

ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO PARA AS CIDADES DE JARAGUÁ, JESÚPOLIS E SÃO FRANCISCO

SANTOS, Adrielle de Paula

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(adrielledepaula165@hotmail.com)*

SILVA, Eliane Aparecida

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(eliane.mikely@hotmail.com)*

ADORNO, Ana Lúcia Carrijo

*Professora Doutora, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(ana.carrijo@unievangelica.edu.br)*

SILVA, Fabrício Nascimento

*Professor Mestre, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(fabriciolegal@hotmail.com)*

RESUMO

Um dos grandes desafios enfrentados pelas cidades brasileiras é o descarte inadequado dos resíduos sólidos, pois a destinação incorreta desses resíduos pode gerar graves consequências para o meio ambiente, além de riscos para a saúde da população. Os tipos de descartes de resíduos mais utilizados são os aterros controlados, os lixões, os aterros sanitários e as incinerações. O aterro sanitário é a forma mais correta e eficaz de descartar os resíduos. Com o objetivo de encontrar soluções para os problemas de saneamento básico enfrentados pelo país, vem sendo realizado, desde 2007, uma série de ações que culminaram com a criação da lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Uma das ações propostas por esta lei é a redução de resíduos gerados e a eliminação e recuperação dos lixões. Com essa iniciativa, os municípios precisam buscar alternativas para se adequarem, pois embora o prazo para cumprimento das metas estabelecidas tenha sido prorrogado, a grande maioria dos municípios brasileiros ainda tem um longo caminho a percorrer para se adequarem as exigências da lei. O presente trabalho faz uma análise da atual situação do descarte do lixo nas cidades de Jaraguá, Jesúpolis e São Francisco de Goiás, todas localizadas no estado de Goiás, propõe a criação de um aterro sanitário que atenda a demanda dessas cidades, diminuindo os diversos problemas causados pelos lixões existentes.

PALAVRAS-CHAVE

Resíduos Sólidos. Aterro Sanitário. Destinação. Dimensionamento.

1 INTRODUÇÃO

O descarte incorreto dos resíduos sólidos não é um problema recente, porém ainda é um dos maiores problemas enfrentados pela população quando se fala de saneamento básico e meio ambiente, sobretudo nas cidades em desenvolvimento tecnológico e com crescimento populacional, onde o aumento do consumo de mercadorias eleva a quantidade de lixo produzido. Esses resíduos, quando eliminados inadequadamente, trazem poluição, contaminação do solo, desperdícios de materiais recicláveis, acarretando danos ao meio ambiente e a saúde pública.

Dentre as leis criadas para sanar o problema, a lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e a criação do Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB), deu um salto importante em busca de uma forma mais sustentável de descarte do lixo, apresentando soluções e estabelecendo metas a serem cumpridas tanto a nível nacional e estadual, quanto municipal.

Embora existam metas com prazos para serem cumpridos, muitas cidades brasileiras ainda não conseguem se adequar as novas exigências, como é o caso do município de Jaraguá, Jesópolis e São Francisco, situados no estado de Goiás. Essas cidades foram escolhidas como objeto de estudo deste trabalho, pois a gestão dos resíduos sólidos, nesses municípios, limita-se a coleta do lixo, com sua disposição final a céu aberto.

2 MÉTODOS CONSTRUTIVOS PARA DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Para se definir o método construtivo é preciso ter em mãos alguns dados da área destinada à construção do aterro, pois o método escolhido precisa ser aquele que melhor se adapte as características do solo.

Dentre os métodos mais utilizados na construção de um aterro sanitário, o método da trincheira ou vala, o método da rampa e o método da área são os mais utilizados.

O método da trincheira ou vala geralmente é utilizado em áreas planas ou pouco inclinadas, onde o lençol freático esteja a uma profundidade grande. Sua técnica consiste no preenchimento de trincheiras ou valas escavadas com dimensões diferentes e conforme a quantidade de lixo gerado, de forma a permitir a operação dos equipamentos utilizados na aterragem (LANGE *et al.* 2008).

O método da rampa é realizado quando o terreno, onde será implantado o aterro, apresenta topografia acidentada, que pode ser modificada por meio de terraplanagem. Esse método é executado em áreas de meia encosta, onde o solo possui condições para escavação e seja apropriado para cobertura do aterro (CARMO, 2012).

O método da área normalmente é construído em locais de topografia plana e com lençol freático a poucos metros da superfície. Primeiramente os resíduos são depositados em um lugar planejado do terreno. Sendo iniciado o aterro, os mesmos são juntados e compactados, formando uma elevação do formato de um tronco de pirâmide, que finalmente é coberta com terra (CARMO, 2012).

Para o presente trabalho foi adotado o método da trincheira ou vala.

3 ASPECTOS NECESSÁRIOS PARA EXECUÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

3.1 ÁREA

As principais características que devem ser levadas em consideração na definição das áreas potenciais para instalação de aterros de resíduos são estabelecidas pela NBR 8419 (ABNT, 1996). Para a construção do aterro sanitário, objeto desse estudo, a área escolhida para o dimensionamento encontra-se a 16,8 km da cidade de Jaraguá, a uma distância de 6,1 km de São Francisco e a 20 km da cidade de Jesópolis, com afastamento de 306 metros da nascente mais próxima e a 520 metros da residência mais próxima.

3.2 LICENCIAMENTO AMBIENTAL

O licenciamento ambiental é emitido por órgãos ambientais estaduais ou municipais. As fases do licenciamento ambiental diversificam em cada estado, mas as seguintes fases que estarão sempre presentes são: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI), Licença de Operação (LO).

3.3 IMPERMEABILIZAÇÃO

A camada de impermeabilização da base deve garantir que os resíduos não entrem em contato com o solo, realizando uma compactação adequada em cada

espessura de solo. Para executar essa impermeabilização de forma eficaz, a camada de impermeabilização de materiais deve conter solo argiloso de baixa permeabilidade ou geomembrana sintética com espessuras apropriadas (LANGE *et al.* 2008).

3.4 TRATAMENTO DO BIOGÁS

Para o sistema de drenagem de gases de aterros, são utilizados tanto drenos verticais quanto horizontais para a retirada do gás dos aterros. Os drenos verticais de gás são os mais utilizados, sendo que, nesse caso, sempre são interligados com os drenos horizontais de lixiviados (LANGE *et al.*, 2008).

O diâmetro desses tubos verticais pode variar entre 50 cm a 100 cm, e em alguns casos pode chegar a 150 cm e podem ser preenchidos com brita 3, 4 ou 5. Segundo Lange (2008) a distribuição dos drenos verticais é realizada considerando uma raio de influência de 15 a 30 metros.

A forma de tratamento mais usada para tratamento dos gases produzidos pelos aterros sanitários é a queima (REICHERT, 2007).

4 SISTEMA DE DRENAGEM DOS LÍQUIDOS PERCOLADOS

O sistema de drenagem em um aterro sanitário, ao coletar o líquido percolado, reduz a pressão sobre a massa de lixo e diminui as chances de migração para o subsolo (CORSINI, 2014).

O sistema espinha de peixe tem sido mais utilizado. Nesse tipo de sistema podem ser usados tubos perfurados ou valas com brita, que são chamadas de dreno cego. A declividade indicada para a instalação dos tubos de drenagem é de 1% a 2% e a disposição dos tubos ou valas de drenagem podem variar de acordo com a topografia do local e a geometria do aterro. O Sistema de drenagem espinha de peixe é composto pelos drenos centrais e pelos drenos secundários. Os drenos centrais tem a função de receber o líquido percolado dos drenos secundários e levar até o sistema de tratamento.

5 SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

A presença de água no aterro sanitário pode causar alguns problemas, como dificultar o processo de compactação, danificar a estrutura devido às erosões causadas pela água das chuvas, além de aumentar o volume dos resíduos, ocupando espaços maiores. O sistema de drenagem das águas pluviais deve interceptar a água das chuvas e desviar o escoamento para que não se misture com os líquidos percolados.

6 DIMENSIONAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO

6.1 IMPERMEABILIZAÇÃO

A impermeabilização da base pode ser feita utilizando solos argilosos de baixa permeabilidade (inferior a 10^{-7} cm/s), ou com a utilização de geomembranas, denominadas revestimentos sintéticos (LANGE, 2006).

Para que a impermeabilização seja eficaz é necessário que seja colocado no aterro solos, drenos e manta PEAD, conforme espessuras recomendadas. Com o objetivo de proteger a geomembrana de danos que possam ser causados pela colocação do sistema de drenagem ou mesmo os resíduos é necessário colocar uma camada de 20 a 30 cm de qualquer tipo de solo (REICHERT, 2007).

É necessário um sistema de ancoragem para evitar o escorregamento ou ação do vento na geomembrana, devendo ser ancorada conforme as dimensões de projeto nas bordas superiores dos taludes do aterro. O reaterro pode ser feito, cuidadosamente, com o próprio solo escavado ou concreto, para que não cause danos a mesma (REICHERT, 2007).

Para a camada de cobertura é indicada a utilização de barreiras mais flexíveis, como camadas compostas de argila e geomembranas. De acordo com Lange *et al.* (2008) a cobertura deve possuir uma camada mínima de 60 cm de argila compactada e uma cobertura de solo vegetal de 20 cm.

6.2 POPULAÇÃO

Para se ter uma estimativa do tamanho da área e mesmo para auxiliar as etapas seguintes, é necessário estimar a população, a geração de resíduos e o volume do aterro.

De acordo com o IBGE no último censo (2010), Jaraguá possui 41.870 habitantes, Jesópolis, 2.300 e São Francisco de Goiás, 6.120, totalizando 50.290 habitantes.

O aterro terá uma vida útil de 20 anos. Usando a mesma taxa de estimativa de crescimento populacional usada pelo IBGE para cálculo da projeção da população em 2018, a população para uma projeção de um aterro de 20 anos é de 87.062 habitantes.

6.3 VOLUME DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Para se obter o volume dos resíduos é preciso calcular a massa, que é feita pela multiplicação da quantidade da população a cada ano pela geração per capita de resíduos de 1 kg/habitante/dia. Em seguida é realizada a divisão dessa massa encontrada pela densidade dos resíduos, que é dada em 0,75 t/m³, encontrando, assim, o volume diário de resíduos e multiplicando por 365 dias é obtido o volume anual. Com a somatória de todos os anos é encontrado o volume total de 99.756,79 m³.

Conforme calculado, o volume do aterro sanitário, em 20 anos, é de 734.077,3 m³. Considerando +20% do volume calculado para cobertura intermediária e final do aterro, o volume final do aterro em 20 anos será de $734.077,3 \times 1,2 = 880.892,76$ m³.

6.4 CÁLCULO DAS TRINCHEIRAS

De acordo com a Funasa (2015), em aterros com impermeabilização por manta plástica sintética PEAD, a distância do lençol freático à manta não pode ser inferior a 1,5 metros. Considerando a nascente mais próxima a 306 metros e sua elevação em relação ao nível do mar de 682 metros e a cota mais baixa do terreno de 701 metros, seu nível de água é de 19 metros de profundidade.

De acordo com Reichert (2007), a altura da camada do aterro varia de 3 a 5 metros. Adotou-se 5 metros de profundidade para as trincheiras com uma camada de cobertura de 1 metro, totalizando 6 metros de profundidade, restando ainda 13 metros de distância entre a manta e o nível de água subterrânea.

Para determinar a quantidade de trincheiras necessárias foi levado em conta um tempo médio para cada trincheira de 1 ano, de acordo com recomendações da Funasa (2015), portanto, como o aterro está sendo projetado para 20 anos, foram projetadas 20 trincheiras.

Para cálculo das dimensões de cada célula, o volume total produzido pelas três cidades durante esse período foi dividido pelo número de trincheiras, encontrando o volume médio estimado para cada trincheira, de 44.044,64 m³.

Com o volume e a profundidade, é realizada a divisão, obtendo a área necessária para cada trincheira de 8.808,93 m². Cada trincheira, com o talude de 1:1, terá a dimensão superior de 287,5 metros de comprimento e 36,26 metros de largura, na parte inferior, 277,5 metros de comprimento e 26,26 metros de largura.

As trincheiras devem ser posicionadas com espaço de 1 metro entre elas, para a manobra e trânsito do caminhão que descarta os resíduos e com no mínimo 7 metros das laterais do terreno.

6.5 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE DRENAGEM

6.5.1 Drenagem dos lixiviados

Para obtenção da vazão do lixiviado, utilizou-se fórmula do Método Suíço, dada por Rocca *et al.* (1979), onde realiza divisão de 1 pelo total de segundos de um ano e multiplica pelo coeficiente de grau de compactação de resíduos, com valor de 0,25, a precipitação média anual, de 1.606 mm do local, a área da trincheira, de 10.424,75 m², resultando em uma vazão de 0,1327 l/s.

De acordo com Junior (2003), a área da seção circular dos tubos internos de drenagem pode ser calculada dividindo a vazão, de $1,327 \times 10^{-4}$ m³/s, pela velocidade de escoamento, de 2m/s, assim é obtido o raio de $4,59 \times 10^{-3}$ m. Como o raio é duas vezes o diâmetro, resulta no diâmetro de 9,19 mm, porém é adotado o diâmetro comercial de 40 mm.

O espaçamento existente entre os demais drenos deve ser calculado para que a altura da lâmina líquida de lixiviados não ultrapasse a altura máxima desejada, não podendo ultrapassar 30 cm, conforme a NBR 13.896 (ABNT, 1997). Adotando o esquema da espinha de peixe. o espaçamento entre os drenos pode ser encontrado pela seguinte Equação 1 (DANIEL, 1993 *apud* REICHERT, 2007).

$$L = \frac{2h_{m\acute{a}x}}{c^{\frac{1}{2}} * \left(\left(\frac{\tan^2\theta}{c} \right) + 1 - \left(\frac{\tan\theta}{c} * (\tan^2\theta + c)^{\frac{1}{2}} \right) \right)} \quad (1)$$

Com a substituição de $\tan^2\theta$ (ângulo de declividade 1%)= 0,573°, a relação da vazão específica (vazão total dividida pela área de uma trincheira) sobre permeabilidade de 10^{-4} , resultando no valor de $c=1,27 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{m}^3 \cdot \text{s}$, a $h_{m\acute{a}x}$ (altura da lâmina) = 0,3 m, é obtido que o espaçamento máximo entre os drenos é de 33,8 metros. Foi adotada a distância entre os drenos de 28,5 metros.

O lixiviado total da trincheira é drenado até um poço e em seguida é encaminhado para a estação de tratamento por meio de uma tubulação. Para saber o diâmetro dessa tubulação, que recebe o lixiviado, é necessário calcular a vazão total da trincheira.

Realiza divisão de 1 pelo total de segundos de um ano e multiplica pelo coeficiente de grau de compactação de resíduos, com valor de 0,25, a precipitação média anual, de 1.606 mm do local, a área das trincheiras, de 208.495 m², resultando em uma vazão de 2,65 l/s.

De acordo com Junior (2003), a área da seção circular dos tubos internos de drenagem pode ser calculada dividindo a vazão, de $26,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, pela velocidade de escoamento, de 2m/s, obtendo-se raio de $4,59 \times 10^{-3} \text{ m}$. Como o raio é duas vezes o diâmetro, encontra-se um diâmetro de 19,4 mm, porém é adotado o diâmetro comercial de 1.500 mm.

6.5.2 Drenagem do biogás

Os drenos verticais devem estar conectados com os drenos de lixiviados que estão na base, para que possa garantir a interconexão entre eles (REICHERT, 2007). Os drenos de biogás serão construídos com brita 5, disposta dentro de uma malha. Será adotado um raio de influência de 25 m e um diâmetro de 100 cm.

A fórmula para calcular o espaçamento entre os drenos, de acordo com Tchobanoglous (1993) *apud* Reichert (2007), é duas vezes o raio de 25 m multiplicado por cosseno de 30, obtendo distância máxima entre os drenos de 43,3 metros.

Adotou-se 7 drenos para melhor eficiência na captação do biogás, com distância entre eles de 40 m e a distância da borda da trincheira até o dreno de 22,5, na parte inferior da trincheira.

6.6 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO

6.6.1 Tratamento do biogás

O dreno de biogás será de 100 cm, conforme adotado anteriormente, nele será colocado um queimador para reduzir a emissão de substâncias prejudiciais ao meio ambiente.

6.6.2 Tratamento do lixiviado

Reichert (2007) diz que é necessário o uso de lagoas anaeróbias e facultativas.

6.6.2.1 Lagoa Anaeróbia

Conforme estudos de Souto (2009) em aterros sanitários na lagoa anaeróbia, foi encontrado que 80% dos casos existe uma DBO de entrada, ou seja, cargas orgânicas de 25.400 mg/l, na fase ácida do aterro e 6.000 mg/l, na fase metanogênica, sendo que a fase ácida ocorre de 3 meses a 3 anos e a fase metanogênica acontece de 8 anos a 40 anos. Sendo assim, serão 3 trincheiras para a fase ácida e 17 para a fase metanogênica, totalizando a área de 31.274,25 m², com 25.400 mg/l de carga orgânica e 177.220,75 m², com 6.00 mg/l, respectivamente. Encontra-se a carga afluyente de DBO referente à fase ácida e à fase metanogênica, sendo de 873,76kg.DBO/d e 1.169,64kg.DBO/d, respectivamente, totalizando 2.043,4 kg.DBO/d.

Para determinação da vazão de ambas fases, realiza divisão de 1 pelo total de segundos de um ano e multiplica pelo coeficiente de grau de compactação de resíduos, com valor de 0,25, a precipitação média anual de 1606 mm do local, a área das trincheiras de acordo com cada fase, resultando em uma vazão na fase ácida de 34,4 m³/dia e na fase metanogênica, 194,94 m³/dia.

Dividindo o total da carga afluyente encontrada de 2.043,4 pela total das vazões das duas fases, de 229,34 m³/dia, a DBO de entrada (efluente) é de 8.909,91 mg/l.

Dividindo a carga de DBO aplicada, de 2.043,4 kg.DBO/d e a taxa de aplicação volumétrica, de 0,25 kg.DBO5/m³.d, o volume encontrado é de 8.173,6 m³.

Dividindo valor da vazão, de 229,34 m³/dia e o volume da lagoa, de 8.173,6 m³, o tempo de detenção hidráulica é de 36 dias.

Segundo Reichert (2007), para encontrar a área é necessário adotar a profundidade da mesma, que foi adotada igual a 5 metros. Dividindo o valor do volume, igual a 8.173,6 m³ e a altura adotada, igual a 5 m, a área encontrada é de 1.634,72 m². A lagoa anaeróbia possuirá 50 m de comprimento 50 m de largura e 5 metros de altura.

6.6.2.1 Lagoa Facultativa

A lagoa facultativa possui uma profundidade pequena e grande área. Conforme Reichert (2007), pode-se calcular a carga afluyente de DBO (kg.DBO/d). Com os valores da somatória da vazão encontrada anteriormente na lagoa anaeróbia de 229,34 m³/dia, multiplicada pelo valor da DBO efluente, de 4454,95 mg/l, prevendo que a eficiência da lagoa anaeróbia será a de 50%, a carga afluyente da lagoa facultativa é de 1.021,7 (kg.DBO/d).

Segundo o mesmo autor, para regiões de inverno e insolação moderados, a taxa de aplicação anual varia de 120 a 240 kg.DBO/ha.d.

Com valor da carga afluyente de 1.021,7 (kg.DBO/d), dividido pela taxa de aplicação anual adotado, de 240 kg.DBO/ha.d, a área da lagoa facultativa será de 4,257 ha ou 42.570,83 m².

São propostas profundidades adequadas para promover entrada de luz solar nas lagoas, recomenda-se, então, que sejam utilizadas alturas que variam de 0,6 a 1,2 m (REICHERT, 2007).

Com a altura de 1,2 metros, a área de 42.570,83 m² e a multiplicação das mesmas, a lagoa possui o volume de 51.085 m³.

Reichert (2007) recomenda que as dimensões da lagoa facultativa possam variar de 2,5:1 a 4:1 (comprimento/largura). Adotou-se 3:1, sendo assim, a lagoa possuirá 360 m de comprimento e 120 m de largura.

6.7 SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

O sistema de drenagem de águas pluviais tem como objetivo a coleta e o escoamento da água da chuva a fim de evitar a ocorrência de erosões nos taludes e no sistema viário, bem como o aumento da quantidade de percolados por infiltrações superficiais (REICHERT, 2007).

6.7.1 Dimensionamento do sistema de drenagem de águas pluviais

Para o dimensionamento do sistema de drenagem de águas pluviais é necessário localizar os drenos no aterro levando-se em conta a topografia do terreno e a posição das trincheiras.

A partir da posição dos drenos é possível dividir a área em sub-bacias, que serão usadas para determinação de parâmetros dos demais cálculos.

6.7.1.1 Cálculo da vazão de projeto

Para o cálculo da vazão de projeto, multiplica-se o coeficiente de escoamento superficial, que para o presente trabalho foi adotado valor de 0,6, de acordo com Rocca *et al.* (2003), pela intensidade de chuva crítica, que será encontrada em função do tempo de concentração, que é o tempo que a gota da chuva que cai no ponto mais distante da bacia de contribuição leva para alcançar a seção considerada, que por sua vez será em função do comprimento máximo do talvegue e da declividade média do talvegue máximo. Dessa forma, encontra-se uma vazão para cada sub-bacia de contribuição.

No presente trabalho, a área do aterro foi dividida em 4 sub-bacias de contribuição, e a vazão encontrada para cada sub-bacia foi 0,729 m³/s; 0,298 m³/s; 1,866 m³/s; 0,485 m³/s, respectivamente.

6.7.1.2 Dimensionamento do canal de drenagem

Conhecida a vazão de projeto de cada sub-bacia, é possível encontrar a vazão do canal de drenagem, que pode ser encontrada em função do raio hidráulico, da seção molhada, da declividade do canal e do coeficiente de rugosidade, que por sua vez é em função do tipo de revestimento do canal, que para o presente trabalho foi de 0,013, conforme tabela de Manning.

Para se determinar a seção molhada e o raio hidráulico, é preciso definir a geometria do canal. Inicialmente pensou-se em considerar canaletas com seção trapezoidal, mas posteriormente verificou-se que seria inviável, devido as altas vazões que exigiriam seções com grandes dimensões. Com o intuito de diminuir a seção das canaletas, foram adotadas, para os trechos com vazões mais elevadas, canaletas com seção retangular.

Para se encontrar a seção das canaletas de drenos, é preciso ir atribuindo dimensões e verificando se a vazão encontrada é igual ou superior à vazão de projeto encontrada.

Depois de encontrar a seção das canaletas, é preciso verificar se a velocidade que a água passa pelo canal está inferior à máxima recomendada, para evitar erosão dos canais, que para esse trabalho foi considerado 4,5 m/s, de acordo com Tomas (2011).

Para se obter a velocidade, divide-se a vazão pela área da seção do canal, dessa forma, verificou-se que 5, dos 10 drenos calculados, obtiveram velocidade superior a máxima recomendada. Para esses drenos será necessário adotar soluções que diminuam a velocidade da água escoada.

Para o presente trabalho foi pensado em se colocar, dentro dos canais, onde a velocidade está acima da recomendada, obstáculos de pedra rachão, que tem granulometria entre 76 e 250 mm. A pedra seria adicionada no momento da construção, de forma que fique parcialmente submersa no concreto e não seja levada pela força da água.

A quantidade de pedra no fundo no canal seria diretamente proporcional à velocidade calculada, com isso, a velocidade diminuiria, porém com menores velocidades e uma menor área molhada, se faz necessário aumentar as dimensões do canal.

Para determinar as novas dimensões do canal seria necessário um estudo detalhado do impacto que a pedra rachão teria no canal, o que é inviável para o presente trabalho, por isso foi adotado um aumento de 30% na seção dos drenos, para compensar a mudança de velocidade e de área molhada.

A Tabela 1 apresenta todos os drenos, já com as seções alteradas.

Tabela 1 - Definição das dimensões definitivas das canaletas

Dreno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
b (cm)	0,45	0,40	1,60	1,80	1,85	1,60	1,40	0,45	0,90	0,80
h (cm)	0,50	0,45	1,80	2,10	2,10	1,80	1,80	0,50	0,80	0,75
m (m/m)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B (cm)	1,45	1,30	1,80	1,80	1,85	1,60	1,40	0,45	0,90	0,80

Fonte: AUTORAS, 2018.

A água coletada deverá ser encaminhada para uma vala de escoamento natural que existe na Área de Preservação Permanente, às margens da BR-153, que fica a 360 metros do aterro, e será descartada de forma que a força da água não provoque erosões.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou os aspectos da construção de um aterro sanitário, evidenciando a importância de se dar um destino adequado para os resíduos sólidos, para que não haja prejuízos ao meio ambiente e a saúde da população.

Percebe-se que o aterro sanitário é uma obra de engenharia de grande porte, que exige um planejamento detalhado de todas as etapas da construção e operação, e de grande investimento para o poder público.

O mau dimensionamento ou falhas executivas podem trazer grandes consequências para o meio ambiente e para a saúde humana, por isso, como todo projeto, deve ser executado por profissionais habilitados.

Foi possível concluir que, os benefícios de uma adequada destinação dos resíduos para as cidades, objeto desse estudo, vão além da preocupação com o meio ambiente e com o cumprimento de prazos, trata-se da qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Classificação, NBR 8.419. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Aterros de resíduos não perigosos- Critérios para projeto, implantação e operação**. Classificação, NBR 13.893. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Resíduos sólidos**. Classificação, NBR 10.004. Rio de Janeiro, p. 5, 2004.

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.

CARMO, G. N. R. **Aterro Sanitário: Rotina de Operação do Aterro**. Disponível em: www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/AS-_Aula-9.pdf >. Acesso em 28 abr. 2018

JIVAGO, D. **Incineração do Lixo**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/ecologia/incineracao-do-lixo/>>. Acesso em 15 abr. 2018.

CIDERSP-GO. **Estatuto do Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento da Região São Patricio – GO**. Disponível em: <

<http://cidersp.go.gov.br/painel/pastaArquivos/bcdd627b53a35b82da203532a4fba0c2.pdf> > Acesso em: 08 jun. 2018.

CORSINI, Rodnei. **Drenagem de aterros sanitários**. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/40/drenagem-de-aterros-sanitarios-313543-1.aspx> > Acesso em: 19 mai. 2018.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento: Orientações técnicas**. 4 ed. Brasília: Acessoria de comunicação e educação em saúde, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em 18 abr. 2018.

JUNIOR, A. B. de C. **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável Para Municípios de Pequeno Porte**. 1º. ed. Rio de Janeiro: ABES RiMa, 2003.

LANGE, L. C et al. **Resíduos Sólidos: Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários**. Belo Horizonte: ReCESA, 2008.

LANZA, V. C. V.; CARVALHO, A. L. **Orientações Básicas para a operação de aterro sanitário**. Fundação Estadual do Meio Ambiente–Belo Horizonte, FEAM, 2006.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: Tratamento e Biomerremediação**. 3 ed. São Paulo: Hemus, 2004.

MACHADO, G. B. **Portal Resíduos Sólidos: A Reciclagem**. Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/a-reciclagem/>>. Acesso em 14 abr. 2018.

PACHECO, E. B. V. et al. **Meio Ambiente, Poluição e Reciclagem**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

PHILIPPI, A. J. **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um Desenvolvimento Sustentável**. 2 ed. São Paulo: Manole, 2010.

REICHERT, G. A. **Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários: Manual 2007**. 117 p. Disponível em: <<http://documentslide.com/documents/manual-aterro-sanitario-2007-gerald-reichertpdf.html>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

ROCCA, A.C. et al. **Resíduos Sólidos Industriais**. São Paulo: CETESB, 1997.

SANCHES, Fernando dos Santos. **Estudos técnicos para remediação e ampliação do Aterro Sanitário de Cuiabá – MT**. Disponível em: <<http://www.cuiaba.mt.gov.br/storage/webdisco/2015/12/30/outros/98911d6fc627e1d395c931b7fa1d7123.pdf> > Acesso em 08 jun.2018.

SOUTO, Gabriel D' Artigo de Brito. **Lixiviado de Aterros Sanitários Brasileiros - Estudo de Remoção de Nitrogênio Amoniacal por Processo de Arraste com Ar ("Stripping")**. São Carlos, 2009.

TOMAZ, P. **Fórmula de Manning e Canais: Curso de Manejo de Águas Pluviais**. 2011. 61p.

VILANOVA, M. N. A. **Atlas de Saneamento 2011**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Rio de Janeiro, 2011. cap. 9.