

DIMENSIONAMENTO DA ÁREA NECESSÁRIA PARA A INSTALAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO EM UM MUNICÍPIO DE MÉDIO PORTE

Ana Luiza Bertani Dall'Agnol (*), Mateus Torres Nazari, Thays França Afonso, Érico Kunde Corrêa, Maurizio Silveira Quadro

*Universidade Federal de Pelotas. E-mail: analuizabda@gmail.com

RESUMO

O aumento da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) é resultado da aglomeração populacional causada pela expansão urbana e pelo aumento do consumo de bens e produtos, especialmente os descartáveis. A questão do gerenciamento dos RSU é uma problemática para os municípios em virtude de sua alta complexidade e quantidade de etapas a serem realizadas. Como uma das etapas, a disposição final ambientalmente adequada, prevista pela legislação, é a disposição dos rejeitos em aterros sanitários construídos de acordo com as normas aplicáveis, de maneira que estes sejam seguros para o ambiente e para as pessoas, minimizando os riscos à saúde humana e de contaminação do solo, ar e recursos hídricos. O objetivo deste trabalho foi dimensionar a área necessária para a instalação de um aterro sanitário no município de Erechim/RS, conforme as especificações técnicas e características locais. O projeto foi proposto para um horizonte de 20 anos e, para tal, foram realizadas as estimativas populacionais e de geração de resíduos e dimensionadas 4 células para o aterro sanitário. Identificou-se que a área necessária para a construção das células do aterro seria de 2,77 hectares. Sendo assim, uma área de, pelo menos, 20 hectares seria o ideal para a implantação do aterro sanitário proposto, considerando as estruturas operacionais e administrativas a serem construídas. Considerando a necessidade de adequação dos municípios à legislação, que prevê a eliminação dos lixões e aterros controlados, o estudo de viabilidade e projetos de aterros são essenciais para a realidade brasileira em termos de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.

PALAVRAS-CHAVE: Disposição Final, Gestão de Resíduos Sólidos, Projeto de Aterro Sanitário.

ABSTRACT

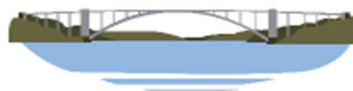
The increase of the municipal solid waste (MSW) generation is the result of the population agglomeration caused by urban expansion and by the increase of consumption of good and products, especially the disposable ones. The MSW management question is a problematic for the municipalities due to its high complexity and number of steps to be performed. As one of the steps, the environmentally appropriate final disposal, provided by legislation, is the disposal of the rejects in landfills constructed according the applicable standard, so that they are safe for the environment and for the people, minimizing the risks of soil, air and water resource contamination and to the human health. The purpose of this work was to design the needed area for the installation of a landfill in the city of Erechim/RS, according to the technical specifications and local features. The project was proposed to a 20 year horizon and, to this end, the population and waste generation estimates were performed and four cells were designed for the landfill. It was identified that the required area for the landfill cell construction would be 2,77 hectares. Thus, an area of at least 20 hectares would be the ideal for the implementation of the proposed landfill, considering the operational and administrative structures to be built. Considering the need of the cities to adequate to the legislation, which provides the elimination of dumps and controlled landfills, the viability study and landfill projects are essential for the Brazilian reality in terms of municipal solid waste management.

KEYWORDS: Final disposal, Solid Waste Management, Landfill Project

INTRODUÇÃO

A expansão urbana, muitas vezes desordenada, aliada ao aumento do poder aquisitivo e, conseqüentemente, do consumo de bens e produtos, em especial os descartáveis, leva ao crescimento da quantidade de resíduos sólidos gerados pela população.

Se manejados de maneira inadequados, os resíduos sólidos urbanos podem causar problemas socioambientais, econômicos e de saúde pública e a busca por soluções para a destinação final dos resíduos tem se mostrado um desafio, sobretudo no que se refere à prevenção à poluição do solo, do ar e dos recursos hídricos (OLIVEIRA, GALVÃO JUNIOR, 2016). Nesse sentido, uma das formas consideradas ambientalmente adequadas para a disposição final de resíduos sólidos são os aterros sanitários, que consiste em uma técnica de confinamento dos resíduos em camadas



cobertas com material inerte, normalmente o próprio solo, seguindo-se normas específicas, de maneira segura e evitando danos à saúde e ao ambiente.

No Brasil, a Lei nº 12.305/2010 estabelece diretrizes gerais para a gestão dos resíduos sólidos dando amparo e oportunizando o desenvolvimento econômico e social. Assim, a concepção e a realização de estudos de implantação de aterros sanitários se justificam com a regulamentação da Lei nº 12.305/10 (BRASIL, 2010), que deixa clara a necessidade de se eliminarem os lixões e de se adotarem medidas adequadas para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos. Assim, os aterros sanitários se apresentam como soluções viáveis e de fácil operação, além de se mostrarem como uma solução barata para os municípios darem destino aos resíduos coletados.

No entanto, apesar de a Política Nacional de Resíduos Sólidos determinar o encerramento das atividades nos lixões e aterros controlados até 2 de agosto de 2014, até aquele momento 60,7% dos municípios brasileiros não haviam cumpriram a lei (CANTO, 2014). Sendo assim, o prazo para adequação dos municípios à PNRS foi prorrogado pelo Projeto de Lei do Senado nº 425, de 2014, que estabeleceu prazos escalonados de acordo com o município com datas-limite variando entre 2018 e 2021 (AMARAL, LANA, 2017).

Infelizmente, hoje uma parte considerável dos resíduos gerados pela população brasileira ainda tem seu destino final desconhecido ou em local considerado ambientalmente inadequado, como os lixões e aterros controlados. Em 2017, foram coletadas no país 196.050 toneladas por dia, o que correspondeu a 91,24 % de cobertura do serviço (ABRELPE, 2018). No mesmo ano, a cada dia foram depositadas 35.368 toneladas de resíduos em lixões (ABRELPE, 2018), o que reforça a necessidade de investimentos no setor, seja para a adequação dos municípios às políticas públicas, como também para a conscientização da necessidade de tratar adequadamente das questões dos resíduos, por fatores ambientais, de saúde e segurança da população.

Este trabalho, portanto, com base na NBR 13896/97 (ABNT, 1997), que trata de aterros de resíduos não perigosos - critérios para projeto, implantação e operação, e na NBR 8419/92 (ABNT, 1992), a respeito da apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, teve como objetivo elaborar um projeto de dimensionamento de um aterro sanitário para atender o município de Erechim/RS, de maneira que este comporte 100% da demanda do local, ou seja, onde possam ser dispostos todos os resíduos provenientes da coleta domiciliar convencional realizada pelo período de 20 anos.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi dimensionar as células de um aterro sanitário proposto para o município de Erechim-RS com base nas características dessa localidade.

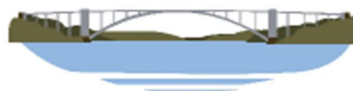
METODOLOGIA

Para o dimensionamento das células do aterro sanitário proposto, foi utilizada a geração per capita de resíduos sólidos convencionais, ou seja, o cenário foi baseado na média de geração mensal do município, conforme as informações apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Geração de resíduos sólidos convencionais nos anos de 2010, 2011 e 2012 no município de Erechim.
Fonte: Fonte: IBGE, 2010; IBGE, 2011; IBGE, 2012; Plano Municipal de Saneamento Básico de Erechim – Modalidade Resíduos Sólidos

Ano	População Total (habitantes)	População Urbana (habitantes)	Média geração de resíduos mensal (t.mês ⁻¹)	Média geração de resíduos diária (t.dia ⁻¹)	Geração per capita diária (kg.hab ⁻¹ .dia ⁻¹)
2010	96.087	90.552	1.497,36	49,91	0,551
2011	96.757	91.145	1.585,43	52,85	0,580
2012	97.404	91.754	1.499,92	50,10	0,546

Estimativa Populacional e de Geração de Resíduos



Foi estipulado, para a concepção do projeto, que o aterro teria uma vida útil de 20 anos, portanto, o cálculo da estimativa populacional foi feito para o mesmo período, conforme Equação 1.

Equação (1)

$$PF = Pi (1 + i)^n$$

Onde:

Pf = População estimada (hab);

Pi = População atual (hab);

i = Taxa de crescimento populacional (%);

n = anos de referência.

Para o cálculo das estimativas futuras de crescimento populacional de Erechim, foi considerada a média de crescimento do município, de acordo com as estimativas populacionais realizadas pelo IBGE dos últimos 10 anos, sendo esta 0,62%. Com base na estimativa de crescimento populacional, foi calculada, então, a estimativa de geração de resíduos, levando em conta os resíduos convencionais gerados (Tabela 1). De acordo com o Manual de Gerenciamento Integrado (CEMPRE, 2018), a densidade dos RSU adotado foi de 0,7 ton/m³ para o cálculo da massa de resíduos gerada, assim como para o volume (Equação 2).

Vida útil do Aterro Sanitário

A vida útil do aterro foi calculada a partir da Equação 2.

Equação (2)

$$V = 365 \frac{TD}{PE}$$

Onde:

V = Volume anual (m³)TD = Toneladas diárias coletadas (ton.dia⁻¹)PE = Peso específico dos resíduos compactados (ton.m³⁽⁻¹⁾)

Dimensão das Células

Utilizando as Equações 3, 4 e 5 (CEMPRE, 2018), foram calculadas as dimensões das células do aterro, sendo estabelecida uma célula a cada 5 anos. Foi estipulado o valor de 3 metros para o talude da rampa de trabalho.

Equação (3)

$$h = \sqrt[3]{\frac{V}{p^2}}$$

Onde:

h = Altura da célula (m)

V = Volume de resíduo na célula (m³)

p = Talude da rampa de trabalho

Equação (4)

$$l = b = \sqrt[2]{\frac{V}{h}} = h = \sqrt[3]{p \cdot V}$$

Onde:

l = Profundidade da célula (m)

b = Frente de Operação (m)

Equação (5)

$$A = b^2 + 2b \cdot h \cdot p$$

Onde:

A = Área a ser coberta com terra (m²)

**RESULTADOS**

As estimativas populacionais e de geração de resíduos sólidos para o horizonte de 20 anos da cidade de Erechim estão apresentadas na Tabela 2.

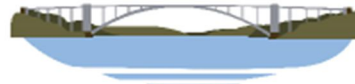
Tabela 2 – Estimativas populacionais e de geração de resíduos sólidos urbanos convencionais da cidade de Erechim-RS. Fonte: Autores

Ano	Pop. Estimada	Quant. RSU gerada	Massa RSU	Volume de RSU	Volume anual
	habitantes	kg/hab.dia	ton/dia	m ³ /dia	ton/ano
2017	103544	0,587	60,78	86,82	31690,45
2018	104186	0,591	61,53	87,90	32084,62
2019	104832	0,594	62,30	89,00	32483,71
2020	105482	0,598	63,07	90,10	32887,75
2021	106136	0,602	63,86	91,22	33296,83
2022	106794	0,605	64,65	92,36	33710,99
2023	107456	0,609	65,46	93,51	34130,30
2024	108122	0,613	66,27	94,67	34554,83
2025	108793	0,617	67,09	95,85	34984,64
2026	109467	0,621	67,93	97,04	35419,79
2027	110146	0,624	68,77	98,25	35860,36
2028	110829	0,628	69,63	99,47	36306,40
2029	111516	0,632	70,49	100,71	36758,00
2030	112207	0,636	71,37	101,96	37215,21
2031	112903	0,640	72,26	103,23	37678,11
2032	113603	0,644	73,16	104,51	38146,77
2033	114307	0,648	74,07	105,81	38621,25
2034	115016	0,652	74,99	107,13	39101,64
2035	115729	0,656	75,92	108,46	39588,00
2036	116447	0,660	76,87	109,81	40080,42
2037	117169	0,664	77,82	111,18	40578,96
2038	117895	0,668	78,79	112,56	41083,69

Para que seja realizado o projeto de aterro sanitário e identificada a área a ser utilizada, dois parâmetros principais devem ser considerados: a quantidade total de RSU (toneladas.dia-1) gerada e a geração per capita (kg.hab-1.dia-1 ou ton.hab-1.dia-1) de resíduos do local de interesse (GOEL et al., 2017). Deve-se atentar à existência ou não de coleta seletiva no local de interesse, visto que, quando existente, a parcela de resíduos recicláveis recolhida pela coleta seletiva não deve ser considerada no cálculo do aterro sanitário. Neste estudo, foram utilizados somente os dados do material coletado pela coleta de resíduos convencional, ou seja, aqueles que são destinados ao aterro sanitário como forma de disposição final ambientalmente adequada, conforme proposto pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Conforme as estimativas apresentadas na Tabela 2, foram obtidas as dimensões das 4 células propostas para o aterro sanitário de Erechim, apresentadas na Tabela 3.

Célula 1					
Ano	2018	2019	2020	2021	2022
Talude da rampa de trabalho (m)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Altura da célula (m)	15,28	15,34	15,40	15,47	15,53
Comprimento da célula (m)	45,83	46,02	46,21	46,40	46,59



Frente de operação (m)	45,83	46,02	46,21	46,40	46,59
Área a ser coberta com terra (m ²)	6300,86	6353,00	6405,58	6458,58	6512,03
Célula 2					
Ano	2023	2024	2025	2026	2027
Talude da rampa de trabalho (m)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Altura da célula (m)	15,59	15,66	15,72	15,79	15,85
Comprimento da célula (m)	46,78	46,98	47,17	47,36	47,56
Frente de operação (m)	46,78	46,98	47,17	47,36	47,56
Área a ser coberta com terra (m ²)	6565,92	6620,25	6675,04	6730,27	6785,97
Célula 3					
Ano	2028	2029	2030	2031	2032
Talude da rampa de trabalho (m)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Altura da célula (m)	15,92	15,98	16,05	16,12	16,18
Comprimento da célula (m)	47,76	47,95	48,15	48,35	48,55
Frente de operação (m)	47,76	47,95	48,15	48,35	48,55
Área a ser coberta com terra (m ²)	6842,12	6898,74	6955,83	7013,39	7071,43
Célula 4					
Ano	2033	2034	2035	2036	2037
Talude da rampa de trabalho (m)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Altura da célula (m)	16,25	16,32	16,38	16,45	16,52
Comprimento da célula (m)	48,75	48,95	49,15	49,36	49,56
Frente de operação (m)	48,75	48,95	49,15	49,36	49,56
Área a ser coberta com terra (m ²)	7129,95	7188,95	7248,44	7308,42	7368,90

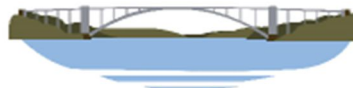
Com o estabelecimento de um talude de rampa de trabalho fixado em 3 metros foi calculada a altura, comprimento e frente de operação das células em cada ano. Com base nisso, foi possível prever a área a ser ocupada pelas células do aterro, informação imprescindível para se planejar, implantar e operar um aterro sanitário. O conhecimento da área necessária para a implantação do aterro é fundamental para que se faça a análise de áreas disponíveis e aptas para esse tipo de empreendimento e o investimento para a obtenção do imóvel.

Para a escolha da área é preciso levar em conta diversos fatores como proximidade de recursos hídricos, resistência do solo, presença de áreas protegidas, entre outros, buscando a compatibilização entre as questões econômicas e ambientais (ANDRADE e BARBOSA, 2015).

Com base nos resultados obtidos na Tabela 3, foi constatado que, para a instalação das células do aterro sanitário proposto seria necessária uma área de 2,77 hectares. Sendo assim, uma área de, pelo menos, 20 hectares seria o ideal para a implantação do aterro sanitário proposto, considerando as estruturas operacionais e administrativas a serem construídas. Outros autores ressaltam a importância de se considerar, além da área calculada para a disposição de resíduos e as infraestruturas a serem instaladas, a existência de área útil para uma possível ampliação no futuro (CALIJURI et al., 2002).

CONCLUSÕES

A disposição final de resíduos em aterros sanitários é reconhecida como um método ambientalmente adequado e, portanto, é fundamental que sejam levantadas as informações necessárias para o correto dimensionamento da área necessária para a disposição dos resíduos, bem como o planejamento de todo o projeto de um aterro sanitário. Conclui-se, com este trabalho, que uma área de 20 hectares seria suficiente para a implantação de um aterro sanitário com vida útil de 20 anos no município de Erechim-RS.



Considerando a necessidade de adequação dos municípios à legislação, que prevê a eliminação dos lixões e aterros controlados, o estudo de viabilidade e projetos de aterros são essenciais para a realidade brasileira em termos de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017**. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>> Acesso em 20 abr. 2019.
2. AMARAL, D. G. P.; LANA, C. E. Uso de geoprocessamento para indicação de áreas favoráveis à construção de aterro sanitário no município de Ouro Preto (MG). **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 51, 2017.
3. ANDRADE, A. J. B.; BARBOSA, N. P. Combinação do método AHP e SIG na seleção de áreas com potenciais para a instalação de aterro sanitário: caso da ilha do Fogo, na República de Cabo Verde. **Revista de Geografia**, v. 32, n. 2, p. 248-266, 2015.
4. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.
5. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896**: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.
6. BRASIL. Lei Federal 12.305, de 2 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. **Diário Oficial União**, Poder Executivo. Brasília, DF, 2010.
7. CALIJURI, M. L.; MELO, A. L. O.; LORENTZ, J. F. Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com uso de análise estratégica de decisão. **Informática Pública**, v. 4, n. 2, p. 231-250, 2002.
8. CANTO, R. **Lei de resíduos sólidos não foi cumprida. E agora?** Carta Capital, São Paulo: Editora Confiança, 15 ago. 2014.
9. CEMPRE. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 4. ed. – São Paulo (SP): CEMPRE, 2018. 316 p.
10. GOEL, S.; RANJAN, V. P.; BARDHAN, B.; HAZRA, T. Forecasting Solid Waste Generation Rates. In: Sengupta D., Agrahari S. (eds) **Modelling Trends in Solid and Hazardous Waste Management**. Springer, Singapore. 2017.
11. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da população**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=16985&t=downloads>>. Acesso em 20 mar. 2019.
12. OLIVEIRA, T. B.; GALVÃO JUNIOR, A. C. Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 55-64, 2016.
13. PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM. **Plano Municipal de Saneamento Básico – Modalidade Resíduos Sólidos**. Disponível em: <[https://www.pmerechim.rs.gov.br/uploads/files/PLANO%20DE%20SANEAMENTO%20DE%20RES%20C3%84%20C2%AA%20REVIS%20C3%83O%20\(1\).pdf](https://www.pmerechim.rs.gov.br/uploads/files/PLANO%20DE%20SANEAMENTO%20DE%20RES%20C3%84%20C2%AA%20REVIS%20C3%83O%20(1).pdf)>. Acesso em 20 mar. 2019.