

**Uni- ANHANGUERA – CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ATERROS DE PEQUENO PORTE: UMA ALTERNATIVA PARA VIABILIZAÇÃO
DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS EM ABADIA DE GOIÁS**

**LUCAS AMÉRICO S. NUNES
MARY JANEY B. DE SOUZA**

**GOIÂNIA
Maio/2018**

LUCAS AMÉRICO S. NUNES
MARY JANEY B. DE SOUZA

**ATERROS DE PEQUENO PORTE: UMA ALTERNATIVA PARA VIABILIZAÇÃO
DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS EM ABADIA DE GOIÁS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA, sob orientação da Professora Ms. Regina de Amorim Romacheli, como requisito parcial para obtenção do título de bacharelado em Engenharia Civil.

GOIÂNIA
Maio/2018

Resumo

Com a implantação da Lei n. 12.305/10 que estabelece sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, diversas ações passaram a ser propostas para a promoção do saneamento. Várias exigências foram atribuídas aos municípios, dentre elas a extinção dos lixões e a implantação de aterros sanitários, porém municípios pequenos encontram entraves no atendimento as condições estabelecidas, principalmente devido a limitação financeira que eles se encontram. A implantação de aterros de pequeno porte, tem se apresentado uma alternativa viável, que garante a manutenção das técnicas de deposição, porém a um custo menor, viabilizando a implantação. Este artigo se refere a um estudo de caso para o dimensionamento de um aterro sanitário de pequeno porte, pelo método de trincheiras, para o município de Abadia de Goiás – GO, e a remediação do lixão atual, de forma a atender às demandas do município, as limitações econômicas, com o uso das técnicas mitigadoras normatizadas. Foi utilizado como referência o Plano Municipal de Saneamento Básico, leis, artigos científicos, imagens de satélite da área do atual lixão. Os estudos apontaram que para o município estudado seriam necessárias quatro trincheiras, para uma vida útil de projeto de 20 anos, podendo ser implantado na própria área do lixão atual, conforme remediação proposta, verificou-se então, que o uso de aterros de pequeno porte torna-se uma alternativa viável para o município de Abadia de Goiás.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro de pequeno porte. Resíduos sólidos urbanos. Gerenciamento. Trincheiras. Remediação de lixão.

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos não são mais apenas um problema local, o grande desenvolvimento da população fez com que virasse algo fora de controle. Os efeitos são sentidos de forma local, primeiramente, mas se multiplicam e se tornam um problema mundial (FILHO et al., 2015).

Segundo Zanta e Ferreira (2003), nos municípios brasileiros de pequeno porte, a forma de disposição de resíduos sólidos urbanos mais utilizadas são os depósitos de céu aberto, mais conhecidos como lixões. Esta forma de disposição é desordenada, sem compactação e sem cobertura dos resíduos, proliferando diversos tipos de poluições e possíveis doenças. A grande utilização pode ser explicada por diversos fatores, onde acaba refletindo na inexistência ou inadequação de gerenciamento dos resíduos.

De acordo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 63% dos municípios brasileiros ainda utilizam os famosos “lixões” como forma de descarte final dos resíduos sólidos. O “lixo” tem um alto poder contaminante que provém da sua decomposição, sendo necessário que exista modos de disposição final dos resíduos sólidos urbanos de maneira menos nociva ao meio ambiente. (SILVA, 2016).

Silva (2016) diz que, dispor resíduos sólidos em aterros sanitários visa diminuir os impactos negativos que provém da degradação dos resíduos. Onde propõe-se impedir que ocorra a contaminação das águas e do ar. Tornando-se necessário, em um projeto de aterro sanitário, o dimensionamento de camadas de proteção da base e cobertura, sistemas de drenagem dos efluentes líquidos, gasosos e de captação das águas da chuva.

O principal fator de não haver um aterro adequado em todos os municípios do país é o alto custo da obra. As pequenas cidades por exemplo, não tem condições de construir uma obra desse porte, uma possível solução é a junção dos municípios para construir apenas um aterro sendo utilizado por mais de uma cidade; ou então a criação dos pequenos aterros.

O Guia de orientação para adequação à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) diz que, através de estudos realizados foi demonstrado que o valor aplicado na gestão de resíduos sólidos no Brasil por habitante/ano é de R\$ 88,01. Explicando-se assim os baixos investimentos e aumento da forma de disposição incorreta na maioria dos municípios.

A utilização de aterro sanitário de pequeno porte em pequenas comunidades é um método de grande aplicabilidade por ser fácil de operar e pelo seu custo reduzido, comparado as outras formas de disposição dos resíduos urbanos (SOARES; LUPATINI; JUNIOR, 2002).

Segundo a NBR 15.849 (2010), os aterros de pequeno porte são aterros nos quais é suportável a disposição de até 20 toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia. A resolução

CONAMA n° 404 / 2008, diz que em cidades onde ocorra um aumento significativo na geração de resíduos é preciso ser prevista em projeto, pois assim poderá ser contemplado medidas adicionais na operação do aterro.

Os aterros sanitários de pequeno porte podem ser feitos em valas, trincheiras, encosta e em área, dependendo da topografia da área em questão. Este artigo se propõe a dimensionar um aterro de pequeno porte para o município de Abadia de Goiás, pelo método de trincheira, tendo como objetivo verificar a viabilidade técnica e econômica da implantação do aterro sanitário de pequeno porte, como alternativa, para diminuição dos problemas causados pela disposição final incorreta de resíduos sólidos urbanos, em Abadia de Goiás.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa se propôs dimensionar a e verificar a viabilidade técnica e econômica de um aterro de pequeno porte, usando o município de Abadia de Goiás como objeto de estudo. A cidade possuía em 2017, 8207 habitantes e é componente da Região Metropolitana de Goiânia, e se tornou bastante conhecido em 1987, porque veio a abrigar o depósito de lixo radioativo resultante do acidente com Césio 137 em Goiânia, local onde foi então instalado o Centro de Pesquisas Radiológicas da Comissão Nacional de Energia Nuclear – referência mundial. Situa-se 25 km a sudoeste da capital seguindo pela BR – 060 sentido Rio Verde, com aglomerado urbano às margens dessa rodovia federal. Suas coordenadas geográficas são 16°45'56,8" Lat. Sul e 49°27'52" W-Gr, altitude média de 850 metros acima do nível do mar.

As informações socioeconômicas do município, retirados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, bem como a minuta do Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos contribuíram para a base de dados que subsidiaram a caracterização e dimensionamento do aterro sanitário de pequeno porte para a cidade.

Para cálculo, definição de layout e tratamento dos dados coletados foram utilizados os softwares AutoCAD versão 2015 e Excel versão 2013. A base para os cálculos utilizados foram retirados do Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde – FUNASA do ano de 2015, além de artigos científicos relacionados ao assunto. Para o orçamento foi estimado os custos para o aterro, retirados do SINAPI Goiás, onde alguns itens orçados foram considerados os valores do orçamento do Projeto de aterro sanitário simplificado para Cocalzinho de Goiás.

As características dos municípios abordadas foram: número de habitantes, cálculo da previsão de crescimento populacional, geração per capita dos resíduos sólidos e o funcionamento dos serviços de limpeza pública da cidade.

Foi adotado uma vida útil de 20 anos para o aterro e para estimar a população do município foi calculado, antes, a taxa de crescimento populacional através do método geométrico, previsto no Manual de Saneamento da FUNASA, onde:

$$j = \left(\sqrt[t]{\frac{P}{P_0}} \right) - 1$$

j = Taxa de crescimento

t = Tempo decorrido, anos.

P = População atendida

P₀ = População inicial

A partir da taxa de crescimento foi possível calcular a população estimada dos anos de 2018 à 2037, através da progressão geométrica, onde:

$$P = P_0 \times (1 + j)^{\Delta t}$$

P = População a ser calculada

P₀ = População inicial

j = Taxa de crescimento

Δ t = Variação de tempo em anos

O total de resíduos sólidos por dia, inicial, foi calculado a partir dos dados coletados na Prefeitura de Abadia de Goiás. Onde a quantidade de resíduos em t/mês foi multiplicada por 12 meses e em seguida dividido por 365 dias, tendo como resultado a quantidade de resíduos sólidos gerados por dia.

Diante das informações obtidas para a realização do dimensionamento, verificou-se que não havia arquivos que informassem qual o valor da geração per capita do município. Sendo assim, tendo em vista os cálculos acima, foi utilizado a seguinte equação para cálculo da geração per capita:

$$q = \frac{\text{total de resíduos por dia } \left(\frac{kg}{dia}\right)}{\text{total de habitantes}_{2018}}$$

Onde:

q = Geração per capita

2.1 Dimensionamento das trincheiras

Conforme as concepções de projeto apresentadas no Manual de Saneamento da Funasa (2015) e na NBR 15849, para a definição das dimensões das trincheiras a serem implantadas é necessário o cálculo do volume aterrado, que é função da geração anual de resíduos multiplicada pela densidade média compactada, adicionando também 20% referente a cobertura da trincheira. O material a ser utilizado para a cobertura será o próprio solo retirado da área durante a escavação das trincheiras. Com a geração per capita, foi possível realizar os cálculos da geração diária e geração anual dos resíduos:

$$\text{Geração diária} = \text{Geração per capita} \times \text{População}$$

$$\text{Geração anual} = \text{Geração diária} \times 365 \text{ dias}$$

Quando os resíduos sólidos urbanos são coletados eles apresentam uma densidade média na faixa de 0,2 t/m³. Depois de realizada a compactação dos mesmos, a densidade sobe em média para 0,7 t/m³ (GUIMARÃES; GONDIM, 2015). Portanto, para o cálculo do volume aterrado foi adotada a densidade média de 0,7 t/m³, onde:

$$\text{Volume aterrado} = \left(\frac{\text{Geração anual}}{\rho} \right) + 20\%$$

ρ = Densidade média de compactação, t/m³.

20% = Cobertura da trincheira

Segundo Gomes e Martins (2003), para o dimensionamento da trincheira é sugerido adotar de 2 a 3 metros de profundidade, definir a forma da trincheira que será utilizada, adotar uma de suas dimensões e calcular a outra. Portanto, foi definido uma trincheira de forma trapezoidal, onde deverá ser adotado a largura média de 12 metros e profundidade de 3 metros. O cálculo do comprimento da trincheira se deu a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Volume aterrado} = Lm \times Cm \times H$$

Lm = Largura média

Cm = Comprimento médio

H = Altura

O comprimento e a largura da base e do topo do trapézio foi definido a partir da inclinação dos taludes. A inclinação dos taludes considerada foi de 1:3, procurando facilitar o acesso do caminhão para a disposição dos resíduos sólidos na trincheira. Após definir o

comprimento e a largura do topo do trapézio foi possível calcular a área superficial das trincheiras, onde:

$$\text{Área superficial da trincheira} = Ct \times Lt \times \text{Número de trincheiras}$$

Ct = Comprimento do topo do trapézio

Lt = Largura do topo do trapézio

Portanto, a área total do terreno necessária para o aterro se deu a partir da somatória de 20% do valor da área superficial da trincheira, para as devidas instalações de estruturas apoio e instalação do aterro.

2.2 Elementos de projeto

Conforme a NBR 8419 (1992), os elementos de projeto devem ser corretamente especificados e descritos. Tais elementos são: sistema de drenagem superficial, sistema de drenagem de percolado, sistema de tratamento de percolado, impermeabilização superior e/ou inferior e sistema de drenagem de gás. Porém, deve ser analisado corretamente o projeto do aterro sanitário para identificar a necessidade do mesmo. Alguns dos elementos de projeto devem ser apresentados somente mediante a solicitação do Órgão Seccional Estadual de Controle da Poluição e Proteção Ambiental (OECPPA).

2.2.1 Drenagem de lixiviados

Para a precipitação média anual foi utilizado os dados de chuvas da estação da ANA que localiza-se em Trindade – GO. Após análise dos dados, verificou-se que a chuva média anual é de 1.567,2 mm. Na figura 1 é possível observar a média mensal e o número de dias de chuva (NDC).

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total ou Máxima
CMM	273,1	222,0	236,2	102,6	35,7	9,6	5,8	14,9	46,8	130,3	209,7	280,5	1.567,2
CMax	51,7	49,0	54,0	38,5	21,8	7,2	4,9	8,3	19,5	43,3	51,6	53,2	54,0
NDC	19	16	16	9	4	1	1	2	6	11	16	19	120

Figura 1. Chuva mensal (mm) na Macrozona Rural do Alto Anicuns

Fonte: ANA (2018)

Portanto, para o sistema de drenagem de lixiviados foi utilizado o método suíço para o cálculo da vazão, onde:

$$Q = \left(\frac{1}{t}\right) \times P \times A \times K$$

Q = Vazão média, L/s

t = Número de segundos em 1 ano

P = Precipitação média anual, mm/ano

A = Área da trincheira, m²

K = Coeficiente que depende do grau de compactação dos resíduos. Foi considerado para o cálculo o valor de K = 0,5, de acordo com a análise da Figura 2.

Tipo de Aterro	Peso específico do Resíduo	K
Aterros fracamente compactados	0,4 a 0,7 ton/m ³	0,25 a 0,5
Aterros fortemente compactados	Acima de 0,7 ton/m ³	0,15 a 0,25

Figura 2. Valores de K para aplicação no método suíço

Fonte: (Orth, 1981, apud Neto et alii, 1999)

De acordo com Gomes e Martins (2003), pelo baixo valor de vazão que aterros de pequeno porte produzem, será utilizado o cano PVC de 40 mm para a drenagem dos lixiviados. Não sendo necessário utilizar as equações usuais da hidráulica. Podendo-se comprovar através da fórmula:

$$Q = A \times V$$

Q = Vazão, m³/s

A = Área da seção transversal, m²: πR^2

V = Velocidade de escoamento, dentro da faixa de 1 a 5 m/s

2.2.2 Drenagem superficial

Para os municípios de pequeno porte, a proposta de drenagem superficial é simples, com a execução de canaletas, meia cana, instaladas manualmente na direção preferencial do fluxo das águas de escoamento superficial (GOMES; MARTINS, 2003). Considerando-se a área atual do lixão de 4,84 ha, foi utilizado o método racional para o cálculo da vazão, onde:

$$Q = c \times i \times A$$

Q = Vazão a ser drenada, m³/s

c = Coeficiente de escoamento superficial. Para locais impermeabilizados C = 1;

i = Intensidade de chuva crítica, m³/s.ha (1mm/min = 1/6 m³/s.ha)

A = Área do aterro, ha

Após calculada a vazão, foi utilizada a fórmula de Chezy-Manning para a definição do diâmetro da tubulação para a drenagem superficial, sendo:

$$Q = \frac{1}{n} \times (S \times Rh^{2/3} \times i^{1/2})$$

Em que:

Q = Vazão, m³/s

n = Coeficiente de manning do canal = 0,0149

S = Área da seção molhada transversal ocupada pelo líquido, m² = $\pi.D^2/8$

Rh = Raio hidráulico da seção, m² = D/4

i = Declividade do canal, foi adotado o valor médio utilizado de 2%.

2.2.3 Drenagem de gás

No dimensionamento das tubulações a serem utilizadas para a drenagem de gás, não há cálculos comprovados que estabeleçam qual é a vazão de biogás a ser drenada. Portanto, os drenos são adotados de forma empírica.

De acordo com a NBR 15849 (2010), o sistema de drenagem de gás pode ser dispensado dependendo da altura final do aterro e da fração orgânica dos resíduos. Através da figura 3 foi realizada a análise e realizada a dispensa do sistema de drenagem de gás para o aterro de pequeno porte de Abadia de Goiás.

Característica da operação		Altura final do aterro (m)	
		≤ 3	> 3
Fração orgânica dos resíduos (%)	≤ 30	Dispensar	Dispensar
	> 30	Dispensar	Considerar

Figura 3. Instruções para dispensa de drenagem de gás
Fonte: NBR 15849 (2010)

2.2.4 Impermeabilização

O material escolhido para a impermeabilização da trincheira foi a manta de geomembrana com espessura de 2mm, devido seu custo ser mais reduzido que as espessuras maiores. A impermeabilização será nas laterais e no fundo da trincheira, sendo considerado 1,5 metros de ancoragem para cada lado, onde para descobrir a área total a ser revestida foi realizado o cálculo a seguir:

Direção da largura da trincheira:

$$2 \times diagonal + largura fundo + 2 \times ancoragem$$

Direção do comprimento da trincheira:

$$2 \times diagonal + comprimento fundo + 2 \times ancoragem$$

Área da manta:

$$A = \text{Direção da largura da trincheira} \times \text{Direção do comprimento da trincheira}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em 2017 o município de Abadia de Goiás tinha aproximadamente 8.207 habitantes, conforme dados do IBGE. Diante das pesquisas realizadas não obteve-se a taxa de crescimento da população, sendo necessário o cálculo da mesma para a estimativa de população no ano de 2018. Com a taxa de crescimento igual a 0,025, retirada do mesmo instituto, calculou-se que a população estimada para o ano de 2018 será de 8378 habitantes.

Devido ao pequeno crescimento populacional do município é indicado adotar uma vida útil para o aterro entre 15 e 20 anos, portanto, para o projeto em questão foi utilizado o horizonte de 20 anos (2018 a 2037).

O plano municipal de saneamento básico do município indica que a geração média de resíduos é cerca de 173 t/mês, chegando-se ao valor de 5,69 t/dia, obtendo-se uma geração per capita de 0,68 kg/hab/dia. Quando os resíduos sólidos urbanos são coletados eles apresentam uma densidade média na faixa de 0,2 t/m³. Depois de realizada a compactação dos mesmos, a densidade sobe em média para 0,7 t/m³ (GUIMARÃES; GONDIM, 2015).

A tabela 1 apresenta a quantidade de volume a ser aterrado nos anos de vida útil do aterro. Sendo utilizado o valor final do ano de 2037 para o dimensionamento do aterro. Portanto, o volume total que os resíduos ocuparão no aterro sanitário após sua compactação é de 5700 m³.

Tabela 1. Projeção de volume a ser disposto no aterro sanitário.

ANO	POPULAÇÃO	GERAÇÃO PER CAPTA kg/hab/dia	GERAÇÃO DIÁRIA t/m ³	GERAÇÃO ANUAL t/m ³	VOLUME ATERRADO m ³
2018	8378	0,68	5,7	2081	3568
2019	8587	0,68	5,84	2132	3655
2020	8802	0,68	5,99	2186	3748
2021	9022	0,68	6,13	2237	3835
2022	9248	0,68	6,29	2296	3936
2023	9479	0,68	6,45	2354	4036
2024	9716	0,68	6,61	2413	4136
2025	9959	0,68	6,77	2471	4236
2026	10208	0,68	6,94	2533	4343
2027	10463	0,68	7,11	2595	4448
2028	10725	0,68	7,29	2661	4561
2029	10993	0,68	7,48	2730	4680
2030	11268	0,68	7,66	2796	4793
2031	11550	0,68	7,85	2865	4912
2032	11839	0,68	8,05	2938	5036
2033	12135	0,68	8,25	3011	5161
2034	12438	0,68	8,46	3088	5293
2035	12749	0,68	8,67	3165	5425
2036	13068	0,68	8,89	3245	5563
2037	13395	0,68	9,11	3325	5700

Fonte: AUTOR (2018)

Mediante as pesquisas de um local adequado para a instalação do aterro sanitário de pequeno porte obteve-se a informação de que o município possui um local apropriado para construção, porém, o mesmo não foi construído e os resíduos sólidos urbanos coletados na cidade, passaram a ser dispostos de forma incorreta no local, transformando a área em um lixão. Todavia ainda possui uma área suficiente para a implantação de um aterro sanitário de pequeno porte, englobando-se a remediação do lixão, planejamento adequado do uso da área, proposta

de um corpo técnico gerencial mais especializado na operação de aterros de pequeno porte e um projeto que seja viável economicamente.

Na figura 01 é possível observar a área do atual lixão, onde trata-se de um polígono semi-trapezoidal com 4.84 hectares no local denominado Fazenda Dourados, onde suas coordenadas geográficas são: 16°47'35.42"S e 49°25'41.29"O.



Figura 4. Área do lixão atual

Fonte: GOOGLE EARTH (2018)

Devido o lençol freático de Abadia de Goiás ter aproximadamente 15 metros de profundidade, conforme apresentado nos dados do Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos (2017), o método de execução utilizado para o aterro sanitário foi o de trincheiras, onde será feita a escavação do solo de forma trapezoidal, com inclinação de taludes 1:3. O solo escavado será reservado para a cobertura dos resíduos dispostos na trincheira. O volume a ser disposto na trincheira é de 285 t/ano, portanto, pela geração de resíduos ser baixa foi adotado 1 trincheira para cada 5 anos, resultando no total de 4 trincheiras para os 20 anos de vida útil do aterro, com as seguintes dimensões:

- Largura média: 12 metros
- Altura média: 3 metros
- Comprimento médio: 32 metros

Na figura 5 é possível observar a planta baixa da trincheira dimensionada para o aterro, onde é demonstrado o comprimento do topo (35m), comprimento da base (29m), largura do topo (15m) e largura da base (9m).

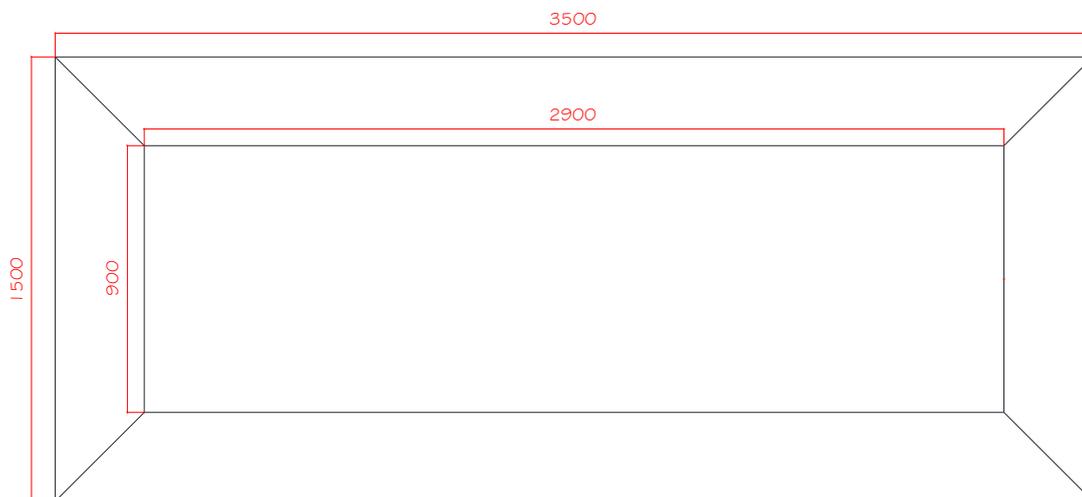


Figura 5. Planta baixa das trincheiras dimensionadas
Fonte: AUTOR (2018)

Depois de ser feita todas as etapas de instalação do aterro (escolha da área e dimensionamentos) é realizado a etapa de implantação do mesmo, onde é iniciado o sistema de proteção de um aterro sanitário que está ligado basicamente em sua impermeabilização e seus sistemas de drenagem, ou seja, nos elemento de projeto.

A trincheira será impermeabilizada com Manta PEAD de 2mm de espessura tanto no fundo quanto nas laterais. Após o assentamento da geomembrana será espalhado por todo o fundo 30 cm de brita 3 (tomando cuidado para não danificar a manta). A área total a ser impermeabilizada com a manta será de 829,35m² em cada trincheira.

Após escavações das trincheiras, o fundo será apiloado nas cotas requeridas e coberto com areia para assentamento das tubulações do sistema de drenagem de lixiviado, deixando com uma inclinação de 2% até o dreno de lixiviados. A vazão de lixiviados gerada em cada trincheira será de 0,013m³/s. E o raio calculado da tubulação a ser utilizada será de 1,4mm. Portanto, verifica-se, que o volume gerado de lixiviados é muito pequeno, e o diâmetro a ser adotado do cano PVC será de 75mm. O método escolhido para a drenagem do chorume foi o da canaleta central, onde pode-se observar na figura 6.

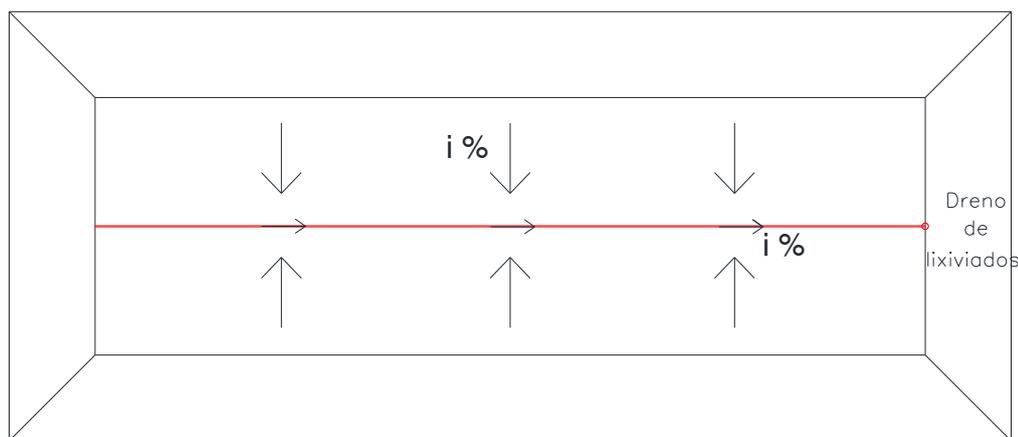


Figura 6. Sistema de canaleta central para drenagem de lixiviados
 Fonte: AUTOR (2018)

De acordo com Gomes e Martins (2003), quando se diz tratamento de lixiviados para municípios de pequeno porte, é considerado viável a alternativa de recirculação dos lixiviados tanto para aceleração do processo de degradação dos resíduos como para a não necessidade de tratamento de efluentes. Para o municípios de Abadia de Goiás, é aconselhado a utilização deste método. A área onde será implantado o aterro dispõe de uma lagoa de captação, onde a mesma não será desligada e afim de diminuir os gastos, será reutilizada. O chorume será drenado e coletado na lagoa de captação já existente e assim será realizado o bombeamento com o retorno do líquido até a trincheira.

Para o sistema de drenagem superficial, foi adotado canaletas meia cana. Esta drenagem tem como objetivo impedir a entrada de água nas trincheiras, garantindo o impedimento de geração de poças d'água e o solo úmido, para não dificultar o acesso. Neste sistema não é exigido nenhum tipo de tratamento, por se tratar apenas de água da chuva. Na área onde será implantado o aterro, a vazão de drenagem superficial será de $42,89\text{m}^3/\text{s}$, por meio da vazão obteve-se um valor de $0,092\text{m}$ para o diâmetro da tubulação. O diâmetro adotado para a drenagem neste aterro será de 30cm , pois o valor encontrado mediante dos cálculos foi muito abaixo da dimensão mínima do mercado.

A NBR 15849 (2010) permite que através da fração orgânica dos resíduos e da altura final do aterro o sistema de drenagem dos gases seja dispensado. O Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos (2017) não apresenta a composição gravimétrica do resíduo, e portanto, não foi possível encontrar qual a porcentagem de resíduos orgânicos a serem dispostos na trincheira. Porém, a altura final da trincheira é de 3 metros. Sendo analisada a figura 7, todo aterro com altura final menor ou igual a 3 metros, independente da sua fração orgânica dos

resíduos, pode ser dispensado o sistema de drenagem de gases. Portanto, para o aterro de Abadia de Goiás, o sistema é dispensado por obter uma altura final de 3 metros.

Característica da operação		Altura final do aterro (m)	
		≤ 3	> 3
Fração orgânica dos resíduos (%)	≤ 30	Dispensar	Dispensar
	> 30	Dispensar	Considerar

Figura 7. Instruções para dispensa de drenagem de gás

Fonte: NBR 15849 (2010)

3.1 Implantação do aterro e remediação do lixão

Com a escolha da área do atual lixão para a implantação do aterro de pequeno porte no município de Abadia de Goiás, é necessário realizar a remediação da área onde é disposto os resíduos sólidos incorretamente. O primeiro passo a ser seguido é a escavação de uma trincheira de apoio, onde será disposto todo o resíduo “jogado” na área do lixão. As dimensões desta trincheira serão as mesmas das calculadas anteriormente, onde seguirá o mesmo processo de impermeabilização e sistema de drenagem de lixiviados.

Após a conclusão da trincheira de apoio, se inicia o processo de remediação do lixão. Sendo assim, será iniciado o serviço de remoção de lixo/entulhos, executado por raspagens com pá carregadeira em pontos localizados e transporte de resíduos aos pontos de disposição final através de caminhão basculante. Os resíduos poderão ser compactados diretamente dentro da trincheira, sendo utilizado um rolo compactador para o serviço. Concluído a disposição dos resíduos na trincheira, deverá ser realizada a cobertura com terra retirada da escavação da mesma e em seguida semear grama por cima.

Na área que foi efetivamente degradada, o serviço alia-se com compactação e impermeabilização do terreno com manta PEAD, preparando o local para cobertura mineral e sementeação de gramas, onde a área total a ser remediada é de 7955 m².

A área total do aterro será fechada por cercas com mourões e 11 (onze) fios de arame farpado número 16. Todo perímetro será formado por um cinturão verde, constituído por uma cerca viva, com a intenção de reduzir os ruídos, poeiras, odores e a ação dos ventos. Para atender todos requisitos serão plantadas Eucaliptos, por ter um crescimento rápido em relação a outras plantas. Serão plantadas com uma distância de 0,5m da cerca e 0,5 m entre si.

Um galpão e uma “casinha” do zelador já fazem parte do terreno, ambos serão aproveitados nessa nova etapa do aterro. Onde, o galpão poderá ser utilizado para triagem dos

resíduos, caso necessário. E a “casinha” do zelador será a nova guarita do aterro, por ter a localização próxima da entrada dos caminhões para o mesmo.

3.2 Operação

O correto desenvolvimento do aterro sanitário depende da execução de algumas operações, resumidas na compactação e cobertura das trincheiras. A compactação do lixo é realizada à medida que é feita a disposição de resíduos sólidos urbanos nas trincheiras, com objetivo de reduzir o volume e possibilitar o tráfego dos veículos de coleta carregados. O equipamento indicado para a compactação dos resíduos são os rolos compactadores, que podem ser utilizados dentro da trincheiras. Não é recomendado a coleta de lixo através dos caminhões compactadores, devido ao seu alto custo para o município, recomendando assim a coleta realizada com caminhões basculantes.

Recomenda-se que o recobrimento dos resíduos seja realizado a cada fim de jornada de trabalho. A cobertura é realizada com os solos resultantes das escavações das trincheiras, com cerca de 10 cm de espessura e em seguida é feito a compactação novamente, com o rolo compactador.

É importante que a equipe de trabalho receba treinamentos qualificados para garantir uma operação correta em toda fase de vida útil do aterro, garantindo que todas especificações dadas em projeto sejam realizadas corretamente. Visando sempre o uso dos equipamentos de proteções individuais (EPI's) em todo ambiente de trabalho.

3.3 Análise de custos

De acordo com Gomes e Martins (2003), cada projeto tem seus aspectos específicos, sendo difícil definir valores comparativos que incluam a extensa gama de variáveis envolvidas, como os serviços de terraplenagem, vias de acesso, obras dos sistemas de drenagens, custos de materiais empregados, custos operacionais dos equipamentos mecânicos, mão-de-obra e custos de manutenção das instalações como um todo.

Na tabela 2 estão apresentadas as estimativa de custos para o aterro, retirados do SINAPI Goiás, onde alguns itens orçados foram considerados os valores do orçamento do Projeto de aterro sanitário simplificado para Cocalzinho de Goiás.

Tabela 2. Custos referente a proposta de aterro para Abadia de Goiás

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário R\$	Valor Total R\$
Serviços Preliminares				
1.1 Limpeza do Terreno	m ²	48400	R\$ 0,55	R\$ 26.620,00
Preparação das 5 trincheiras (15 x 35 x 3) m				
2.1 Escavação mecânica	m ³	7875	R\$ 11,61	R\$ 91.428,75
Drenagem de líquidos percolados				
3.1 Camada drenante de brita n° 3	m ³	391,5	R\$ 83,78	R\$ 32.799,87
3.2 Tubo PVC 100mm para drenagem	m	145	R\$ 31,72	R\$ 4.599,40
Instalações				
4.1 Portão metálico	uni	1	R\$ 1.115,11	R\$ 1.115,11
4.2 Cercas com mourões e 11 fios de arame	m	930	R\$ 47,53	R\$ 44.202,90
4.3 Manta PEAD	m ²	12102	R\$ 41,14	R\$ 497.876,28
Outros serviços				
5.1 Rolo compactador	uni	1	R\$ 300,00	R\$ 300,00
5.2 Gramas batatais	m ²	7955	R\$ 10,23	R\$ 81.379,65
5.3 Mudanças de Eucalipto	uni	1860	R\$ 6,00	R\$ 11.160,00
Montante total				R\$ 791.481,96

Fonte: AUTOR (2018)

4 CONCLUSÃO

O aterro sanitário é considerado a melhor opção para disposição de resíduos sólidos urbanos, por ser uma forma menos danosa para o meio ambiente, pois envolve sistemas de proteção impedindo o contato dos efluentes com o solo. Porém, pequenos municípios não apresentam condições financeiras para a implantação de um aterro sanitário de grande porte, sendo assim, através de buscas para solucionar uma maneira de disposição correta dos resíduos foi apresentada como alternativa a implantação de aterros sanitários de pequeno porte em municípios.

O presente artigo apresentou etapas do projeto de um aterro sanitário para Abadia de Goiás, onde foi elaborado a partir de dados reais do município. O dimensionamento propôs uma vida útil de 20 anos, com um volume total de 5700m³ de resíduos sólidos dispostos durante este período. Através da NBR 15.849 (2010), o aterro em questão pôde ser definido como de pequeno porte, devido a disposição de resíduos por dia ser menor que 20 toneladas. Após a

conclusão do projeto, pode-se confirmar que o método escolhido para Abadia de Goiás será de grande aplicabilidade, onde seguindo todas as propostas feitas, o aterro poderá seguir de forma adequada e obter uma operação ininterrupta.

Durante todas etapas do projeto, procurou-se optar por formas economicamente viáveis e que não atrapalhassem a operação futura do aterro. O sistema de recirculação de rejeitos, foi um dos métodos que apresentou uma vantagem operacional e econômica para a implantação do mesmo. Com a remediação do lixão, utilização da lagoa, galpão e “casinha” do zelador existentes na área a ser implantado o aterro, pode-se notar a grande economia realizada. Mediante aos custos da implantação do aterro em Abadia de Goiás, obteve-se um valor de R\$791.481,96 , onde nota-se claramente que a economia realizada durante todas as etapas deram certo.

Portanto, este estudo apresenta informações de suma importância, visto que foi elaborado através de dados reais de um município que retrata a realidade de vários outros do país. Sendo assim, conclui-se que o presente projeto é economicamente viável para o município em questão, porém deve-se seguir corretamente todas as recomendações feitas para a etapa de operação não falhar futuramente. Nota-se, também, que os dados gerados poderão servir de base para outros municípios que desejam implantar um aterro de pequeno porte, onde as mesmas deverão realizar análises criteriosas como as apresentas, auxiliando na aprovação de projetos deste tipo.

Referências

LANGE, Liséte Celina; SIMÕES, Gustavo Ferreira; FERREIRA, Cynthia Fantoni. Aterro Sustentável: Um estudo para a cidade de Catas Altas, MG. In: JUNIOR, Armando Borges de Castilhos (Org.). **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. Cap. 5, p. 142-197.

GOMES, Luciana Paulo; MARTINS, Flávia Burmeister. Projeto, implantação e operação de aterros sustentáveis de resíduos sólidos urbanos para municípios de pequeno porte. In: JUNIOR, Armando Borges de Castilhos (Org.). **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. Cap. 3, p. 51-105.

FILHO, Sérgio Thode. et al. A logística reversa e a política nacional de resíduos sólidos: desafios para a realidade brasileira. **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, v. 19, p. 529-538, set./dez. 2015.

ZANTA, Vivivana Maria; FERREIRA, Cynthia Fantoni Alves. Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos. In: JUNIOR, Armando Borges de Castilhos (Org.). **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. Cap. 1, p. 1-18.

SOARES, Sebastião Roberto; LUPATINI, Giancarlo; JÚNIOR, Armando Borges de Castilhos. Sistema de apoio à decisão (SAD) em seleção de áreas de aterros sanitários para pequenas comunidades. In: JUNIOR, Armando Borges de Castilhos et al. (Org.). **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2002. p. 3-12.

SILVA, Karine Trajano da. **Projeto de um aterro sanitário de pequeno porte**. 2016. 97 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

LEMOS, D. A. **Sequência de etapas para implantação de aterro sanitário em municípios de pequeno porte**. 2011. Artigo Científico (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011.

LANGE, Liséte Celina et al. **Resíduos sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários**. Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 120 p.

FILHO, Severino Ricardo Silva. **Proposta de modelo de aterro sanitário simplificado para municípios de pequeno porte**. 2017. 96p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010. NBR15849: Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992. NBR8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

BRASIL. 2008. Resolução CONAMA n.º 404 - **Estabelece critérios e diretrizes para licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil de 11 de novembro de 2008.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2016.

ORTH, M. H. de A. Aterros Sanitários. **Revista de Limpeza Pública**, v. 8, p. 26-34, 1981.

PREFEITURA DE ABADIA DE GOIÁS. **Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos**. Dezembro, 2017.

PREFEITURA DE ABADIA DE GOIÁS. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Dezembro, 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE COCALZINHO DE GOIÁS. **Aterro Sanitário Simplificado**. 2015. Disponível em: < http://www.mpggo.mp.br/portal/arquivos/2016/02/26/11_36_40_47_PROJETO_ATERRO_SANITARIO_SIMPLIFICADO_CAMPINA%C3%8U.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2018.