

Uso de geotecnologias na seleção de áreas propícias para implantação de aterro sanitário em Lavras-MG

Use of geotechnologies in the selection of suitable areas for implementation of landfill in Lavras-MG

DOI:10.34117/bjdv8n3-440

Recebimento dos originais: 27/01/2022

Aceitação para publicação: 25/02/2022

Larissa Botelho Gomes de Marcos

Bacharela em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Lavras
Instituição: Universidade Federal de Lavras (UFLA)

Endereço: Rua Comandante Soares Júnior, número 425, apto 301, 37.205-034, Lavras
MG

E-mail: botelholarissa.lb@gmail.com

Luís Antônio Coimbra Borges

Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras
Instituição: Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais

Endereço: Caixa Postal 3037, 37.200-900, Lavras –MG

E-mail: luis.borges@ufla.br

Marcelo de Carvalho Alves

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras
Instituição: Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia Agrícola
Endereço: Departamento de Engenharia Agrícola, Setor de Geomática, Universidade
Federal de Lavras, Lavras –MG

E-mail: marcelo.alves@ufla.br

Renan Teixeira Delfino

Mestre em Engenharia Agrícola
Instituição: Universidade Federal de Lavras
Endereço: Rua Treze de Outubro, 30. Centro. Lavras/MG. CEP: 37200-171
E-mail: renan.delfino2@estudante.ufla.br

RESUMO

Com o crescimento da geração de resíduos sólidos, a questão do lixo urbano se tornou um desafio ambiental que exige atenção e a busca de soluções viáveis. Com a proibição de lixões e aterros controlados, os aterros sanitários se tornaram a destinação final mais utilizada, devido às suas vantagens, como a retenção da emissão de gases de efeito estufa, a possibilidade de recuperação energética a partir do biogás, a retenção e encaminhamento do chorume para tratamento, a possibilidade de venda de créditos de carbono e a diminuição dos riscos à saúde pública. O aterro sanitário também possui desvantagens, como o alto valor de investimento para implantação e a necessidade de grandes espaços que atendam às normas técnicas e legislação, sendo esses cada vez mais difíceis de dispor. A utilização de geotecnologias em processos de licenciamento ambiental permite uma redução desses custos e maior agilidade no processo. Através da coleta, processamento e análise de dados com referências geográficas, é possível estudar o espaço e seus

aspectos ambientais, podendo assim, a geotecnologia ser uma aliada no planejamento e gestão territorial de vários tipos de empreendimentos, dentre eles, o aterro sanitário. Este trabalho tem como objetivo utilizar ferramentas de geoprocessamento para a identificação de áreas aptas à construção de aterro sanitário no município de Lavras - MG. Para o cálculo da área mínima requerida pelo empreendimento, foram feitas as estimativas de número de habitantes e de geração de resíduos sólidos ao longo dos anos de funcionamento do aterro, utilizando dados censitários do IBGE e dados de geração de resíduos sólidos urbanos do município. No software QGIS, montou-se um banco de dados com imagens de satélite e camadas vetoriais geradas por órgãos públicos, e foram verificadas as restrições das áreas do município ao uso almejado de acordo com a DN COPAM 118/2008, a Resolução CONAMA 04/1995 e a NBR 13986. Para a identificação das regiões aptas para implantação do aterro sanitário, fez-se a sobreposição da área de estudo com todas as camadas restritivas e a subtração das localidades sem restrição pelas variáveis analisadas. Os resultados permitiram verificar áreas potenciais para implantação do empreendimento. Apesar da pouca disponibilidade de áreas que atendem a todos os critérios avaliados, a metodologia se mostrou eficiente, atenuando a complexidade da seleção de áreas para a construção de aterros sanitários e outros tipos de empreendimentos.

Palavras-chave: geotecnologias, aterro sanitário, análise espacial, sig, análise ambiental.

ABSTRACT

With the growth of solid waste generation, the issue of urban waste has become an environmental challenge that requires attention and the search for viable solutions. With the prohibition of landfills and controlled landfills, sanitary landfills have become the most used final destination due to their advantages, such as the retention of greenhouse gas emissions, the possibility of energy recovery from the biogas, the retention and forwarding of leachate for treatment, the possibility of selling carbon credits and the reduction of public health risks. The sanitary landfill also has disadvantages, such as the high investment value for implementation and the need for large spaces that meet the technical standards and legislation, which are increasingly difficult to dispose of. The use of geotechnologies in environmental licensing processes allows a reduction in these costs and greater agility in the process. Through the collection, processing and analysis of data with geographic references, it is possible to study the space and its environmental aspects, and thus, geotechnology can be an ally in the planning and territorial management of various types of enterprises, among them, the landfill. This work aims to use geoprocessing tools to identify areas suitable for the construction of landfills in the city of Lavras - MG. To calculate the minimum area required by the enterprise, the estimates of number of inhabitants and solid waste generation over the years of operation of the landfill were made using census data from IBGE and data on generation of municipal solid waste. In the QGIS software, a database was assembled with

satellite images and vectorial layers generated by public agencies, and the restrictions of the municipal areas to the desired use were verified according to the DN COPAM 118/2008, the CONAMA Resolution 04/1995 and the NBR 13986. To identify the regions suitable for landfill implementation, the study area was superimposed with all restrictive layers and the subtraction of the localities without restriction by the variables analyzed. The results allowed the verification of potential areas for the implementation of the enterprise. Despite the limited availability of areas that meet all the criteria evaluated, the methodology proved to be efficient, reducing the complexity of selecting areas for the construction of landfills and other types of enterprises.

Keywords: geotechnologies, landfill, spatial analysis, gis, environmental analysis.

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da geração de resíduos sólidos, a questão do lixo urbano se tornou um desafio ambiental que exige atenção e a busca de soluções viáveis. Devido ao aumento da população, do consumismo, da produção de produtos com ciclo de vida menores, e do uso exacerbado de embalagens descartáveis, tornou-se importante o desenvolvimento de tecnologias para melhorar a destinação final dos resíduos sólidos, que antes eram dispostos de maneira precária (NASCIMENTO NETO, 2013).

Os resíduos sólidos urbanos são aqueles que englobam os resíduos domiciliares e os resíduos de limpeza urbana e é responsabilidade dos municípios e do Distrito Federal a destinação correta destes, que incluem a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações, como a disposição final (SILVA FILHO; SOLER, 2019).

A má gestão dos resíduos sólidos causa poluição atmosférica, hídrica e do solo através da liberação de gases e chorume. Além disso, a disposição inadequada é responsável por poluição visual, proliferação de vetores de doenças e permite a atividade de catadores clandestinos, sendo assim, um problema que afeta diretamente a saúde pública (TONETO JÚNIOR; SAIANI; DOURADO, 2014).

Em 2 de agosto de 2010 a Lei nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos no país, determinou que todos os rejeitos do país devem ter uma disposição final ambientalmente adequada e proibiu os lixões e aterros controlados. Dessa

forma, passou a ser necessário investir na construção de aterros sanitários para disposição dos rejeitos. Entretanto, por se tratar de um projeto de alto custo, muitos municípios ainda não destinam seus resíduos sólidos urbanos de maneira adequada e torna-se necessário o uso e desenvolvimento de novas tecnologias que facilitem a implementação desses projetos (TONETO JÚNIOR; SAIANI; DOURADO, 2014).

A seleção de áreas adequadas para a implantação de aterros sanitários reduz os impactos ambientais e sociais e evita gastos desnecessários em sua construção. Inúmeras características socioambientais devem ser levadas em conta na hora da seleção e a legislação vigente exige que vários critérios sejam seguidos, dentre eles, a distância de núcleos urbanos, vias públicas e coleção hídrica, as propriedades do solo e o uso e cobertura da terra (ZUQUETTE, 2015).

A utilização de geotecnologias em processos de licenciamento ambiental permite uma redução dos custos e maior agilidade no processo. Através da coleta, processamento e análise dos dados com referências geográficas, é possível estudar o espaço e seus aspectos ambientais, sendo assim, uma aliada no planejamento e gestão territorial de vários tipos de empreendimentos, dentre eles, o aterro sanitário (ZUQUETTE, 2015).

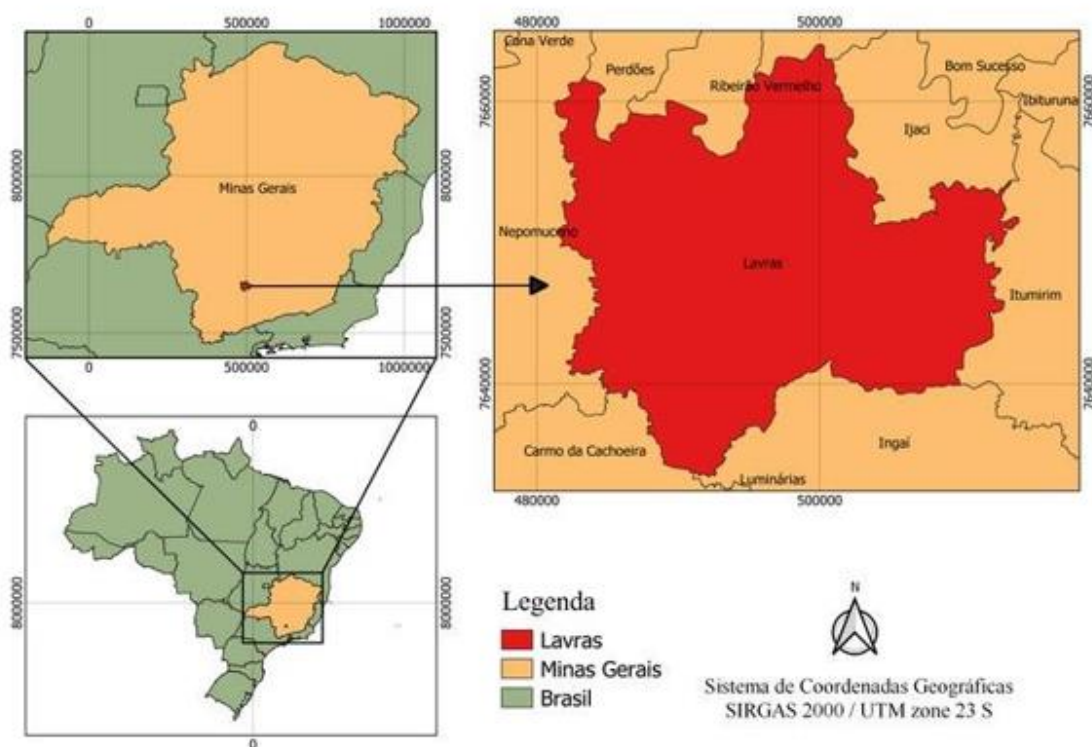
Visto que o município de Lavras – MG, tem que enviar seus resíduos sólidos urbanos para outra cidade, aumentando assim os custos com a logística, foi analisada a possibilidade de construção de um aterro no município. Este trabalho monta um banco de dados da área de estudo e, com o processamento desses dados, obtém áreas potenciais para implantação de aterro sanitário, respeitando a legislação ambiental e evitando desvantagens econômicas.

2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o município de Lavras, que pertence à Bacia do Rio Grande e possui uma população estimada de 105.756 habitantes. O município possui área territorial de 564,744 km² e está inserido no estado de Minas Gerais, como mostra a Figura 1, na mesorregião do Campo das Vertentes.

Figura 1 — Localização da área de estudo



Fonte: O autor (2021)

Atualmente, o município é integrante do Consórcio Regional de Saneamento Básico – CONSANE e tem seus resíduos sólidos urbanos coletados enviados para disposição final na Central de Tratamento de Resíduos de Minas Gerais (CTR-MG) localizada em Nepomuceno. De acordo com dados fornecidos pelo CONSANE, em 2020 o município enviou 22.606 (vinte e duas mil seiscentas e seis) toneladas para disposição final na CTR-MG.

2.2 PROJEÇÃO POPULACIONAL, ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RSU E ÁREA NECESSÁRIA PARA DISPOSIÇÃO

Para se estimar o número de habitantes do município nos anos de 2022 a 2031, foi feita a projeção geométrica através das Equações 1 e 2, utilizando dados censitários do IBGE dos anos 2000 e 2010 em que a população do município era de 78.772 e 92.200 habitantes, respectivamente.

$$P_t = P_0 * e^{K_g * (t - t_0)} \quad (1)$$

$$K_g = \frac{\ln P_n - \ln P_0}{t_n - t_0} \quad (2)$$

Onde:

P_t e t -> População e ano ao qual se deseja fazer a projeção

P_0 e t_0 -> População e ano do primeiro dado censitário utilizado

K_g -> Coeficiente de projeção geométrica

P_n e t_n -> População e ano referentes ao último dado censitário

Para estimar a geração de resíduos sólidos urbanos que serão destinados ao aterro, foram utilizados dados de geração municipal fornecidos pelo CONSANE referentes ao ano de 2019 (Tabela 1). O ano de 2019 foi escolhido por ser mais representativo, já que retrata o cenário de geração de RSU antes do êxodo de estudantes universitários, ocasionado pela pandemia de COVID-19.

Tabela 1 — Dados de geração de RSU em 2019

Ano	População estimada	Geração anual (CONSANE) (ton)	Geração média (ton/dia)	Geração <i>per capita</i> (kg/hab/dia)
2019	106231	22.606,03	61,26	0,5766

Fonte: O autor(2021), CONSÓRCIO REGIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO – CONSANE

Através da Equação 3, calculou-se a geração *per capita* de cada ano de funcionamento do aterro a partir da geração *per capita* municipal de 2019 (Tabela 1). A taxa de crescimento da geração *per capita* (Equação 4) foi calculada utilizando-se os dados nacionais referentes ao ano de 2019 e 2010 disponibilizados pela ABRELPE.

$$GP_t = GP_0 \cdot TC_p^{(t - t_0)} \quad (3)$$

GP_t e t -> Geração *per capita* e ano a ser estimado

GP_0 e t_0 -> Geração *per capita* e ano iniciais (CONSANE, 2019)

$$TC_p = \left(\frac{GP_n}{GP_0} \right)^{\frac{1}{(t_n - t_0)}} \quad (4)$$

TCp -> Taxa de crescimento *per capita*

GP0 e t'0 -> *Geração per capita* e ano iniciais (ABRELPE, 2010)

GPn e t'n -> *Geração per capita* e ano finais (ABRELPE, 2019)

Com a estimativa da *geração per capita* e o número de habitantes nos anos de funcionamento, foi calculado o montante a ser aterrado, supondo-se uma redução de 1% ao ano da parcela destinada ao aterro, e o volume a ser aterrado, considerando-se uma massa específica ideal de resíduos compactados de 7 kN/m³. Finalmente, para encontrar a área útil requerida para disposição, foi acrescido 25% no volume total, referente ao solo que será utilizado para recobrir, e adotada uma altura de empilhamento de 6 metros.

2.3 GERAÇÃO DAS ÁREAS PROPÍCIAS PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

Para geração das áreas propícias, foi criado um banco de dados no software QGIS versão 3.16.6 com um Modelo Digital de Elevação (MDE), do satélite ALOS PALSAR (ASF DAAC, 2015), imagens do Satélite CBERS 4A (INPE, 2021), camada vetorial de logradouros (SEMMA LAVRAS, 2021), e camadas vetoriais de vias públicas, massas d'água e remanescentes florestais (IEDE, 2009).

Nos quesitos declividade, distância da coleção hídrica, distância de núcleos urbanos e distância de vias públicas, foram consideradas as exigências da Deliberação Normativa COPAM N° 118 de 27 de junho de 2008 (MINAS GERAIS, 2008). Para a distância mínima de aeroportos foi considerada a exigência da Resolução CONAMA N° 04 de 9 de outubro de 1995 (BRASIL, 1995).

A declividade foi obtida utilizando-se dados do Satélite ALOS PALSAR, que oferece uma resolução espacial de 12,5 metros. A partir do MDE foi gerada a declividade em porcentagem, e feita uma reclassificação, agrupando as declividades em duas classes, sendo estas, declividades próprias para implantação de aterro sanitário (de 0 a 30%) e declividades impróprias (maior que 30%).

Para gerar as camadas de distância dos núcleos urbanos e distância de vias públicas, foram utilizadas, respectivamente, a camada de logradouros da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Lavras e a camada de vias públicas da Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais – IEDE. Para a distância de núcleos urbanos foi criado um buffer de 500 metros, e para a distância de vias públicas, um buffer de 100 metros, a partir das camadas de entrada.

A rede hidrográfica foi gerada com o auxílio do pacote de ferramentas SAGA GIS e o Modelo Digital de Elevação do Satélite ALOS PALSAR. Inicialmente, fez-se o pré-processamento do MDE, utilizando-se a ferramenta “Fill sinks (wang & liu)” e, logo após, os canais foram gerados através da ferramenta “Channel network and drainage basins”. Com a ferramenta Buffer foram criadas zonas de influência de 200 e 300 metros de cada lado dos canais, e de 300 metros para a camada de massas d’água da Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais – IEDE.

Para gerar a camada de distância de aeroportos foi criado um ponto, representando o centro geométrico do Aeroclube de Lavras, observado pelo Google Satellite através do complemento QuickMapServices. Criado o ponto, gerou-se uma zona de influência de 20 quilômetros a partir dele, também com o auxílio da ferramenta Buffer.

Para obtenção de uma imagem atual, com data conhecida e boa resolução espacial, foram utilizadas imagens do satélite CBERS 4A, sensor WPM, do dia 15 de agosto de 2021 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2021). Esse sensor possui 4 bandas multiespectrais com resolução espacial de 8 metros e 1 banda pancromática com resolução espacial de 2 metros. No intuito de se obter uma imagem colorida com resolução espacial melhorada, fez-se o empilhamento e recorte das bandas, a sobreposição da imagem multiespectral com a imagem pancromática, e o procedimento de PanSharpening com o pacote de ferramentas Orfeo Toolbox (OTB).

A camada de áreas propícias foi gerada, fazendo-se a exclusão das áreas do município que se sobrepunham às camadas de distância da hidrografia, distância dos núcleos urbanos, distância das vias públicas, declividade maior que 30%, remanescentes florestais e distância do aeroporto e, após esse processo, foi calculado a área das localidades restantes.

Finalmente, foram selecionadas três áreas com extensões suficientes para um projeto de aterro, que atenda o município por 10 anos, que é o tempo mínimo de funcionamento previsto para um aterro sanitário, respeitando a NBR 13896 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1997). Com o auxílio da imagem atual e de resolução espacial melhorada, observou-se a exatidão dos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 PROJEÇÃO POPULACIONAL, ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS E ÁREA NECESSÁRIA

Utilizando-se a Equação 2, foi possível encontrar um coeficiente de projeção geométrica de 0,01574 e, aplicando esse valor de Kg na Equação 1, encontrou-se a população estimada dos próximos 10 anos. Para a geração de RSU, foi encontrado, através da Equação 4, uma taxa de crescimento da geração *per capita* de 1,0065 e, substituindo esse valor na Equação 3, foram encontrados os valores estimados de geração de RSU, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 — Estimativa do número de habitantes e geração de RSU

Ano	Habitantes	Geração RSU (kg/hab)	Geração RSU (ton/dia)
2022	111.368	0,5932	66,06
2023	113.135	0,5988	67,75
2024	114.929	0,6045	69,48
2025	116.753	0,6103	71,25
2026	118.605	0,6160	73,07
2027	120.486	0,6219	74,93
2028	122.398	0,6278	76,84
2029	124.340	0,6337	78,80
2030	126.312	0,6398	80,81
2031	128.316	0,6458	82,87

Fonte: O autor (2021)

A partir do peso de RSU a ser aterrado, foram calculados o volume por ano e o volume acumulado de RSU acrescido da cobertura de solo. Como se observa na Tabela 3, o aterro sanitário deve ter capacidade para disposição de 1.465.869 m³ (um milhão, quatrocentos e sessenta e cinco mil, oitocentos e sessenta e nove metros cúbicos) que requer uma área útil de 24,43 hectares, considerando-se 6 metros como altura de empilhamento.

Tabela 3 - Volume de RSU a ser aterrado

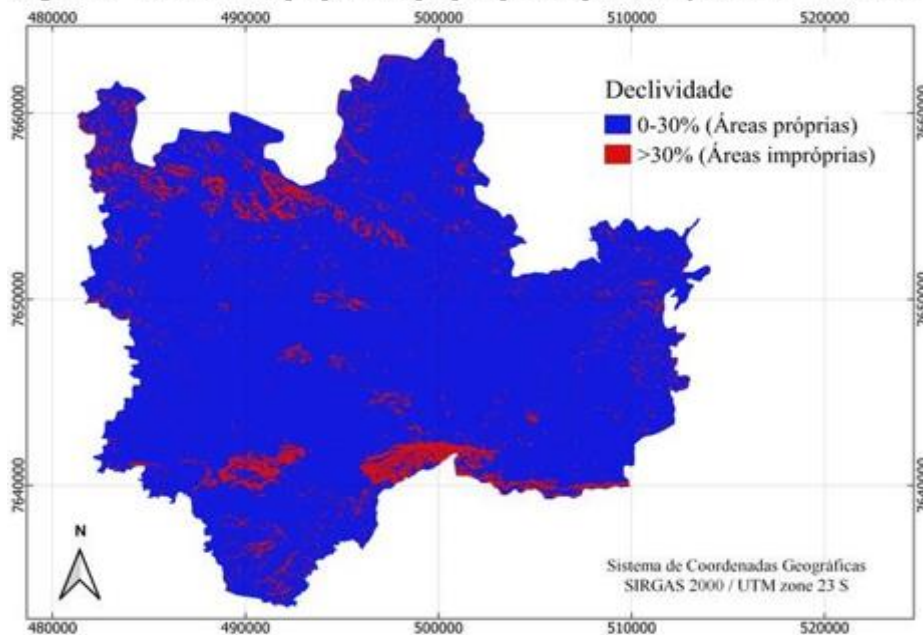
RSU (ton/dia)	% destinada ao AS	RSU a serem aterrados (ton/dia)	RSU a serem aterrados (ton/ano)	Volume a ser aterrado (m ³ /ano)	Volume acumulado + 25% de solo
66,06	100	66,06	24.113	33.782	42.227
67,75	99	67,07	24.481	34.297	95.655
69,48	98	68,09	24.920	34.912	163.208
71,25	97	69,11	25.226	35.340	248.185
73,07	96	70,14	25.602	35.868	355.066
74,93	95	71,18	25.982	36.399	489.331
76,84	94	72,23	26.436	37.036	657.958
78,80	93	73,28	26.749	37.474	869.290
80,81	92	74,34	27.136	38.016	1.134.133
82,87	91	75,41	27.525	38.562	1.465.869

Fonte: O autor (2021)

3.2 GERAÇÃO DAS ÁREAS PROPÍCIAS PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

Os mapas a seguir, foram gerados a partir dos resultados obtidos e representam as restrições de cada área em relação às variáveis analisadas. A Figura 2 nos mostra as áreas com restrições para a implantação de aterro sanitário em relação à declividade, sendo representadas com a cor azul as áreas próprias, que possuem declividade menor que 30%, e as áreas impróprias em vermelho, com declividade maior que 30%. Somente 7,73% do município de Lavras possui declividade maior que 30%, não se tratando, então, de uma condição muito restritiva para este trabalho.

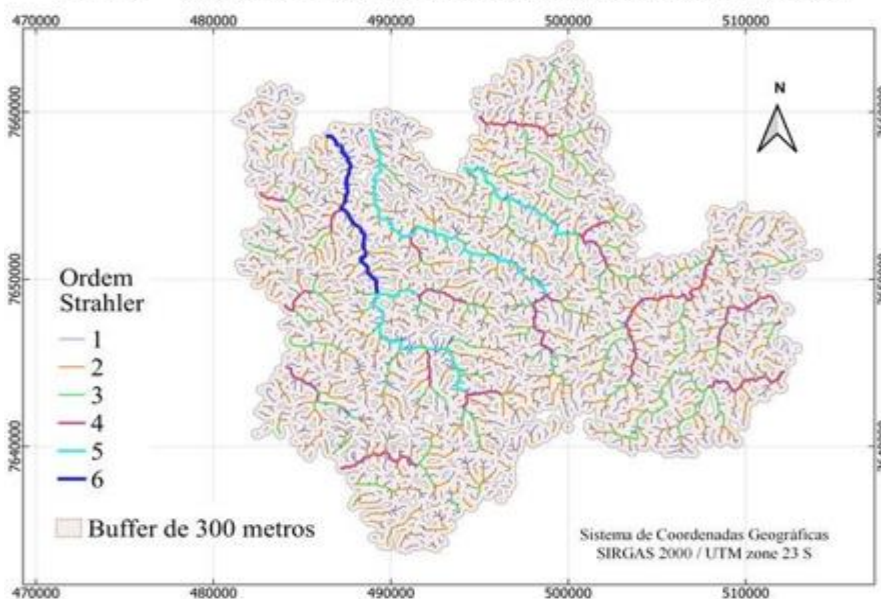
Figura 2 — Declividade própria e imprópria para implementação de aterro sanitário



Fonte: O autor(2021)

A Figura 3 a seguir representa a hidrografia gerada a partir do MDE e zonas de influência de 300 metros, criadas ao seu redor. Observando o mapa, é possível identificar trechos de 1ª até 6ª ordem, onde se percebe os de 5ª e 6ª ordem seguindo na direção noroeste ao encontro do Rio Grande. A necessidade de se ter uma distância de no mínimo 300 m entre o aterro e a coleção hídrica torna indisponível 546,03 km² dos 564,62 km² do município, ou seja, 96,7 % da área total.

Figura 3 — Hidrografia e buffer de 300 metros ao redor da coleção hídrica

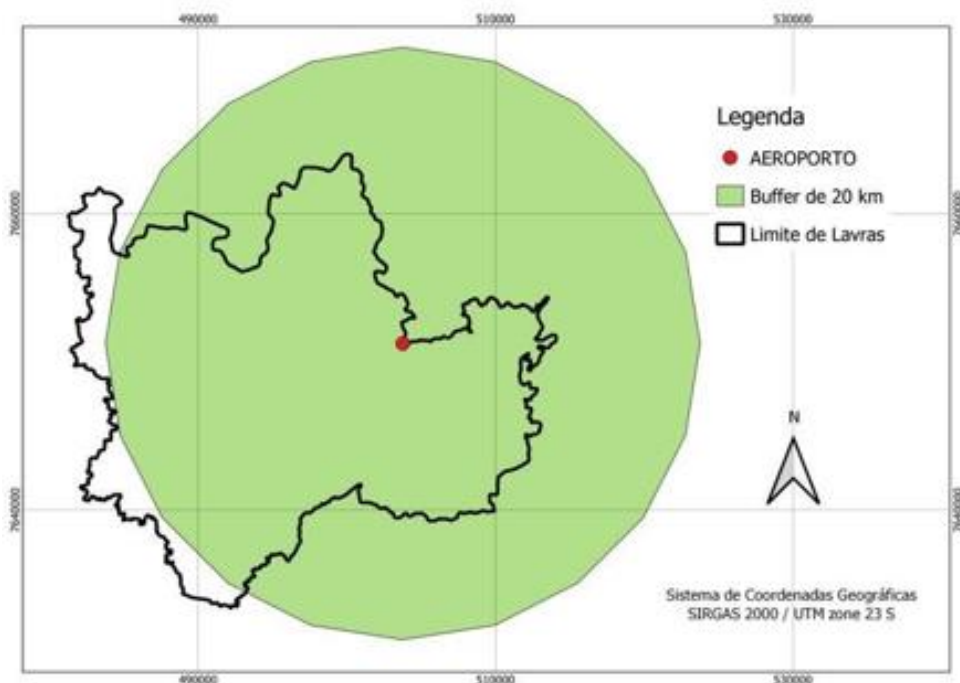


Fonte: O autor(2021)

A figura 4 trata das áreas restritas à implantação de AS devido à proximidade de vias públicas. Para a geração deste mapa, foram utilizados os trechos ferroviários e rodoviários da Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais. No mapa estão representadas as rodovias em vermelho, as ferrovias em verde e um buffer de 100 metros ao longo dessas.

A Resolução CONAMA 04/95 torna indisponível 508,33 km² dos 564,62 km² do município. A Figura 5 mostra o segundo parâmetro mais restritivo dos analisados onde 90,03% do território do município se encontra dentro do raio de 20 quilômetros do aeroporto.

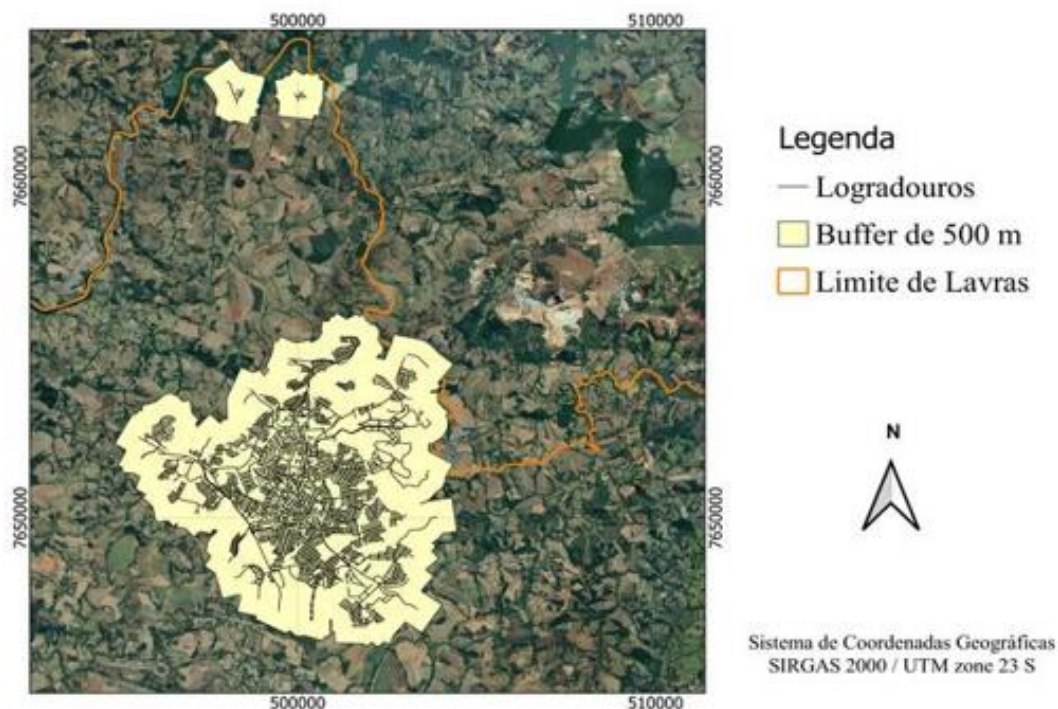
Figura 5 — Distância de 20 quilômetros do Aeroclube de Lavras



Fonte: O autor (2021)

A Figura 6 representa os núcleos urbanos e um buffer de 500 metros ao redor de seus logradouros. Essa restrição apenas reforça a indisponibilidade das áreas que já são inviáveis devido à proximidade do aeroporto

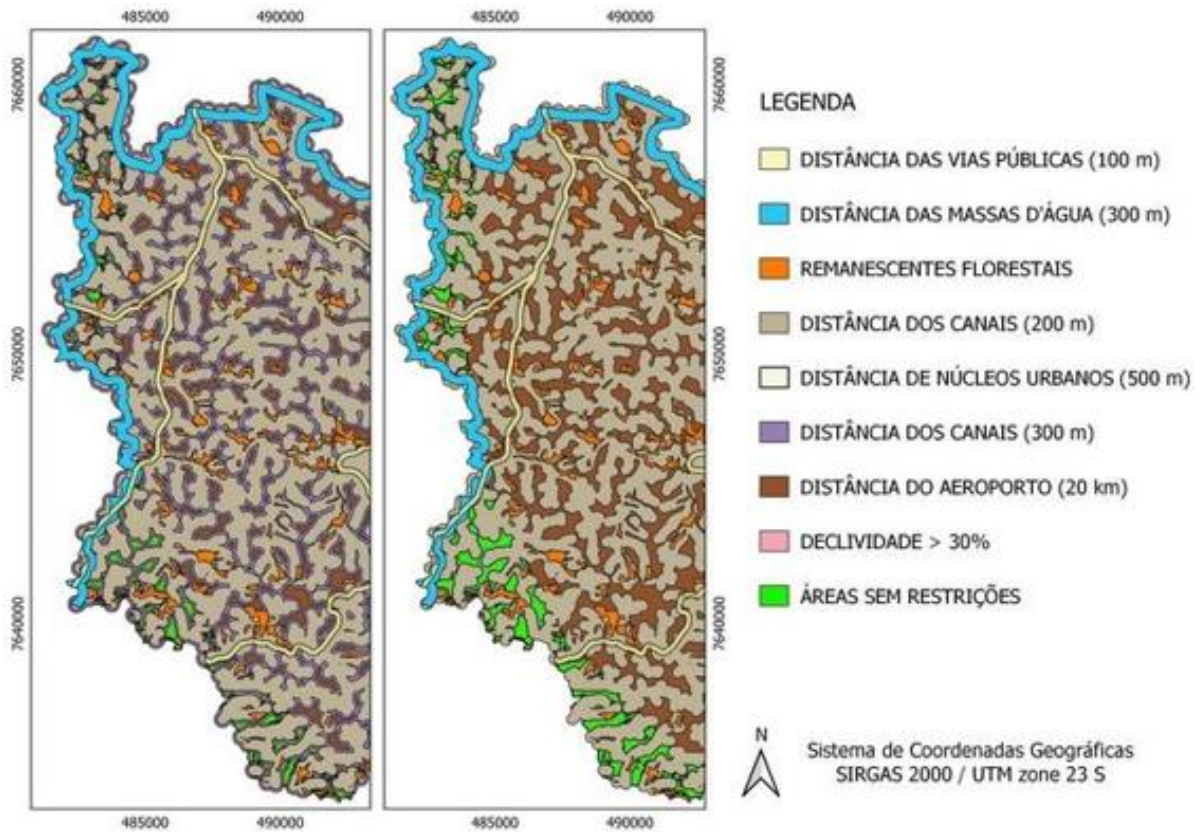
Figura 6 — Logradouros e buffer de 500 metros representando a distância mínima de



Fonte: O autor (2021)

Excluídas as áreas que coincidem com qualquer uma das camadas de restrição, respeitando-se uma distância de 300 metros de qualquer coleção hídrica, não houve áreas restantes que comportassem um aterro que exige mais de 24 hectares de área útil. A Deliberação Normativa COPAM 118/2008 declara que poderão ser admitidas distâncias entre 200 e 300 metros, desde que não exista alternativa locacional. Sendo assim, foi utilizado o buffer de 200 metros ao redor dos canais, o que retornou áreas maiores, como mostra a Figura 7.

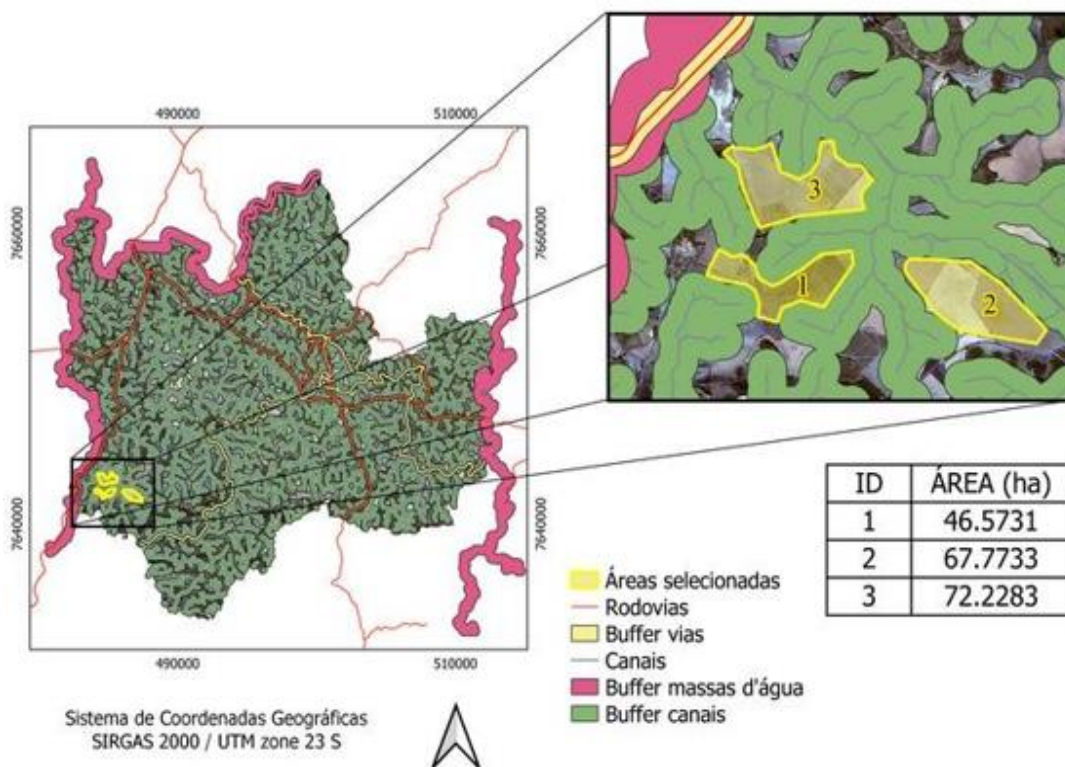
Figura 7 — Sobreposição de todas as camadas restritivas e comparação entre a restrição devido às distâncias de 300 e 200 m dos canais



Fonte: O autor (2021)

Dentre as áreas possíveis foram selecionadas três áreas com dimensões suficientes para comportar o aterro sanitário, e com pavimentação próxima para redução de gastos com o transporte e maior facilidade de acesso. A Figura 8 mostra as áreas escolhidas que seriam boas alternativas locais devido ao tamanho e ao acesso pela BR 381.

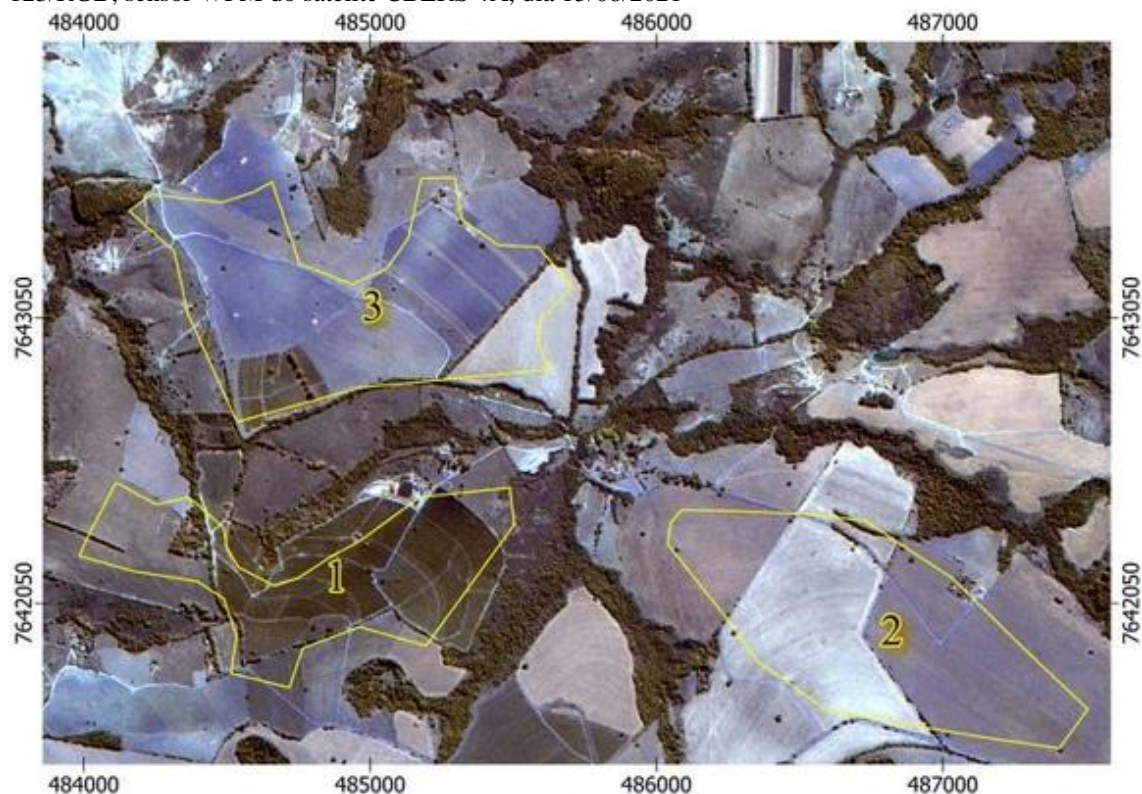
Figura 8 — Localização das áreas selecionadas



Fonte: O autor (2021)

As áreas selecionadas possuem extensão de 46,57 hectares, 67,77 hectares e 72,23 hectares, dimensões mais que suficientes para o funcionamento do aterro por no mínimo 10 anos. A figura 9 mostra as áreas com a imagem do satélite CBERS 4A, sensor WPM, do dia 15 de agosto de 2021, com a composição colorida 123/RGB

Figura 9. Imagem das áreas selecionadas, com resolução espacial de 2 metros, composição colorida 123/RGB, sensor WPM do satélite CBERS 4A, dia 15/08/2021



Fonte: O autor (2021)

As áreas pré-selecionadas estão próximas, devido à falta de boas alternativas locais espaçadas. Esse cenário não é o ideal, pois podem haver problemas regionais que inviabilizem todas as áreas pré-selecionadas ao se analisar os outros critérios não abrangidos no estudo, mas de grande importância, como a aceitação social e as características do solo. Entretanto, a pouca disponibilidade de áreas ideais já era esperada, devido, principalmente, ao tamanho da área requerida e a existência de aeroporto no município.

Ao analisar a imagem detalhada, também é possível observar que na parte superior esquerda da Área 1 há a invasão de uma parte arbórea, sendo necessária uma melhor conformação dos limites no caso de escolha para o projeto. No mais, o método encontrou resultados satisfatórios, retornando áreas que já foram bastante antropizadas.

4 CONCLUSÃO

Ao longo do trabalho foi possível observar que dentre as maiores dificuldades para a implantação de aterros sanitários estão os custos elevados e a dificuldade de encontrar áreas que atendam à legislação. Neste trabalho foi possível observar que em municípios

que possuem aeroportos a dificuldade é ainda maior pela distância mínima de 20 quilômetros exigida pela Resolução CONAMA 04/1995 entre a atividade e o aeroporto.

Com o aumento da urbanização e da quantidade de RSU a ser aterrada, torna-se cada vez mais difícil encontrar áreas que comportem o AS. Mesmo para um tempo de vida mínimo de 10 anos e assumindo-se uma redução na percentagem destinada ao aterro ao longo dos anos, a área útil necessária de 24,43 hectares não pode ser obtida respeitando-se a distância de 300 metros dos canais, sendo necessária a redução para 200 metros de distância. Esses resultados salientam a relevância das cooperativas de catadores e a urgência de se investir na coleta seletiva, usinas de triagem, pátios de compostagem e novas tecnologias.

Ademais, é possível caracterizar o SIG como ferramenta eficiente no processo de seleção de áreas, por aproveitar dados já existentes e criar novos de uma forma rápida e satisfatória. A metodologia retornou resultados plausíveis e de fácil interpretação e reduziu muito a área a ser estudada mais profundamente, podendo ser utilizada para outros empreendimentos.

REFERÊNCIAS

ASF DAAC. **ALOS PALSAR Radiometric Terrain Corrected high res**: Includes Material © JAXA/METI 2007. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5067/Z97HFCNKR6VA>. Acesso em: 10 ago. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>. Acesso em: 19 ago. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13896**. 1997. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-13.896- Aterros-de-res%C3%ADduos-n%C3%A3o-perigosos.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2021.

BRASIL. Lei n. 12305, de 01 de agosto de 2010. **Diário Oficial da União**, Brasília, ano 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 7 ago. 2021.

BRASIL. Resolução n. 4, de 09 de outubro de 1995. **Diário Oficial da União**: Seção 1, 11 de outubro de 1995, ano 1995, p. 20388. Disponível em: https://www.pilotopolicial.com.br/wp-content/uploads/2017/04/CONAMA_RES_CONS_1995_004.pdf. Acesso em: 15 jul. 2020.

CODEMIG. **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. Portal da Geologia. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>. Acesso em: 29 set. 2021.

CONSÓRCIO REGIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO - CONSANE. **Portal da Transparência**. Disponível em: <https://consane.mg.gov.br/>. Acesso em: 8 set. 2021.

INFRAESTRUTURA ESTADUAL DE DADOS ESPACIAIS DE MINAS GERAIS - IEDE. **Catálogo IEDE**. Minas Gerais, 2009. Disponível em: <http://iede.fjp.mg.gov.br/catalogo.html>. Acesso em: 2 nov. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Portal do Governo Brasileiro**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/lavras.html>. Acesso em: 31 ago. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Divisão de Geração de Imagens**. 2021. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/>. Acesso em: 24 ago. 2021.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Deliberação Normativa n. 118, de 26 de junho de 2008, ano 2008. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=7976>. Acesso em: 5 jul. 2021.

NASCIMENTO NETO, Paulo. **Resíduos sólidos urbanos**: perspectivas de gestão intermunicipal em regiões metropolitanas. ATLAS, 2013. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522479528/>. Acesso em: 25 ago. 2021.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Bacias Sedimentares do Brasil**. GeoSGB. Disponível em: <https://geosgb.cprm.gov.br/>. Acesso em: 29 set. 2021.

SILVA FILHO, C.R.; SOLER, F. **Gestão de resíduos sólidos: o que diz a lei**. Editora Trevisan, 2019. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595450455/>. Acesso em: 1 set. 2021.

TONETO JÚNIOR, R.; SAIANI, C. C. S.; DOURADO, J. **Resíduos sólidos no Brasil: oportunidades e desafios da lei federal nº 12.305 (lei de resíduos sólidos)**. Editora Manole, v.3, 2014. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520449240/>. Acesso em: 5 out. 2021.

ZUQUETTE, Lazaro. **Geotecnia Ambiental**. Grupo GEN, 2015. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595155466/>. Acesso em: 5 ago. 2021.