

Reciclagem de pneus inservíveis para cobertura diária alternativa de aterro sanitário de pequeno e médio porte

Recycling tires for daily coverage of small and medium-sized landfills

Amanda Rezende Moreira¹; Helton Magno de Sousa Gonçalves²; Adriano Pereira de Figueiredo³

¹Graduada em Engenharia Ambiental e mestranda no Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais pela Universidade Federal de Campina Grande, Pombal. E-mail: amandarezende48@gmail.com; ²Graduado em Administração pelo Centro Universitário Newton Paiva, Belo Horizonte. Mestre pelo Programa de Pós-Graduação pela Universidade Federal de Campina Grande, Pombal. E-mail: heltonmagno@hotmail.com; ³Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Campina Grande, Patos. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. E-mail: apfengenharia@gmail.com

NOTA

Recebido: 08/05/2021
 Aprovado: 18/06/2021

Palavras-chave:

Desenvolvimento sustentável
 Logística reversa
 Reutilização

RESUMO

A reciclagem de pneus representa uma alternativa sustentável, para que após perderem a serventia original sejam transformados da condição de passivo ambiental para o patamar de matéria-prima sustentável. Desse modo, objetivou-se com o presente estudo analisar a reciclagem de pneus inservíveis para a cobertura diária da célula de um aterro sanitário de médio porte no município de Itaporanga no estado da Paraíba, contribuindo para a redução da quantidade de cobertura com solo, e consequentemente, o custo da operação. Foi realizada pesquisas bibliográficas, explorando materiais que abordassem sobre o tema. A pesquisa de campo foi realizada durante um período de 90 dias, verificado e analisado as etapas de produção dos tapetes de cobertura a partir de pneus inservíveis no aterro sanitário. Constatou-se que a técnica de reciclagem tem grande importância para a reutilização de pneus inservíveis, contribuindo para evitar que a célula se esgote mais rapidamente, aumentando assim a sua vida útil.

ABSTRACT

Recycling waste tires makes it possible to transform environmental liabilities into sustainable raw materials. This study proposes using waste tires as daily coverage of medium landfill cells in Itaporanga, Paraíba, to reduce the soil amount and the operational costs. We researched bibliographical materials addressing the topic. The field research was carried out during 90 days, verifying and analyzing the stages of production of cover mats from tires in the landfill. This recycling technique prevented the cell from running out quickly, increasing its useful life.

Key words:

Sustainable development
 Reverse logistics
 Reuse

INTRODUÇÃO

O descarte de pneus inservíveis no Brasil tem aumentado de forma substancial nas últimas décadas, em decorrência do aumento da fabricação de veículos automotores no país, o que tem gerado um grave problema ambiental que é o descarte inadequado dos resíduos gerados por esse setor de produção.

A poluição ambiental proveniente pela má destinação de resíduos sólidos em todo o mundo é um problema grave. Para os pneus inservíveis, por exemplo, a cada ano, cerca de 1,5 bilhão de pneus são produzidos no mundo, o que corresponde a cerca de 17 milhões de toneladas de pneus usados (CZAJCZYNSKA et al., 2017).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), o Brasil possui aproximadamente 211,2 milhões de habitantes com 105,1 milhões de veículos registrados (DENATRAN, 2020). Sendo assim, o Brasil tem

0,42 veículos por habitante, e conforme estudos realizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2014), estima-se que a frota de veículos individuais e comerciais leves irá atingir cerca de 130 milhões de unidades até 2050, isto é, aproximadamente 1 veículo a cada 1,7 habitantes (ALVES et al., 2016). Os pneus ocupam muito espaço físico e estão sujeitos à queima acidental ou provocada, o qual libera fumaça com alto teor de substâncias tóxicas, como por exemplo, o dióxido de enxofre (OLIVEIRA; CASTRO, 2007).

Na destinação ambientalmente adequada de pneus inservíveis apresentam os procedimentos técnicos em que os mesmos têm sua forma modificada e os componentes são reaproveitados, reciclados ou processados de maneira autorizada pelos órgãos ambientais e de acordo com a legislação e normas, para evitar riscos à segurança e à saúde pública, diminuindo os impactos no meio ambiente (CONAMA, 2009).

O descarte final do pneu inservível é uma realidade que oferece sérios danos, seja na forma imprópria do descarte, armazenamento, depósito de água que pode ser foco para doenças como a dengue ou a eliminação através de queima a céu aberto que contamina o solo e o ar ou a criação de depósitos clandestinos (ANDRADE, 2007).

A partir do entendimento literal de inservível, como sendo aquilo que não serve para determinada finalidade, a reciclagem de pneus surge como uma alternativa de transformação da condição de passivo ambiental para o patamar de matéria-prima sustentável, tendo uma logística eficiente e contribuindo para a questão ambiental em contexto local com a proposição prática de ações viáveis (AGUILERA PEÑA; BAQUERIZO ÁLAVA, 2019).

No aterro sanitário, os resíduos sólidos são dispostos em procedimentos que possibilitam a proteção do solo por meio de uma série de sistemas de proteção e monitoramento, cada qual com funções e objetivos específicos (SILVA; TAGLIAFERRO, 2021). Um desses processos é a cobertura, que é aplicada para cobrir resíduos sólidos que são expostos em um aterro sanitário, sendo composta por camadas de materiais impermeáveis como argila compactada, materiais de drenagem, solo superficial e vegetação aplicada sobre o topo de uma célula fechada de um aterro sanitário para minimizar a infiltração de água da chuva e a produção de lixiviado (SWANA, 2021).

Diante desse contexto, objetivou-se analisar a reciclagem de pneus inservíveis para a cobertura diária da célula de um aterro sanitário de médio porte no município de Itaporanga no estado da Paraíba, contribuindo para a redução da quantidade de cobertura com solo, e consequentemente, o custo da operação.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa descritiva com informações coletadas por meio de levantamento bibliográfico e pesquisa de campo, a partir da fabricação de tapetes de pneus inservíveis para a cobertura alternativa diária da célula, desenvolvido no aterro sanitário de Itaporanga, Paraíba com coordenadas geográficas UTM 595435.82 Me, 9187160.10 Ms.

Para fundamentar a pesquisa bibliográfica foram consultados artigos científicos, livros e legislações que abordassem sobre os temas de logística reversa, impacto ambiental no ramo de pneus, política nacional de resíduos sólidos, aterros sanitários e regulação final do descarte de pneus.

A pesquisa de campo foi realizada durante um período de 90 dias, entre os meses de fevereiro a abril de 2021 em que foi verificado e analisado as etapas de produção dos tapetes de cobertura a partir de pneus inservíveis no aterro sanitário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Resolução nº 416/2009 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) classifica os pneus inservíveis como “pneu usado que possuem em sua estrutura danos irreparáveis, ao ponto que não servem mais para rotação ou reforma” (CONAMA, 2009).

Neste contexto, a Resolução do CONAMA nº 258/99, estabelece metas e obrigações aos fabricantes e importadores de pneus, os quais devem destinarem adequadamente aqueles

pneus considerados inservíveis (CONAMA, 1999). Desde 2002 a coleta e destinação final dos pneus inservíveis são responsabilidades atribuídas aos fabricantes e importadores dos mesmos (CONAMA, 2002). Outrossim, também são corresponsáveis por essa coleta os distribuidores, revendedores, reformadores e consumidores finais (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2013).

O aterro sanitário da cidade de Itaporanga - PB recebe os pneus inservíveis através de caminhões que os recolhem nos municípios de Itaporanga, Serra Grande, Igaracy e Nova Olinda, os quais são atendidos por esse aterro sanitário (Figura 1A). Para a fabricação dos tapetes usados no aterro são utilizados pneus de carros e caminhonetes (Figura 1B). De acordo com Damasceno (2018), durante a elaboração de um projeto para aterro sanitário o sistema de cobertura é um dos aspectos mais importantes, no qual o material escolhido deve reduzir a infiltração de água, fluxo de biogás (produto gerado pela decomposição dos resíduos aterrados) para a atmosfera, além da proliferação de odores e vetores de doenças. No entanto, o projeto de aterro sanitário deve levar em consideração as características climáticas locais e o material utilizado. Outro fator importante a ser considerado é a finalidade do aterro, que pode ser para recuperação de gás, geração de energia ou simplesmente para disposição final dos resíduos sólidos (LAGARINHOS, 2011).

Figura 1. Aterro sanitário (A) e pneus inservíveis usados para a produção de tapetes de cobertura diária no município de Itaporanga, Paraíba.



No Brasil, os procedimentos e metas para pneumáticos inservíveis foram estabelecidos pela Instrução Normativa nº 8/02 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos

Naturais Renováveis (IBAMA), e regulamentados pelas Resoluções do CONAMA nº 258/99 e 301/02 (CONAMA, 1999, 2002). Portanto, conforme a legislação imposta a partir de 2002 (CONAMA, 2002) para cada quatro novos pneus produzidos, importados e reformados, um pneu inservível deverá ser obrigatoriamente destinado corretamente. No entanto, em virtude do crescimento exponencial da população, e por consequência dos bens de consumo, essa obrigatoriedade imposta pela legislação foi crescendo a cada ano, e a partir de 2005 a legislação impõe que para cada quatro pneus reformados, cinco pneus inservíveis devem ser destinados corretamente (OLIVEIRA; CASTRO, 2007).

Desse modo, a cobertura de aterros sanitários com pneus inservíveis, a exemplo do que ocorre no aterro sanitário do município de Itaporanga – PB, surge como uma alternativa em potencial para a destinação dos pneus inservíveis, e dessa forma, contribuir para que as obrigações e metas dos fabricantes e importadores de pneus estabelecidas pelas Resoluções do CONAMA sejam cumpridas (CONAMA, 1999, 2002, 2009).

A disposição inadequada dos resíduos sólidos sem tratamento adequado, pode causar danos as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além de poluir o meio ambiente (SANTIAGO JÚNIOR et al., 2020). Um dos grandes problemas atuais é o descarte final do pneu inservível pode causar prejuízos ao meio ambiente, visto que seu armazenamento de forma inadequada consiste em depósito de água para proliferação de mosquitos como o *Aedes aegypti*, vetor de doenças como a dengue, zika vírus, chikungunya (PINTO et al., 2017). Por outro lado, sua eliminação de forma inadequada também causa danos, como por exemplo, a queima a céu aberto impacta diretamente a contaminação do solo e emite grandes quantidades de gases do efeito estufa para a atmosfera (ANDRADE, 2007; OLIVEIRA; CASTRO, 2007).

O descarte final do pneu inservível tem causado grandes preocupações no setor pneumático e autoridades ambientais. Desse modo, no Brasil, foram estabelecidas legislações específicas sobre o tema, apontando procedimentos corretos que devem ser adotados durante o descarte dos pneus inservíveis (PINTO et al., 2017; SANTIAGO JÚNIOR et al., 2020). Assim sendo, o desenvolvimento de formas viáveis para reaproveitamento dos pneus inservíveis que atendam aos requisitos ecológicos e econômicos são importantes para reduzir o descarte inadequado desses pneus. Existem várias possibilidades tecnológicas e criativas para a reutilização e reciclagem do pneu, por exemplo, a recauchutagem, logística reversa, pirólise genérica, assim como a utilização do pneu inservível na composição do asfalto, indústria da moda e confecção artesanal de móveis (PINTO et al., 2017).

Neste contexto, a produção de tapetes usando pneus inservíveis para cobertura de aterro sanitário surge como uma excelente possibilidade para o reaproveitamento desses pneus. Essa alternativa atende aos requisitos ecológicos, pois evita o descarte incorreto, e econômico, visto que os custos para desenvolvimento são baixos, sendo necessário apenas três colaboradores para o corte (Figura 2A), perfuração e amarração dos tapetes para cobertura do aterro sanitário (Figura 2B).

O pneu tem enorme utilidade para a humanidade, porém, desde sua criação sempre causou grande problema ambiental, devido ao descarte. No entanto, devido ao crescimento populacional, desenvolvimento das cidades, e por consequência, necessidade de locomover rapidamente, as

frotas de veículos cresceram exponencialmente para atender as necessidades da sociedade (POURRE, 2016). Diante disto, surgiram os inúmeros impactos e danos causados ao meio ambiente pelos pneus “inservíveis” (PINTO et al., 2017).

Figura 2. Corte (A) e abertura da banda de rodagem (B) para a produção de tapetes de cobertura diária a partir de pneus inservíveis em aterro sanitário de Itaporanga, Paraíba.



De acordo com Lagarinhos (2011), não é recomendado o descarte de pneus inservíveis em aterros sanitários, visto que sua forma e composição, dificuldade de compactação e decomposição reduz a vida útil do aterro.

Diante do exposto, a confecção de tapetes usando esses pneus inservíveis para a cobertura de aterro sanitário, representa uma alternativa mais viável para a reutilização desses pneus sem causar danos ao meio ambiente ou a vida útil do aterro. As etapas para a construção dos tapetes são apresentadas na Figura 3. Observa-se que o processo se inicia com a separação da matéria prima (pneus inservíveis), em seguida a retirada da banda de rodagem, fazendo-se um corte no ombro do pneu, para separar a lateral da barra; abertura da banda de rodagem do pneu (Figura 3A) e a retirada da lona de reforço, que são fios de poliéster que reforçam a estrutura da carcaça do pneu; também são feitos furos (Figura 3B) para a armação da banda de rodagem dos pneus.

Figura 3. Perfuração (A) e amarração (B) dos tapetes de pneus inservíveis em aterro sanitário de Itaporanga, Paraíba.



O aterro sanitário é considerado uma forma adequada do ponto de vista ambiental para tratar os resíduos sólidos, porém, deve seguir as normas e legislações estabelecidas para sua implementação e operacionalização (CONAMA, 2009). Uma técnica bastante usada no aterro sanitário ou célula, que é o espaço em que os resíduos ficam expostos, variando tamanho, largura, comprimento e profundidade, é cobertura, o qual visa prevenir doenças causadas pela exposição do lixo a céu aberto, assim como evitar odores e o surgimento de animais atraídos pelo lixo. Além disso, é necessário o tratamento do chorume, coleta de biogás produzido pelo lixo depositado no aterro (GOES, 2016).

Os sistemas de coberturas convencionais de aterros sanitários, geralmente, atuam como barreiras resistivas entre os resíduos depositados e o ambiente externo, sendo que a composição dessas barreiras deve ser de material com baixa permeabilidade (LAGARINHOS, 2011). De acordo com Damasceno (2018), o sistema de cobertura de um aterro sanitário deve apresentar uma série de camadas de solo, que pode ser coberto com geossintéticos (geomembranas, geocompostos argilosos, geotêxteis, entre outros), as quais devem atuar para evitar a infiltração de água para a massa de resíduos.

No caso do aterro sanitário do município de Itaporanga - PB, observa-se na Figura 4 os tapetes de pneus já construídos (Figura 4A) e seu funcionamento da célula sobre os resíduos no aterro sanitário (Figura 4B), sendo possível observar

também a proteção (cobertura) conferida pelos tapetes aos resíduos sólidos urbanos. As etapas para a dispersão dos tapetes funcionam através de quadrantes, no término do último quadrante, os tapetes são retirados com a pá carregadeira, sendo feita a cobertura com solo de reserva do próprio aterro sanitário, feito isto, começa-se o processo de cobertura alternativa novamente.

Figura 4. Tapetes de pneus inservíveis (A) em célula de aterro sanitário (B) no município de Itaporanga, Paraíba



No aterro sanitário, o processo de cobertura é extremamente importante, pois atua como uma barreira impermeável entre os resíduos e o ambiente externo (OLIVEIRA; CASTRO, 2017). Essa barreira funciona para inibir a infiltração de água das chuvas e a liberação de gases do efeito estufa para a atmosfera (SANTIAGO JÚNIOR, 2020). Esse processo é fundamental do ponto de vista ambiental, pois evita ou reduz os principais problemas nos aterros, que são a liberação do chorume e a emissão de gases.

As camadas de cobertura de um aterro sanitário podem ser de dois tipos: (i) executada durante o período de operação dos aterros, denominada cobertura intermediária. Essas coberturas, de uma forma geral, apresentam menor espessura e são removidas quando há disposição de novos resíduos; e (ii) realizada após o encerramento das atividades no aterro, chamadas de cobertura final (DAMASCENO, 2018).

Neste sentido, Goes (2016) avaliando a contribuição do aterro sanitário na gestão de resíduos sólidos no município de Paulo Afonso - BA, observou que o solo da célula é compactado por um trator e possui uma manta/cobertura de polietileno, material de alta densidade, normalmente possui espessura de 2 mm visando proteger o solo e os lençóis freáticos. No entanto, observou-se necessário manutenção dessa manta, visto que ela está sujeita a cortes devido ao movimento do trator e demais máquinas que movimentam no aterro. Assim como a manta, os demais materiais usados para

cobertura dos aterros, precisam periodicamente passar por manutenções, sendo necessário para manter a eficiência dessas coberturas, a exemplo, os tapetes de pneus inservíveis usados no aterro sanitário alvo do presente estudo.

Portanto, a cobertura de um aterro sanitário é usada com o intuito de proteger à saúde humana e o meio ambiente, diminuir os impactos por meio da eliminação de vetores, reduções da exalação de odores, infiltração de água de chuva, fluxo de gases e erosão (CATAPRETA, 2007). Além disso, a cobertura também é usada para permitir acesso e movimentação na superfície do aterro (SANTOS, 2009).

Existem diversos materiais que podem ser usados na cobertura de um aterro sanitário, e nesse sentido, Teixeira (2008) lista os principais materiais usados no sistema de cobertura de um aterro sanitário e suas funções: (i) Areia e pedregulhos (drenagem) com função de reduzir a saturação das camadas superiores no período de chuva e diminuir a altura da coluna de água em cima da camada de baixa permeabilidade; (ii) Areia, pedregulho, geotêxteis, materiais reciclados (coleta de gases) sendo para coletar; remover os gases emitidos pelos resíduos do aterro; (iii) Solo com vegetação, geossintéticos, material de pavimentação, pedregulho (superfície) para realizar a interface da atmosfera com as camadas inferiores; evitar erosão; controlar a temperatura, infiltração e a evaporação das camadas inferiores; (iv) Solo, materiais reciclados (proteção) com as funções de restringir a infiltração de água; proteger os seres humanos, animais e vegetais dos contaminantes; proteger as camadas inferiores do ciclo de molhagem e secagem; proteger as camadas inferiores do frio e do degelo; (v) Argila compacta, geomembranas, materiais reciclados (baixa permeabilidade) para reduzir a percolação de água; restringir a saída de gases; (vi) Resíduos ou materiais reciclados (regularização) para atuar como base para a construção das camadas superiores sobre o resíduo depositados no aterro.

Sendo assim, a cobertura com tapetes de pneus inservíveis usado no aterro sanitário do município de Itaporanga – PB, representa mais uma alternativa viável economicamente e ambientalmente, pois além de restringir os principais problemas ocorridos no aterro sanitário, evita o descarte inadequado desses pneus, que quando ocorre causa inúmeros prejuízos ao meio ambiente e a sociedade, pois serve de depósito de água e conseqüentemente proliferação de diversas doenças, além de refúgio para animais. No entanto, é extremamente necessários mais estudos com esse tipo de cobertura ao longo do tempo, visando entender seu período de eficiência, apontar as principais manutenções a serem feitas e possíveis melhorias nesse processo.

CONCLUSÃO

A técnica de reciclagem tem grande importância para a reutilização de pneus inservíveis, contribuindo para preservação e sustentabilidade do meio ambiente, além de mostrar-se bastante eficaz para evitar que a célula de um aterro sanitário se esgote mais rapidamente, aumentando assim a vida útil.

REFERÊNCIAS

AGUILERA PEÑA, R.; BAQUERIZO ÁLAVA, V. A. Logística reversa de pneus inservíveis em Santa Maria - RS. *DELOS Desarrollo Local Sostenible*, 12(35): 01-16, 2019.

ALVES, V. E. S.; VASCONCELOS, G. M.; MOREIRA, R. N.; ALVES FILHO, M. J.; BARRETO, T. S. Impacto ambiental provocado pela destinação incorreta de pneus. *ENIAC Pesquisa*, 5(1): 162-175, 2016. [10.22567/rep.v4i2.277](https://doi.org/10.22567/rep.v4i2.277)

ANDRADE, H. S. Pneus inservíveis: alternativas possíveis de reutilização. Monografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007, 100p.

CATAPRETA, C. A. A. Comportamento de um aterro sanitário experimental: avaliação da influência do projeto, construção e operação. Tese, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2007, 316p.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 258, de 26 de agosto de 1999. Resoluções. Disponível em <http://www.mma.gov.br>. Acesso em 26 de junho de 2021.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 301, de 21 de março de 2002. Resoluções. Disponível em <http://www.mma.gov.br>. Acesso em 26 de junho de 2021.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 416 de 30 de Setembro de 2009. Resoluções. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=258>. Acesso em 26 de junho de 2021.

CZAJCZYNSKA, D.; KRZYZYNSKA, R.; JOUHARA, H.; SPENCER, N. Use of pyrolytic gas from waste tire as a fuel: A review. *Energy*, 134, 1121–1131, 2017. [10.1016/j.energy.2017.05.042](https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.042).

DAMASCENO, L. A. G. Emissão fugitiva de metano através do sistema de cobertura de um aterro sanitário considerando a ocorrência de zonas com fissuramento. Dissertação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2018, 159p.

DENATRAN - DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. Frota 2020. Brasília, 2020. Disponível em <http://www.denatran.gov.br/frota>. Acesso em: 09 de mar. 2020.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Nota Técnica DEA 13/14. Demanda de Energia 2050, Rio de Janeiro, 2014, 245 pp. Disponível em: http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PNE2050_Premissas%20econ%C3%B4micas%20. Acesso em: 09 de mar. 2021.

GOES, D. A Contribuição do aterro sanitário na gestão de resíduos sólidos: Um breve estudo de caso no aterro de Paulo Afonso, BA. *Revista Científica da FASETE*, 1:90-105, 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estimativas da População, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao> Acesso em: 09 de mar. 2021

LAGARINHOS, C. A. F.; TENÓRIO, J. A. S. Logística Reversa dos Pneus Usados no Brasil. *Polímeros*, 23(1): 49-58, 2013. [10.1590/S0104-14282012005000059](https://doi.org/10.1590/S0104-14282012005000059).

LAGARINHOS, C. Reciclagem de pneus: análise do impacto da Legislação Ambiental através da logística reversa. Tese, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011, 263p.

OLIVEIRA, O. J.; CASTRO, R. Estudo da destinação e da reciclagem de pneus inservíveis no Brasil. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de produção, Foz do Iguaçu, Paraná, 2007, p.1-9.

PINTO, A. R. M.; LESCANO, C. A. A.; MOLINA, E. F.; PLACCA, J. A.; GOMES, P. C.; SILVA, W. A. Gerenciamento de pneus inservíveis: estudo da reciclagem e destinação. *Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade*, 10(6):37-57, 2017.

POURRE, O. V. O destino dos pneus descartados: Leis vigentes e tecnologias utilizadas no Brasil. Monografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016, 70p.

SANTIAGO JÚNIOR, A. A.; OSTEN, S. B. F. V. D.; OSTEN JÚNIOR, E. H. V. D. MIYASHIRO, C. F.; DUARTE, E. H.; SAUER, A. V. Aterro sanitário: relevância e técnicas de impermeabilização do solo. *Divers@*, 13(2):142-153, 2020.

SANTOS, T. F. L. Estudo experimental da camada de cobertura do Aterro Morro do Céu, Niterói - RJ. Dissertação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009, 145p.

SILVA, W. K. A. S.; TAGLIAFERRO, E. R. Aterro sanitário - a engenharia na disposição final de resíduos sólidos Landfill - engineering in the final disposal of solid waste. *Brazilian Journal of Development* 7(2), p. 12216-12236, 2021. [10.34117/bjdv7n2-037](https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-037)

SWANA. Solid Waste Association of North America. Disponível em: <https://swana.org/resources/solid-waste-glossary>. Acesso: 16 abr. 2021.

TEIXEIRA, P. F. Oxidação biológica do metano em coberturas de aterros de resíduos sólidos urbanos: dinâmica do processo e aspectos geotécnicos. Tese, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008, 167p.