

III-166 – DESENVOLVIMENTO DE ATERRO SANITARIO MANUAL PARA UMA RESIDENCIA DE UM ASSENTAMENTO RURAL NO ESTADO DO TOCANTINS**Mariana Pereira dos Santos⁽¹⁾**

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (2015). Pós-graduanda em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Prisma Centro Educacional do Tocantins (2016).

Aurelio Pessoa Picanço⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (1997). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (2000). Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (2004). Atualmente é Professor Associado I da Universidade Federal do Tocantins. Desenvolve trabalhos na área de extensão universitária com a Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis. Diretor reeleito do Campus Universitário de Palmas da Universidade Federal do Tocantins (2011-2015).

Endereço⁽¹⁾: 104 Norte, NE 11, Lote 10, Casa 01- Palmas-TO - CEP: 77006-030 - Brasil - Tel: (63) 8433-3983 - e-mail: mariana_pereira_0805@hotmail.com

Endereço⁽²⁾: Universidade Federal do Tocantins, Universidade Federal do Tocantins, Palmas. Av. NS15, ALC NO 14, SAÍDA PARAÍSO, Bloco II Direção do Campus de Palmas Centro – Palmas-TO – CEP: 77001000 – Brasil - Tel: (63) 3218-8020 - Fax: (63) 3218-8022 – e-mail: aureliopicanco@uft.edu.br

RESUMO

O gerenciamento adequado dos resíduos sólidos contribui de forma inequívoca com a sustentabilidade e com a saúde ambiental e humana. Assim, o Brasil vem adotando soluções simplificadas e economicamente viáveis à realidade dos municípios. Desta forma, esta pesquisa materializou um projeto básico de uma unidade manual e simplificada de aterro sanitário que possa ser utilizada por comunidades isoladas em todo o Brasil. Essas comunidades, na sua maioria, não dispõem de coleta a sua porta tendo que dispor seus resíduos em lixões e/ou praticando a queima desses resíduos. O trabalho consistiu na operação de uma célula piloto em PVC (caixa d água) de um aterro manual. Para o desenvolvimento do projeto, realizamos a avaliação quantitativa dos resíduos e a caracterização gravimétrica, além de se calcular o teor de umidade dos resíduos sólidos gerados pelos moradores de uma residência do Assentamento Sítio, município de Palmas, Tocantins. A utilização desse reservatório de PVC objetivou a simplificação operacional, que garante menor impacto negativo aos moradores, como controle de odor e visual, e aos compartimentos ambientais com o intuito de subsidiar os gestores de resíduos sólidos na tomada de decisão referente à destinação final adequada para pequenos municípios. Como resultado temos a alternativa para esta disposição através do aterro simplificado com reservatório de PVC ou utilizá-lo como medida mitigadora que otimiza a coleta realizada pelas Prefeituras.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, ASPP, pequenas comunidades.

INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas que a sociedade moderna enfrenta é o manejo inadequado dos resíduos sólidos. Provavelmente poucos imaginavam que há quarenta anos, os resíduos sólidos pudessem trazer tanta dificuldade para a sociedade, sobretudo no tocante ao chamado destino final adequado dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) (PAIVA, 2005).

Para os municípios de pequeno porte, até 20.000 hab., existem algumas tecnologias já propostas que primam pela simplicidade de implantação e operação de aterros de disposição ou que buscam tratar por processo anaeróbio a fração orgânica dos resíduos aterrados, sem prejuízo para o meio ambiente ou à saúde pública (CEPIS/OPS, 2002; CETESB, 1997; CONDER, 2002; PROSAB, 2003).

Segundo o PROGRAMA DE SAÚDE AMBIENTAL DA ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE – Publicação Série Técnica nº 28 – “O Aterro Sanitário Manual ou Simplificado se apresenta como uma alternativa técnica e econômica para as populações rurais menores de 40.000 habitantes, como também para áreas periféricas de algumas cidades que geram 20 toneladas diárias de resíduos”. Deste modo, ressalta-se que os aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos são obras de engenharia, construídas dentro de critérios e

normas operacionais específicas, evitando danos ou riscos à saúde pública e que exigem cuidados visando à minimização dos impactos ambientais como a proliferação de vetores de doenças, geração de odores e poluição dos compartimentos ambientais, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (1994).

Em média, o resíduo doméstico no Brasil, segundo Jardim e Wells (1995), é composto por 65% de matéria orgânica; 25% de papel; 4% de metal; 3% de vidro e 3% de plástico. Apesar de atender à legislação específica de cada município, o lixo comercial, até 50 kg ou litros, e o domiciliar são de responsabilidade das prefeituras, enquanto os demais são de responsabilidade do próprio gerador. Os resíduos gerados nas atividades rurais, industriais e residenciais tais como embalagens, pilhas e baterias, produtos inutilizados e outros são de responsabilidade da empresa que os produziu, devendo a mesma captar e destinar corretamente este material (BRASIL, 2010).

Desta forma, a norma NBR 15.849:2010 cujo título é: Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento; estabelece que um aterro sanitário de pequeno porte (ASPP) manual e simplificado tem como característica uma concepção simplificada do sistema, de menor custo, por meio da redução dos elementos de proteção ambiental, sem prejuízo da minimização dos impactos ao meio ambiente e à saúde pública. Segundo Iwai (2012), os aterros sanitários simplificados são necessários para atender ao grande número de municípios brasileiros de pequena população, por serem sistemas construídos com a devida preocupação ambiental, possuem simplicidade construtiva e operacional, e baixos custos de implantação e operação, vindo a se comparar com outras soluções.

A expectativa é que a medida acabe com os lixões espalhados pelo território brasileiro e a queimada inadequada dos resíduos. Com a simplificação de condicionantes ficou um pouco mais viável aos municípios cumprir essa determinação da Lei de Resíduos Sólidos – 12.305/2010. A lei extingue os lixões e prevê, entre outros desafios, a gestão compartilhada, a ampliação e melhoria da produtividade da coleta seletiva (BRASIL, 2010a).

No entanto, para a elaboração de projeto e construção de aterros não há uma regra determinante e cada município é um caso específico. Os fundamentos do solo, os lençóis freáticos e a quantidade de chuva na região são aspectos fundamentais para a implantação e variam de acordo com cada região necessitando de estudos técnicos. Sempre que as condições físicas o permitam, é possível a implantação de sistemas de disposição final simplificados, em razão das pequenas quantidades e das características dos resíduos gerados diariamente, sem prejuízo do controle de impactos ambientais e sanitários (PAIVA, 2005).

Esse projeto teve como objetivo desenvolver e operar um aterro sanitário simplificado, que atende a NBR 15.849/10, operado de forma manual pelos moradores de uma residência do Assentamento Sítio, Município de Palmas, Tocantins. Também, diagnosticar a forma de disposição dos resíduos gerados pelos moradores, além de verificar as ações de gerenciamento existentes. Para finalizar a pesquisa, caracterizar os resíduos gerados e mensurar a viabilidade entre a manta PEAD e a caixa d'água de PVC.

MATERIAIS E MÉTODOS

Método Construtivo

A concepção geral do aterro proposto consistiu no aterramento manual dos resíduos desenvolvidos no sistema de valas em um reservatório de PVC de 500 litros fazendo o papel da manta impermeável. Essa é uma alternativa tendo em vista a ausência de coleta e transporte de lixo diário nos assentamentos rurais. Para tanto, foi feito um levantamento da área de estudo, onde escolheu-se a família para execução do projeto e explicou-lhes como operar o mesmo, ou seja, todos destinaram adequadamente o resíduo volumoso no mini aterro sanitário, sem queima, e fecharam com a tampa diariamente.

Após a escavação com profundidade e largura variável, confinada em todos os lados, oportunizando operação não mecanizada, segundo a normativa NBR 15.849/10, a caixa d'água de 500 litros foi enterrada. A caixa foi operada até o seu enchimento (90 dias), com monitoramento mensal. Na última etapa e finalização da pesquisa, os resíduos foram quantificados, foram avaliadas as características físicas dos resíduos dispostos, composição gravimétrica e teor de umidade. O método utilizado para caracterização foi descrito por Abreu (2008) e Pessin

(2002), em que os resíduos amostrados são misturados, quarteados para classificação qualitativa, conforme NBR 10007/2004, analisados e pesados para classificação quantitativa. Já para a análise do teor de umidade foi utilizado o método descrito na norma de Mecânica dos Solos, NBR 6457 - Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização (1984).

Área de estudo

O Assentamento Sítio, objeto de estudo deste trabalho, localiza-se no distrito de Buritirana, município de Palmas, Tocantins, à aproximadamente 70 km da sede do município. O referido Assentamento foi criado no ano de 2008 quando o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), após imitir-se na posse da terra, dividiu em parcelas e transferiu-as para trabalhadores rurais sem terra a fim de que a cultivassem e promovessem seu desenvolvimento econômico.

A extensão territorial do assentamento tem área de 2.625,9116 ha com 69 famílias assentadas. A produção agrícola na comunidade é voltada, principalmente, ao cultivo de hortaliças e frutíferas. Outras culturas como arroz, milho e mandioca também são importantes para o consumo familiar e para a criação de pequenos animais como aves e suínos. Além dessas atividades, outras menos expressivas como a produção de mel também exercem importante papel na segurança alimentar e geração de renda das famílias.

A escolha do morador ocorreu-se a partir da mobilização da comunidade por meio de visita in loco e aplicação de questionário qualitativo, utilizado para levantamento de dados. Assim, a residência do senhor Antônio de Pádua Teixeira foi escolhida após análise dos quesitos pré-estabelecidos embasadas pela Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Os quesitos a serem respondidos foram: na propriedade há nascente ou córrego, há queima do resíduo sólido volumoso, faz-se adubo e/ou alimenta animais com os resíduos de alimento/refeição, há manejo de agrotóxicos e qual seu descarte, qual o descarte do resíduo domiciliar, orgânico, reciclável (plástico, vidro, metal, papel), resíduo de construção civil, pneus, pilhas e baterias, lâmpadas e qual a destinação final do resíduo de produção e de animais mortos.

A propriedade do senhor Antônio de Pádua Teixeira são de 39 ha. A família compreende esposa e dois filhos residentes, e a fonte de renda é proveniente da agricultura de arroz, milho, mandioca e feijão. Também contam com criação de suínos e aves.

Desenvolvimento da célula

Para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, não existe nem solução mágica, nem solução pronta por isso, qualquer proposta deve passar pelo conhecimento de cada cidade, de seu lixo, de suas características socioculturais e econômicas, além da capacitação de recursos humanos e do envolvimento da população por meio da educação ambiental.

A concepção geral do aterro proposto consiste no aterramento manual dos resíduos desenvolvidos no sistema de valas. Para tanto, efetivou-se a escavação pelo próprio morador com ajuda dos vizinhos com profundidade de 0.65 metros e largura de 1.20 metros, de acordo às medidas da caixa d'água de 500 litros, confinada em todos os lados, oportunizando operação não mecanizada.

Após a implantação da caixa d'água, segundo a normativa NBR 15.849, fazendo-se o papel da manta impermeável, foi possível a execução do experimento. Esse sistema pré-moldado de PVC é uma alternativa em substituição às mantas de polietileno de alta densidade (PEAD), para funcionar como a célula. Por sua vez, o morador sempre que depositou o resíduo, diariamente, o cobriu com a tampa da caixa. Assim, minimizou a produção de lixiviados e gases, aproximação de roedores, entre outros vetores de doenças, geração de odores e poluição dos compartimentos ambientais. A Figura 1 apresenta as dimensões das caixas d'água existentes no mercado brasileiro, pois o Aterro Sanitário Simplificado pode ser implantado em escalas maiores, por exemplo, para o assentamento como um todo. Portanto, o tamanho da caixa é diretamente proporcional ao número de habitantes direcionados à destinação final adequada dos resíduos sólidos. Desta forma, deu-se início à operação da célula piloto de ASPP manual como ilustra abaixo.



Figura 1–Tamanho dos reservatórios disponíveis no mercado e execução e operação da célula piloto de ASPP manual. Fonte: Arquivo pessoal

Caracterização dos resíduos gerados

O gerenciamento dos resíduos sólidos num município abrange vários aspectos relacionados à sua origem, geração, armazenamento, coleta, tratamento e disposição final. A geração excessiva de resíduos e o seu mau gerenciamento ou descaso pode trazer diversos problemas a um município, tanto sanitários quanto sociais, ambientais e econômicos (QUISSINI, 2007).

Assim, a caracterização dos resíduos sólidos urbanos vem trazer benefícios uma vez que permite subsidiar o planejamento das atividades do setor de limpeza urbana, bem como avaliar o potencial de reutilização, reciclagem e recuperação dos resíduos gerados. É a partir da caracterização, ou seja, do levantamento das características que não só qualquer medida relacionada à limpeza pública é tomada, mas também melhorias nas ações de gerenciamento já adotadas.

Determinação da composição gravimétrica

O local da amostragem para caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos depositados na célula piloto foi próximo à mesma e fez-se da utilização dos EPI's necessários como luvas, máscara, jaleco e botas. Utilizou-se uma lona, 14 sacos plásticos para acondicionamento dos resíduos segregados e classificados, uma balança e material para anotação.

Na literatura são apresentados diferentes métodos para determinar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos, a maior parte com base no quarteamento da amostra, conforme a NBR 10007/2004 (PROSAB, 2003). O método utilizado no projeto foi adaptado e descrito por Abreu (2008) e Pessin (2002), em que os materiais amostrados foram misturados, quarteados conforme classificação, acondicionados e pesados, enfocando parâmetro quantitativo, que traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de resíduo analisado.

Análise do Teor de Umidade

Uma pequena amostra da mistura dos resíduos foi separada no dia da determinação da composição gravimétrica e encaminhada ao Laboratório de Resíduos Sólidos (LABRESOL), na Universidade Federal do Tocantins (UFT), para análise do Teor de Umidade. A amostra continha matéria orgânica putrescível, plástico, embalagem longa vida e contaminante biológico.

Assim, realizou-se a análise no laboratório utilizando a metodologia baseada na norma de Mecânica dos Solos, NBR 6457 - Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização (1984), adaptada para temperatura a 103°C tendo os seguintes procedimentos:

- Numa cápsula de porcelana pesou-se na balança analítica em torno de 100g de amostra de resíduo;
- Colocou-se o conjunto, cápsula mais amostra, em uma estufa com temperatura de 103°C, por se tratar de materiais ricos em matéria orgânica. O tempo de permanência da amostra na estufa foi de 3 horas;

- Antes da pesagem na balança analítica, a cápsula mais amostra que se encontrava na estufa foi retirada e colocada no dessecador durante 30 minutos para adquirir temperatura ambiente e não influenciar nos resultados finais.

Os resultados foram obtidos por meio dos cálculos baseados na média do peso das amostras conforme equação 1 abaixo:

Teor de umidade pelo método à base seca: $\%Ww = \text{Peso Inicial} - \text{Peso Final} / \text{Peso Final} (1)$

Viabilidade econômica entre a manta PEAD e a caixa d'água de PVC

A lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010a) assim como o Decreto que a regulamenta (BRASIL, 2010b) definem, como objetivo, normatizar a destinação dos resíduos, a responsabilidade dos fabricantes, dos consumidores e do poder público. No que se refere ao setor agrícola, a lei estabelece que seja aplicado o sistema de logística reversa. Trata-se de um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final, ambientalmente adequada. Na zona rural, este instrumento é aplicado para agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como para outros produtos cujas embalagens, após o uso, constituam resíduos perigosos. Poderá haver uma gestão compartilhada dos resíduos urbanos e rurais envolvendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares do serviço público de limpeza (BRASIL, 2010a; BRASIL, 2010b).

A Educação Ambiental é uma ferramenta que pode ser utilizada por instituições públicas e privadas para sensibilizar a comunidade e contribuir com a destinação correta dos resíduos. A sensibilização de meeiros, agricultores e a comunidade rural, pode ser desenvolvida pela Educação Ambiental não formal. Cabe aos Estados, Prefeituras e União, em parceria com a iniciativa privada e as instituições de ensino e pesquisa, incentivar, estruturar e difundir essa prática junto à comunidade urbana ou rural (BRASIL, 1999).

Em busca de soluções para a disposição final adequada dos resíduos gerados pelas pequenas comunidades, a principal alternativa é a implantação de aterro sanitário com o uso da manta PEAD convencional. Porém, essa pesquisa apresenta uma alternativa à manta, ou seja, a utilização do reservatório de PVC em virtude do alto valor econômico da mesma. Visando esclarecimento e comparação entre ambas, realizou-se um levantamento de dados onde descobriu-se a área necessária de manta PEAD para uma mesma área do reservatório de 500 L, por exemplo. Assim, foi possível comparar a viabilidade econômica entre os reservatórios de PVC comuns no mercado e a mesma área necessária de manta PEAD através das equações abaixo:

Área da base (AB): $V/H (2)$

Lado (L): $\sqrt{AB} (3)$

Área lateral (AL): $(L \times H) 4 (4)$

Área externa (AE): $[(L + 1) \times (L + 1)] - AB (5)$

ÁREA DE MANTA PEAD: $AB + AE (6)$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Disposição final dos resíduos gerados

A disposição final dos resíduos sólidos gerados, efetuada na residência, é a céu aberto seguida de queima na maioria das vezes. A prática de empilhar resíduos e atear fogo ao ar livre é um costume que vem de vários séculos, esta atividade visa, principalmente, evitar que a parcela orgânica do lixo entre em decomposição propagando vetores como ratos, baratas, moscas, além do mau cheiro. Além disso, o ato de dispor a céu aberto e queimar provocam relevantes impactos ao solo, ar e água. Os moradores relataram que não havia coleta dos resíduos por parte da Prefeitura, então, a solução seria a queima ou simplesmente deixar esse material sobre o solo. Ainda informaram que, caso a Prefeitura promovesse a coleta, essa prática seria modificada.

Determinação da composição gravimétrica

Verificou-se que, após os 90 dias de enchimento do reservatório, o resíduo total gerado foi de 30.05 kg, equivalente à uma geração per capita de 0,083 kg/hab.dia.

Os dados permitem observar a incidência de cada tipo de resíduo na coleta de resíduos molhados. Observa-se a presença significativa de matéria orgânica (72%) disposta no Aterro Sanitário Simplificado, ficando evidente o desperdício de alimentos. A matéria orgânica pôde ser efetivamente observada na verificação visual do montante de resíduos. Destaca-se também a porcentagem de contaminante biológico (14%) gerada na residência.

O fator que explica essa alta porcentagem de matéria orgânica é econômico e cultural. Tem-se como justificativa a grande produção por meio da agricultura presente. Geralmente, a produção agrícola é a fonte de renda de uma família rural, portanto, conseqüentemente ocorrerá o desperdício de alimentos, apesar da criação de animais. E uma solução para isso é a possibilidade da família investir na adoção de sistema com vistas a tratar esse tipo de material em sistemas de compostagem.

Ao analisarmos, aparecem, principalmente, plástico mole (41%) e vidro (19%), sendo que estas parcelas dificultam a decomposição dos resíduos, reduzem a área de disposição no aterro e a vida útil do mesmo, tornando a reciclagem desses compostos imprescindível. Esses dados demonstram o padrão de vida da população rural, em suma, podemos dizer que “os resíduos sólidos representam o fiel retrato da sociedade que os geram”, e quando expostos mostram o nível de competência das pessoas.

Esses resíduos apresentam alto potencial de reciclagem, fazendo-se necessário um gerenciamento que contemple esta prática, além de elaboração de programas de educação ambiental efetivos e de caráter permanente por parte dos gestores com propostas que visem à mudança nos padrões de consumo da população em geral, buscando a minimização dos resíduos, o melhor aproveitamento dos produtos e bens adquiridos, objetivando formar cidadãos comprometidos com a qualidade do meio ambiente e com o gerenciamento dos resíduos do município.

Na verificação da média das categorias da composição gravimétrica, observa-se que a quantidade de materiais não recicláveis encontra-se em quantidade elevada, representando 57% dos resíduos encontrados junto ao material reciclável. Tem-se que esta quantidade é composta principalmente por matéria orgânica do dia-a-dia e contaminante biológico.

Partindo do pressuposto de uma escala maior, por exemplo, para todo o Assentamento Sítio, a presença de tais rejeitos dificultam e encarecem o processo de triagem para reciclagem mencionado anteriormente, uma vez que, os resíduos encontram-se misturados. Esse fato acaba prejudicando todo o processo, pois, por estarem misturados, somente uma parcela dos materiais são reciclados. A coleta e a triagem podem ser mais rentáveis se a população estiver consciente de seu papel no gerenciamento correto dos resíduos sólidos e realizar a segregação e destinação adequada dos mesmos. Eventualmente, podem executar outras alternativas para essa parcela de matéria orgânica como a compostagem, já citada, para aumentar o rendimento do aterro também.

Outro aspecto a ser considerado refere-se à importância da criação de centros de artesanato para aproveitamento de vários materiais recicláveis, ou na própria residência, contribuindo também para a renda da família, ou aqueles que são passíveis de aproveitamento e gerados em larga escala pelos moradores, materiais estes que atualmente têm como destino final o aterro sanitário. Tais medidas devem repercutir positivamente na diminuição da quantidade de resíduos encaminhados ao Aterro Sanitário Simplificado e, conseqüentemente, aumentando a vida útil deste, contribuindo para a preservação dos recursos naturais.

Análise do Teor de Umidade

Para tanto, após o passo a passo, descrito na metodologia, efetuado com duas amostras de 100g cada, aproximadamente, para redução da margem de erros, o teor de umidade registrou-se em 8,3%, conforme a Tabela 1. Apesar da alta porcentagem de matéria orgânica, o valor é consideravelmente baixo para esse tipo de resíduo. Isso evidencia a eficiência do sistema de Aterro Sanitário Simplificado adotado, acompanhado de condições climáticas favoráveis, no Tocantins. Vale ressaltar que a pesquisa foi realizada nos meses de Abril, Maio e Junho com precipitações aleatórias. Outro fator é o procedimento de operação do aterro, onde fez-se a cobertura correto do mesmo com a tampa da caixa d'água, que resultou nessa mínima quantidade de lixiviados.

Tabela 1 – Valores registrados por meio da metodologia para calcular o Teor de Umidade do Aterro Sanitário Simplificado

	Amostra 1	Amostra 2	Média
Peso Inicial (Cadinho de porcelana + amostra) (g)	127,541	127,584	127,562 5
Peso Final (Cadinho de porcelana + amostra seca) (g)	118,686	116,868	117,777
Teor de umidade (%Ww)	0,0746	0,0917	0,0831

Nos processos de tratamento e destinação do resíduo, o teor de umidade tem influência decisiva, varia muito em função das estações do ano e da incidência de chuvas. Esta característica em aterros de resíduos sólidos é dependente de vários fatores incluindo: composição e condições iniciais do lixo, condições climáticas do local, procedimento de operação do aterro, presença de lixiviação, cobertura e quantidade de umidade gerada pelo processo biológico de degradação dos resíduos. Assim, essa alternativa que foi proposta torna-se eficaz devido ao clima do estado, já que em regiões onde a evapotranspiração excede a precipitação o teor de umidade típico é relativamente baixo, agregado aos procedimentos de operação, pois a tampa da caixa fez o diferencial, resultando na ausência de lixiviação.

Viabilidade econômica entre a manta PEAD e a caixa d'água de PVC

As caixas d'água de PVC são reservatórios do tipo estanques mais rígidos e mais difíceis de romper. A Tabela 2 abaixo compara o valor econômico entre os reservatórios de PVC comuns no mercado e a manta PEAD.

Tabela 2 – Comparação entre a caixa d'água de PVC e a manta PEAD de 3mm

Parâmetro	500L (H=0,5) 0,5m ³ 6m ² de manta*	1000L (H=1) 1m ³ 8m ² de manta*	5000L (H=2) 5m ³ 19m ² de manta*	10000L (H=3) 10m ³ 30m ² de manta*	20000L (H=3) 20m ³ 44m ² de manta*
PVC (reais)	180	316	1670	3120	6365
PEAD (reais)	378	504	1217	1883	2760

(*): Rolo de 5x50m à R\$ 63,00/m² para espessura de 3mm

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Litucera e Valadares Comercial LTDA, Palmas, Tocantins.

Como pode ser observado na Tabela 3 acima, a viabilidade da caixa d'água de PVC com volumes de 500L e 1000L é maior em relação à manta de PEAD. Porém os outros volumes diferem com o valor da manta menor, mas aparentemente, pois implicaria em custos significativamente maiores ao final do projeto, havendo necessidade do gerenciamento dos lixiviados coletados e custo de instalação, devendo-se observar ainda critérios topográficos, dimensões da área, distância de corpos d'água e de residências, monitoramento de poços para análise da qualidade da água, condições de acesso, distância do centro gerador, entre outros fatores. Ressalta-se que em empreendimentos com a caixa d'água não são previstas as utilizações de dispositivos de controle, como sistema de drenagem de efluentes líquidos percolados, drenagem de gases e ainda de dispositivos de monitoramento das águas subterrâneas devido à rigidez do material.

Deve ser considerado, ainda, o elevado potencial poluidor dos efluentes líquidos percolados (chorume), que são gerados nos empreendimentos com manta. A utilização desse sistema pronto de PVC teve por finalidade facilitar a implantação do aterro manual e, principalmente, diminuir os impactos negativos por meio do confinamento de todo resíduo. Para tanto, houve o monitoramento mensal com visitas, relatos dos moradores e análise *in loco* do experimento para verificar a presença de animais, odor e dificuldade de operação. Mas observou-se, apenas, a presença de larvas no lixo no início da operação, comum em resíduos acumulados em estágio de decomposição.

Ao fim de 90 dias a caixa d'água estava totalmente preenchida, recolheu-se a mesma e o resíduo, que foi posteriormente disposto no Aterro Sanitário de Palmas, Tocantins, pois os objetivos da pesquisa já haviam sido finalizados com sucesso e o resíduo foi disposto conforme previsto.

Expandindo o experimento, visando atender as 69 famílias, ou seja, 280 habitantes, durante 1 ano, seria necessário um reservatório de 140533L. Assim, o Assentamento Sítio gera 8432 kg por ano. Para tanto, é

recomendado às áreas escolhidas para implantação destes aterros de grande porte locais com solos argilosos com profundidade do aquífero freático no mínimo a 3 metros da cota de fundo da vala, e para solos arenosos, profundidades superiores havendo a necessidade de monitoramento da qualidade da água, além de alternativas para drenagem de possíveis gases e lixiviados gerados.

Outra medida mitigadora, para os resíduos sólidos das pequenas comunidades, poderia ser realizada junto à Prefeitura. Onde a mesma doaria a cada família do assentamento um recipiente para acondicionamento dos resíduos domésticos, podendo ser a caixa d'água de 500L, e que a coleta ocorreria a cada 90 dias, apenas.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A utilização do reservatório de PVC (caixa d'água) é uma alternativa eficiente para a problemática levantada. Esses reservatórios estão disponíveis em todo o Brasil facilitando a sua aquisição e utilização, com uma garantia de sustentabilidade, pois o custo do material e implantação de projeto são menores do que a manta PEAD, sendo viável economicamente, além de serem mais rígidos, garantindo a preservação ambiental.

O dimensionamento e implantação do ASPP é ideal para pequenas comunidades desprovidas de coleta ou uma forma de otimizar a mesma. Através da redução de frequência no cronograma de coleta, pois os resíduos estariam confinados no reservatório sem proliferação de vetores de doenças, geração de odores, poluição do solo, corpo hídrico e atmosfera.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, M.F. Coleta Seletiva com inclusão social: em municípios, empresas, instituições condomínios e escolas. Belo Horizonte: CREA-MG, 2008.
2. BRASIL. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10007: Amostragem de resíduos: procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.
3. BRASIL. ABNT - NBR -6457 – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização. 1984.
4. BRASIL. ABNT NBR 15.849/10. Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. 14.07.2010. Norma brasileira.
5. BRASIL. Lei nº 9.795. Dispõe sobre a Educação Ambiental, institui a política nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. De 27 de Abril de 1999.
6. BRASIL. Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2010a.
7. BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. 2010b.
8. CASTILHOS JR, A. B. (Coordenador), Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Projeto PROSAB – 294 p, ABES. Rio de Janeiro, 2003.
9. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE/ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (CEPIS/OPS). Residuos sólidos municipales: guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Washington D. C.: Programa de Salud Ambiental. Serie Técnica, 28, 2002. 297p.
10. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares 2010. 186p. São Paulo. 2011. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 17 de novembro de 2014.
11. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Aterros Sanitários em Valas. Apostilas Ambientais. São Paulo, 1997.
12. CONDER – Companhia De Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia. Projeto, concepção e manual de operação de aterros sanitários manuais – modelo CONDER, 28 p. Salvador – BA, 2002.
13. INCRA. Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Diretoria de Obtenção de Terras e Implantação de Projetos de Assentamento – DT. Coordenação-

- Geral de Implantação – DTI – SIPRA. Projetos de Reforma Agrária Conforme Fase de Implementação. Fonte: SDM. Relatório: Rel_0227. 23/03/2012.
14. IWAI, C.K., Hamada, J, Emprego do Inventário de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo como Ferramenta de Análise e Gestão de Resíduos Domiciliares – 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte – MG. ABES, 2007.
 15. IWAI Kenji C. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas e do solo em áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte: aterro sanitário em valas. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. São Paulo. 2012.
 16. JARDIM, N. S.; WELLS, C. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento integrado. São Paulo: IPT: CEMPRE, 1995.
 17. LIN, C.; WEN, L.; TSAI, Y., Applying decision-making tools to national e waste recycling policy: an example of analytic hierarchy process. Waste Management 30: 863-869. 2010.
 18. MAY, M.S.S., Contribuição para construção de instrumento para análise e avaliação de aterros simplificados de resíduos sólidos urbanos para municípios de pequeno porte. Salvador, 2008. 166 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) Escola Politécnica – Universidade Federal da Bahia, Salvador – BA.
 19. MARTINS L, Andrade H, Prates K. Diagnóstico quali-quantitativo dos resíduos sólidos domiciliares gerados no assentamento rural Luz, Luizinha/Paraná. SaBios: Rev. Saúde e Biol., v.4, n.2, p.14-20, jul./dez. 2009 ISSN 1980-0002. Artigo Completo.
 20. PAIVA, Ivan Euler Pereira de. Aterro sanitário em municípios de pequeno porte: estudo do potencial de aplicação de tecnologias simplificadas na região do semi-árido baiano / Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica. Universidade Federal da Bahia, 2005 - Salvador.
 21. PESSIN, N.; DE CONTO, S. M.; QUISSINI, C. S. Diagnóstico preliminar da geração de resíduos sólidos domésticos em sete municípios de pequeno porte da região do Vale do Caí/RS. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 2002, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, 2002.
 22. PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO (PROSAB).Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. 280p.
 23. PROSAB. GRSU – Gerenciamento integrado de Resíduos Sólidos. Org. Viviane Maria Zanta, V.M., FERREIRA, C.A. Gerenciamento integrado de resíduos sólidos 2013.
 24. QUISSINI, C.S., PESSIN, N. CONTO, S.M., GOMES, F.M. Determinação dos aspectos qualitativos dos resíduos sólidos domésticos - estudo de caso município de São Marcos. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007, Belo Horizonte. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental., 2007.
 25. SAKATA, Y., A choiceexperimentoftheresidentialpreferenceofwaste management services – theexampleofKagoshimacity, Japan. Waste Management 27: 639-644. 2007.
 26. SCHALCH V, Almeida Leite W, Fernandes Júnior J, Castro M. Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Hidráulica e Saneamento. São Carlos. Outubro de 2002.
 27. SISEMA. Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Solução Compartilhada para Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em municípios de pequeno porte. Marcelino Gonçalves Barbosa. Outubro de 2013.