correlação entre o regime de precipitação e geração de lixiviados. Os autores observaram que o aumento ou a diminuição do volume de líquidos lixiviados obedeceu à mesma tendência para a precipitação pluviométrica.

Trankler e outros (2005), em pesquisa realizada em Bangkok (Tailândia), por meio da construção de lisímetros que simularam um aterro sanitário (com e sem camada de cobertura), concluíram que a variação sazonal de chuvas interferiu na geração de lixiviados, mostrando que o aumento no volume gerado foi maior na estação chuvosa e no lisímetro que não possuía camada de cobertura. Os autores concluíram ainda que o teor de umidade dos resíduos depositados nesse lisímetro também contribuiu para o aumento no volume do lixiviado, uma vez que a maior precipitação pluviométrica na célula e a maior umidade proporcionaram uma maior atividade microbológica, resultando na decomposição dos resíduos e na geração de lixiviados.

Estudos realizados por Catapreta e Simões (2008) em um aterro experimental, implantado na Central de Tratamento de Resíduos Sólidos BR 040, (Belo Horizonte) indicaram que as vazões de líquidos lixiviados não são afetadas imediatamente pelas precipitações, levando certo tempo para que seja observado o efeito das chuvas sobre o volume de líquidos lixiviados produzidos, à exceção de alguns picos observados. Foi possível observar que os valores mais baixos de volumes de lixiviado gerado ocorreram no final do período seco da região, ao passo que os valores elevados do lixiviado foram encontrados no período chuvoso.

2.4.3 Volume de Lixiviado x Teor de Umidade

O potencial de geração de lixiviados de um aterro é influenciado por vários fatores, como a precipitação pluviométrica, a profundidade do aterro e as características dos resíduos depositados (composição, umidade, idade, peso específico, etc.). El-Fadel e outros (2002) consideram o teor de umidade como um dos principais contribuintes para a geração do lixiviado e Sá e outros (2009) salientam que este parâmetro do

resíduo tem grande influência na formação do lixiviado, já que um elevado teor de umidade favorece a decomposição anaeróbia.

Estudos realizados por Padilla e outros (2007) simulando a produção de lixiviados em um aterro sanitário experimental, implantado na Central de Tratamento de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte (MG), mostraram que ‘o volume de lixiviados produzido na célula experimental se mostrou mais sensível a variações do teor de umidade inicial’. Os autores observaram que, durante o período de enchimento da célula, o teor de umidade inicial dos resíduos era superior à sua capacidade de campo, ou seja, o excesso de umidade inicial era drenado livremente, contribuindo para o aumento do volume de lixiviados. Ao finalizar esse período e com a camada de cobertura final implantada, o volume de lixiviado simulado sofre uma redução significativa.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDO

Esta pesquisa tem abordagem quantitativa, uma vez que foram determinados os parâmetros físicos (composição gravimétrica e teor de umidade) e físico-químicos (percentagem de Sólidos Totais Voláteis e Teor de lignina) dos RSU que são dispostos no Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas-BA.

3.2 LOCAL DE ESTUDO

Uma parte da pesquisa foi realizada dentro do Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas-BA e outra parte foi realizada no Laboratório de Saneamento, do Departamento de Tecnologia (DTEC) e na área da Equipe de Estudos e Educação Ambiental (EEA) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

3.2.1 Características gerais do município de Cruz das Almas-Ba

O município de Cruz das Almas está situado no planalto pré-litorâneo, na sub-região do Recôncavo Baiano, entre as coordenadas geográficas de 12°37'30"S e 12°45'10"S e 39°12'10" W e 39°2'2" W, limitando-se com os municípios de Muritiba (N), São Felipe (S) São Félix (E), Sapeaçu (W) (Figura 3.1) e está a 146 km de Salvador.

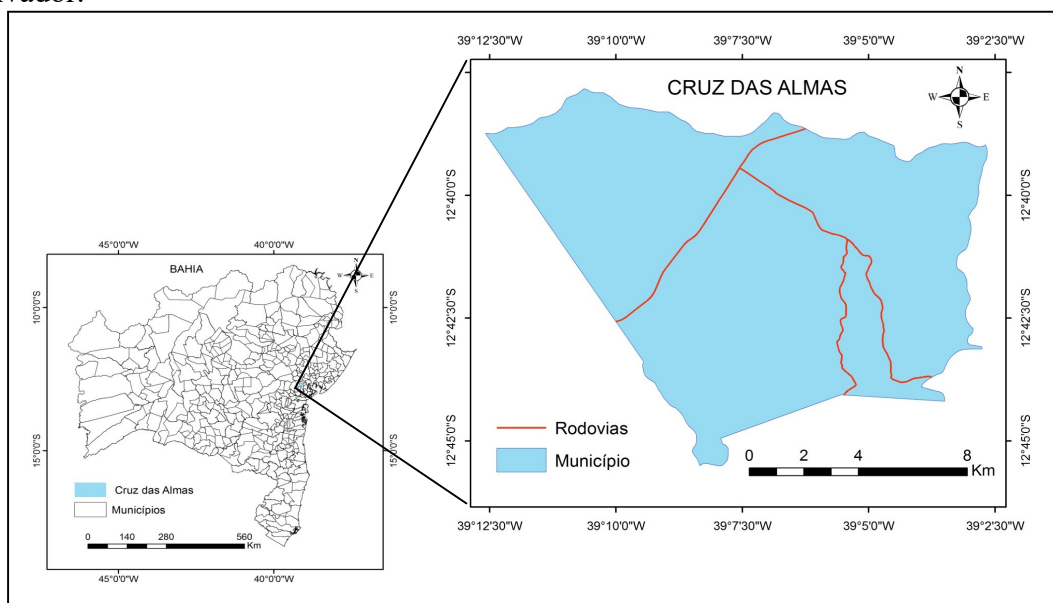


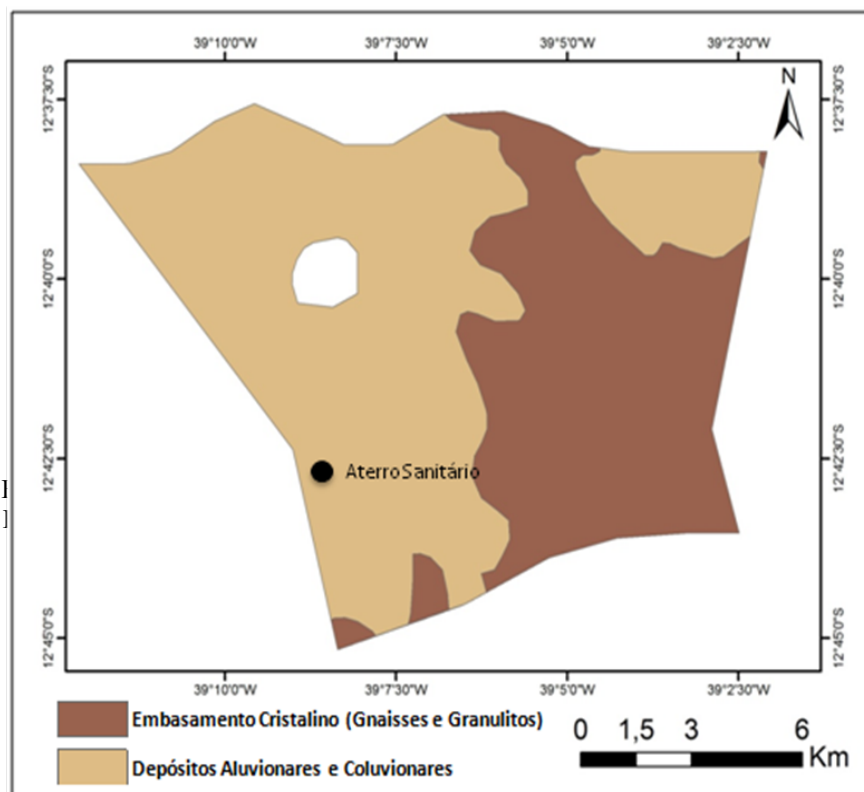
Figura 3.1: Localização do município de Cruz das Almas/BA. Fonte: SIG – BAHIA, 2003. Adaptação: José Luiz Batista (2010).

Com uma área de 145,74 km², o município possui uma população de 58.606 habitantes (IBGE, 2010) e é atravessado pela BR-101.

Em razão de sua localização geográfica, Cruz das Almas apresenta algumas características físico-ambientais, descritas a seguir.

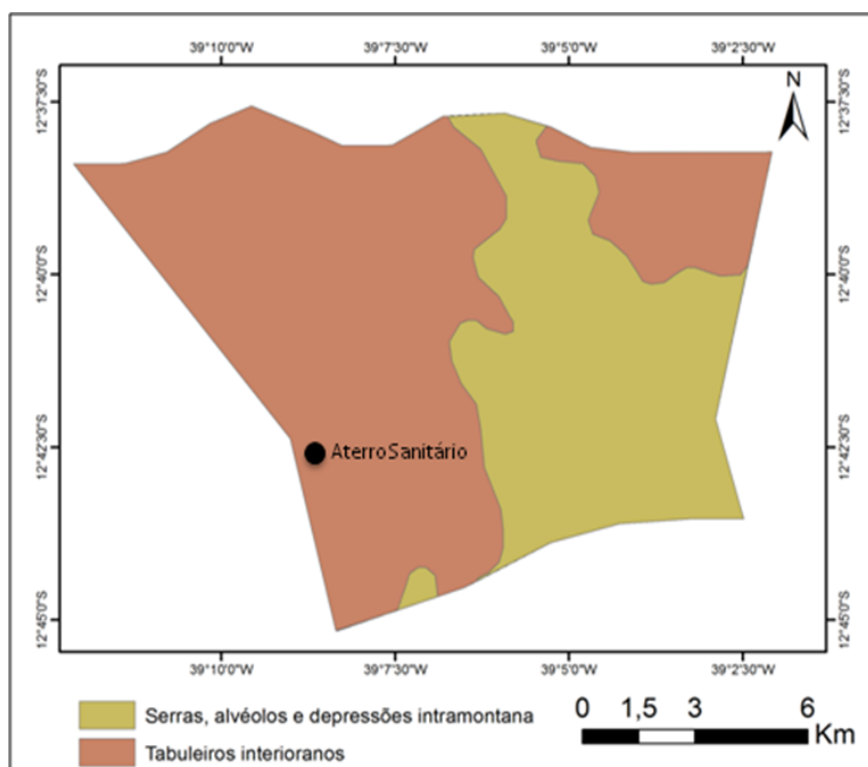
a) Geologia

A área do município de Cruz das Almas é sustentada por litologias do embasamento cristalino do tipo gnaisses e granulitos, recobertas na sua maior parte por depósitos aluvionares e coluvionares predominantemente arenosos, com níveis conglomeráticos e, por depósitos aluvionares areno-argilosos (Figura 3.2) (PDDU, 2007).



b) Geomorfologia

O relevo municipal é caracterizado pela presença de topo aplainado com borda declivosa e altimetria em torno de 220 m, denominados regionalmente de “tabuleiros”. O relevo aplainado encontra-se parcialmente dissecado, originando encostas com declives variados e vales abertos e largos (Figura 3.3) (PDDU, 2007).



c) Solos

Nas áreas de topo plano predominam solos do tipo Latossolo Amarelo Distrófico com textura arenosa. Nas áreas das vertentes, associadas às bordas declivosas do relevo aplainado, ocorrem solos argilo-arenosos. Nas planícies aluvionares, associadas às principais drenagens da região, ocorrem solos aluvionares areno-argilosos orgânicos (Figura 3.4) (PDDU, 2007).

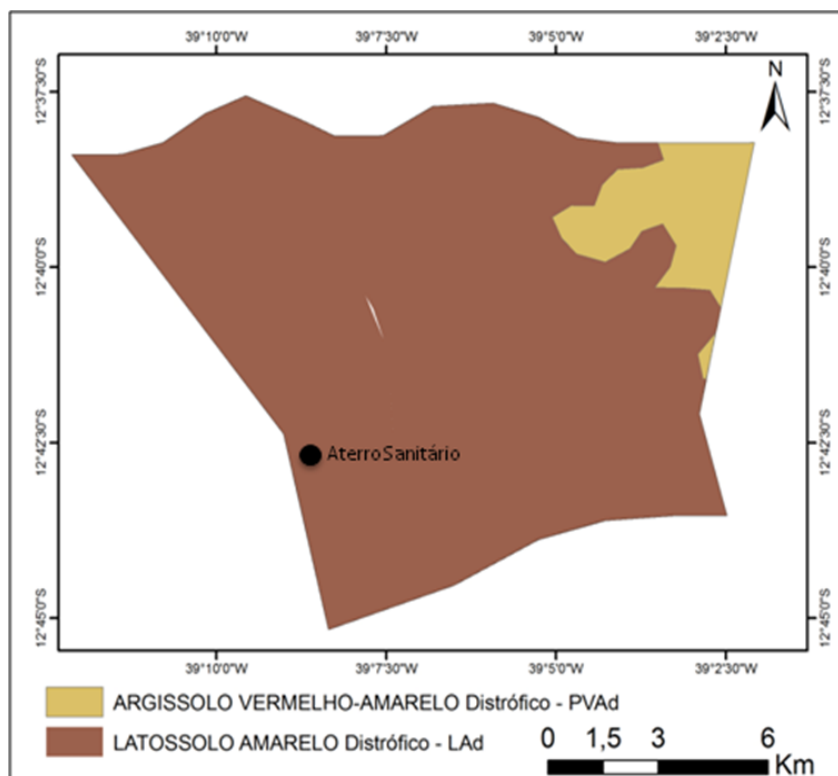


Figura 3.4: Mapa de Solos de Cruz das Almas/BA
 Fonte: SRH, 2003. Adaptação: José Luiz Batista (2010)

d) Clima

A tipologia climática de Cruz das Almas, segundo Koppen é classificada como Tropical sub-úmido, com temperatura média anual de 23,5°C e umidade relativa média do ar de 82%.

A precipitação pluviométrica média anual no município está em torno de 1.117mm e a evaporação média anual é de 1.461mm. O regime pluviométrico caracteriza como trimestre mais chuvoso e úmido os meses de abril, maio e junho e os meses mais secos são agosto, setembro e outubro (PDDU, 2007).

e) Hidrologia

A maior parte do município é drenada pela bacia do rio Capivari, afluente do rio Paraguaçu e tem como sub-bacia mais importante a do Riacho Rebouças. A parte sul da área municipal é drenada pelo Rio do Cedro, riacho Pilões e córregos Velame Brito,

Caminho e Laranjeira que drenam no sentido de norte para sul e são afluentes da bacia do Rio Jaguaripe (Figura 3.5) (PDDU, 2007).

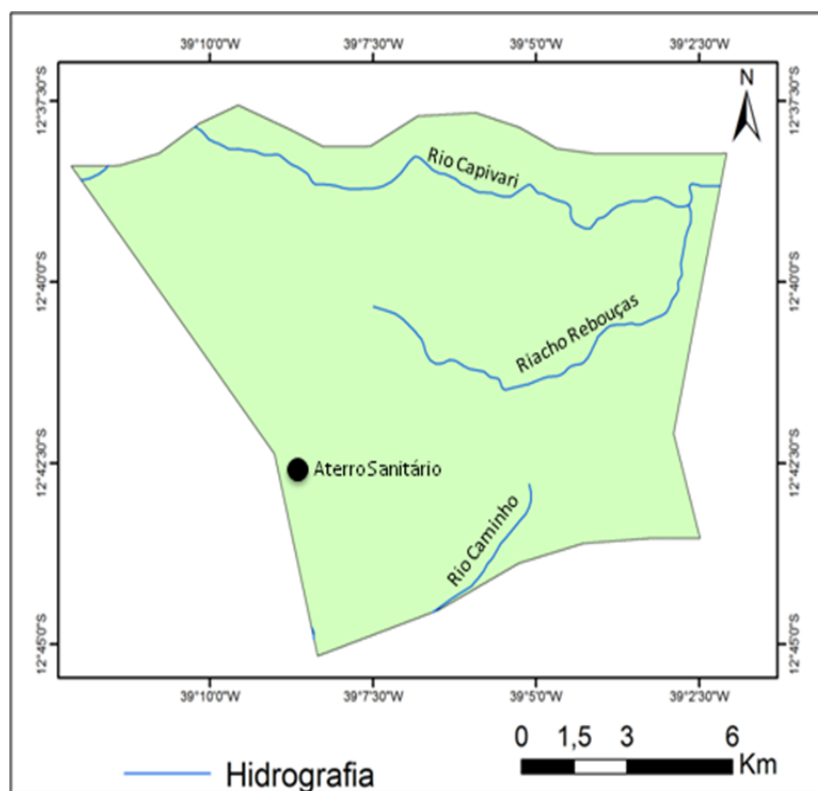


Figura 3.5: Mapa Hidrográfico de Cruz das Almas/BA
 Fonte: SIG – BAHIA, 2003. Adaptação: José Luiz Batista (2010)

3.2.2 Localização e Características do Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas-Ba

O Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas está situado na localidade da Tereza Ribeiro (zona rural), a 12 km do centro da cidade (PDDU, 2007) e às margens da BR-101, próximo à divisa com o município de Sapeaçu (Figura 3.6), totalizando uma área, de aproximadamente 230.000m², sendo que a área passível de ser utilizada é de 190.000m². De acordo com o anteprojeto do aterro, para atender a uma vida útil de 15 anos, será necessária uma área adicional. A Figura 3.7 apresenta uma vista geral do aterro sanitário, destacando a célula que está em atividade.

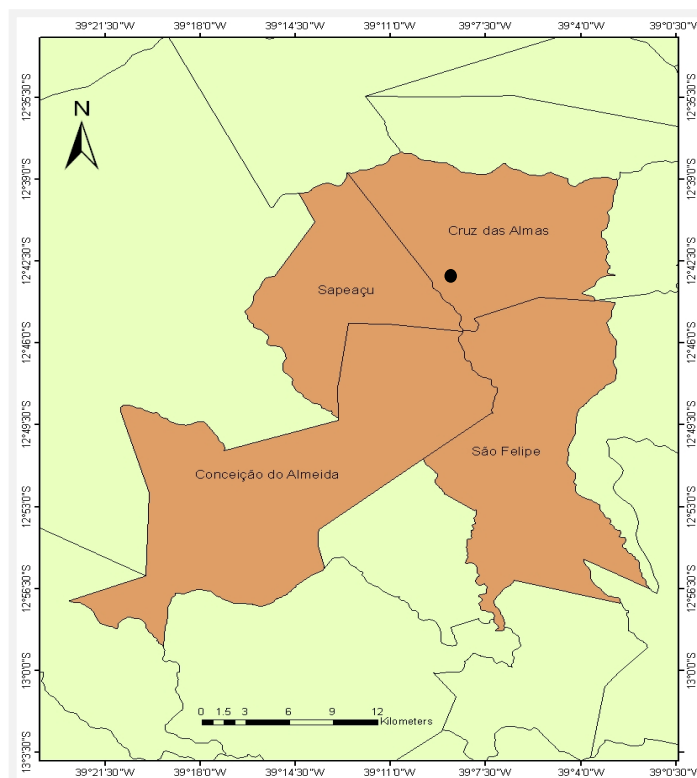


Figura 3.6: Municípios consorciados com o aterro sanitário
Fonte: SRH, 2003. Adaptação: Angelo Araújo (2010)

- Localização do Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas/BA



Figura 3.7: Vista geral do Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas/BA

O aterro está em operação desde dezembro de 2006, funcionando de segunda a sábado, das 6h às 18h e atende aos municípios de Sapeaçu, Conceição do Almeida, São

Felipe e Cruz das Almas, os quais dispõem diariamente 10, 6, 6 e 35 toneladas de resíduos, respectivamente, cujos percentuais em peso são mostrados na Figura 3.8.

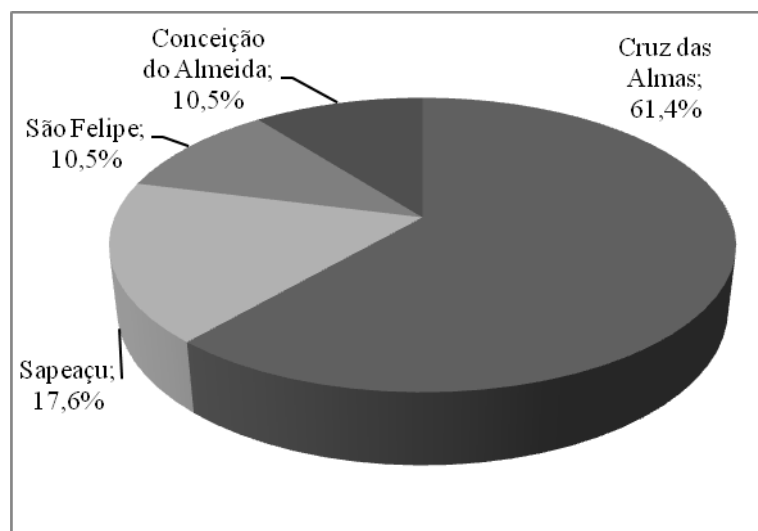


Figura 3.8: Participação dos municípios na disposição final dos RSU no aterro sanitário (percentual em peso)

Dentre os municípios consorciados, Cruz das Almas é aquele que mais gera, coleta e dispõe seus resíduos no aterro sanitário, em função do maior número de habitantes comparado aos demais.

O aterro sanitário integrado de Cruz das Almas é operado por uma empresa terceirizada e foi projetado para um tempo de vida útil de 15 anos. A previsão para sua capacidade total de deposição dos resíduos, dentro do tempo estimado, é de 565.751m^3 .

Para a implantação do aterro sanitário foi utilizada a área do antigo lixão da cidade. Durante a fase de construção do aterro, os resíduos sólidos de Cruz das Almas foram depositados no aterro sanitário de Muritiba, para que iniciasse as obras de limpeza da área, escavação, carga e transporte de solo para outro local do empreendimento, terraplanagem e instalação dos equipamentos.

O aterro (Figura 3.9) é composto por duas células (célula 1 com área de aproximadamente 16.700m^2 e célula 2, que ainda será construída, com 14.425m^2), uma área para disposição dos resíduos de saúde (vala séptica), sistema de tratamento dos lixiviados, composto por lagoas de estabilização, sistema de drenagem de águas pluviais, sistema de drenagem dos gases e sistema de monitoramento ambiental, que é feito através de análises de água de duas cisternas, uma a montante e outra a jusante do aterro.

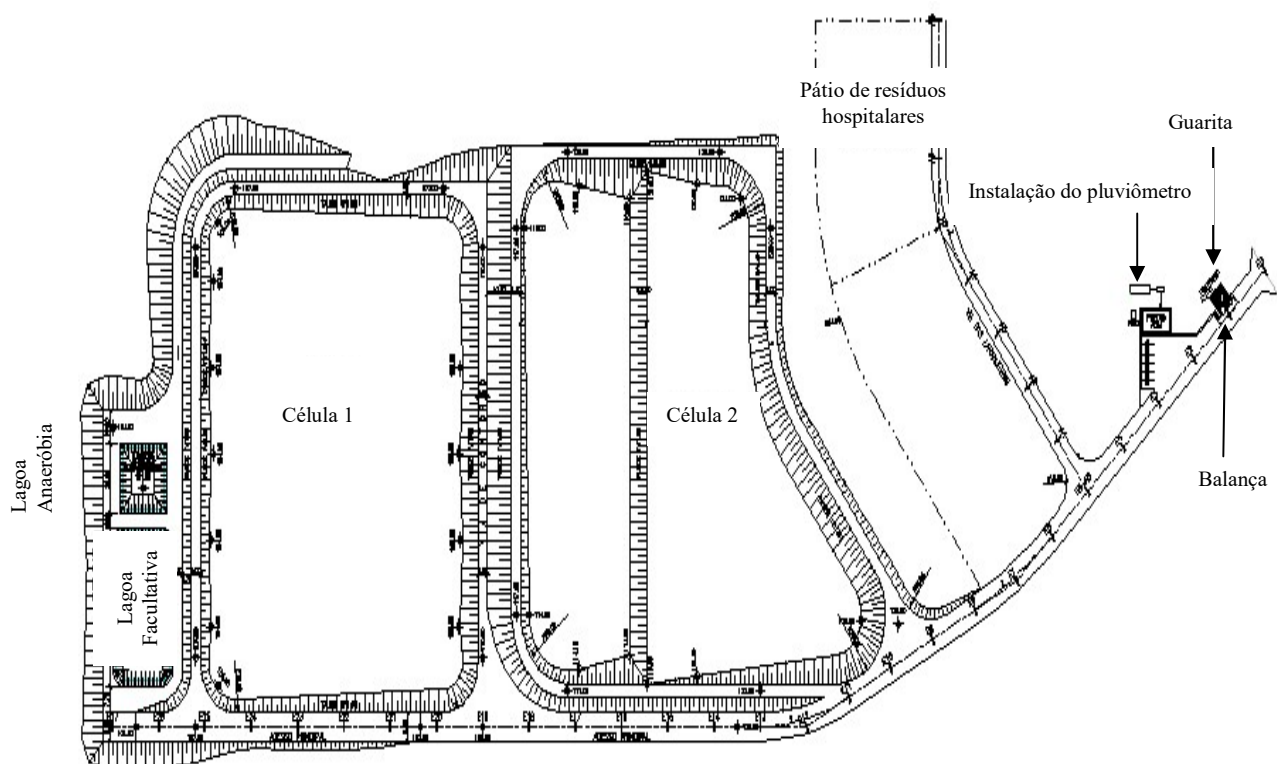


Figura 3.9: Planta baixa do Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas/BA
 Fonte: ARQTEC Engenharia, 2010.

A impermeabilização de base das células é composta por uma camada de solo silto-argiloso de 30cm, manta de PEAD sobrejacente e uma outra camada de solo silto-argiloso, com 20 cm de espessura, mais uma camada de 40cm de espessura de silte argiloso com areia fina onde está alojado o sistema de drenagem de base. O lixiviado é interceptado por trincheira de drenagem periférica a jusante do depósito e, encaminhado, através de tubulações e caixa de passagem, até as Lagoas de Estabilização (Figura 3.10), compostas por:

- Lagoa anaeróbia, com área de 400m^2 , profundidade de 3,5m e dimensões médias de 20m x 20m.
- Lagoa facultativa, com área de 1.196m^2 , profundidade de 3,0m e dimensões médias de 26m x 46m.

Estas lagoas foram construídas na parte mais baixa da área do aterro em função do sentido de fluxo dos lixiviados por gravidade. Após escavadas, foram impermeabilizadas com uma camada de 30cm de solo silto-argiloso, oriunda da escavação do próprio local. Em seguida, foi colocada uma membrana de PEAD, com espessura de 1mm.

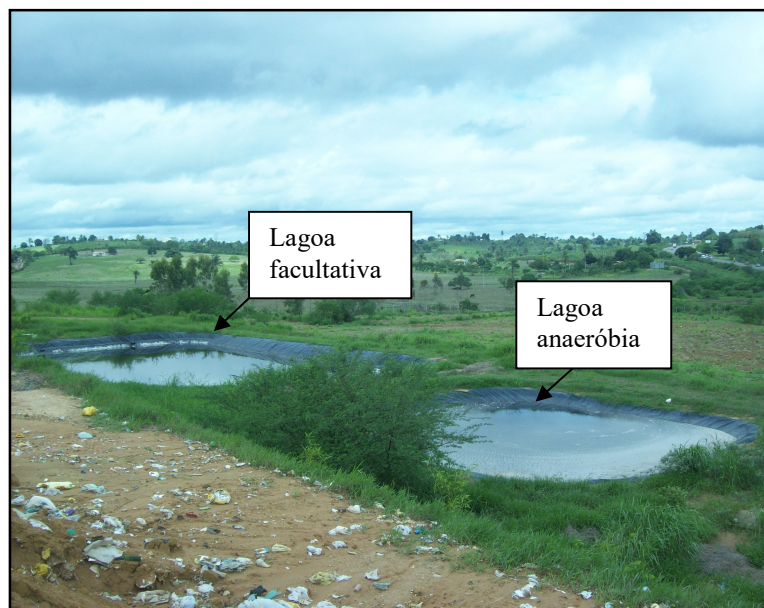


Figura 3.10: Lagoas de Estabilização – Aterro Sanitário de Cruz das Almas/BA

Para registro da precipitação pluviométrica na área do aterro, foi instalado em 2006, um pluviômetro que está localizado nas proximidades da guarita (Figura 3.11). A leitura pluviométrica é feita diariamente, às 7h da manhã, por um funcionário da empresa.



Figura 3.11: Pluviômetro instalado na área interna do Aterro Sanitário de Cruz das Almas/BA

Para a implantação do aterro sanitário, o projeto fez uma estimativa de geração do lixiviado, utilizando o método Suíço e obteve-se uma previsão da vazão média diária de 0,52l/s.

Segundo informações obtidas com a empresa que opera o aterro sanitário, a vazão do lixiviado é quantificada diariamente por um funcionário, que realiza o

procedimento de forma simples. Ao chegar à caixa de passagem, o líquido é coletado em um vasilhame de 5 litros, durante cinco minutos (Figura 3.12).



Figura 3.12: Coleta do lixiviado no Aterro Sanitário de Cruz das Almas/BA

Quanto ao sistema de drenagem dos gases, o mesmo é composto por seis drenos verticais de 80cm de diâmetro, espaçados a cada 50m, aproximadamente. Os drenos verticais foram calcados no sistema de drenagem horizontal dos líquidos e construídos com o auxílio de uma tela metálica, preenchida com brita. À medida que a célula ia progredindo verticalmente, os tubos eram içados por trator e encaixados no topo dos drenos verticais já existentes no aterro.

A deposição dos resíduos de saúde foi concebida para ser feita em valas sépticas, abertas com retroescavadeira na largura de 0,60m, profundidade de 2,0m e comprimento total necessário para dispor o resíduo séptico de pelo menos 3 dias. Estas valas estão localizadas na parte mais elevada da área do aterro e foram impermeabilizadas (base e laterais) com lona preta e isentas de qualquer sistema de drenagem. De acordo com o projeto é importante salientar a necessidade de adoção de manta de PEAD, que possui baixo coeficiente de permeabilidade, evitando problemas de contaminação.

Os resíduos de saúde são dispostos uma vez por semana e à medida que são depositados, a vala vai sendo coberta por solos (Figura 3.13). Ao preencher completamente, a vala é envelopada com lona plástica preta.



Figura 3.13: Vala séptica destinada aos resíduos hospitalares - Aterro Sanitário de Cruz das Almas/BA

Os resíduos que chegam ao aterro são identificados (tipo, origem e peso) na guarita e, posteriormente, encaminhados às suas respectivas unidades de disposição, ou seja, os resíduos domiciliares, comerciais e de feiras vão para a célula 1, em atividade, e os de saúde são dispostos na vala séptica.

Por ser um aterro ainda recente, em termos operacionais, nenhuma célula foi finalizada. A célula 1, com dimensões aproximadas de 140mx120m, destinada à recuperação do lixão e atualmente em operação, está sendo construída para receber os resíduos do lixão. Inicialmente procurou-se preencher depressões na massa de RSU existente e formar taludes e bermas de equilíbrio no antigo lixão. O preenchimento da célula 1 está ocorrendo em 5 camadas de 4m de altura de RSU compactado, coberto por uma camada de solo com 15cm de espessura no topo e 10cm nos taludes, totalizando uma altura de, aproximadamente, 21m.

Em cada camada, a drenagem de gases está sendo executada com o alteamento da camada de RSU. Os resíduos são dispostos na frente de serviço, espalhados, compactados e cobertos diariamente com solo argiloso retirado do próprio local.

Após serem dispostos no pé do talude da célula, os resíduos são espalhados por um trator esteira, que os compacta, passando de 4 a 6 vezes sobre a camada. Ao fim de cada operação diária, os resíduos dispostos e compactados formam uma camada de 4m de espessura, a qual é confinada por dique de solo areno-argiloso. O material de

cobertura é proveniente da escavação da área que será utilizada para construção da célula 2, e a camada possui espessura de 15cm no platô e 10cm nos taludes, resultantes da operação.

Para a cobertura final, está prevista a colocação de uma camada de solo ligeiramente compactada, de espessura aproximada de 60cm no talude e 100cm no platô, com declividade mínima de 1%, necessária ao escoamento das águas superficiais. Sobre esta camada será feita a cobertura vegetal por gramas.

3.3 ETAPA EXPERIMENTAL: AMOSTRAGEM E COLETA DOS RSU

Tomou-se como amostragem para esse estudo uma parte dos RSU que chegaram ao aterro sanitário, em caminhões-compactadores ou caçamba. As amostras foram coletadas no momento da sua disposição na célula 1.

Com o objetivo de obter uma sequência nos parâmetros dos RSU, a coleta dos resíduos foi feita em diversos meses (Tabela 3.1). Foram utilizados tonel ($0,1\text{m}^3 = 100$ litros) e contêineres ($0,24\text{m}^3 = 240$ litros) para transportar os resíduos do aterro ao local de separação dos componentes.

Os volumes reduzidos para as amostras 01 e 03 aconteceram devido a problemas no planejamento das coletas. Nos dias de coleta, foram registrados a origem, o peso e o tipo do resíduo que estava sendo coletado. Ao chegar à frente de operação, parte dos resíduos de cada município foi separada e posteriormente misturada, com o auxílio do trator-esteira. Em seguida, foi realizada a coleta manual e aleatória dos resíduos (Figura 3.14), até o preenchimento dos tonéis e contêineres.

Tabela 3.1: Cronograma de coleta dos RSU com seus respectivos pesos

Amostra	Data da coleta	Volume (m³)	Quantidade de tonéis/ contêiner	Peso inicial da amostra (kgf)	Peso seco final da amostra (kgf)
01	16/03/10	0,34	1 tonel + 1 contêiner	64,0	37,6
02	26/05/10	0,58	1 tonel + 2 contêineres	148,8	93,1
03	29/06/10	0,24	1 contêiner	49,0	23,9
04	04/08/10	0,48	2 contêineres	127,0	56,1
05	20/09/10	0,48	2 contêineres	148,3	88,4
06	19/10/10	0,48	2 contêineres	123,7	76,7
07	22/11/10	0,48	2 contêineres	114,6	68
08	09/12/10	0,48	2 contêineres	97,5	52,9



Figura 3.14: Mistura e coleta dos RSU

À exceção das demais coletas, para a do dia 26/05/10 foi realizado o quarteamento, em função da disponibilidade da retroescavadeira neste aterro. Os resíduos foram misturados sobre uma lona plástica e, posteriormente, divididos em 4 partes iguais. Em seguida, foram desprezadas duas partes, *vis a vis*, e as outras duas partes restantes foram novamente misturadas e homogeneizadas para um novo quarteamento, até a obtenção de uma amostra com quantidade suficiente para encher os tonéis e contêiners. Deve-se destacar que a realização do quarteamento é importante para garantir a aleatoriedade da amostra.

Após cada coleta, a amostra foi transportada a um local específico, onde foi realizada a separação e a pesagem dos diferentes componentes do RSU.

3.4 FONTE DE COLETA DE DADOS

Uma parte da pesquisa foi desenvolvida em campo, onde foram levantadas informações junto à empresa responsável pela operação do aterro, à Prefeitura Municipal de Cruz das Almas e à empresa responsável pela Estação Climatológica de Cruz das Almas, conforme apresentado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Instrumentos de coleta de dados

Fonte de coleta	Dados obtidos
Campo	Informações sobre a origem e quantidade dos RSU recebidos e precipitação pluviométrica diária na área do aterro
Aterro sanitário	Informações relacionadas aos aspectos construtivos e operacionais do aterro <ul style="list-style-type: none"> • Vazão de lixiviado
Prefeitura Municipal de Cruz das Almas	<ul style="list-style-type: none"> • Gerenciamento dos RSU (trajeto, horário, frequência, bairros atendidos, informações sobre outro tipo de tratamento do RSU e tipo de veículo utilizado no transporte dos resíduos)
Estação Climatológica do município (EMBRAPA) – Estação 83222	<ul style="list-style-type: none"> • Dados pluviométricos diários de Cruz das Almas-BA

3.5 PROCEDIMENTOS PARA DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E FÍSICO-QUÍMICOS DO RSU

As amostras coletadas foram encaminhadas a um espaço na EEA/UEFS e ao Laboratório de Saneamento do DTEC/UEFS, onde foram submetidas aos ensaios de caracterização física (teor de umidade) e físico-química (STV e teor de lignina), de acordo com as metodologias adotadas por Machado e outros (2005); São Mateus (2008); Tavares e outros (2007).

3.5.1 Determinação da composição gravimétrica

A composição gravimétrica dos resíduos foi obtida a partir da separação manual e pesagem de cada um dos componentes dos resíduos coletados, conforme listados na Tabela 3.3, seguindo o critério de classificação dos componentes adotado por Carvalho (1999); Machado e outros (2005); São Mateus (2008) e Carvalho e outros (2010).

Tabela 3.3: Descrição dos componentes dos RSU (CARVALHO, 1999)

Componente	Descrição
Fração pastosa	Matéria orgânica, solos e outros materiais não passíveis de separação
Plásticos	Todos os tipos de materiais plásticos (sacos de lixo, sacolinhas, embalagens, plásticos duros, garrafas plásticas)
Vidros	Frascos e cacos de vidro
Metais	Sucatas de alumínio, ferro, aço, latas, pregos, moedas, e outros
Papéis	Jornal, papelão, embalagens e outros
Borracha	Tiras de chinelo, de pneus, e outros
Têxteis	Tecido, trapo e couro
Madeira	Madeiras
Pedras	Pedras e cerâmicas
Outros	Embalagens Tetrapark, tampas de garrafas, ossos, espuma, isopor, cabelo e etc.

Uma vez obtidos os componentes, os mesmos foram colocados em sacos plásticos, vedados, identificados (Figura 3.15), pesados e transportados a um espaço aberto na EEA/UEFS para secagem.

O percentual de cada constituinte do RSU foi determinado em base úmida e base seca. Cada componente do resíduo possui uma capacidade de retenção de umidade diferenciada e, em base seca, a influência da água sobre os resultados é excluída, o que permite calcular a real participação de cada componente no resíduo (SÃO MATEUS, 2008).



Figura 3.15: Separação e identificação dos componentes do RSU

O material coletado foi colocado em bandejas de alumínio, de plástico e caixas de papelão. As bandejas de alumínio foram colocadas em estufa com temperatura de 70°C, na EEA e no Laboratório de Saneamento, até a constância de peso, conforme descrito por Carvalho (1999). As bandejas de plástico, um total de 10 unidades, mediam 15cm de altura, 40cm de largura e 58cm de comprimento e as caixas tinham dimensões variáveis. As menores caixas mediam 13cm de altura, 9,5cm de largura e 45cm de comprimento e as maiores mediam 30cm de altura, 43cm de largura e 63cm de comprimento. Os gráficos do Apêndice I mostram o cronograma de pesagem das amostras, até a estabilização do peso.

Devido ao número insuficiente de estufas elétricas, alguns componentes (Papel, Têxteis, Madeira, Coco e Pedra) foram inicialmente postos nas caixas de papelão e nas bandejas de plástico colocadas dentro de grades de metal (para evitar perda de material), totalizando doze, com dimensões de 1,05m de comprimento, 97cm de largura e 70cm de altura, para secarem ao ar livre na EEA (Figura 3.16). Sua secagem era finalizada na estufa; exceto a fração pastosa que, em função do seu rápido processo de biodegradação, era imediatamente colocada nas estufas da EEA e do Laboratório de Saneamento – DTEC/UEFS. Para os demais componentes (metal, plásticos, vidro e outros), a secagem foi realizada ao ar livre sem a utilização de estufa elétrica. A secagem teve o objetivo de determinar o teor de umidade do RSU e a sua composição gravimétrica em base seca.



Figura 3.16: Secagem dos resíduos em área aberta, na EEA/UEFS

O material utilizado para a determinação da composição gravimétrica foi também aproveitado para a determinação do STV e teor de lignina. A soma do peso

úmido de cada componente forneceu o peso úmido total da amostra e o mesmo foi feito com os pesos secos, para obtenção da umidade do resíduo.

3.5.2 Determinação do teor de umidade

O teor de umidade em base úmida (w_{BU}) foi obtido pela diferença entre o peso inicial e o peso seco final do resíduo, dividido pelo peso inicial, conforme Equação 3.1 (SILVEIRA, 2004; TAVARES e outros, 2007; CATAPRETA, 2008;).

$$w_{BU}(\%) = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad \text{Equação (3.1)}$$

Onde, w_{BU} = Teor de umidade em base úmida; P_i = Peso inicial da amostra e P_f = Peso final da amostra após secagem.

O teor de umidade em base seca (w_{BS}) foi obtido pela diferença entre o peso inicial e o peso seco final do resíduo, dividido pelo peso final, como demonstrado na Equação 3.2.

$$w_{BS}(\%) = \frac{P_i - P_f}{P_f} \times 100 \quad \text{Equação (3.2)}$$

O Teor de umidade é dado em porcentagem.

3.5.3 Determinação do teor de Sólidos Totais Voláteis (STV)

O ensaio para determinação do STV foi realizado no Laboratório de Saneamento – DTEC/UEFS. O STV foi determinado para a fração pastosa dos resíduos, a qual foi colocada em um triturador para reduzir o tamanho das partículas. Pequenas quantidades desse material, 50g, foram postas em uma estufa para secagem a 70°C, durante uma hora. Após secagem, a amostra foi pesada em balança analítica e, em seguida, posta em cápsula de porcelana e calcinada em mufla a 550°C, durante duas horas (Figura 3.16). Em seguida, a amostra foi novamente pesada.

A partir da 3ª amostra, foi utilizada, além da metodologia adotada por Carvalho (1999), uma segunda metodologia baseada na norma CETESB (1998), para comparação com a metodologia prescrita nesta norma. Para cada metodologia, foram realizados ensaios em duas amostras de cada coleta.

Na metodologia do CETESB (1998), a amostra foi triturada e reduzida a uma quantidade de 50g. Em seguida, foi levada à estufa a 103°C/12h; retirada, pesada e posta na mufla a 550°C/1h. Após 1 hora, a amostra foi retirada da mufla e pesada.

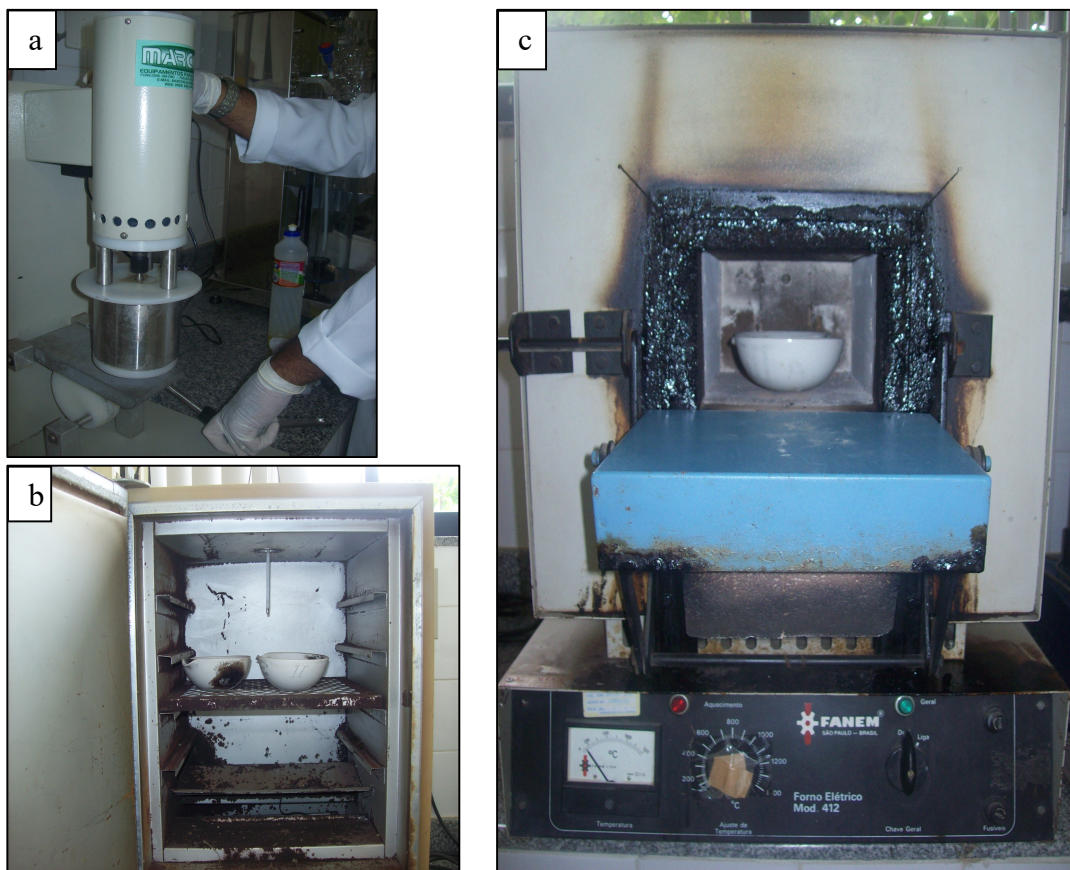


Figura 3.17: Trituração (a), secagem das amostras na estufa (b) e na mufla (c).

A diferença entre os pesos da amostra, após secagem na estufa e na mufla, multiplicada por 100 e dividida pelo peso da amostra após estufa, determinou o valor de STV.

Uma vez obtido o STV, foi possível quantificar o teor de matéria orgânica em decorrência da fração pastosa, a partir da multiplicação do teor de STV pelo percentual da fração pastosa.

3.5.4 Determinação do teor de lignina

O ensaio para determinação do teor de lignina na fração pastosa do RSU foi determinado de acordo com a metodologia de Hartfield e outros (1994), adaptada pelo Laboratório de Geotecnia Ambiental, da Universidade Federal da Bahia.

Tomou-se uma parte da fração pastosa previamente seca na estufa, resultante da caracterização, triturou-se e separou-se 3g. A amostra de 3g foi levada à estufa (70°C/1h) e, posteriormente, pesada. Em seguida, adicionou-se 150ml de solução 2:1 de tolueno (100ml) e etanol a 95% (50ml). A mistura ficou em repouso durante 1h. Após esse período, a mistura foi filtrada em uma peneira de alumínio (abertura da malha de 0,05mm, n°35 da ABNT) e a solução foi devidamente descartada. O material que ficou retido na peneira foi colocado em um béquer, levado à estufa (70°C/1h) e pesado. Em seguida, foi adicionado 150ml de ácido sulfúrico a 72% na amostra. A mistura ficou em repouso por 24h. Transcorrido o tempo, adicionou-se à mistura uma solução de 1500ml de água destilada e 70ml de ácido sulfúrico a 72%. A amostra foi novamente filtrada na peneira e o material que ficou retido após filtração foi transferido para o béquer, levado à estufa, para secagem e a solução foi descartada. Ao sair da estufa, o material foi transferido para um cadinho de porcelana e pesado. Posteriormente, foi levado à mufla (550°C/2h) e, novamente pesado. O valor do teor de lignina foi obtido pela diferença entre a massa do resíduo que foi à mufla e a massa das cinzas após queima na mufla, dividida pela primeira.

À exceção das demais amostras, para o ensaio da amostra 04 foi utilizado o aparelho do kitassato ligado ao sistema de filtração a vácuo, para filtração do material na pedra porosa do equipamento.

3.6 MÉTODO DE ANÁLISE DE DADOS

Os dados pluviométricos diários, registrados no município, foram lançados em gráficos para análise da variação pluviométrica nos últimos 05 (cinco) anos, incluindo 2010 e, para análise da influência sobre o do teor de umidade inicial do RSU. Além disto, foi calculado o volume de água de chuva que entra com os resíduos nas células e a sua contribuição para a geração do lixiviado, associando à pluviosidade na área do aterro. Avaliou-se também a variação de STV com o teor de umidade inicial do RSU e o teor de lignina, em função da época do ano.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

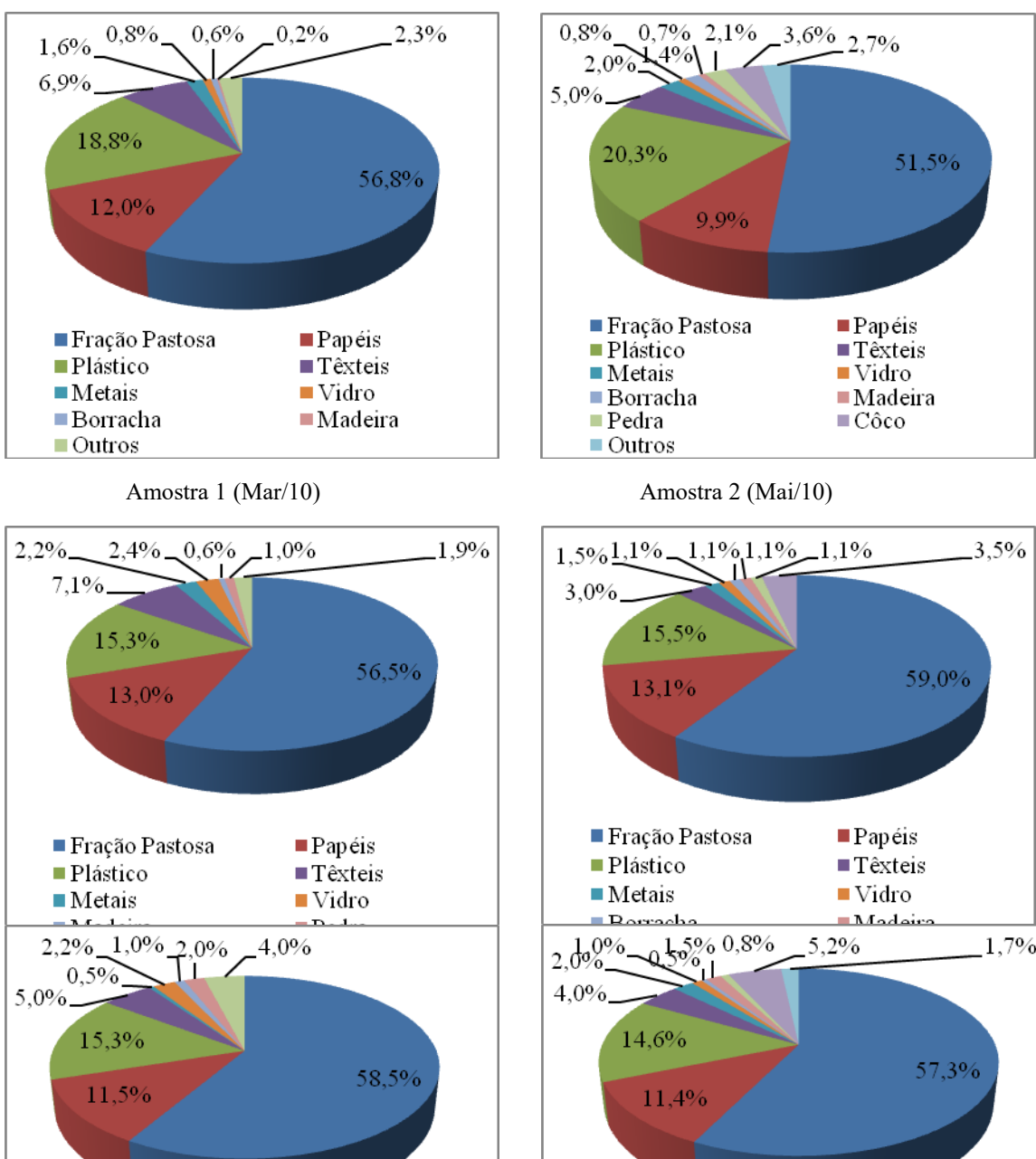
Neste capítulo são apresentados e discutidos os dados coletados e os resultados dos ensaios realizados em laboratório, com os RSU coletados no Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas-Ba.

4.1 PARÂMETROS DO RSU

Neste item, os parâmetros determinados para o RSU, tais como, composição gravimétrica, teor de umidade, STV e teor de lignina são apresentados.

4.1.1 Composição gravimétrica

A Figura 4.1 mostra a composição gravimétrica, em base úmida, dos resíduos no momento em que chegaram ao Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas (resíduos novos), obtidos a partir de oito amostras coletadas em diferentes épocas do ano.



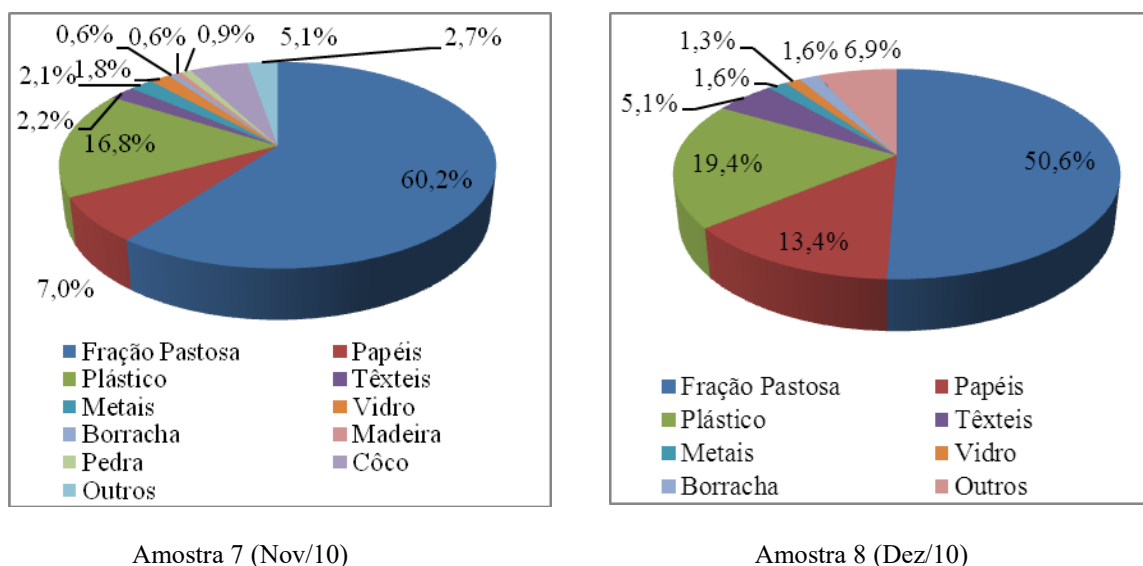


Figura 4.1: Composição gravimétrica, em base úmida, dos RSU novos coletados no Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas/BA.

Os valores mostrados na Figura 4.1 destacam a predominância da Fração Pastosa em todas as coletas (acima de 50%); seguida de Plásticos (entre 14 e 20%) e Papéis (entre 7 e 13,4%). O componente “côco” foi encontrado nas coletas 2, 6 e 7 representando 3,6; 5,2 e 5,1% do total das respectivas amostras. É possível que nessas coletas uma parte dos resíduos seja da zona rural de Sapeaçu, um dos municípios que dispõem seus resíduos no aterro.

Os valores obtidos se aproximam daqueles encontrados por Padilla e outros (2007) para os resíduos da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (BH); Maciel e outros (2009a) para o Aterro da Muribeca (PE); Machado e outros (2010) para o Aterro Metropolitano Centro (Salvador); Tavares e outros (2010) para os resíduos de Maceió;

Gómez e outros (2009) para os resíduos de Chihuahua (México); Kanat (2010) para os resíduos de Istambul e Santos (2011) para os resíduos do Aterro Metropolitano Centro (Salvador). Os valores comparativos encontram-se na Tabela 4.1.

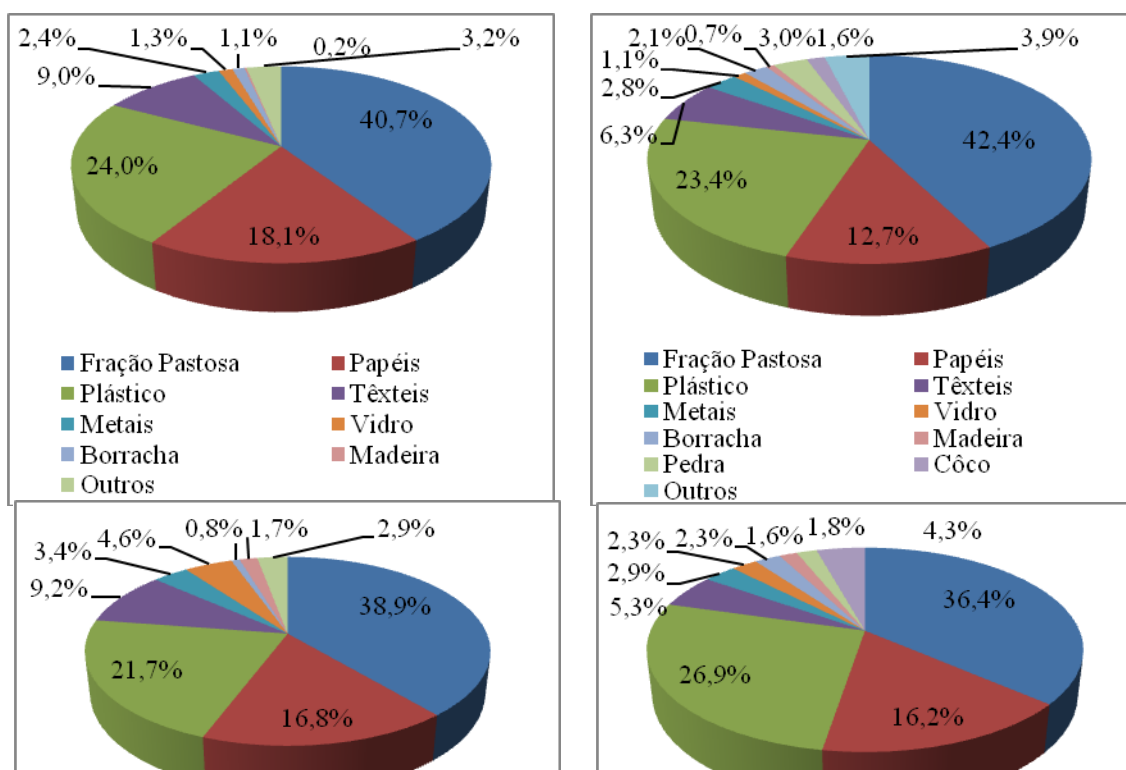
Tabela 4.1: Comparação da composição gravimétrica média dos resíduos, em base úmida, do Aterro Sanitário de Cruz das Almas-Ba com valores encontrados na literatura

Componente (%)	Aterro Sanitário de Cruz das Almas (2010) *	Padilla e outros (2007)	Gómez e outros (2009)	Maciel e outros (2009a)	Kanat (2010)	Machado e outros (2010)	Tavares e outros (2010)	Santos (2011)
Fração Pastosa	56,3	61,5	45,0	44,4	50,0	42,9	60,0	42,3
Plásticos	16,5	10,8	13,0	20,1	18,0	18,7	13,0	18,8
Papéis	11,9	9,5	17,0	14,2	14,0	19,7	8,3	20,0
Têxteis	4,8	-	-	4,4	6,0	4,5**	3,0	4,2
Metais	1,7	2,3	3,0	1,7	2,0	1,5	1,8	1,4
Pedra	1,0	-	-	-	-	5,9	-	5,7
Borracha	0,7	-	-	1,6	-	-	0,1	0,3
Vidro	1,4	2,8	5,0	7,0	7,0	1,7	0,9	1,6
Madeira	0,7	-	-	1,8	-	5,2	0,3	5,3
Coco	1,7	-	-	2,7	-	-	-	-
Outros	3,2	12,8	16,0	4,7	3,0	-	11,9	-

*média aritmética das oito amostras coletadas

** inclui borracha e couro

A composição gravimétrica em base seca das diversas amostras estudadas é apresentada na Figura 4.2.



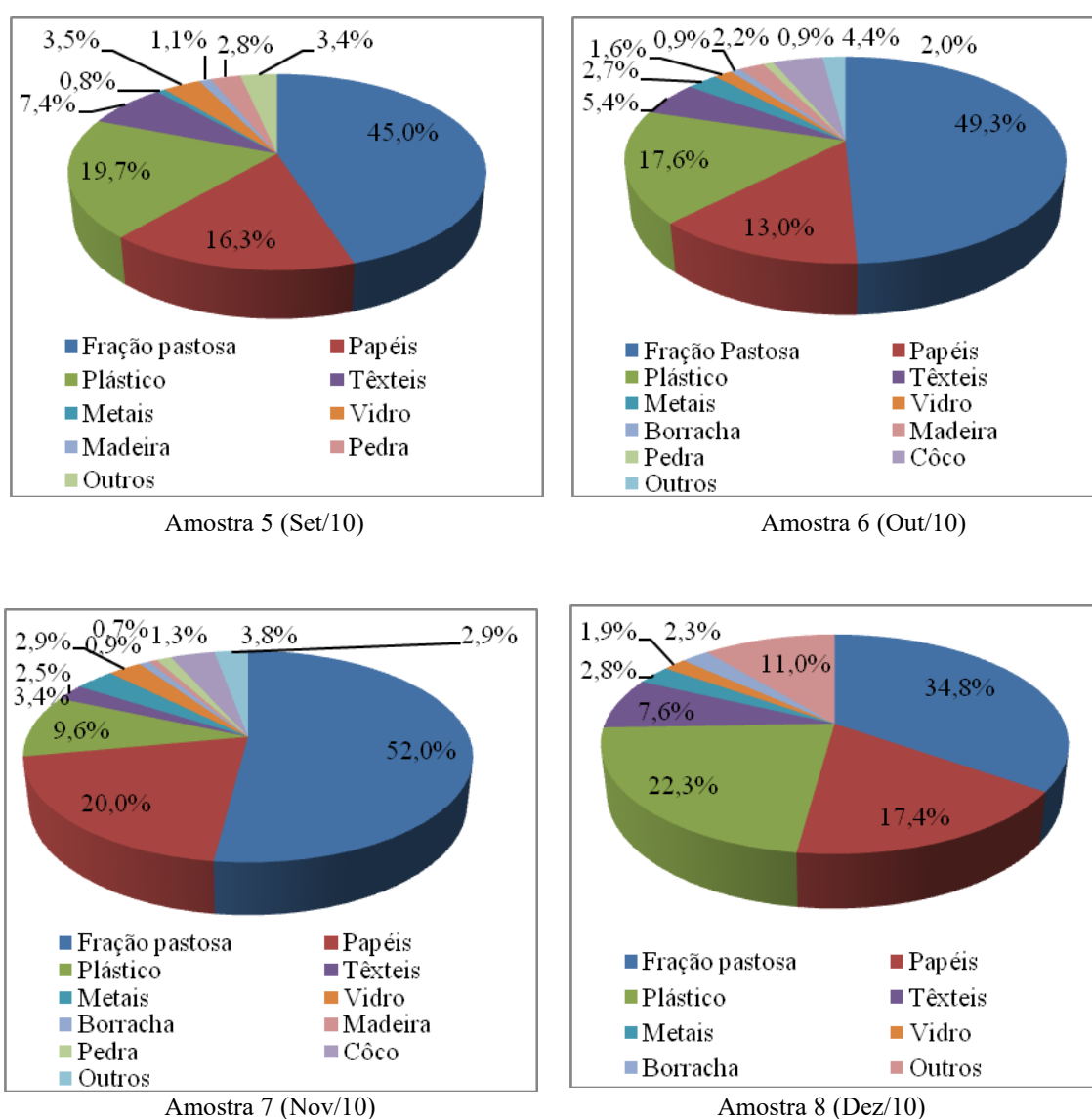


Figura 4.2: Composição gravimétrica, em base seca, dos RSU novos coletados no Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas/BA.

Na composição em base seca, predominou a Fração Pastosa em todas as amostras, tendo uma média de 42,4% do total da massa seca. Os componentes plástico e papel, assim como na caracterização em base úmida, vieram em seguida, com médias de 21,9% e 15%, respectivamente.

Os valores encontrados para estes componentes estão coerentes com aqueles encontrados na literatura por Magrinho e outros (2006) para os resíduos de Portugal; Maciel e outros (2009a) para o aterro da Muribeca (PE) e Santos (2011) para o Aterro Metropolitano Centro (Salvador).

Os dados da Tabela 4.2 trazem a comparação entre os valores obtidos nesta pesquisa e os resultados encontrados por autores em outros aterros no Brasil e em Portugal.

Tabela 4.2: Comparação da composição gravimétrica média dos resíduos, em base seca, do Aterro Sanitário de Cruz das Almas-Ba com valores encontrados na literatura

Componente (%)	Aterro Sanitário de Cruz das Almas (2010)*	Magrinho e outros (2006)	Maciel e outros (2009a)	Santos (2011)
Fração pastosa	42,4	35,5	42,6	35,4
Plásticos	21,9	11,5	23,7	20,9
Papéis	15,0	25,9	12,4	17,8
Têxteis	6,6	3,4	4,3	3,8
Metais	2,7	2,6	2,5	2,5
Pedra	1,4	-	-	9,7
Borracha	1,2	-	2,5	0,6
Vidro	2,4	5,4	1,0	3,4
Madeira	0,9	0,7	2,1	5,7
Coco	1,2	-	1,5	-
Outros	4,2	2,2	7,0	-

* média aritmética das oito amostras coletadas

4.1.2 Teor de Umidade dos RSU

O teor de umidade, em base úmida e seca, para as diversas amostras é mostrado na Figura 4.3.

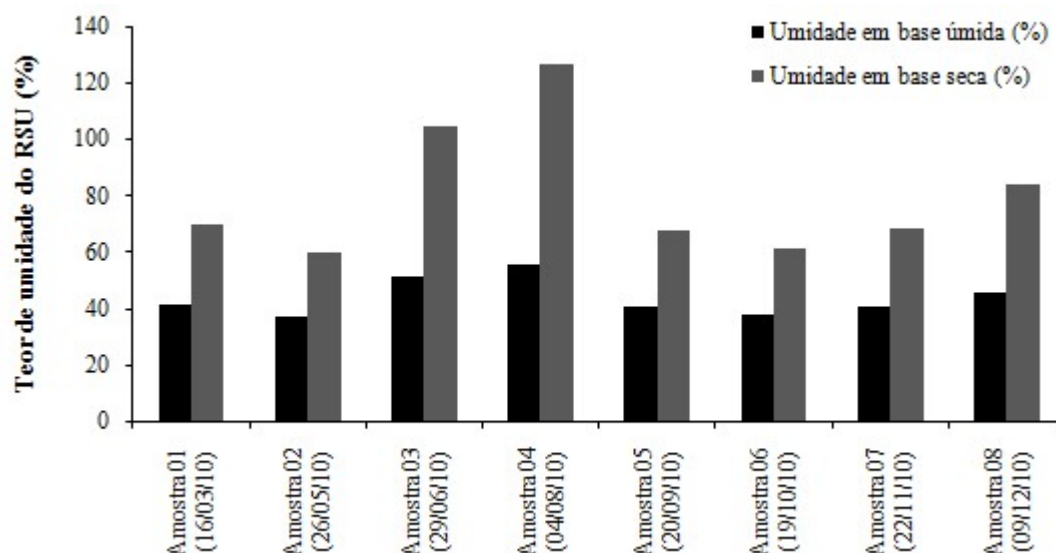


Figura 4.3: Teor de umidade dos RSU, em base úmida e seca, das amostras 01 a 08.

A Tabela 4.3 compara os resultados para o teor de umidade (base úmida e base seca), encontrados nos resíduos sólidos do Aterro de Cruz das Almas, com os valores encontrados na literatura, em diversos locais.

Tabela 4.3 Comparação entre o teor de umidade (base úmida e base seca) encontrado nos resíduos do Aterro Sanitário de Cruz das Almas-Ba (2010) e os valores encontrados na literatura

Autor	Local	Teor de umidade base úmida (%)	Teor de umidade base seca (%)
-	Aterro de Cruz das Almas (BA)	37 a 56	59 a 127
Leite e outros (2002)	Resíduos da Paraíba	-	80
Padilla e outros (2007)	Aterro Experimental em Belo Horizonte	50-55	-
Hao e outros (2008)	Resíduos de Hangzhou (China)	55	-
São Mateus (2008)	Aterro Metropolitano Centro (Salvador)	-	83 a 134
Jun e outros (2009)	Aterro Pajjia (China)	28,4	-
Kumar e Goel (2009)	Resíduos de Kharagpur (Índia)	42	-
Maciel e outros (2009a)	Aterro da Muribeca (PE)	52,3	-
Machado e outros (2009)	Aterro Metropolitano Centro (Salvador)	47,6	93
Papachristou e outros (2009)	Thessaloniki (Grécia)	27,7	-
Santos (2011)	Aterro Metropolitano Centro (Salvador)	50,2	102,9

Observa-se, na Figura 4.3 e na Tabela 4.3, que o teor de umidade, em base úmida, variou entre 37% (maio) e 56% (agosto). Esse comportamento também foi descrito por autores como Padilla e outros (2007), que encontraram valores entre 50-55% para os resíduos do Aterro Experimental em Belo Horizonte. Hao e outros (2008) obtiveram o teor de umidade de 55% para os resíduos de Hangzhou (China), Kumar e Goel (2009) encontraram valores de 42% para os resíduos de Kharagpur (Índia), Maciel e outros (2009a), em pesquisa realizada no Aterro da Muribeca (PE) obtiveram o teor de umidade de 52,3%, Machado e outros (2009) e Santos (2011), os quais encontraram, respectivamente, 47,6% e 50,2% de umidade nos resíduos do Aterro Metropolitano Centro (Salvador). Em contrapartida, os valores obtidos no presente trabalho foram superiores aos encontrados por Jun e outros (2009) no aterro Paijia (China) e Papachristou e outros (2009) em Thessaloniki (Grécia), os quais encontraram valores de 28,4% e 27,7%, respectivamente. Deve-se observar que o teor de umidade é bastante variável de um local para outro, sendo função do tipo de resíduo gerado e das condições climáticas de cada local.

Para o teor de umidade, em base seca, observa-se que a variação foi de 59% (maio) a 127% (agosto), sendo a maior parte inferior aos encontrados por São Mateus (2008) e Machado e outros (2009) para os resíduos do Aterro Metropolitano Centro em Salvador, da ordem de 83% a 134% e, 93% (média), respectivamente. A média do teor de umidade, em base seca, para os resíduos do aterro de Cruz das Almas-Ba foi de 80,4%; resultado também encontrado por Leite (2002) para os resíduos da Paraíba (80%).

No Apêndice II estão os valores apresentados na Figura 4.3 e, o teor de umidade de cada componente dos RSU estudados encontra-se no Apêndice III.

O componente com maior teor de umidade foi a fração pastosa, confirmando o exposto por Carvalho (1999), seguido do coco.

4.1.3 Sólidos Totais Voláteis (STV)

Os resultados dos ensaios de STV, para cada metodologia utilizada, são apresentados nas Figuras 4.4 e 4.5.

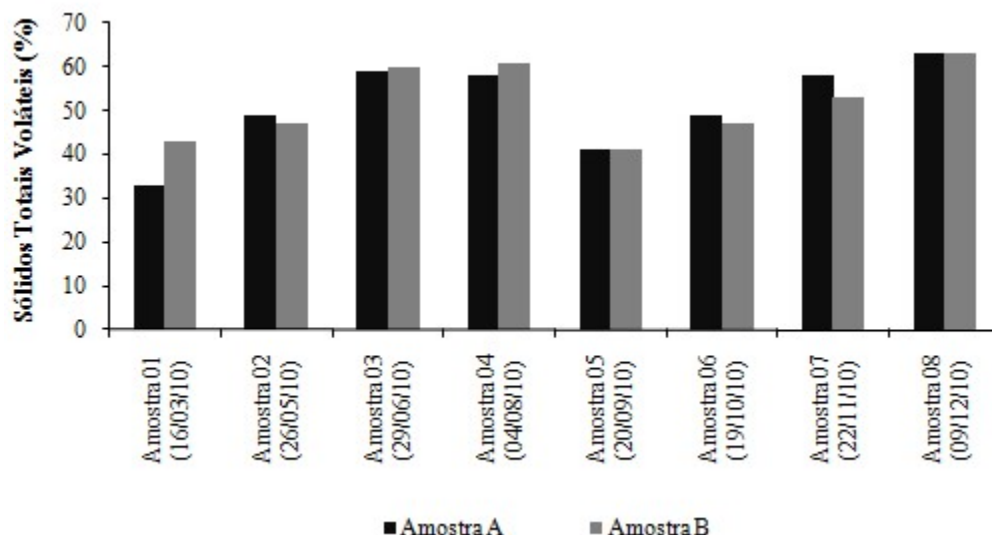


Figura 4.4: Valores de STV das amostras A e B de RSU (metodologia adotada por CARVALHO, 1999) – Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas/BA.

Os valores de STV encontrados variaram de 33% a 63%, entre as amostras. Os resultados encontrados foram compatíveis com aqueles encontrados por Jun e outros (2009), para os resíduos do Aterro Paijia (China), Machado e outros (2009), para os resíduos do Aterro de Salvador, Maciel e outros (2009a), para os resíduos do Aterro da Muribeca (PE) e Santos (2011), para os resíduos do aterro Metropolitano Centro (Salvador) os quais apresentaram valores em torno de 33,2%, 57,9%, 50,9% e 56,2% respectivamente, para os resíduos novos.

Em contrapartida, os valores encontrados na pesquisa foram inferiores aos obtidos por Leite e outros (2002) para os resíduos novos coletados no lixão da Paraíba, François e outros (2006) para os resíduos novos da França e Teixeira e outros (2009) para os resíduos novos, coletados dos contêineres de diferentes bairros de Caxias do Sul, os quais obtiveram valores em torno de 69%. Os resultados expressam a quantidade de matéria orgânica presente nos resíduos e refletem a idade do resíduo e época do ano.

A Figura 4.5 apresenta os valores de STV encontrados, a partir do emprego da metodologia CETESB (1998).

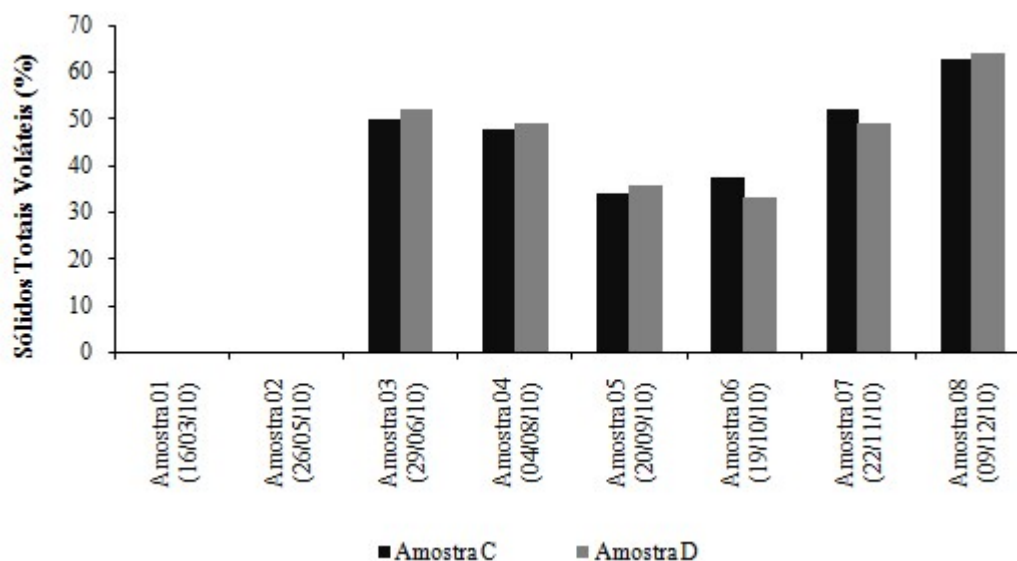


Figura 4.5: Valores de STV das amostras C e D de RSU (metodologia CETESB, 1998) – Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas/BA.

Os valores de STV encontrados tiveram variação de 33% a 64%, sendo semelhantes aos resultados obtidos pela metodologia adotada por Carvalho (1999), em linhas gerais. Entretanto, analisando os valores individuais, observa-se que a metodologia adotada por Carvalho (1999) fornece valores maiores que a metodologia CETESB (1998). Isto pode ser atribuído à queima de matéria orgânica, pois nesta metodologia a temperatura foi superior à metodologia adotada por Carvalho (1999).

A Tabela 4.4 apresenta os valores comparativos de STV, obtidos nesta pesquisa e encontrados em resíduos de diversos locais.

Tabela 4.4: Comparação dos valores encontrados para o STV nos resíduos do Aterro Sanitário de Cruz das Almas-Ba (2010) com outros valores encontrados na literatura

Autor	Local	STV (%)
	Aterro sanitário de Cruz das Almas	33 - 64
Jun e outros (2009)	Aterro Pajjia (China)	33,2
Machado e outros (2009)	Aterro Metropolitano Centro (Salvador)	57,9
Maciel e outros (2009a)	Aterro da Muribeca (PE)	50,9
Leite e outros (2002)	Lixão da Paraíba	69
François e outros (2006)	Resíduos da França	69,3
Teixeira e outros (2009)	Caxias do Sul (RS)	69,4
Santos (2011)	Aterro Metropolitano Centro (Salvador)	56,2

Os valores dos teores de STV das amostras analisadas, o Desvio Padrão em relação à média da duplicata e a quantidade de matéria orgânica na fração pastosa estão apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Teor de STV e fração pastosa no RSU – Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas/Ba

Data da coleta (2010)	Amostra	% de FP	STV (%)	Desvio Padrão (%)	Matéria orgânica presente na Fração Pastosa (%)
16/Março	1 A	40,7	33	7,07	13,43
	1 B	40,7	43		17,50
26/Maio	2 A	42,4	49	1,41	20,78
	2 B	42,4	47		19,93
29/Junho	3 A	38,9	59	0,71	22,95
	3 B	38,9	60		23,34
	3 C	38,9	50	1,41	19,45
	3 D	38,9	52		20,23
04/Agosto	4 A	36,4	58	2,12	21,11
	4 B	36,4	61		22,20
	4 C	36,4	48	0,71	17,47
	4 D	36,4	49		17,84
20/Setembro	5 A	45	41	0	18,45
	5 B	45	41		18,45
	5 C	45	34	1,41	15,30
	5 D	45	36		16,20
19/Outubro	6 A	49,3	49	1,41	24,16
	6 B	49,3	47		23,17
	6 C	49,3	37,5	3,18	18,49
	6 D	49,3	33		16,27
22/Novembro	7 A	52,1	58	3,53	30,22
	7 B	52,1	53		27,61
	7 C	52,1	52	2,12	27,09
	7 D	52,1	49		25,53
09/Dezembro	8 A	34,8	63	0	21,92
	8 B	34,8	63		21,92
	8 C	34,8	63	0,71	21,92
	8 D	34,8	64		22,27

A/B: Amostras ensaiadas segundo a metodologia adotada por Carvalho (1999)

C/D: Amostras ensaiadas segundo a metodologia do CETESB (1998)

Percebe-se na Tabela 4.5, que não houve discrepância na percentagem de matéria orgânica presente na fração pastosa, para a maior parte das amostras, onde houve uma variação de 13,43% a 30,22%.

As amostras que apresentaram maior quantidade de matéria orgânica presente na fração pastosa foram coletadas nos meses de junho, outubro e novembro.

A Figura 4.6 apresenta a variação dos valores de STV obtidos nesta pesquisa, a partir do emprego da metodologia adotada por Carvalho (1999), com a umidade inicial dos resíduos.

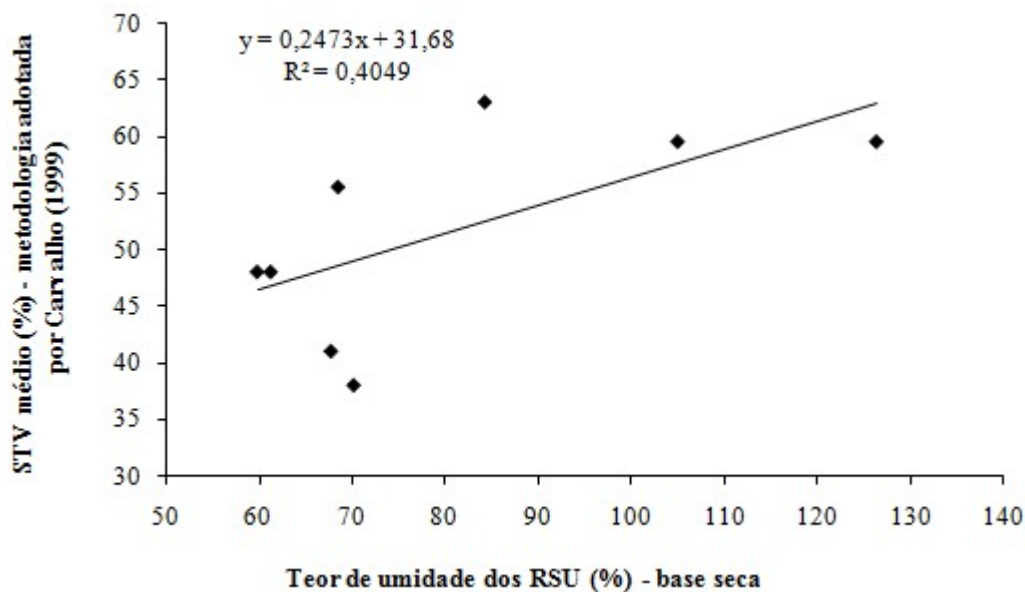


Figura 4.6: Relação entre valores de STV e teor de umidade dos RSU (metodologia adotada por Carvalho, 1999)

Observa-se na Figura 4.6 que o STV não apresentou uma boa correlação linear com a umidade inicial dos resíduos, apresentando um coeficiente de correlação de $R^2=0,40$.

Na Figura 4.7 é apresentada a relação do STV médio, obtido a partir da metodologia CETESB, com o teor de umidade dos resíduos.

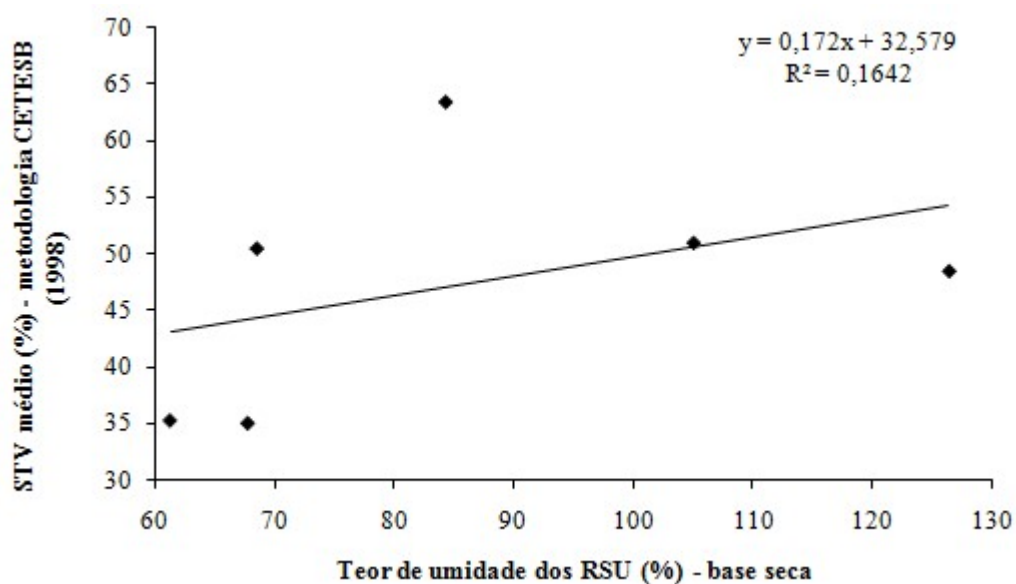


Figura 4.7: Relação entre os valores de STV e teor de umidade dos RSU (metodologia CETESB, 1998)

Observa-se na Figura 4.7, que não há uma relação linear entre o teor de umidade dos resíduos e os valores de STV, para a metodologia do CETESB. O gráfico apresentou um baixo coeficiente de correlação linear ($R^2=0,16$).

4.1.4 Teor de lignina

A Figura 4.8 apresenta os valores de lignina encontrados nos RSU.

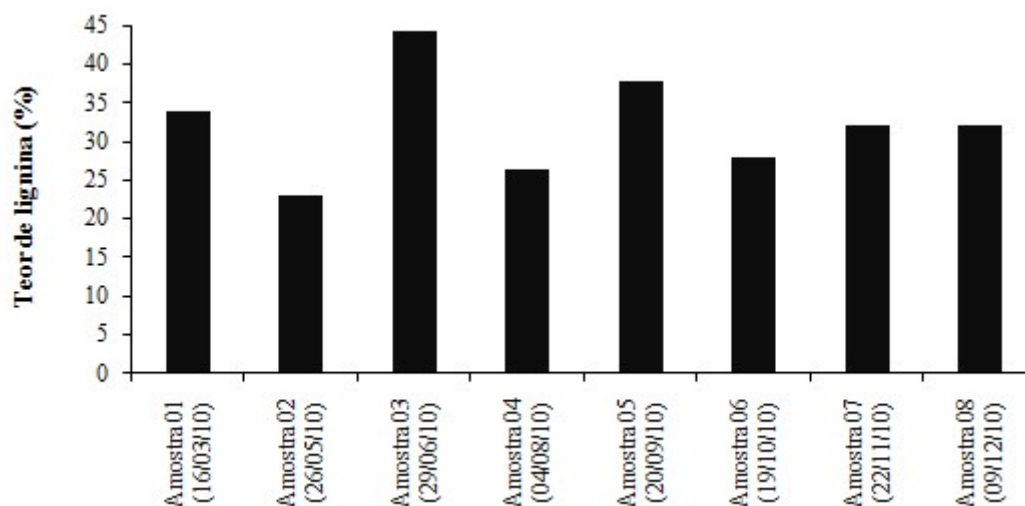


Figura 4.8: Valores de lignina para as amostras 01 a 08.

A comparação dos valores de lignina, obtidos nos resíduos do aterro sanitário de Cruz das Almas e em resíduos de outros aterros, está apresentada na Tabela 4.6.

Tabela 4.6: Comparação entre os teores de lignina obtidos nos resíduos do Aterro Sanitário de Cruz das Almas-Ba (2010) e outros encontrados na literatura

Autor	Local	Teor de lignina (%)
-------	-------	---------------------

-	Aterro sanitário de Cruz das Almas	23 – 44,3
Barlaz (2006)	Aterro de Kentucky (EUA)	18,5
Machado e outros (2009)	Aterro Metropolitano Centro (Salvador)	13
Maciel e outros (2009b)	Aterro da Muribeca(PE)	8,9
Santos (2011)	Aterro Metropolitano Centro (Salvador)	19,6

Os teores de lignina encontrados nas amostras variaram de 23% a 44,3%. Todos os valores foram acima daqueles encontrados por Barlaz (2006) para o aterro de Kentucky (EUA), Machado e outros (2009), para o aterro Metropolitano Centro (Salvador), Maciel e outros (2009b) no aterro da Muribeca e Santos (2011) para os resíduos do aterro Metropolitano Centro (Salvador), os quais obtiveram valores de 18,5%, 13%, 8,9% e 19,6%, respectivamente. Isto pode ser atribuído a dois aspectos: presença de pedaços de plásticos nas amostras ensaiadas e ao procedimento de filtragem, havendo perda de sólidos. A maioria das amostras foi filtrada em peneira com abertura superior à da membrana do kitassato.

A relação entre o teor de lignina e o teor de STV está apresentada na Figura 4.9.

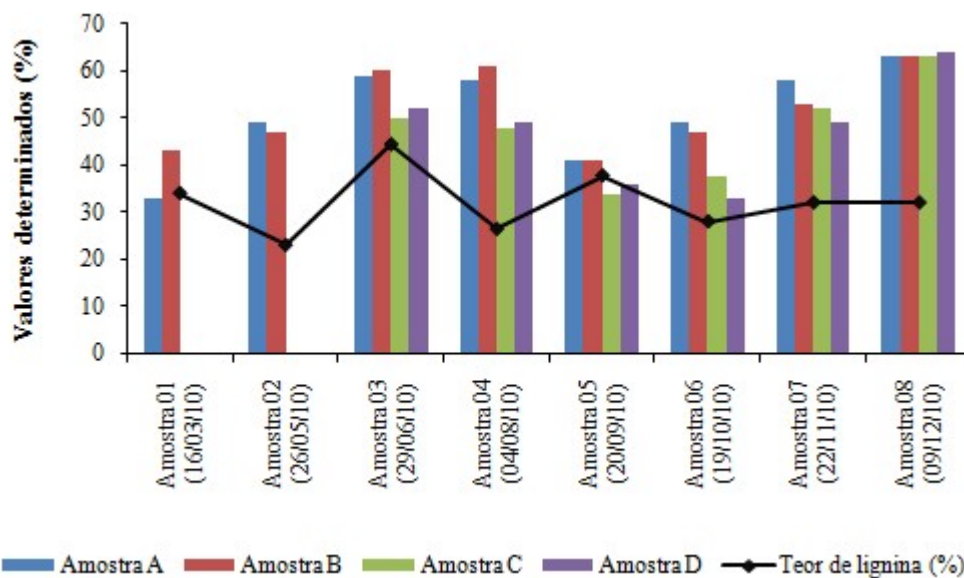


Figura 4.9: Teores de lignina e STV determinados para os RSU estudados

Observa-se na Figura 4.9, que os elevados valores de STV dos resíduos coletados no aterro de Cruz das Almas indicam elevada quantidade de matéria orgânica a ser degradada, característica de resíduos novos ou frescos. Entretanto, o alto teor de

lignina obtido nessas amostras, indicaria que o resíduo estudado não é facilmente degradável, caso não tivesse havido perda de sólidos durante o ensaio.

4.2 PLUVIOMETRIA EM CRUZ DAS ALMAS/BA

Na figura 4.10 são mostrados os dados diários de precipitação pluviométrica de Cruz das Almas, dos últimos 6 anos até 2010 inclusive, registrados na Estação Climatológica 83222, localizada na EMBRAPA e distante 13km do aterro sanitário.

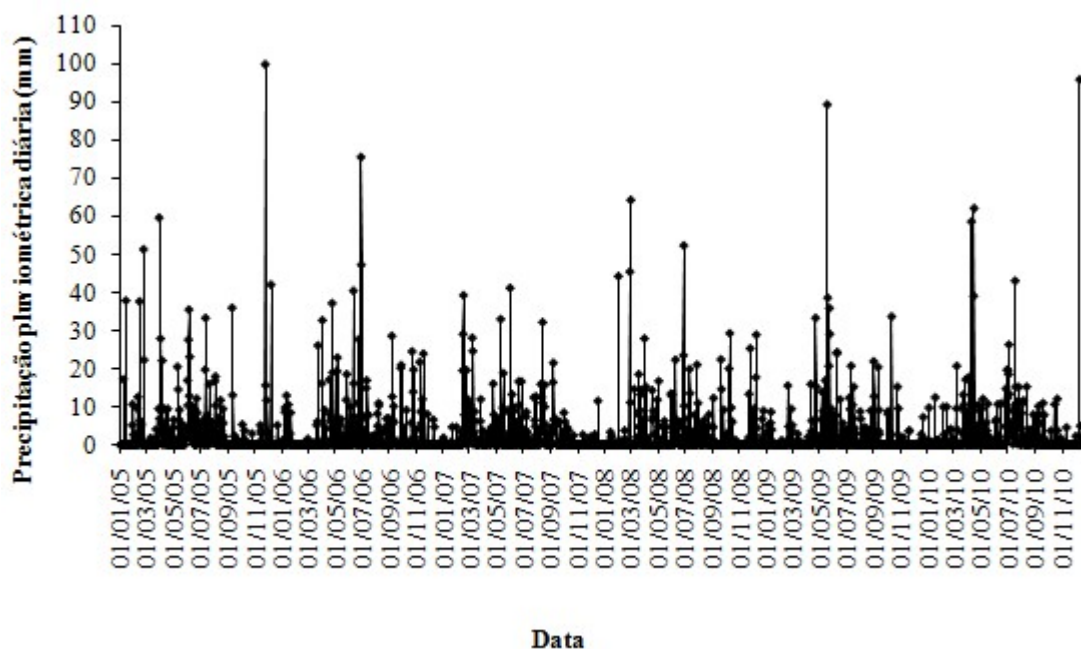


Figura 4.10: Precipitação pluviométrica diária em Cruz das Almas-Ba, registrada na Estação Climatológica da EMBRAPA (Janeiro/2005 – Dezembro/2010)

A partir da Figura 4.10, observa-se que as precipitações diárias máximas ocorrem no quadrimestre Abril-Maio-Junho-Julho (ver ANEXO I). Destaca-se na Figura 4.9 a ocorrência de eventos extremos, para o período considerado não chuvoso, nos dias 25/11/05, 29/02/08 e 10/12/10 onde foram registrados 100,2mm, 64,5mm e 96,2mm, respectivamente. Diariamente, há predominância do total pluviométrico abaixo de 10mm. Os registros diários entre 10 e 30mm são mais reduzidos e a ocorrência de chuvas acima de 60mm é bastante reduzida no período analisado.

A Figura 4.11 apresenta a média da precipitação pluviométrica que ocorreu em cada mês, durante o período de 2005 a 2010, registrada pelo pluviômetro da EMBRAPA.

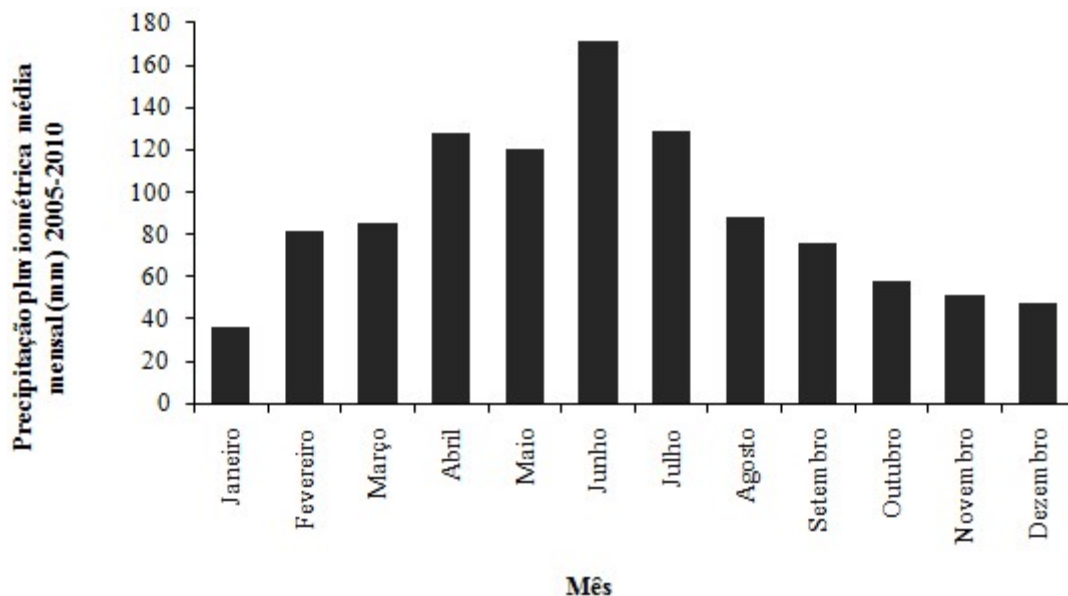


Figura 4.11: Média mensal da precipitação pluviométrica, no período de 2005 a 2010, registrada na Estação Climatológica da EMBRAPA.

Observa-se, a partir da média de chuva mensal incidida em Cruz das Almas que, para o período de 2005 a 2010, os meses de abril-maio-junho-julho foram os mais chuvosos, confirmando o exposto na Figura 4.10.

A Figura 4.12 faz uma comparação entre os totais anuais precipitados, de 2005 a 2010.

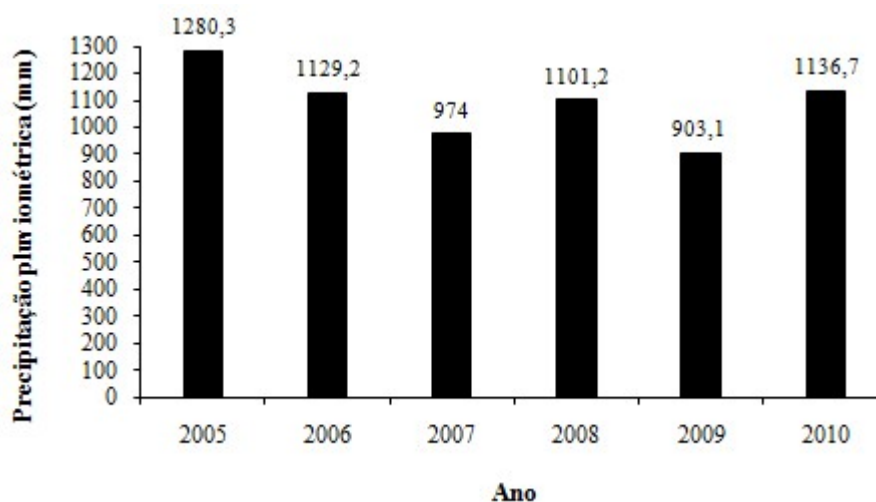


Figura 4.12: Precipitação pluviométrica total para os anos de 2005 a 2010, registrada pela EMBRAPA

Observa-se na Figura 4.12 que 2005 e 2010 foram os anos mais chuvosos e que 2009 foi aquele que registrou as menores ocorrências de chuva. Assim, nota-se que a quantidade precipitada em 2010 foi inferior a apenas 2005 e superior aos demais anos, mesmo havendo pouca diferença em relação ao total anual de 2006.

Em relação à quantidade de dias com chuva, 2007 foi o ano que apresentou maior número (198 dias) e 2009 foi aquele com o menor número de dias com chuva (138 dias), representando 54,2% e 37,8%, respectivamente, do total de dias em cada ano.

Uma escala temporal menor de dados pluviométricos, representada pelo ano de 2010, também foi analisada nesta pesquisa, para melhor identificar o comportamento de chuvas neste ano de coleta de resíduos no aterro, e o resultado é mostrado na Figura 4.13.

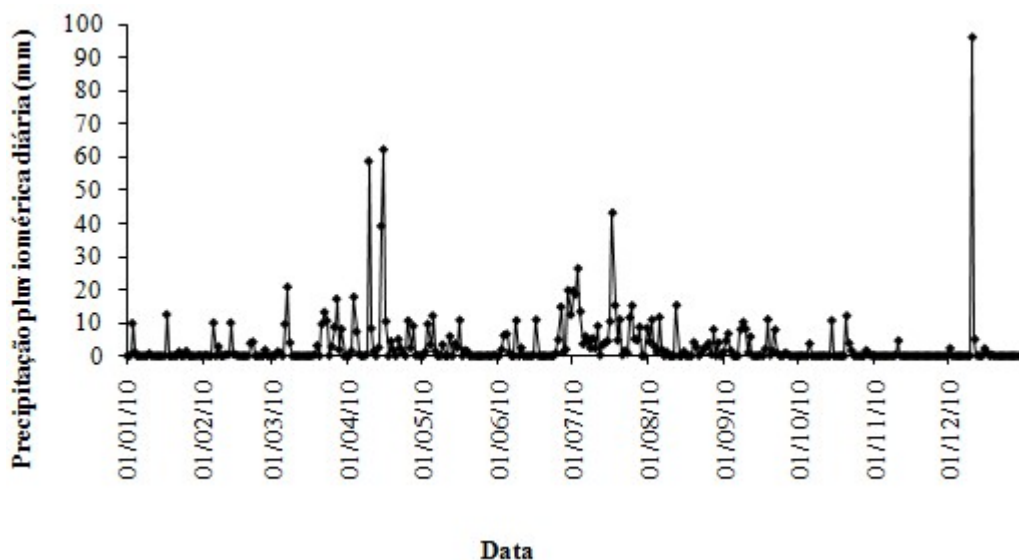


Figura 4.13: Pluviosidade diária de 2010 em Cruz das Almas-Ba, observada na Estação Climatológica da EMBRAPA.

Pode-se observar a partir da Figura 4.13, que o mês de Julho foi o mais chuvoso, com um total de 264,3mm, apresentando mínima de 0,2mm e máxima de 43,2mm. O mês de abril foi o segundo mais chuvoso, com um total de 246,7mm.

Em relação ao número de dias com chuva, este mês também foi o que apresentou maior quantidade de dias com chuva (29 dias). Para a ocorrência de picos isolados durante o ano estudado, o mês de Abril apresentou dois dias com chuvas superiores à 50mm e Dezembro apresentou, em apenas um dia, uma quantidade de chuva de 96,2mm, o que caracteriza um evento extremo para este mês (ver ANEXO I).

De modo geral, a ocorrência de precipitação diária está abaixo de 20mm, sendo baixa a ocorrência de chuva acima desse valor. Durante o ano de 2010 apenas sete dias tiveram registro de chuva acima de 20mm (07/03; 09, 14 e 15/04; 03 e 17/07; 10/12).

4.2.1 Pluviometria na área do Aterro Sanitário de Cruz das Almas/BA

A Figura 4.14 mostra os dados de precipitação pluviométrica na área do aterro, para o ano de 2010, medidos no pluviômetro do aterro, situado próximo à guarita.

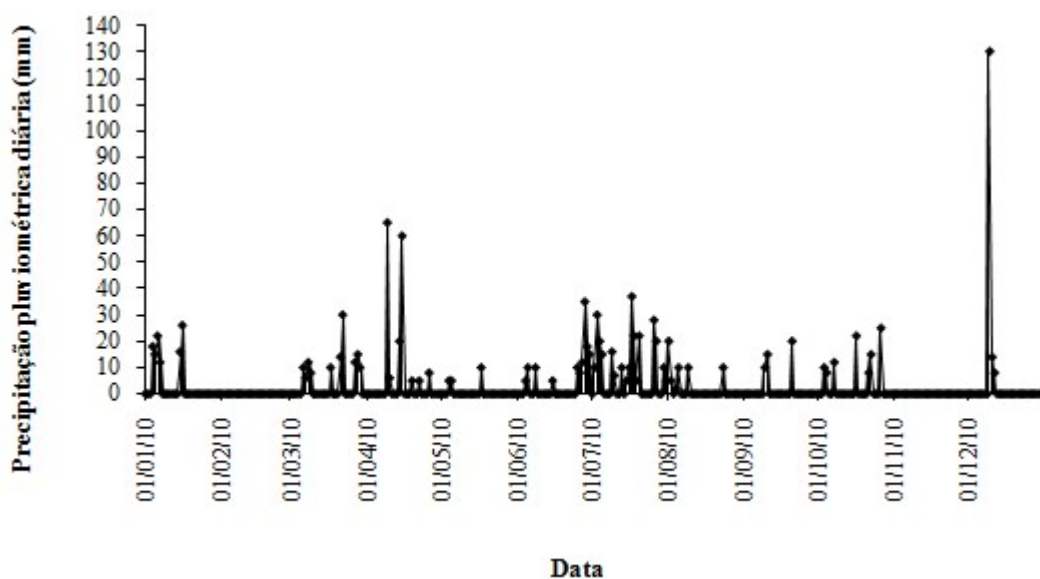


Figura 4.14: Precipitação pluviométrica diária de 2010 no aterro de Cruz das Almas – medições no pluviômetro do aterro.

A incidência diária de chuvas na área do aterro sanitário foi maior nos bimestres Março-Abril e Junho-Julho, quando há registro pluviométrico acima de 30mm (ver ANEXO II). Nos meses de Fevereiro e Novembro, para 2009 e 2010, não houve registro de ocorrência de chuva na área do aterro sanitário.

Assim como registrado na estação da EMBRAPA, julho foi o mês mais chuvoso, acumulando 272mm de chuva e, no mês de Dezembro/2010, houve ocorrência de um evento extremo, registrado pelo pluviômetro do aterro, um total de 130mm para um único dia.

A Figura 4.15 compara os registros pluviométricos diários obtidos do pluviômetro do Aterro sanitário com os dados da Estação Climatológica da EMBRAPA, para 2009 e 2010.

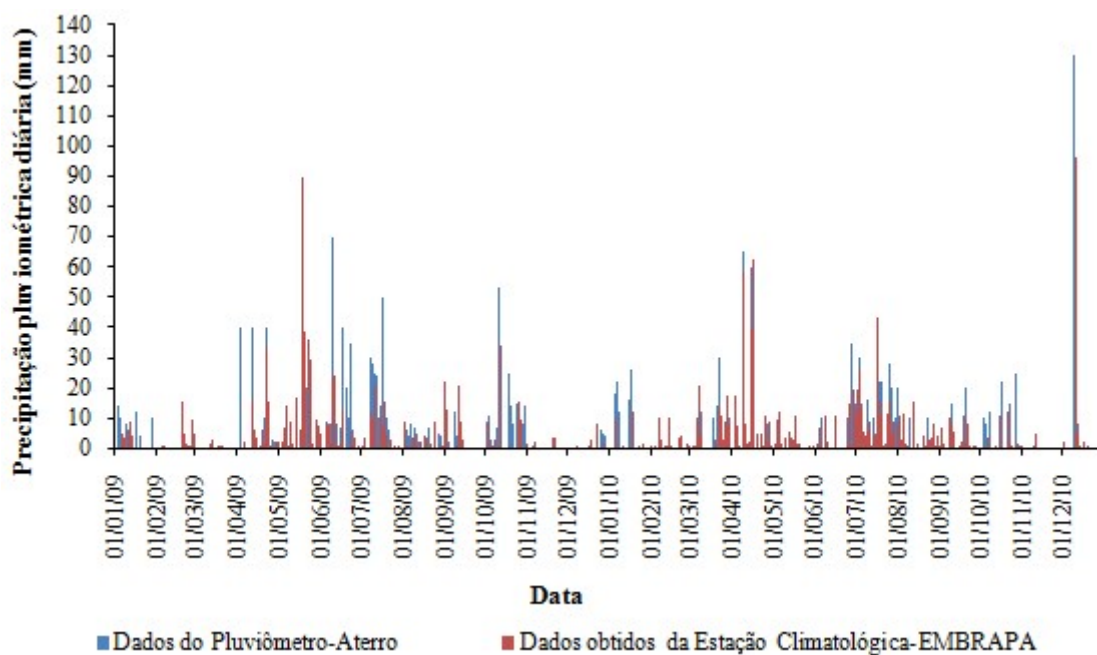


Figura 4.15: Comparação entre os dados pluviométricos registrados no pluviômetro do Aterro Sanitário e na Estação Climatológica da EMBRAPA (Janeiro/2009 – Dezembro/ 2010)

Para o registro do pluviômetro do Aterro, em 2009, Junho foi o mês que apresentou o maior registro de chuva (290mm) e em 2010, Julho obteve o total de 272mm, superior aos demais meses.

Em relação aos meses com maiores ocorrências de chuva, registrada na Estação Climatológica da EMBRAPA, destacam-se os meses de Maio/2009 (295,4mm) e Julho/2010 (264,3mm). Os totais anuais medidos nos pluviômetros estão apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7: Registros de chuva dos pluviômetros do Aterro e da EMBRAPA

Ano	Precipitação pluviométrica registrada no aterro (mm)	Precipitação pluviométrica registrada na EMBRAPA (mm)
2009	1222,0	903,0
2010	1179,0	1136,7

Deve-se salientar que, a partir da análise conjunta dos registros, diariamente, na área do aterro chove mais que o registrado na estação climatológica da EMBRAPA, conforme detalhado no ANEXO I.

Observa-se também que, em ambos os pluviômetros, as maiores ocorrências de chuva se dão no quadrimestre Abril-Maio-Junho-Julho, confirmando o comportamento mostrado na Figura 4.10 para o período 2005-2010.

4.3 LIXIVIADO

A vazão de lixiviados medida pelo funcionário do aterro era, em média, de 5 litros em 5 minutos, correspondendo a 1 l/min, que equivale a 0,017 l/s ou 1,44 m³/dia, valor muito menor do que foi estimado pelo método suíço (0,52 l/s ou 45 m³/dia). Os valores do lixiviado coletado variam no decorrer do ano.

Em medição realizada durante o estudo, coletou-se 11 (onze) litros em 5 (cinco) minutos, dois dias após ter chovido bastante. O valor medido equivale a 2,2 l/min ou 0,04 l/s (3,17 m³/dia), também muito abaixo do estimado pelo método suíço. Entretanto, ligeiramente superior às anotações registradas no aterro, para o ano de 2010. Todos os valores de vazão de lixiviados medidos no aterro foram baixos. Isto indica a necessidade de investigações complementares, para verificar as causas.

A Figura 4.16 mostra a vazão diária do lixiviado, para o ano de 2010, no aterro sanitário de Cruz das Almas.

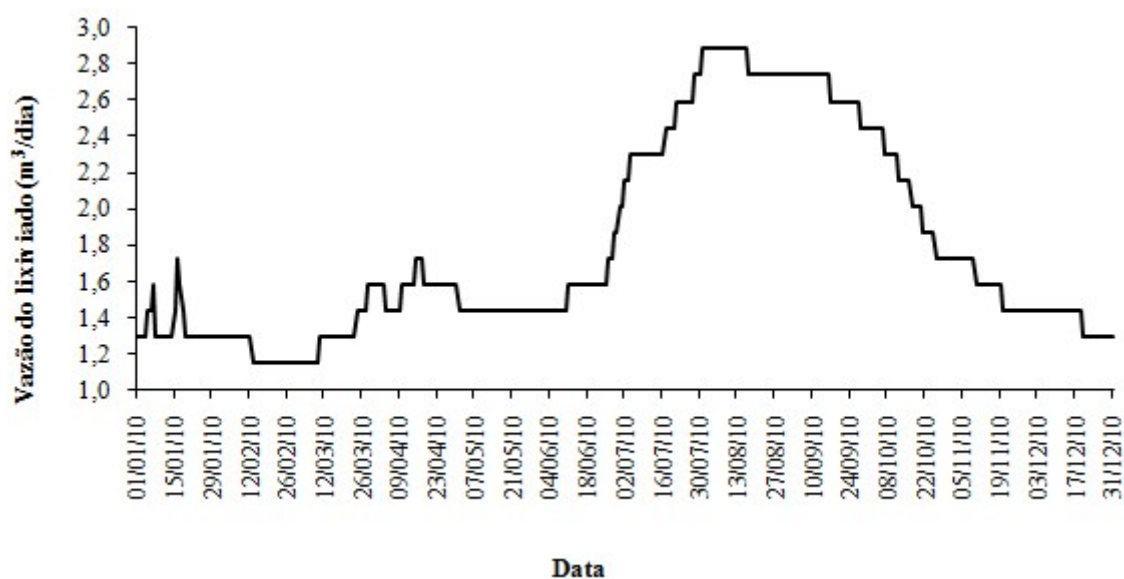


Figura 4.16: Vazão do lixiviado gerado em 2010 no aterro sanitário de Cruz das Almas/BA.

Percebe-se, a partir da Figura 4.16, que o lixiviado teve sua vazão diária mínima de 1,15m³/dia no período de 13/02 a 09/03 (ver ANEXO III). A partir da segunda quinzena de março, a vazão aumentou e sofreu um rápido decréscimo no início de maio, mantendo-se constante até início de junho e voltando a crescer a partir do dia 11/06, atingindo seu máximo de 2,88m³/dia no mês de agosto.

Assim, nota-se que a vazão do lixiviado, para o ano de 2010, teve seus maiores valores nos meses de Julho a Setembro e as menores vazões ocorreram entre Janeiro e Março.

4.3.1 Precipitação pluviométrica no Aterro x Lixiviado

Na Figura 4.17 são apresentados os dados pluviométricos mensais registrados no pluviômetro do aterro e os dados de lixiviados coletados no aterro.

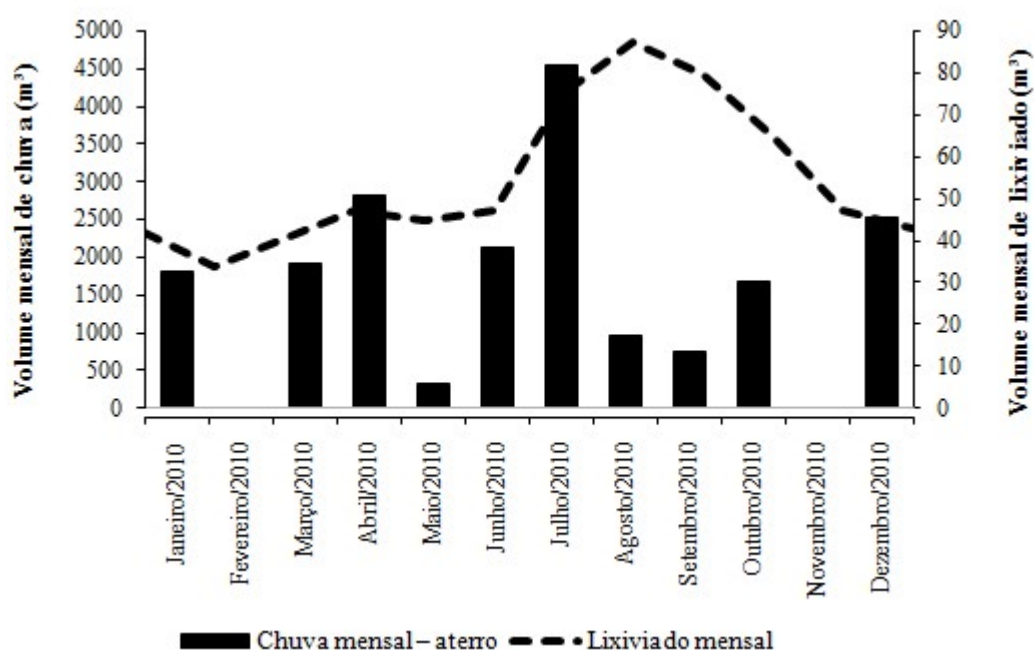


Figura 4.17: Comparação entre a vazão mensal do lixiviado e a precipitação pluviométrica mensal registrada no aterro sanitário, para o ano de 2010.

A análise da Figura 4.17 revela que o volume de lixiviado oscilou em função do regime pluviométrico, embora com valores muito diferentes. Nos períodos de maiores precipitações, foi observada uma elevação da vazão de lixiviados, exceto para o mês de agosto, onde não houve um volume considerável de chuva, mas ocorreu o maior pico de lixiviado. Isto pode ter acontecido pelo fato de no final de julho ter havido maiores ocorrências de pluviosidade.

Além disto, o pico de lixiviados pode estar relacionado com a compressão do RSU devido ao peso próprio e aos efeitos de compactação provocados pelo trator

esteira. A partir de julho, a geração de lixiviados não responde imediatamente à ocorrência de chuvas. A resposta requer certo tempo de retorno. Isto indica a retenção de líquidos na célula, além de ter sido observada a saída de lixiviados nos taludes laterais, conforme mostrado na Figura 4.18.



Figura 4.18: Saída do lixiviado pela lateral do talude

Outro aspecto que precisa ser observado são as análises dos poços de monitoramento, para verificar as concentrações mensais da água subterrânea e avaliar, portanto, se está existindo fuga de lixiviado para esses poços.

Para cada mês, tomou-se como ponto de partida uma sequência de dias chuvosos e considerou-se os oito dias anteriores ao último dia dessa sequência. Calculou-se o total de chuvas que incidiu sobre o aterro nesse período, para observar o comportamento da vazão de lixiviado nos vinte dias subsequentes ao início do período chuvoso, conforme pode ser visto na Tabela 4.8.

Tabela 4.8: Relação dos dias com maiores registros de chuva, volume de lixiviado e precipitação pluviométrica

Mês/2010	Sequência de dias com maiores registros de chuva	Volume de lixiviado acumulado dos 20 dias após o início da sequência de dias chuvosos (m ³)	Precipitação pluviométrica acumulada (Aterro) nos 8 dias anteriores ao final do período chuvoso (m ³)
Janeiro	04, 05, 06 e 07	27,50	1.118,9
Fevereiro	Não houve chuva	33,98	0
Março	27, 28 e 29	27,50	617,9
Abril	14 e 15	31,68	1.002,0
Maio	04 e 05	28,80	167,0
Junho	25 à 30 de junho e 02 à 05 de julho	37,87	2.889,1
Julho	13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20	51,12	1.853,7
Agosto	26, 27, 28, 29, 30, 31	38,30	1.052,1
Setembro	09 e 10	52,85	417,5
Outubro	03, 04, 05, 06 e 07	43,92	501,0
Novembro	Não houve chuva	47,23	0
Dezembro	09, 10 e 11	27,50	2.538,4

A Figura 4.19 apresenta os resultados expostos na Tabela 4.8.

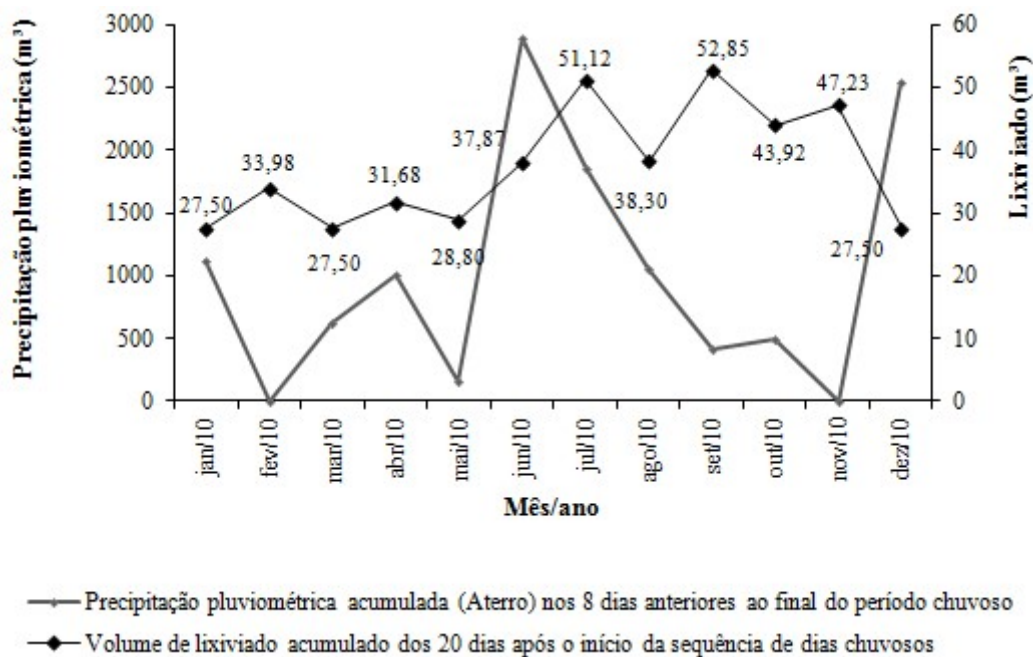


Figura 4.19: Relação da pluviosidade acumulada (Aterro) nos oito dias anteriores ao final do período chuvoso e o volume de lixiviado acumulado dos vinte dias após início da sequência de dias chuvosos

O lixiviado gerado varia com a pluviosidade, apresentando um tempo de resposta que, neste caso, foi considerado aleatoriamente de 20 dias. Observa-se, por exemplo, que o lixiviado de agosto reflete as chuvas de junho e julho e, que o de dezembro reflete a ausência de chuva em novembro.

O comportamento observado é semelhante ao da Figura 4.17 onde a resposta na geração de lixiviado no aterro acontece após ocorrência de chuvas. Este comportamento foi observado no segundo semestre do ano. No primeiro semestre, a geração de lixiviado oscila respondendo imediatamente à variação de chuvas.

Foram utilizados tempos de resposta de 40 e 60 dias para o lixiviado, entretanto, não foi possível observar um comportamento de defasagem na geração de lixiviados em relação à ocorrência de chuvas, para o período estudado.

A Figura 4.20 apresenta o volume acumulado de chuva e de lixiviado coletado para o ano de 2010.

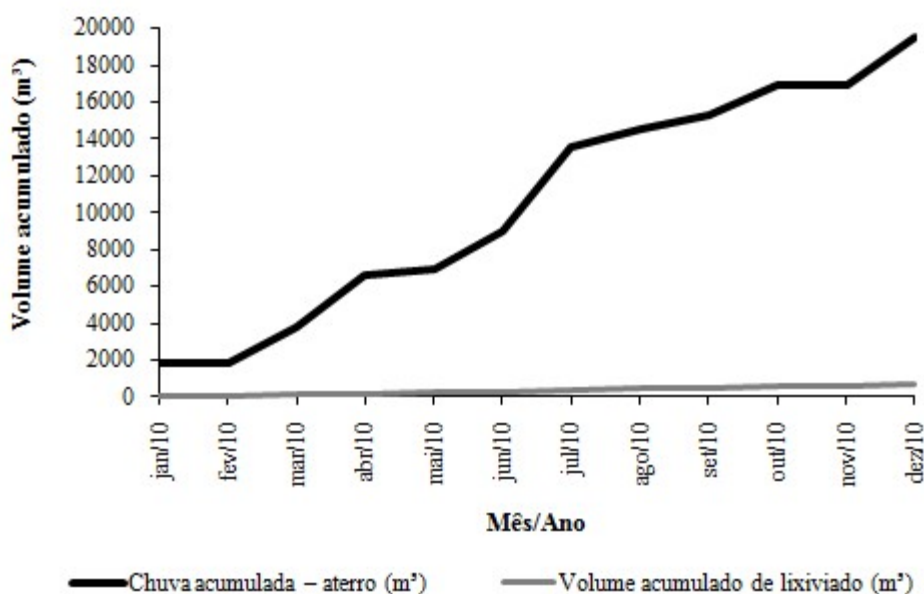


Figura 4.20: Relação do volume acumulado de chuva e geração do lixiviado coletado

Observa-se que o volume de chuva que entrou no aterro sanitário é muito superior ao volume de lixiviado coletado na base do aterro. Esse comportamento foi observado por Capelo Neto e outros (1999) para o Aterro Sanitário Caucaia (Ceará). Deve-se lembrar que, nesta dissertação, não se levou em consideração o escoamento superficial nem a evaporação. Os resultados indicam algumas possibilidades, que precisariam ser investigadas, tais como: o bom funcionamento da camada de cobertura

como barreira impermeável; o não funcionamento da camada de base, permitindo a infiltração do lixiviado no terreno; retenção de líquidos na célula e saída pelos taludes laterais, quando da compressão dos resíduos.

4.4 PESO MENSAL DE RSU X LÍQUIDO MENSAL QUE ENTROU COM O RSU

O peso de líquido que entrou com os resíduos em cada mês foi calculado e o resultado é apresentado na Figura 4.21. Os valores representados na Figura 4.21 estão no Apêndice IV.

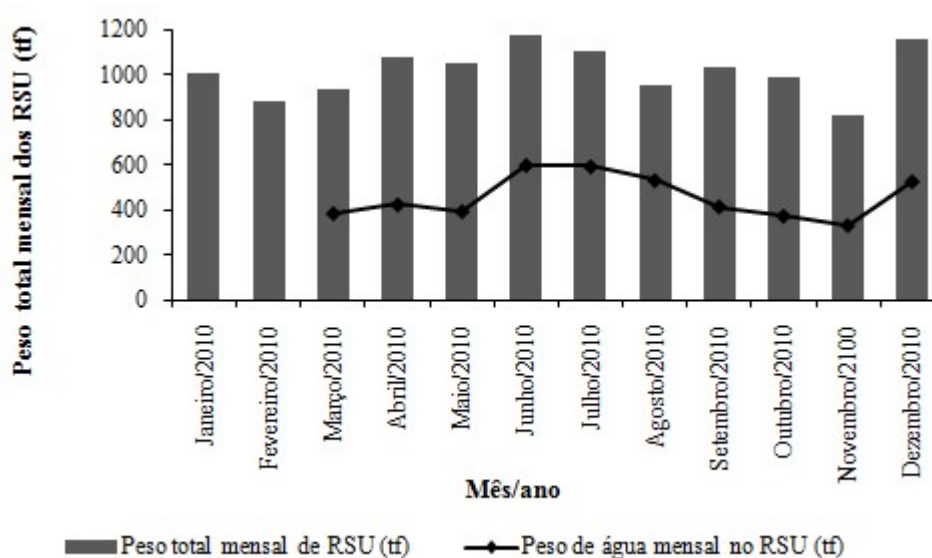


Figura 4.21: Relação entre peso mensal de RSU e peso de água trazido pelos resíduos ao Aterro Sanitário de Cruz das Almas-Ba, 2010.

Percebe-se que o peso de água que entrou mensalmente na célula com o resíduo atingiu seu máximo em junho. Este valor está provavelmente relacionado com os festejos juninos.

Foi apresentada a relação do peso acumulado dos resíduos, para 2010 com o volume acumulado de líquido que entrou com estes resíduos na célula. O resultado é apresentado na Figura 4.22.

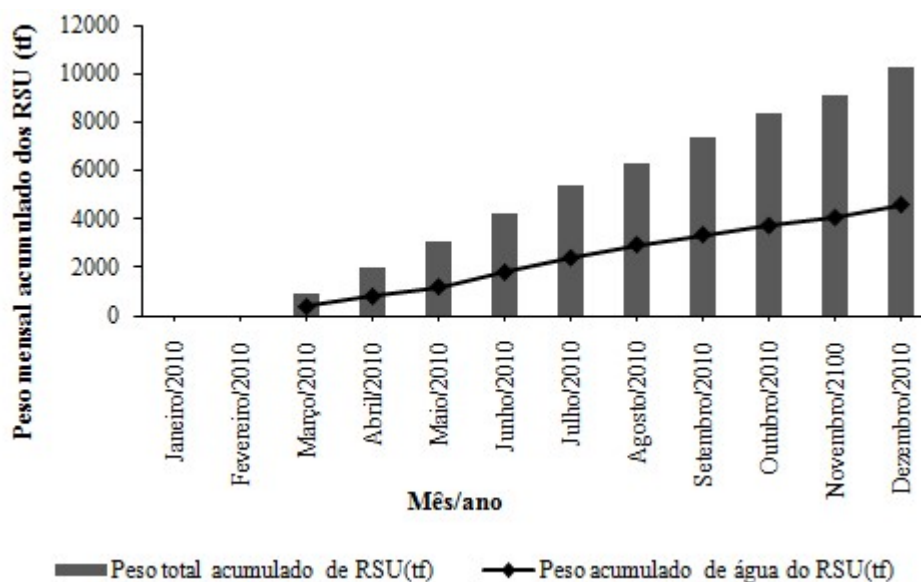


Figura 4.22: Comparação entre o peso acumulado de RSU e o peso acumulado de água que veio com os resíduos para o aterro, em 2010.

A quantidade de líquido que chegou com o RSU ao aterro variou entre 39% e 46% do peso total dos resíduos, mostrando que o resíduo traz uma quantidade considerável de líquidos.

A Figura 4.23 compara a pluviosidade registrada no pluviômetro do aterro sanitário com o volume de água que entrou com os resíduos e analisa a influência desses parâmetros na geração do lixiviado.

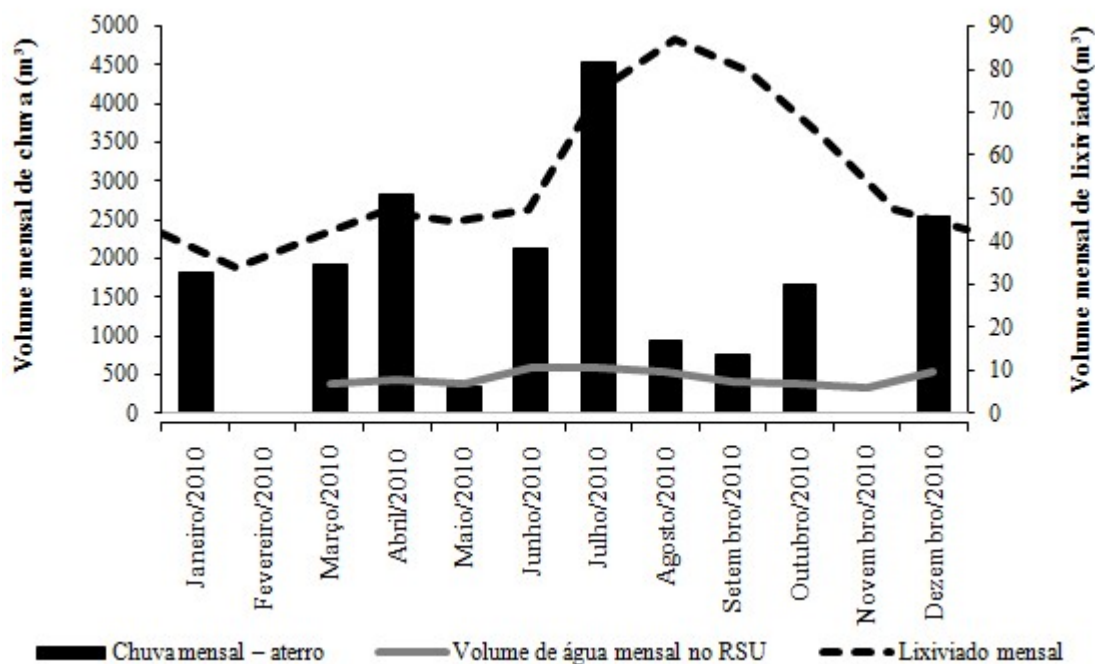


Figura 4.23: Relação entre precipitação, volume de água do RSU e lixiviado mensal gerado no aterro de Cruz das Almas-BA

A geração do lixiviado acompanha a precipitação pluviométrica que ocorre na área do aterro sanitário, assim como a umidade inicial dos resíduos.

Observa-se que quase toda a quantidade de líquidos que entra na célula, fica retida no maciço e o que sai corresponde à chuva. São Mateus (2008), ao estudar uma célula do Aterro Metropolitano Centro, em Salvador (BA), concluiu que a quantidade de chuva que entrou no aterro e o líquido expulso por compressão dos resíduos eram equivalentes à quantidade de lixiviado coletado na base, levando a acreditar que o líquido que entrou com os resíduos permaneceu retido na célula, contribuindo para o aumento do nível piezométrico.

Os volumes acumulados de chuva, lixiviado e água do RSU são apresentados na Figura 4.24.

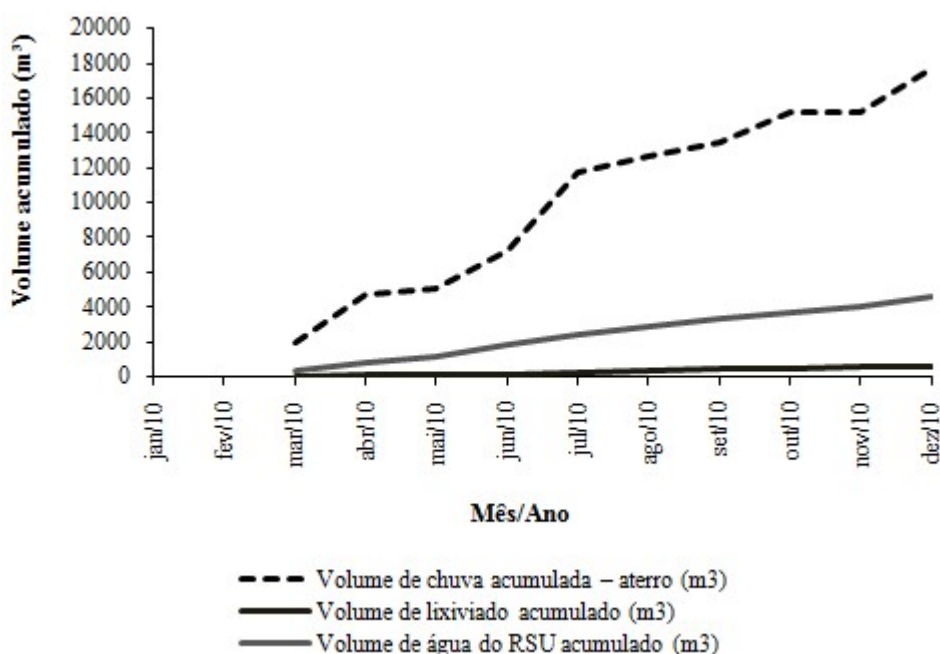


Figura 4.24: Relação entre os volumes acumulados de chuva no aterro, lixiviado e água do RSU

A partir da Figura 4.24, nota-se que o volume de água que entrou na célula do aterro em 2010 (precipitação pluviométrica e umidade inicial dos resíduos) foi muito superior ao volume do lixiviado gerado. Para melhor contabilizar as entradas e saídas de líquido seria necessário considerar, por exemplo, a evaporação e o escoamento superficial.

4.5 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (EMBRAPA) X UMIDADE INICIAL DO RSU

Para esta pesquisa foi analisada a influência da precipitação pluviométrica, registrada no posto da EMBRAPA, em um período de oito dias anteriores à coleta, sobre a umidade dos resíduos (Figura 4.25). Esse período foi considerado em função do tempo máximo de permanência dos resíduos à espera da coleta.

Na Figura 4.24 só foram considerados os dados para os meses nos quais houve coleta de RSU. Para os meses de janeiro, fevereiro, abril e julho não houve coleta.

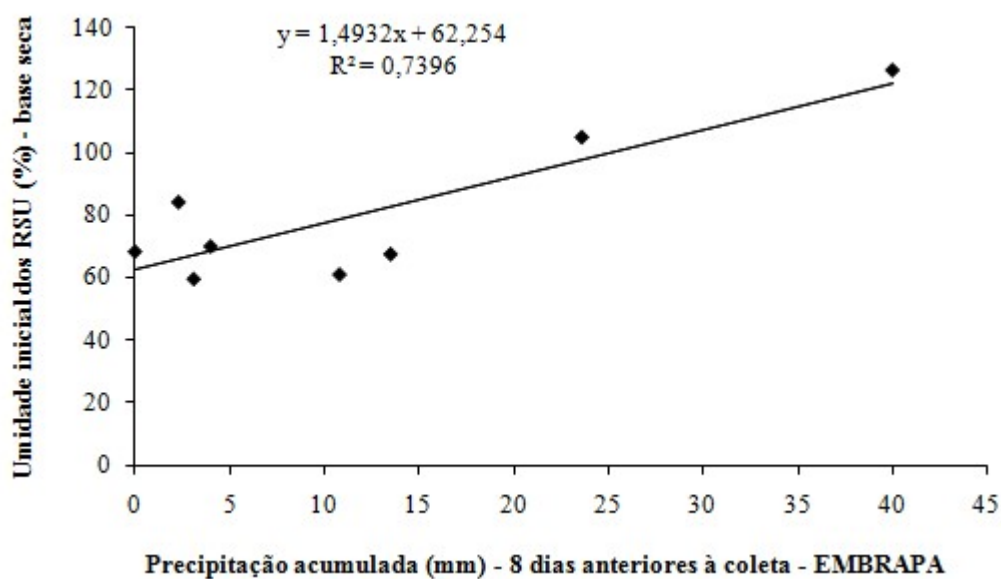


Figura 4.25: Comparação entre a precipitação total (EMBRAPA) no período de oito dias anteriores à coleta e umidade dos RSU.

Na Figura 4.25 observa-se uma relação linear entre a precipitação pluviométrica e o teor de umidade dos RSU, apresentando um bom coeficiente de correlação linear ($R^2=0,74$). Para uma melhor avaliação da correlação entre esses dois parâmetros, seria necessário estudar um período de tempo mais longo.

5 CONCLUSÃO

Esta pesquisa apresentou os resultados da caracterização física (composição gravimétrica e teor de umidade) e físico-química (STV e teor de lignina) dos resíduos sólidos do aterro sanitário de Cruz das Almas-Ba, assim como avaliou a influência da precipitação pluviométrica que incide no município sobre a umidade inicial dos resíduos. A geração do lixiviado no aterro foi analisada em função da umidade inicial do RSU e da precipitação pluviométrica registrada no aterro.

A composição gravimétrica, tanto em base seca, quanto em base úmida, mostrou um alto percentual de fração pastosa em todas as coletas, confirmando a realidade da composição encontrada em diversos municípios do país. De acordo com o documento Indicadores do Desenvolvimento Sustentável (2004) *apud* Silva e outros (2007), no Brasil 56% dos resíduos sólidos são constituídos por matéria orgânica.

O teor de umidade dos resíduos apresentou uma variação de 37% a 56% (base úmida) e 59% a 127% (base seca). O menor teor de umidade, tanto em base seca quanto em base úmida, foi constatado na amostra 02, obtida em maio e, no mês de agosto (amostra 04), os resíduos apresentaram o maior teor de umidade.

Este parâmetro seguiu uma tendência de acompanhar a pluviosidade no município. Embora julho tenha sido o mês com maior registro de chuva, em 2010, os resíduos coletados em agosto tiveram o maior teor de umidade. Este fato pode ser explicado pela presença de chuvas no dia da coleta, bem como nos dias que a antecederam.

A faixa de variação dos valores de Sólidos Totais Voláteis, para ambas as metodologias, foi de 33 a 64%. A partir do STV, determinou-se a percentagem de matéria orgânica na fração pastosa e o valor médio encontrado foi de 21,6% para a metodologia de Carvalho (1999) e 19,83% para a metodologia CETESB (1998). Os valores obtidos segundo a metodologia adotada por Carvalho (1999) foram maiores em relação à metodologia CETESB (1998), e isto pode ser atribuído à queima da matéria orgânica, pois nesta última a temperatura de secagem na estufa foi maior.

Os resultados de STV encontrados para o aterro sanitário de Cruz das Almas foram semelhantes aos obtidos por autores, em outras cidades brasileiras (Salvador-Ba e Jaboaão dos Guararapes-Pe) e no aterro Pajjia (China).

Para a metodologia adotada por Carvalho (1999), o coeficiente de correlação entre o STV e a umidade dos resíduos foi superior ($R^2 = 0,40$) em relação à metodologia CETESB (1999), para a qual se obteve $R^2 = 0,16$.

O teor de lignina dos resíduos amostrados apresentou valores bastante elevados, da ordem de 23% a 44,3% e nenhum dos valores encontrados foi semelhante aos obtidos por autores em aterros brasileiros (Metropolitano Centro - Salvador/Ba e Muribeca - Recife/Pe) e internacionais (Kentucky e Canadian - Estados Unidos). Os ensaios precisariam ser repetidos, utilizando o kitassato para filtração, que é o equipamento indicado na metodologia de Hartfield e outros (1994).

Em Cruz das Almas, o período chuvoso ocorre no quadrimestre abril-maio-junho-julho. Neste período foi observada uma tendência no aumento da vazão do lixiviado com as maiores precipitações. Nos meses de março e abril, a vazão aumentou no dia seguinte ao dia de maior pluviosidade e nos meses de junho a agosto, o aumento ocorreu no mesmo dia em que foi registrado o maior índice pluviométrico diário, indicando provavelmente que, neste caso, o RSU estava na capacidade de campo.

O mês de agosto, apesar de não ter registrado um volume considerável de chuvas, foi aquele que apresentou a maior vazão do líquido, o que pode ser explicado pelo acúmulo de chuvas dos dois meses anteriores. A partir de agosto, com a redução da pluviosidade, o volume de lixiviado gerado diminuiu.

Observou-se que o total pluviométrico sobre o aterro foi muito superior ao lixiviado gerado, para o ano de 2010. Situação semelhante foi descrita por Capelo Neto e outros (1999), para o aterro de Caucaia (CE), para uma região semi-árida. Isto pode sugerir que o regime pluviométrico não possui influência imediata sobre a geração de lixiviados, enquanto o RSU não atingir sua capacidade de campo dentro da célula. Para uma análise melhor, seria necessário considerar o escoamento superficial e a evaporação.

Esta pesquisa mostrou ainda que os resíduos sólidos urbanos trazem consigo uma quantidade considerável de água para o aterro, da ordem de 37,43% a 55,83% do seu peso total. Entretanto, não se investigou a retenção de líquidos no interior da célula, por meio de medições do nível piezométrico.

6 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

A partir das conclusões desta pesquisa, sugere-se:

- Desenvolver o estudo por um período maior, pelo menos 5 anos
- Realizar coletas de RSU quinzenalmente, para melhor avaliar a variação da umidade com o regime de chuvas do município
- Determinar a capacidade de campo do RSU e correlacionar com as chuvas que incidem sobre o aterro e com a geração de lixiviados
- Monitorar o nível piezométrico de lixiviados dentro da célula.

REFERÊNCIAS

ALVES, C. de B.; SANTOS, G. O. (2009). Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos recicláveis de um condomínio residencial de Fortaleza/CE. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25., Recife – PE. **Anais...** Recife, p.1-10.

ANDRADE, J. B. L. de; LIMA, M. A. de. (2003). Parâmetros físicos e químicos dos resíduos sólidos das cidades de Manacapuru, Coari, Itacoatiara e Parintins, do estado do Amazonas – Brasil. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, Joinville – SC. **Anais...** Joinville, p.1-6.

AQUINO, D. A de.; SILVA Jr. C. A. S. da; SANTOS, L. L. dos; GOMES, M. da V. N.; CARNEIRO. P. F. N. (2007). Caracterização física dos resíduos sólidos urbanos no município de Ananindeua da região metropolitana de Belém do Pará. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24., Belo Horizonte – MG. **Anais...** Belo Horizonte, p.1-6.

AQUINO, A. M.; FINAZZI, A. L. M.; KOZAN, L. G. M.; SILVA, E. L. da; GOMES, L. A. (2010). Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados em um condomínio residencial de Cuiabá-MT. In: Simpósio Ítalo-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, X, Maceió - AL **Anais...** Maceió, p.1-5.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-8849**: apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos – procedimentos. Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-8419**: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-13896**: aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10004**: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. (2007). Disponível em <http://www.abrelpe.org.br/pdf/4_RSU.pdf>. Acesso em 3 set. 2009.

BARLAZ, M. A. Forest products decomposition in municipal solid waste landfills. In: **Waste management**. January, n°. 26, 321-333, 2006.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999. 120p.

BLIGHT, G. Consequences of raising the height of a landfill in a water-deficient climate. In: **Waste Management**, June, n.º. 25, p. 1021–1036, 2005.

BORGATTO, A.V. A.; IZZO, R. L. dos S.; MAHLER, C. F. (2007). Utilização da recomendação técnica alemã GDS e 1-7 DGGT (1994) na classificação de resíduos sólidos urbanos da cidade do Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, Belo Horizonte - MG. **Anais...** Belo Horizonte, p. 1-7.

BRASIL: Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília/DF: 1999.

BRASIL. **Lei nº 12.305** de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

BRITTO, M. L. C. P. S. de. **Taxa de emissão de biogás e parâmetros de biodegradação de resíduos sólidos urbanos no Aterro Metropolitano Centro**. 2006. 187p. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no processo produtivo) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2006.

CAMPOS, J. C.; FERREIRA, J. A.; RITTER, E.; MANNARINO, C. F. (2003). Filtro biológico aeróbio – resultados no tratamento do chorume do aterro sanitário de Pirai – RJ. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22., Joinville – SC. **Anais...** Joinville, p.1-6.

CAMPOS, A. C. A.; DIAS, S. F.; De CONTO. S. M.; VAZ, L. M. S. (2007). Caracterização de resíduos sólidos de Feira de Santana – Bahia. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24., Belo Horizonte – MG. **Anais...** Belo Horizonte, p.1-9.

CAPELO NETO, J.; MOTA, S.; SILVA, F. J. A. da. (1999). Geração de Percolado em Aterro Sanitário no Semi-árido Nordeste: uma abordagem quantitativa. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 4, n.3, jul./set., n. 4, out./dez. p. 160-167.

CAPELO NETO, J.; CASTRO, M. A. H. de (2007a). Estudo do escoamento de percolado em Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD) em regime transiente. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24. Belo Horizonte – MG. **Anais...** Belo Horizonte, p.1-6.

CAPELO NETO, J; CASTRO, M. A. H. de. Measuring transient water flow in unsaturated municipal solid waste – A new experimental approach. In: **Waste Management**, June, n.º. 27, p. 811–819, 2007b.

CARVALHO, M. de F. **Comportamento Mecânico de Resíduos Sólidos Urbanos**. 1999. 330p. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1999.

CARVALHO, M. de F.; MACHADO, S. L.; NASCIMENTO, J. C. F. do.; SANTOS, A. C. (2010). Estudo da geração de metano produzido nas células do aterro sanitário metropolitano Centro, em Salvador da Bahia. In: Simpósio Ítalo-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, X, Maceió - AL **Anais...** Maceió, p.1-12.

CASSINI, S. T.; VAZOLLER, R. F.; PINTO, M. T. Introdução. In: CASSINI, S. T. (coord). **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

CASTILHOS Jr. A. B. de; MEDEIROS, P. A; FIRTA, I. N.; LUPATINI, G.; DILVA, J. D. da. Principais processos de degradação de resíduos sólidos urbanos. In: CASTILHOS Jr., A. B. de (coord). **Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

CATAPRETA C. A. A., SIMÕES, G. F.; LANGE, L. C. (2009). Características físico-químicas dos líquidos lixiviados gerados em um aterro sanitário experimental. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25., Recife – PE. **Anais...** Recife, p.1-6.

CATAPRETA, C. A. A. **Comportamento de um aterro sanitário experimental: avaliação da influência do projeto, construção e operação**. 2008. 316p. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2008.

CATAPRETA, C. A. A., SIMÕES, G. F (2008). Avaliação da relação chuva-vazão de líquidos lixiviados em um aterro sanitário experimental. In: Congresso Interamericano AIDIS. 31., Santiago - Chile. **Anais...** Santiago- Chile, p.1-6.

CATAPRETA, C. A. A.; SIMÕES, G. F.; BATISTA, H. P. (2007). Monitoramento ambiental, operacional e geotécnico de aterros sanitários - a experiência do aterro sanitário de Belo Horizonte, MG. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24., Belo Horizonte - MG. **Anais...**, p.1-10.

CATAPRETA, C. A. A; SIMÕES, G. F; BATISTA, H. P; OLIVEIRA, A. de F. G de; OLIVEIRA, L. C. M (2005). Influência da umidade e fatores operacionais na compactação de resíduos sólidos urbanos no aterro sanitário de Belo Horizonte, **MG**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23., Campo Grande - MS. **Anais...**, p.1-7.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Norma L 5.149 – Determinação de resíduos em águas: método gravimétrico. 1998.

CHANG, N-B; DAVILA, E. Municipal solid waste characterizations and management strategies for the Lower Rio Grande Valley, Texas. In: **Waste Management**, April, n.º 28, p. 776–794, 2008.

COELHO, H. M. G.; LANGE, L. C.; SIMÕES, G. F.; FERREIRA, C. F. A.; VIANA, D. F. (2005). Avaliação do desempenho de camadas de cobertura intermediárias e finais em células experimentais de disposição de resíduos sólidos urbanos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23., Campo Grande – MS. **Anais...** Recife, p.1-10.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n.º 237, de 19 de dezembro de 1997. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 1997.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - Resolução n.º 357, 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. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 2005.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n.º 404, de 11 de novembro de 2008. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 2008.

CONDER. **Manual de Operação de Aterros Sanitários**. Disponível em <http://www.conder.ba.gov.br/manual_aterro.pdf>. Acesso em 11 mar. 2009.

DIAS, S. M. F; VAZ, L. M. S. (2002). Caracterização Física dos Resíduos Sólidos Urbanos: uma etapa preliminar no gerenciamento do lixo. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, XXVIII, Cancún-México. **Anais...** Cancún, p. 1-6.

EL-FADEL, M; BOU-ZEID, E; CHAHINE, W; ALAYLI, B. Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. In: **Waste management**, May, n.º. 22, p. 269–282, 2002.

FARIAS FILHO, A. L. ROCHA, E. M. R.; FREITAS, A. V.; MOTA, F. S. B.; SANTOS, A. B. dos (2010). Reator aerado submerso aplicado ao pós-tratamento de lixiviado tratado em lagoas de estabilização em série. In: Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, X, Maceió - AL. **Anais...** Maceió, p. 1-10.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Como destinar os resíduos sólidos urbanos?** FEAM: Belo Horizonte, 1995.

FERREIRA, M. A. da. C. **Aplicação de modelos de avaliação qualitativa e quantitativa dos percolados gerados em um aterro sanitário.** 2006. 227p. Dissertação. (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa de Engenharia - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

FIRTA, I. N.; CASTILHOS Jr. A. B. de.; DELAZARI, P. V. A.; TRENNEPOHL, F. G. (2003). A variação do volume de líquidos percolados com a precipitação - um estudo em escala experimental. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22. Joinville, SC. **Anais...** Joinville.

FRANCOIS, V; FEUILLADE, G; SKHIRI, N; LAGIER, T; MATEJKA, G. Indicating the parameters of the state of degradation of municipal solid waste. In: **Journal of Hazardous Materials**, May, n^o.B 137, p. 1008–1015, 2006.

GOMES, L. P., MARTINS, F. B. Projeto, Implantação e Operação de Aterros Sustentáveis de Resíduos Sólidos Urbanos para municípios de pequeno porte. In: CASTILHOS Jr., A. B. de (coord). **Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte.** Rio de Janeiro: ABES, 2003.

GOMÉZ, G., MENESES, M., BALLINAS, L., CASTELLS, F. Seasonal characterization of municipal solid waste (MSW) in the city of Chihuahua, Mexico. In: **Waste Management**, March, n^o. 29, p. 2018–2024, 2009.

HAO, Y-J; WU, W-X; WU, S-W; SUN, H; CHEN, Y-X. Municipal solid waste decomposition under oversaturated condition in comparison with leachate recirculation. In: **Process Biochemistry**, October, n^o. 43, p. 108–112, 2008.

HENRY, J. G., HEINKE, G. W. **Environmental Science and Engineering.** 2 ed. Prentice-Hall International Limited: London, 1996.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 4 mar. 2010.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 22 jan. 2011.

IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 12 fev. 2010.

IPT/CEMPRE. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado.** 1 ed., São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT): CEMPRE, 1995. 278p.

JIN, Z. AKIYAMA, T; CHUNG, B. Y; MATSUMOTO, Y; IYAMAB,K; WATANABE, S. Changes in lignin content of leaf litters during mulching. In: **Phytochemistry**, March, n^o64, p.1023–1031, 2003.

JUCÁ, J. F. T.; MARIANO, M. O. H.; MELO, V. L. A. de. (1999). Recalques e decomposição da matéria orgânica em aterros de resíduos sólidos na região metropolitana de Recife. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20. Rio de Janeiro – RJ. **Anais...**, Rio de Janeiro, p.1-10.

JUN, D; YONG-SHENG, Z; MEI, H; WEI-HONG, Z. Influence of alkalinity on the stabilization of municipal solid waste in anaerobic simulated bioreactor. In: **Journal of Hazardous Materials**, July, n°. 163, p. 717–722, 2009.

KANAT, G. Municipal solid-waste management in Istanbul. In: **Waste Management**, February, n°. 30, p. 1737–1745, 2010.

KAYHANIAN, M. Municipal solid waste in a high-solids anaerobic digester. In: **Waste Management & Research**, March, n° 13, 123-136, 1995.

KUMAR, K. N; GOEL, S. Characterization of Municipal Solid Waste (MSW) and a proposed management plan for Kharagpur, West Bengal, India. In: **Resources, Conservation and Recycling**, November, n°. 53, p. 166–174, 2009.

LANGE, L. C.; COELHO, H. M. G.; ALVES, D. E. W. S.; FERREIRA, C. F. A.; SIMÕES, G. F. Metodologias para análises laboratoriais de resíduos sólidos urbanos, líquidos lixiviados de aterros sanitários e solos. In: CASTILHOS Jr., A. B. de (coord). **Implantação e Operação de um Aterro Sustentável para Pequena Comunidade**. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

LEITE. V. D; SOUSA, J. T. de; LOPES, W. S; PRASAD, S. (2002). Perfil quali/quantitativo dos resíduos sólidos urbanos no estado da Paraíba. In: Seminário Nacional de Resíduos Sólidos, 6, Gramado - RS. **Anais...**, p.1- 5.

LEITE, V. D.; OLIVEIRA, S. A. de.; PRASAD, S.; SILVA, S. A.; RIBEIRO, M. D. (2007). Caracterização física e química dos resíduos sólidos domiciliares da cidade de Campina Grande, PB. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24., Belo Horizonte – MG. **Anais...** Belo Horizonte, p.1-6.

MACHADO, S. L; CARVALHO, M. de F.; DOURADO, K. A.; ROCHA, M. B.; LOPES, C. L. (2005). Estudo da compressibilidade de resíduos sólidos urbanos da região metropolitana de Salvador – BA. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23. Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, p. 1-10.

MACHADO, S. L; CARVALHO, M. F; GOURC, J-P; VILAR, O. M; NASCIMENTO, J. C. F. do Methane generation in tropical landfills: Simplified methods and field results. In: **Waste Management**, April, n°. 29, p. 153–161, 2009.

MACHADO, S. L; KARIMPOUR-FARD, M; SHARIATMADARI, N; CARVALHO, M. F; NASCIMENTO, J. C. F. do. Evaluation of the geotechnical properties of MSW in

two Brazilian landfills. In: **Waste Management**, September, n^o. 30, p. 2579–2591, 2010.

MACIEL, F. J; JUCÁ, J. F. T; CODECEIRA NETO, A; CARVALHO NETO, P. B. de. (2009a). Recuperação de Biogás em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos – Projeto Piloto da Muribeca. In: Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, 5. Belém – PA. **Anais...**, p. 1-8.

MACIEL, F. J; JUCÁ, J. F. T; ALVES, I. R. de F. S; LOPES, R. L; NOGUEIRA, G. A. B. (2009b). Bioenergia a partir de um aterro de resíduos sólidos urbanos no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25. Recife - PE. **Anais...** Recife, p. 1-10.

MAGRINHO, A; DIDELET, F; SEMIAO, V. Municipal solid waste disposal in Portugal. In: **Waste Management**, May, n^o. 26, p. 1477–1489, 2006.

MARQUES. A. C. M. **Compactação e Compressibilidade de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2001. 469p. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2001.

MARTINS, C. L.; FUNARI, C.; CASTILHOS Jr., A. B. de; COSTA, R. H. R da (2010). Avaliação da aeração no tratamento de lixiviado de aterro sanitário por lagoas de estabilização. In: Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, X, Maceió - AL. **Anais...** Maceió, p. 1-9.

MATTEI, G., ESCOSTEGUY. P. A. V. (2007). Composição gravimétrica de resíduos sólidos aterrados. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.12, n. 3 - jul/set, 2007, 247-251.

MEDEIROS, P. A; CASTILHOS JÚNIOR, A. B. de; OLIVEIRA, J. C. S. de; SOARES, S. R. (2002). Geração de líquidos percolados em resíduos urbanos com cobertura permeável. In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 6, Vitória – ES. **Anais...**, p. 1-8.

MELO, V. L. A. de; JUCÁ, J. F. T. (2001). Diagnóstico ambiental em aterros de resíduos sólidos a partir de estudos de referência. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21. João Pessoa - PB. **Anais...** João Pessoa, p. 1-6.

MELO, M. C. de. **Uma análise de recalques associada a biodegradação no aterro de resíduos sólidos da Muribeca**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

MENDES, L. G. G. Comparação entre métodos de estimativa de geração de biogás em aterro sanitário. **Revista Biociências**, v.13, n.3-4, jul/dez, 2007, 134-142, 2007.

MOGHADAM A, M. R. A; MOKHTARANI, N; MOKHTARANI, B. Municipal solid waste management in Rasht City, Iran. In: **Waste Management**, April, n.º. 29, p. 485–489, 2009.

MONTEIRO, V. E. D.; JUCÁ, J. F. T.; RÊGO, C. da C. (2001). Influência das condições climáticas no comportamento do aterro de resíduos sólidos da Muribeca. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21. João Pessoa– PB. **Anais...** João Pessoa, p.1-12.

MONTEIRO, V. E. D.; MELO, M. C. de.; ALCÂNTARA, P. B. de.; ARAÚJO, J. M. de; ALVES, I. R. de R. F.; JUCÁ, J. F. T. (2005). Estudo do comportamento de RSU em uma célula experimental e suas correlações com aspectos microbiológicos, físicos e químicos (2005). **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.11 – n. 3 - jul/set, p.223-230.

NAHAS, C. N. **Aterros sanitários: técnicas construtivas e métodos operacionais**. Disponível em: <<http://etg.ufmg.br/~gustavo/geotecniaaplicada/p10.pdf>>. Acesso em 20 abr. 2009.

OLIVEIRA, D. M de; SILVA, G. J. da; RANZI, B. D.; CASTILHOS Jr. A. B. de. (2009). Eficiência de remoção de poluentes em lixiviados de Aterros sanitários por destilação a vácuo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25., Recife – PE. **Anais...** Recife, p.1-6.

OLIVEIRA, L. R. G. de; LOPES, R. L; MACIEL, F. J; MARIANO, M. O. H; JUCA, J. F. T.(2010). Geração de lixiviados na célula experimental de resíduos sólidos urbanos da Muribeca-PE. In: Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólidos, 3. João Pessoa – PB. **Anais...** p. 1-7.

PADILLA, R. S. **Aplicação de um modelo computacional tridimensional para estimativa de balanço hídrico em aterros sanitários**. 2007. 107p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

PADILLA. R. S.; SIMÕES, G. F.; CATAPRETA, C. A. A. (2007). Simulação da produção de lixiviados em um aterro sanitário experimental utilizando o modelo computacional tridimensional Moduelo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24., Belo Horizonte - MG. **Anais...**, p.1-8.

PAPACHRISTOU, E; HADJIANGHELOU, H; DARAKAS, E; ALIVANIS, K; BELOU, A; IOANNIDOU,D; PARASKEVOPOULOU, E; POULIOS, K; KOUKOURIKOU, A; KOSMIDOU, N; SORTIKOS, K. Perspectives for integrated municipal solid waste management in Thessaloniki, Greece. In: **Waste Management**, July, n.º. 29, p. 1158–1162, 2009.

PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO. Relatório final. Cruz das Almas, 2007.

QUISSINI, C. S.; PESSIN, N. De CONTO, S. Z.; GOMES, F. M. (2007). Determinação dos aspectos quali-quantitativos dos resíduos sólidos domésticos – estudo de caso município de São Marcos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24., Belo Horizonte – MG. **Anais...** Belo Horizonte, p.1-7.

RECESA. Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. **Guia do profissional em treinamento. Nível 2. Resíduos Sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterro sanitário.** Belo Horizonte, 2008.

REICHERT, G. A. (2005) Aplicação da digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos: uma revisão. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, p. 1-16.

ROCHA, E. E. M. da.; JUCÁ, J. F. T.; MOTTA, M da. (2009). Monitoramento e avaliação do sistema de tratamento de lixiviados do aterro controlado de Aguazinha/Olinda - PE. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25., **Anais...** Recife p.1-8.

SÁ, L. F. de.; JUCÁ, J. F. T.; MOTTA, M. da (2009). Tratamento do lixiviado de aterro sanitário por evaporação – avaliação do sistema de tratamento aberto. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25., Recife – PE. **Anais...** Recife, p.1-8.

SÃO MATEUS, M. do S. C. **Proposta de Modelo para Avaliação do Balanço Hídrico de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos: Estudo de Caso do Aterro Metropolitano Centro de Salvador-Ba.** 2008. 312p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa de Engenharia - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SANTANA, J. M. de. LIMA, C. C. U. de.; SÃO MATEUS, M. do S. C. (2010). Diagnóstico do gerenciamento e dos resíduos sólidos do município de Santo Estevão, Bahia, Brasil. In: Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, X, Maceió, AL. **Anais...** Maceió, p. 1-8.

SANTOS, C. B. dos. **Caracterização do Impacto na qualidade das águas subterrâneas causado pela disposição dos resíduos sólidos urbanos no aterro municipal da cidade de Feira de Santana – BA.** 2004. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) Instituto de Geociências - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

SANTOS, A. C. **Geração de metano devido à digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos - estudo de caso do Aterro Sanitário Metropolitano Centro, Salvador – BA.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) Escola Politécnica-Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

SHEKDAR, A. V. Sustainable solid waste management: An integrated approach for Asian countries. In: **Waste Management**, December, n^o. 29, p. 1438–1448, 2009.

SILVA, F. V. B. LANGE, L. C; SIMÕES, G. F; FERREIRA, C. F. A; VIANA, D. F. (2005) Avaliação da influência da correção do teor de Umidade na degradação anaeróbia de resíduos sólidos urbanos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23., Campo Grande – MS. **Anais...** Campo Grande p.1-9.

SILVA, M. M. P. da; SOUSA, J. T. de; CEBALHOS, B. S. O; FEITOSA, W. B. da S; LEITE, V. D. (2007) Caracterização de resíduos sólidos gerados em municípios de pequeno porte do semi-árido paraibano. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24., Belo Horizonte – MG. **Anais...** Belo Horizonte, p.1-7.

SILVA, U. A. da. TEIXEIRA, A. F. M.; QUINTAES, B. R.; COSTA e SILVA, C. A. M. da. CAMPOS, J. C. (2009). Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares do município do Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25., Recife – PE. **Anais...** Recife, p.1-17.

SILVEIRA, A. M. de M. **Estudo do Peso Específico de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2004. 106p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa de Engenharia - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

SIMÕES. G. F., LOBATO, L. C. da S. ; MARTINS, H. L.; CATAPRETA, C. A. A. (2005). Aplicação de um modelo tridimensional de avaliação de balanço hídrico em aterros de disposição de resíduos sólidos urbanos. (2005). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, Campo Grande – MS. **Anais...** Campo Grande - MS. p.1-13.

SOBRINHO, D. G. dos S.; ZANTA, V. M.; CONCEIÇÃO, N. S; OLIVEIRA, R. N. de. (2009). Avaliação de aterros sanitários simplificados. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25., Recife – PE. **Anais...** Recife, p.1-11.

TAVARES, J. C. L.; PINHEIRO, Q. M. L.; CALLADO, N. H. (2007). Levantamento da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Maceió. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24. Belo Horizonte - MG. **Anais...** Belo Horizonte - MG. p.1-10.

TAVARES, J. C. L. MELO, E. N. C. de.; PINHEIRO, Q. M. L.; CALLADO, N. H. (2010). Caracterização e geração per capita de lixo por região administrativa do município de Maceió. In: Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, X, Maceió, AL. **Anais...** Maceió, p. 1-5.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A. **Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues**. McGraw Hill, 1993.

TEIXEIRA, C. E; SCHNEIDER, V. E; PERESIN, D; FINKLER, R; SILVA, M. D'A. (2009). Caracterização da fração orgânica putrescível de resíduos sólidos urbanos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25., Recife – PE. **Anais...** Recife, p.1-7.

TRANKLER, J; VISVANATHAN, C; KURUPARAN, P; TUBTIMTHAI, O. Influence of tropical seasonal variations on landfill leachate characteristics-Results from lysimeter studies. In: **Waste Management**, July, n°. 25, p. 1013–1020, 2005.

ZHANG, D; KEAT, T. S; GERSBERG, R. M. A comparison of municipal solid waste management in Berlin and Singapore. In: **Waste Management**, November, n°. 30, p. 921–933, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE I

Variação no peso dos RSU durante a secagem

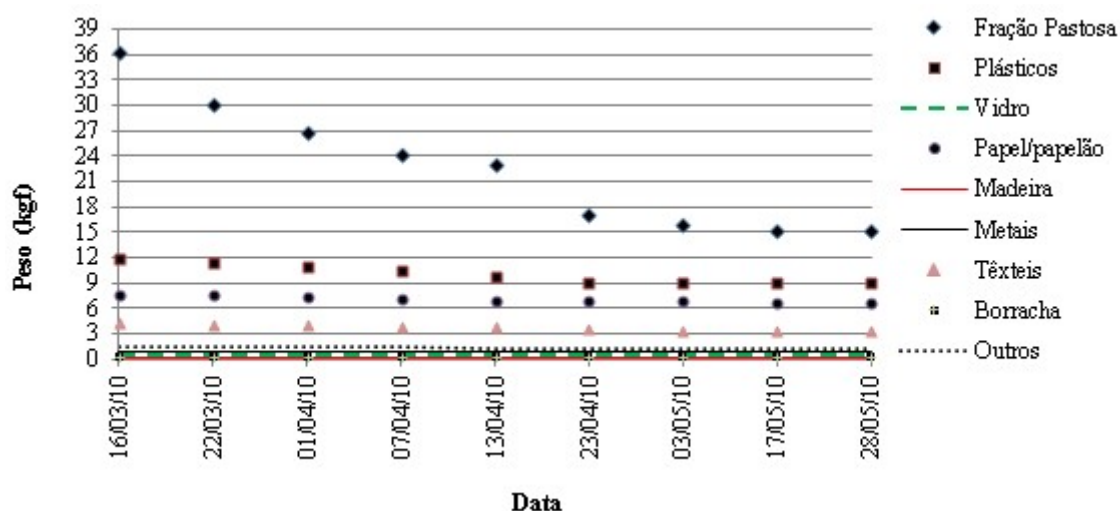


Figura I.1: Variação no peso dos RSU – Secagem da amostra 01

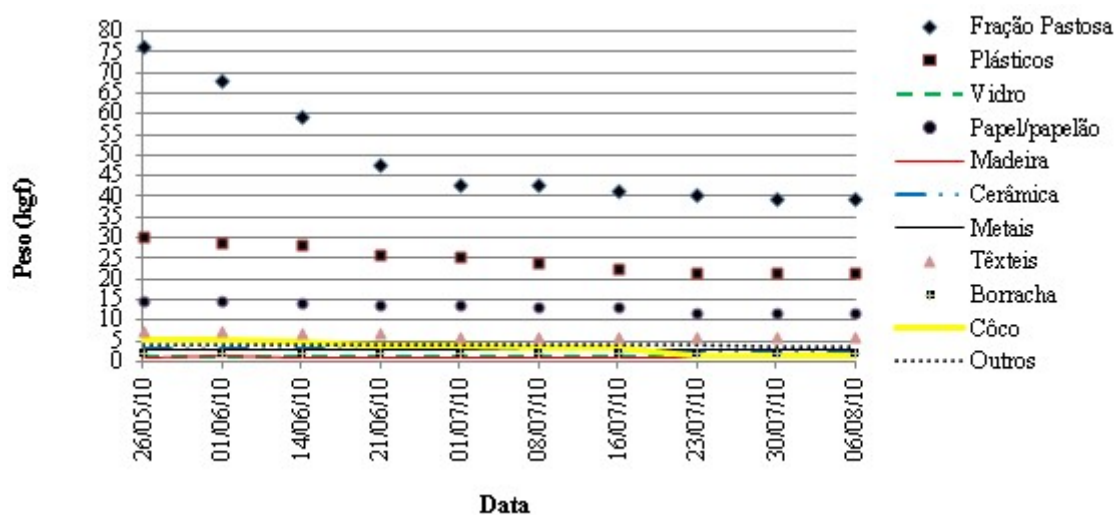


Figura I.2: Variação no peso dos RSU – Secagem da amostra 02

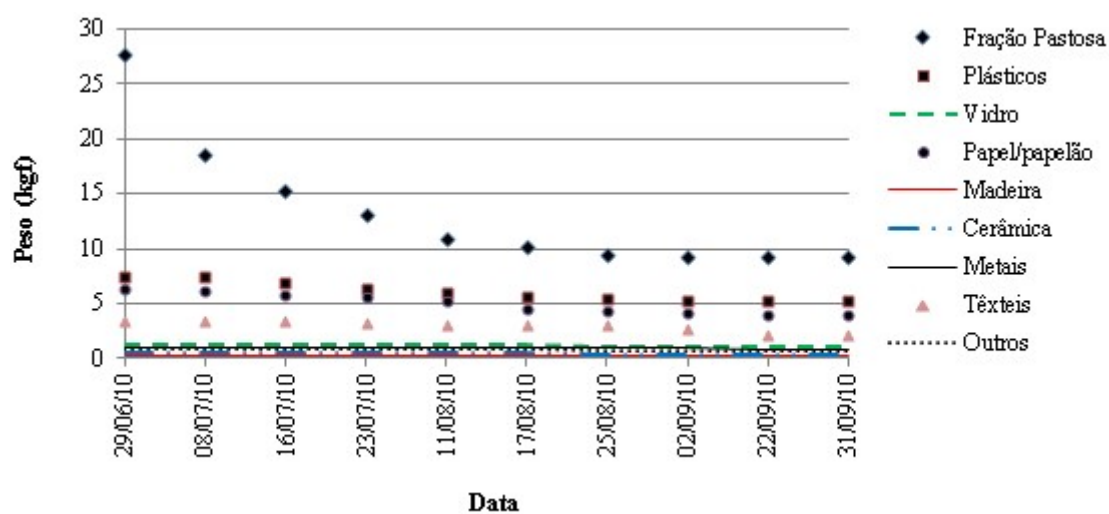


Figura I.3: Variação no peso dos RSU – Secagem da amostra 03

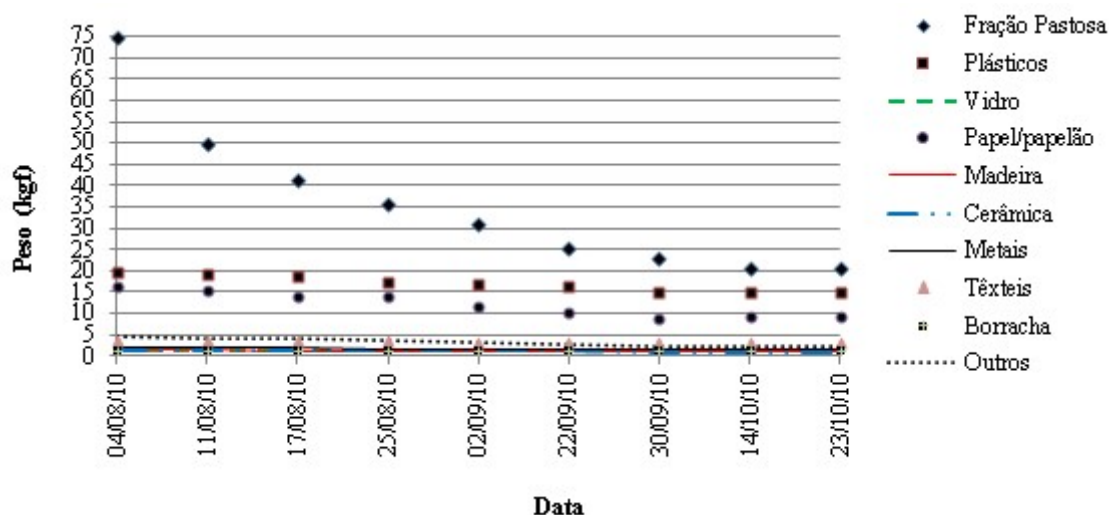


Figura I.4: Variação no peso dos RSU – Secagem da amostra 04

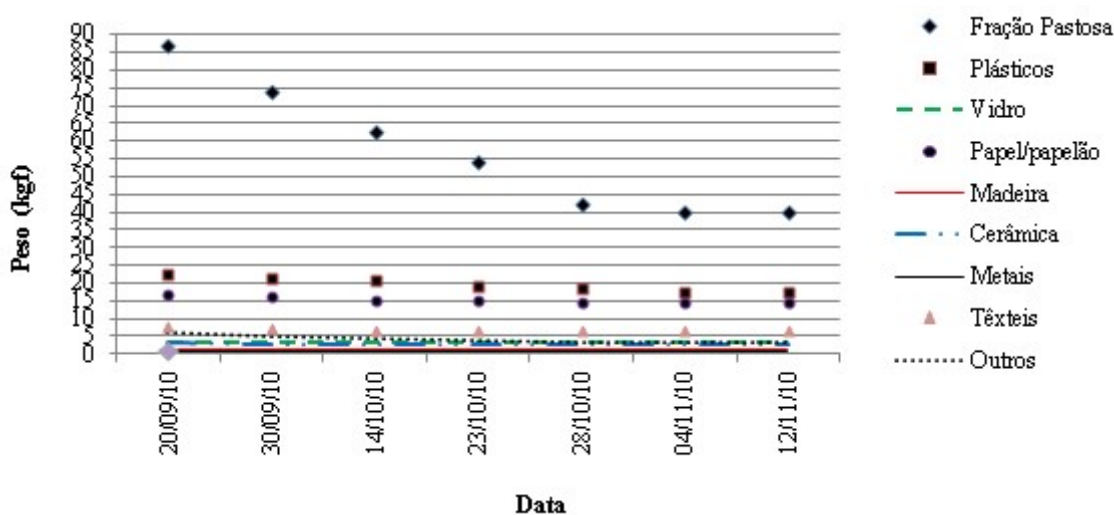


Figura I.5: Variação no peso dos RSU – Secagem da amostra 05

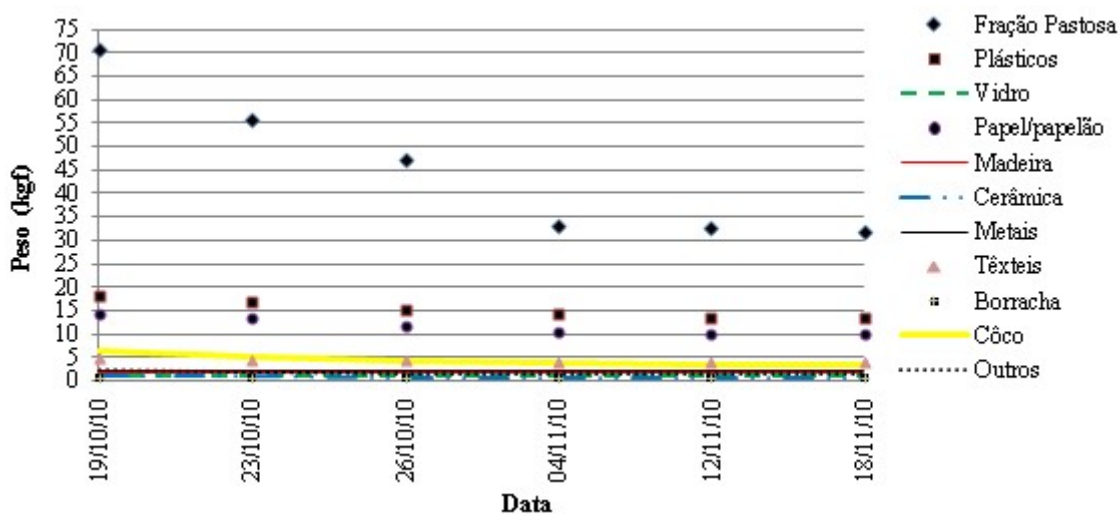


Figura I.6: Variação no peso dos RSU – Secagem da amostra 06

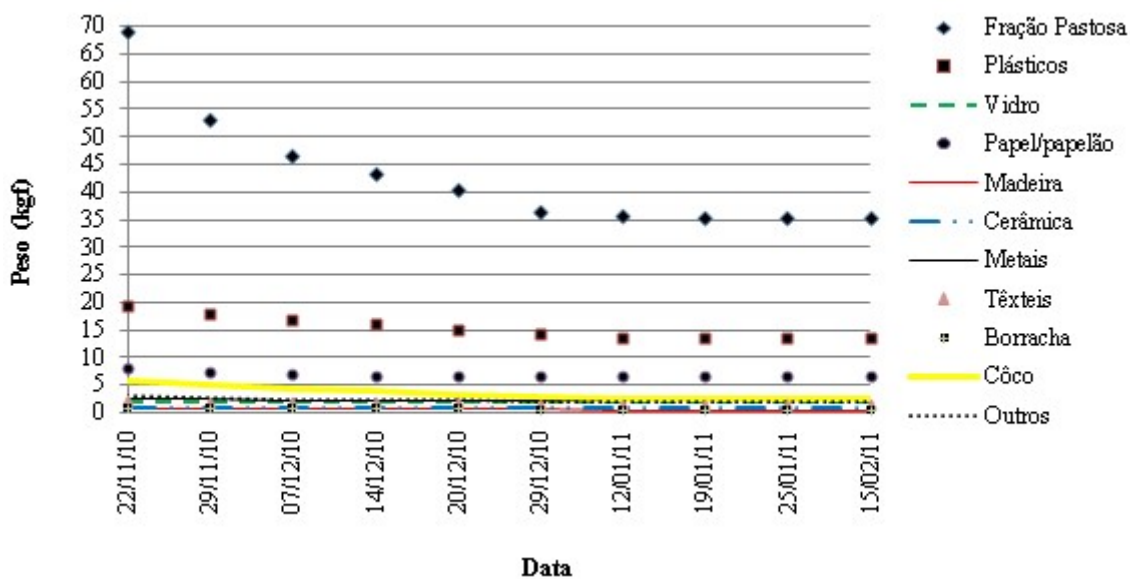


Figura I.7: Variação no peso dos RSU – Secagem da amostra 07

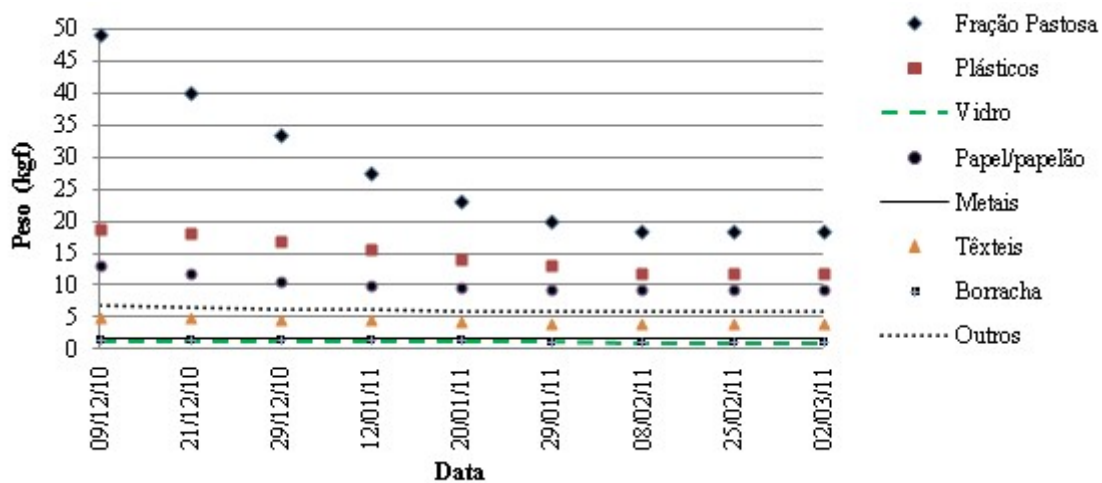


Figura I.8: Variação no peso dos RSU – Secagem da amostra 08

APÊNDICE II

Teor de Umidade do RSU

II.1: Resultados para os teores de umidade: base úmida e base seca

Amostra de RSU	Teor de Umidade (%) - BU	Teor de Umidade (%) - BS
01	41,25%	70,21%
02	37,43%	59,83%
03	51,22%	105,02%
04	55,83%	126,38%
05	40,39%	67,76%
06	38,00%	61,27%
07	40,66%	68,53%
08	45,74%	84,31%

APÊNDICE III

Teor de umidade dos componentes do RSU

III.1: Teor de Umidade (%) dos componentes do RSU, por amostra coletada; em base seca e em base úmida, respectivamente.

Componente	A1		A2		A3		A4	
	BS	BU	BS	BU	BS	BU	BS	BU
Fração Pastosa	137,91	57,97	93,92	48,43	197,85	66,43	267,16	72,76
Plástico	33,33	25,00	39,63	28,38	44,23	30,67	30,46	23,35
Papel	13,24	11,69	24,58	19,73	60,00	37,50	82,42	45,18
Têxteis	29,41	22,73	25,42	20,27	59,09	37,14	26,67	21,05
Metais	11,11	10,00	15,38	13,33	25,00	20,00	18,75	15,79
Vidro	0,00	0,00	30	23,08	9,09	8,33	7,69	7,14
Borracha	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	20,00	7,69	7,14
Madeira	0,00	0,00	57,14	36,36	50,00	33,33	55,56	35,71
Côco	-	-	253,33	71,70	-	-	-	-
Pedra	-	-	10,71	9,68	-	-	40,00	28,57
Outros	25,00	20,00	11,11	10,00	28,57	22,22	87,50	46,67

A= Amostra

BS= Base seca

BU= Base úmida

III.2: Teor de Umidade (%) dos componentes do RSU, por amostra coletada; em base seca e em base úmida, respectivamente

Componente	A5		A6		A7		A8	
	BS	BU	BS	BU	BS	BU	BS	BU
Fração Pastosa	118,09	54,15	87,57	46,69	94,92	48,70	167,93	62,67
Plástico	29,89	23,01	34,07	25,41	42,96	30,05	60,16	37,56
Papel	18,75	15,79	42,00	29,58	23,08	18,75	42,39	29,77
Têxteis	16,92	14,47	19,51	16,33	41,18	29,17	25,00	20,00
Metais	14,29	12,50	9,52	8,70	4,34	4,16	6,66	6,25
Vidro	6,45	6,06	0,00	0,00	5,00	4,76	30,00	23,07
Borracha	-	-	0,00	0,00	16,67	14,29	33,33	25,00
Madeira	30,00	23,08	5,88	5,56	40,00	28,57	-	-
Côco	-	-	88,24	46,88	126,92	55,93	-	-
Pedra	20,00	16,67	42,86	30,00	11,11	10,00	-	-
Outros	93,33	48,28	46,67	31,82	55,00	35,48	15,51	13,43

APÊNDICE IV

**Peso mensal dos RSU e peso
mensal de líquido do RSU**

Tabela IV.1: Peso mensal dos RSU e do líquido que veio com os RSU

Mês/2010	Peso mensal dos RSU (tf)	Peso mensal de água no RSU (tf)	Percentual de líquido
Janeiro	1007,32		
Fevereiro	880,19		
Março	935,46	385,87	41,25
Abril	1079,47	425,32	39,40
Mai	1055,41	395,06	37,43
Junho	1172,36	600,53	51,22
Julho	1108,24	594,45	53,64
Agosto	954,74	533,00	55,83
Setembro	1030,40	416,18	40,39
Outubro	986,37	374,77	38,00
Novembro	818,47	332,81	40,66
Dezembro	1155,10	528,38	45,74

ANEXOS

ANEXO I

Dados de precipitação pluviométrica diária- Estação Climatológica da EMBRAPA

Tabela I.1: Precipitação Total Diária (mm) – Estação 83222 EMBRAPA- Ano: 2005

Dia/mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	0,0	0,0	0,0	2,9	0,3	3,2
2	0,0	0,0	0,0	28,0	6,6	17,0
3	0,0	0,0	0,0	5,8	0,0	10,4
4	0,0	0,0	0,0	5,6	0,2	27,7
5	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	35,6
6	0,0	0,0	0,0	22,2	0,0	12,9
7	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	23,2
8	17,3	9,6	0,0	0,0	0,0	1,4
9	0,0	3,0	0,0	4,1	1,5	2,7
10	0,0	12,6	1,8	1,3	20,6	3,3
11	0,0	1,7	0,0	5,6	0,0	8,2
12	0,0	0,0	0,0	1,8	14,6	8,1
13	0,0	1,9	0,1	0,6	4,6	10,3
14	38,0	37,8	1,4	2,0	6,6	5,4
15	0,5	6,4	0,0	9,1	9,2	8,5
16	0,0	2,8	0,1	0,0	0,0	9,4
17	0,0	5,8	1,4	4,0	2,2	1,0
18	0,0	5,2	0,0	9,5	5,8	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0
20	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,1	1,8	0,0	0,0	0,0
23	0,0	51,5	4,1	3,2	0,0	12,2
24	0,0	22,4	0,0	0,0	0,0	8,5
25	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	5,8
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
27	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	3,8
28	5,2	0,0	0,4	1,8	4,8	0,7
29	10,7		9,5	4,6	1,6	2,9
30	1,0		59,8	0,8	3,8	4,1
31	2,7		6,9		4,2	
Total	75,4	86,8	87,3	124,7	89,7	227,6

Tabela I.2: Precipitação Total Diária (mm) – Estação 83222 EMBRAPA- Ano: 2005

Dia/mês	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0,1	3,6	0,0	0,5	0,0	0,0
2	5,6	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,3	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0
4	1,0	18,0	0,0	5,4	0,0	1,0
5	1,8	10,4	0,0	0,0	0,0	2,0
6	4,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,2	0,1	0,0	1,4	0,3	0,0
8	6,6	0,0	0,0	1,5	0,0	42,2
9	1,3	2,6	0,0	3,8	0,0	0,0
10	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1
11	1,6	0,0	36,1	0,0	0,0	0,0
12	19,8	7,2	13,1	0,0	0,0	0,0
13	33,4	5,1	0,0	0,0	0,8	0,0
14	1,6	1,2	0,0	0,0	5,2	0,0
15	3,8	0,0	0,9	0,0	3,8	0,0
16	7,9	11,8	2,4	0,0	3,0	0,0
17	0,0	3,7	2,2	0,0	0,0	0,0
18	0,0	6,2	0,1	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
20	1,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
21	16,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,4	5,7	0,0	0,0	0,0	5,2
23	1,3	2,0	1,2	0,0	0,0	0,0
24	6,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0
25	4,7	0,0	0,0	0,0	100,2	0,0
26	0,8	0,2	0,0	3,0	15,7	0,0
27	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	6,0	0,0	0,6	0,0	11,8	0,0
29	1,2	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0
30	3,5	0,0	0,6	0,0	3,2	0,0
31	0,4	0,0		0,0		0,2
Total	132,0	111,3	57,4	15,6	147,4	50,7

Tabela I.3: Precipitação Total Diária (mm) – Estação 83222 EMBRAPA- Ano: 2006

Dia/mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	0,0	0,0	1,6	0,0	2,8	0,0
2	0,0	0,0	0,0	16,2	0,8	0,0
3	1,3	0,0	0,0	32,8	1,2	2,3
4	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	4,6
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1
6	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	0,5
7	0,0	0,0	0,0	1,8	23,0	0,0
8	8,7	0,0	0,3	9,2	2,8	0,0
9	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	6,6
11	1,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0
12	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,6
13	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	16,2
14	3,6	0,0	0,0	0,0	5,6	7,5
15	0,9	0,0	0,0	0,0	6,8	0,9
16	10,6	0,0	0,0	0,0	1,9	3,3
17	0,2	0,0	0,5	0,8	0,0	1,0
18	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,7	0,0	0,0	17,2	0,0	5,6
20	3,0	0,5	0,0	8,1	0,0	4,1
21	8,5	0,0	5,2	6,2	0,0	4,4
22	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	11,0
23	0,0	0,0	6,2	0,2	0,0	0,0
24	0,0	0,0	26,2	7,1	2,7	27,8
25	0,0	0,0	0,0	37,3	0,0	1,5
26	0,0	0,0	0,4	19,1	0,9	1,3
27	0,0	0,0	0,0	0,1	11,9	3,1
28	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6	0,0
29	0,0		0,0	0,4	4,6	75,8
30	0,0		0,2	5,7	0,0	47,4
31	0,0		0,3		3,4	
Total	63,0	0,5	41,4	167,7	106,8	276,7

Tabela I.4: Precipitação Total Diária (mm) – Estação 83222 EMBRAPA- Ano: 2006

Dia/mês	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0,0	2,8	2,0	1,9	4,0	0,0
2	2,9	2,2	0,0	0,0	0,4	0,0
3	6,9	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0
4	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
5	2,5	8,2	0,0	0,4	0,0	0,0
6	3,0	5,0	5,6	1,8	0,0	0,0
7	3,8	0,1	28,7	0,0	0,0	0,0
8	0,0	11,0	12,7	0,0	0,0	0,0
9	0,0	10,4	0,0	0,0	21,8	0,0
10	0,0	0,0	6,4	9,2	0,0	6,6
11	15,0	0,9	10,2	0,0	8,8	0,0
12	17,0	1,8	6,0	0,0	5,6	4,7
13	7,7	3,3	1,0	0,0	4,6	0,0
14	8,1	0,9	1,2	0,0	0,1	0,0
15	2,2	0,0	0,5	0,0	12,0	0,1
16	7,8	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0
17	2,4	0,2	0,1	0,0	24,0	0,0
18	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	5,8	0,0	0,0
22	0,3	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0
23	1,7	3,5	0,0	24,6	0,0	0,0
24	1,0	4,8	0,0	1,6	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0
26	0,0	6,9	0,0	19,8	8,1	0,0
27	2,4	0,3	20,3	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	21,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,5	4,0	0,0	0,0
30	0,0	4,0	0,8	2,0	0,0	0,0
31	0,0	7,0		0,0		1,3
Total	86,1	77,4	117	90,5	89,4	12,7

Tabela I.5: Precipitação Total Diária (mm) – Estação 83222 EMBRAPA- Ano: 2007

Dia/mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	0,0	0,0	1,4	0,1	0,1	41,3
2	1,9	0,0	3,1	0,1	7,1	0,2
3	0,0	0,0	10,5	0,0	0,9	0,0
4	0,0	0,0	9,7	0,1	0,0	0,0
5	0,6	0,0	0,8	0,0	0,0	0,6
6	0,0	0,8	4,9	0,0	0,6	13,3
7	0,0	0,0	6,0	0,0	6,4	10,2
8	0,0	0,0	28,2	0,0	1,3	0,0
9	0,0	1,8	24,7	0,0	0,8	0,0
10	0,0	3,4	0,2	0,0	0,4	1,2
11	0,0	0,0	1,1	2,8	33,1	9,0
12	0,0	0,0	3,2	2,0	4,6	3,9
13	0,0	0,6	8,8	3,2	2,3	3,0
14	0,0	19,6	6,3	1,6	0,0	0,0
15	0,0	29,2	1,2	3,5	0,0	0,5
16	0,0	39,4	0,0	3,3	9,8	6,0
17	0,0	0,5	0,2	0,2	18,9	2,6
18	0,0	7,9	0,0	0,0	0,2	0,0
19	0,0	1,3	0,0	2,0	1,5	5,7
20	0,9	0,3	0,0	4,6	3,1	0,8
21	4,7	2,7	0,0	1,6	1,4	16,7
22	0,0	3,2	0,0	2,9	0,0	10,5
23	0,0	19,7	1,5	1,2	0,0	0,3
24	0,0	1,1	0,6	16,1	0,0	0,1
25	0,0	0,0	0,5	1,8	0,0	0,0
26	0,0	12,0	6,2	8,0	0,1	2,8
27	0,0	1,0	12,0	0,0	8,9	16,7
28	0,0	2,3	1,5	1,3	0,7	2,5
29	0,0		0,1	2,7	0,0	0,7
30	0,0		0,1	0,0	0,0	2,3
31	4,7		3,8		1,2	
Total	12,8	146,8	136,6	59,1	103,4	150,9

Tabela I.6: Precipitação Total Diária (mm) – Estação 83222 EMBRAPA- Ano: 2007

Dia/mês	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0,0	0,0	4,5	8,5	0,0	0,0
2	0,1	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0
3	4,1	1,8	0,0	6,1	0,0	0,4
4	0,2	0,1	0,3	3,7	0,2	0,0
5	0,6	0,0	3,1	4,2	0,0	0,0
6	0,0	0,0	16,5	2,0	0,0	0,0
7	7,4	3,0	21,6	0,0	0,0	0,0
8	8,7	1,3	6,6	0,0	0,0	0,0
9	0,5	4,4	3,5	4,5	0,0	0,0
10	3,4	16,0	4,7	0,6	0,0	2,8
11	0,0	4,5	7,0	3,8	0,0	1,0
12	0,0	12,5	6,1	0,5	0,0	1,0
13	0,7	11,1	5,5	0,0	2,7	0,0
14	1,8	32,3	6,0	0,0	0,4	0,0
15	0,0	3,8	0,5	0,9	0,0	0,0
16	0,0	3,3	0,0	1,7	0,0	0,0
17	0,0	0,4	0,0	1,1	1,0	11,6
18	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	15,8	0,9	0,0	0,0	0,0
20	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	6,1	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	3,2	0,0	2,5	0,0	0,0
24	0,0	0,2	0,0	0,0	0,6	0,0
25	12,5	0,6	0,0	0,2	0,4	0,0
26	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	4,9	0,0	2,5	0,0	0,2	0,0
29	2,6	0,0	0,0	0,0	2,1	0,2
30	12,7	1,6	0,0	0,0	1,0	0,0
31	1,8	2,5		0,0		0,0
Total	68,7	134,1	95,4	40,6	8,6	17,0

Tabela I.7: Precipitação Total Diária (mm) – Estação 83222 EMBRAPA- Ano: 2008

Dia/mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	0,0	44,4	0,0	0,9	0,0	13,3
2	0,0	0,2	0,0	1,9	16,8	4,9
3	0,0	1,2	0,0	15,3	4,9	3,3
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8
7	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,6
8	0,0	0,0	14,7	0,0	0,7	7,0
9	0,0	0,0	0,1	0,0	0,9	22,4
10	0,0	0,0	0,0	0,6	0,9	1,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
12	0,2	0,0	0,0	0,0	1,9	6,0
13	0,0	0,8	2,0	0,0	4,8	4,4
14	3,4	1,0	0,0	0,0	2,0	4,7
15	1,9	3,8	0,0	0,0	6,3	1,5
16	0,0	1,6	1,8	0,0	0,2	0,0
17	2,4	0,0	8,1	14,4	0,0	0,4
18	0,5	0,0	18,6	6,6	0,9	6,0
19	0,0	0,0	4,8	7,3	4,7	0,0
20	0,0	0,0	4,8	9,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	9,1	2,8	0,0	1,7
22	0,0	0,0	13,2	0,0	0,0	0,2
23	0,0	0,0	14,4	0,3	0,1	1,9
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
27	0,0	45,6	6,5	0,0	0,0	23,6
28	0,0	11,2	0,0	0,0	0,0	52,5
29	0,0	64,5	0,0	11,9	0,0	10,3
30	0,0		0,9	0,0	13,5	4,1
31	0,0		28,0		13,0	
Total	8,4	174,3	127,0	72,8	71,9	181,9

Tabela I.8: Precipitação Total Diária (mm) – Estação 83222 EMBRAPA- Ano: 2008

Dia/mês	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	6,9	2,1	0,0	2,5	0,0	1,1
2	1,0	2,0	4,6	0,0	0,0	0,0
3	1,9	0,0	12,3	0,0	0,0	1,1
4	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6
5	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0
6	2,2	1,0	0,0	3,3	0,0	0,0
7	3,3	5,8	0,2	1,0	0,0	2,5
8	0,0	3,9	0,8	20,1	0,0	17,8
9	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	29,0
10	1,7	0,0	0,0	29,4	0,0	4,5
11	20,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
12	13,6	2,0	0,1	0,4	0,0	0,7
13	0,0	1,3	0,0	9,8	0,0	0,0
14	1,8	6,6	0,1	6,3	0,0	0,0
15	2,1	4,7	0,0	6,0	0,0	0,0
16	3,5	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,1	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0
20	3,4	4,6	22,5	0,0	0,0	0,0
21	1,0	2,5	14,7	0,0	1,9	0,0
22	7,9	0,0	0,0	0,4	13,4	6,8
23	1,5	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0
24	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	1,7
25	0,0	0,8	0,9	0,0	25,4	9,0
26	0,0	1,1	9,2	0,0	0,6	0,0
27	3,7	0,3	0,3	0,0	0,5	0,0
28	21,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
29	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6
30	11,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0
31	5,0	5,0		0,0		0,0
Total	115,1	54,0	66,3	83,0	50,1	86,4

Tabela I.9: Precipitação Total Diária (mm) – Estação 83222 EMBRAPA- Ano: 2009

Dia/mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	1,2	0,0	0,0	2,1	0,0
5	5,2	0,4	0,0	2,1	6,8	7,9
6	3,7	0,0	0,0	0,0	14,0	7,8
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
9	0,8	0,0	0,0	0,0	8,9	24,1
10	5,8	0,0	0,0	0,0	1,8	24,4
11	8,7	0,0	1,3	16,0	0,5	0,0
12	1,2	0,0	2,9	3,6	0,0	0,5
13	4,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,2
14	0,0	0,0	0,0	3,5	17,0	0,1
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0
17	0,0	0,0	0,1	1,0	6,4	1,9
18	0,0	15,6	0,1	1,0	89,6	0,0
19	0,0	0,2	0,9	6,2	38,7	0,0
20	0,0	4,9	0,2	1,8	0,0	0,0
21	0,0	1,8	0,0	0,4	0,0	0,0
22	0,0	0,6	0,0	33,4	20,8	1,6
23	0,0	0,8	0,0	15,3	36,0	5,7
24	0,0	0,5	0,0	0,0	29,2	0,2
25	0,0	0,0	0,0	0,9	1,6	3,9
26	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	5,2	0,0	0,0	9,5	0,1
29	0,0		0,0	2,2	0,0	0,1
30	0,0		0,0	2,0	7,7	0,0
31	0,0		0,0		4,6	
Total	29,4	44,5	5,5	95,8	295,4	93,9

Tabela I.10: Precipitação Total Diária (mm) – Estação 83222 EMBRAPA- Ano: 2009

Dia/mês	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0,0	8,8	12,8	0,0	0,0	0,0
2	0,2	6,8	0,0	8,2	0,0	0,0
3	3,6	1,0	0,0	8,9	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,7	0,5	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0
7	12,4	0,1	0,0	3,0	0,0	0,3
8	4,6	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0
9	9,4	4,7	1,2	0,0	0,0	0,0
10	4,5	1,0	20,5	0,0	0,0	0,0
11	20,8	0,0	3,7	33,8	0,0	0,0
12	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0
13	0,0	2,5	2,9	0,0	0,0	0,0
14	10,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
15	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
16	7,0	4,3	0,0	0,0	0,0	1,2
17	15,3	2,5	0,0	0,0	0,0	2,8
18	4,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0
19	4,5	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0
20	0,0	1,5	0,0	0,0	3,8	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3
22	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	9,0	0,0	15,3	0,0	0,0
25	0,3	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	1,4
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,1	0,0	1,5	0,0	0,0
31	0,0	22,0		0,1		0,0
Total	107,3	72,7	50,3	84,6	9,9	13,7

Tabela I.11: Precipitação Total Diária (mm) – Estação 83222 EMBRAPA- Ano: 2010

Dia/mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,3	0,0	1,5	1,3	1,9
3	9,8	0,0	1,2	17,8	9,6	6,2
4	1,1	0,0	1,0	7,3	3,3	6,6
5	0,0	10,0	0,0	0,5	12,1	1,0
6	0,0	0,0	9,6	0,0	1,5	0,0
7	0,0	2,8	20,8	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	4,0	0,3	0,0	10,7
9	0,0	0,0	0,0	58,8	3,4	0,0
10	0,7	0,4	0,0	8,3	0,0	2,4
11	0,0	0,4	0,0	1,3	0,0	0,0
12	0,0	10,0	0,0	0,0	5,9	0,0
13	0,0	0,6	0,0	2,5	0,0	0,0
14	0,0	0,4	0,0	39,2	3,7	0,0
15	0,0	0,0	0,0	62,3	2,6	0,2
16	0,0	0,0	0,0	10,4	10,8	10,9
17	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,4	4,4	1,7	0,0
19	0,0	0,0	3,1	1,8	1,4	0,0
20	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	4,2	9,6	5,0	0,0	0,0
22	1,2	0,0	13,2	2,2	0,0	0,0
23	0,0	0,0	10,6	0,7	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,8
25	1,4	0,0	2,8	10,6	0,0	4,9
26	0,0	1,8	8,7	2,4	0,0	14,8
27	0,0	0,0	17,2	9,0	0,1	1,1
28	0,0	0,1	1,9	0,2	0,0	2,0
29	0,0		8,1	0,2	0,0	19,8
30	0,2		0,0	0,0	0,3	12,4
31	0,0		0,0		0,0	
Total	26,9	34,8	112,3	246,7	57,7	95,7

Tabela I.12: Precipitação Total Diária (mm) – Estação 83222 EMBRAPA- Ano: 2010

Dia/mês	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	19,7	4,3	4,6	0,0	0,0	2,3
2	18,6	10,9	6,7	0,1	0,0	0,0
3	26,4	2,9	1,6	0,0	0,0	0,0
4	13,4	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
5	3,6	11,7	0,0	3,7	0,0	0,0
6	5,9	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
7	4,5	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0
8	2,4	1,2	10,2	0,0	0,0	0,0
9	5,3	0,0	8,2	0,0	0,3	0,0
10	2,3	0,0	1,0	0,0	4,6	96,2
11	9,0	0,0	5,8	0,1	0,0	5,0
12	0,2	15,3	0,0	0,0	0,0	0,1
13	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	4,0	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0
15	4,5	1,3	0,2	0,0	0,0	2,2
16	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
17	43,2	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0
18	15,3	0,0	11,0	0,0	0,0	0,3
19	4,7	4,1	0,2	0,0	0,0	0,0
20	11,0	2,7	1,4	12,1	0,0	0,0
21	0,3	0,1	7,9	3,8	0,0	0,0
22	1,6	0,8	0,7	1,6	0,0	0,0
23	0,9	2,2	0,0	0,1	0,0	0,0
24	11,6	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0
25	15,2	3,8	0,9	0,0	0,0	0,0
26	5,1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0
27	4,8	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	8,7	0,1	0,0	1,7	0,0	0,0
29	0,0	4,0	0,0	0,4	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
31	8,4	1,2	0,0	0,2	0,0	0,0
Total	264,3	80,7	71,0	34,6	4,9	107,1

ANEXO II

Dados de precipitação pluviométrica diária- Pluviômetro do Aterro Sanitário

Tabela II.1: Precipitação Total Diária (mm) – Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas. Ano: 2009

Dia/mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	14,0	0,0	0,0	40,0	0,0	0,0
4	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	8,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
8	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	50,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
12	0,0	0,0	0,0	40,0	0,0	8,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
16	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0
18	4,0	0,0	0,0	0,0	40,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	20,0
21	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	10,0
22	0,0	0,0	0,0	40,0	20,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	35,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	6,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0
27	10,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0		0,0		0,0	
Total	64,0	0,0	0,0	147,0	111,0	290,0

Tabela II.2: Precipitação Total Diária (mm) – Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas. Ano: 2009

Dia/mês	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0,0	0,0	8,0	5,0	0,0	0,0
2	0,0	9,0	4,0	9,0	0,0	0,0
3	0,0	6,0	2,0	11,0	0,0	0,0
4	0,0	3,0	0,0	3,0	0,0	0,0
5	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	30,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0
9	28,0	7,0	4,0	7,0	0,0	0,0
10	14,0	5,0	2,0	53,0	0,0	0,0
11	25,0	0,0	0,0	31,0	0,0	0,0
12	24,0	2,0	5,0	7,0	0,0	0,0
13	10,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	15,0	3,0	0,0	25,0	0,0	0,0
19	10,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0
20	4,0	7,0	0,0	8,0	0,0	0,0
21	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
23	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	6,0
25	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	4,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
27	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	4,0	0,0	8,0	0,0	4,0
29	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0
31	0,0	0,0		0,0		0,0
Total	261,0	65,0	37,0	220,0	0,0	27,0

Tabela II.3: Precipitação Total Diária (mm) – Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas. Ano: 2010

Dia/mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	18,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0
5	15,0	0,0	0,0	0,0	5,0	10,0
6	22,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0
7	12,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	10,0
9	0,0	0,0	8,0	65,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0
15	16,0	0,0	0,0	60,0	0,0	5,0
16	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	10,0	0,0	10,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	30,0	5,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
26	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	8,0
27	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	12,0
28	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	35,0
29	0,0		10,0	0,0	0,0	18,0
30	0,0		0,0	0,0	0,0	15,0
31	0,0		0,0		0,0	
Total	109,0	0,0	127,0	169,0	20,0	128,0

Tabela II.4: Precipitação Total Diária (mm) –Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas. Ano: 2010

Dia/mês	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	10,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	30,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0
4	20,0	2,0	0,0	8,0	0,0	0,0
5	15,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	16,0	10,0	10,0	0,0	0,0	130,0
10	7,0	0,0	15,0	0,0	0,0	14,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	10,0	0,0	0,0	22,0	0,0	0,0
17	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	22,0	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0
23	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	28,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0
27	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	5,0	0,0		0,0		0,0
Total	272,0	57,0	45,0	100,0	0,0	152,0

ANEXO III

Vazão de lixiviado

**Tabela III.1: Lixiviado (m3/dia) – Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas.
Ano: 2010**

Dia/mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	1,30	1,30	1,15	1,58	1,44	1,44
2	1,30	1,30	1,15	1,58	1,44	1,44
3	1,30	1,30	1,15	1,58	1,44	1,44
4	1,30	1,30	1,15	1,44	1,44	1,44
5	1,44	1,30	1,15	1,44	1,44	1,44
6	1,44	1,30	1,15	1,44	1,44	1,44
7	1,58	1,30	1,15	1,44	1,44	1,44
8	1,30	1,30	1,15	1,44	1,44	1,44
9	1,30	1,30	1,15	1,44	1,44	1,44
10	1,30	1,30	1,30	1,58	1,44	1,44
11	1,30	1,30	1,30	1,58	1,44	1,58
12	1,30	1,30	1,30	1,58	1,44	1,58
13	1,30	1,15	1,30	1,58	1,44	1,58
14	1,30	1,15	1,30	1,58	1,44	1,58
15	1,44	1,15	1,30	1,73	1,44	1,58
16	1,73	1,15	1,30	1,73	1,44	1,58
17	1,58	1,15	1,30	1,73	1,44	1,58
18	1,44	1,15	1,30	1,58	1,44	1,58
19	1,30	1,15	1,30	1,58	1,44	1,58
20	1,30	1,15	1,30	1,58	1,44	1,58
21	1,30	1,15	1,30	1,58	1,44	1,58
22	1,30	1,15	1,30	1,58	1,44	1,58
23	1,30	1,15	1,30	1,58	1,44	1,58
24	1,30	1,15	1,44	1,58	1,44	1,58
25	1,30	1,15	1,44	1,58	1,44	1,58
26	1,30	1,15	1,44	1,58	1,44	1,73
27	1,30	1,15	1,44	1,58	1,44	1,73
28	1,30	1,15	1,58	1,58	1,44	1,87
29	1,30		1,58	1,58	1,44	1,87
30	1,30		1,58	1,58	1,44	2,02
31	1,30		1,58		1,44	
Total	41,85	34,00	40,63	47,01	44,64	47,32

**Tabela III.2: Lixiviado (m3/dia) – Aterro Sanitário Integrado de Cruz das Almas.
Ano: 2010**

Dia/mês	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	2,02	2,88	2,74	2,45	1,73	1,44
2	2,16	2,88	2,74	2,45	1,73	1,44
3	2,16	2,88	2,74	2,45	1,73	1,44
4	2,30	2,88	2,74	2,45	1,73	1,44
5	2,30	2,88	2,74	2,45	1,73	1,44
6	2,30	2,88	2,74	2,45	1,73	1,44
7	2,30	2,88	2,74	2,30	1,73	1,44
8	2,30	2,88	2,74	2,30	1,73	1,44
9	2,30	2,88	2,74	2,30	1,73	1,44
10	2,30	2,88	2,74	2,30	1,58	1,44
11	2,30	2,88	2,74	2,30	1,58	1,44
12	2,30	2,88	2,74	2,16	1,58	1,44
13	2,30	2,88	2,74	2,16	1,58	1,44
14	2,30	2,88	2,74	2,16	1,58	1,44
15	2,30	2,88	2,74	2,16	1,58	1,44
16	2,30	2,88	2,74	2,16	1,58	1,44
17	2,45	2,74	2,59	2,02	1,58	1,44
18	2,45	2,74	2,59	2,02	1,58	1,44
19	2,45	2,74	2,59	2,02	1,58	1,44
20	2,45	2,74	2,59	2,02	1,44	1,30
21	2,59	2,74	2,59	1,87	1,44	1,30
22	2,59	2,74	2,59	1,87	1,44	1,30
23	2,59	2,74	2,59	1,87	1,44	1,30
24	2,59	2,74	2,59	1,87	1,44	1,30
25	2,59	2,74	2,59	1,87	1,44	1,30
26	2,59	2,74	2,59	1,73	1,44	1,30
27	2,59	2,74	2,59	1,73	1,44	1,30
28	2,74	2,74	2,45	1,73	1,44	1,30
29	2,74	2,74	2,45	1,73	1,44	1,30
30	2,74	2,74	2,45	1,73	1,44	1,30
31	2,88	2,74		1,73		1,30
Total	75,27	87,18	79,68	64,81	47,21	42,96