

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL
ÁREA CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

KASSIO HENRIQUE GAMA SOUZA

**USO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DAS ZONAS
COMPATÍVEIS À IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO EM CONSÓRCIO
INTERMUNICIPAL**

**UBERLÂNDIA
2023**

KASSIO HENRIQUE GAMA SOUZA

**USO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DAS ZONAS
COMPATÍVEIS À IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO EM
CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. Fernando Luiz de Paula Santil

UBERLÂNDIA
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S729u Souza, Kassio Henrique Gama, 1991-
2023 Uso da análise multicritério para identificação das zonas compatíveis a implantação de aterro sanitário em consórcio intermunicipal [recurso eletrônico] / Kassio Henrique Gama Souza. - 2023.

Orientador: Fernando Luiz de Paula Santil.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.8057>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Qualidade ambiental. I. Santil, Fernando Luiz de Paula, 1964-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental. III. Título.

CDU: 502.175

André Carlos Francisco
Bibliotecário - CRB-6/3408



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental
 BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 2512-6717 - www.ppgmq.iciag.ufu.br - ppgmq@iciag.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Qualidade Ambiental (PPGMQ)				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 08/2023, PPGMQ				
Data:	10 de março de 2023	Hora de início:	19:00	Hora de encerramento:	21:00
Matrícula do Discente:	12112MQA015				
Nome do Discente:	KASSIO HENRIQUE GAMA SOUZA				
Título do Trabalho:	Uso da Análise Multicritério para Identificação das Zonas Compatíveis a Implantação de Aterro Sanitário em Consórcio Intermunicipal				
Área de concentração:	Meio Ambiente e Qualidade Ambiental				
Linha de pesquisa:	Monitoramento e Gestão Ambiental				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	ANÁLISE ESPACIAL NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA ÁREA DE ATUAÇÃO DO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL REGIÃO INTEGRADA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – RIDES				

Reuniu-se por meio de web conferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental (PPGMQ), assim composta: Prof. Dr. Fernando Luiz de Paula Santil (Orientador); Prof.^a Dr.^a Tatiane Assis Vilela Meireles (UFU); e Prof. Dr. Renato Farias do Valle Junior - IFTM.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa Prof. Dr. Fernando Luiz de Paula Santil apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Luiz de Paula Santil, Professor(a) do Magistério Superior**, em 12/04/2023, às 14:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Tatiane Assis Vilela Meireles, Professor(a) do Magistério Superior**, em 12/04/2023, às 15:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renato Farias do Valle Junior, Usuário Externo**, em 15/04/2023, às 15:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4411158** e o código CRC **16AA64ED**.

Dedico este trabalho aos meus pais Eberlúcio e Maria do Carmo e ao meu irmão Vitor pelo apoio incondicional e pelo incentivo, pela confiança e compreensão ao longo dessa etapa de formação; dedico-o a toda a minha família por sempre acreditar em meu potencial. Dedico-o também a todos que caminharam comigo à busca desse grandioso sonho.

“Ao infinito e além!”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as possibilidades a mim concedidas ao longo da vida, além de ser minha fonte de esperança; por guiar meus passos nessa longa jornada e sempre dar-me forças para enfrentar todos os obstáculos encontrados pelo caminho.

Gratidão à minha amada família: aos meus pais, irmão, avós e tias. Meus pais e meu irmão que sempre me incentivaram e deram-me forças para que eu pudesse alcançar meus objetivos. Ao restante da minha família pelo carinho e orações, oferecendo-me força e enchendo-me de fé e esperança.

A todos os meus amigos, em especial àqueles que estiveram sempre ao meu lado, os que mesmo na minha ausência nunca se esqueceram de mim. Aos Colaboradores do Consórcio Intermunicipal RIDES, que compartilham o dia a dia do trabalho e foram essenciais para o desenvolvimento desse estudo.

Os agradecimentos são extensivos a todos os professores do programa de pós-graduação em Qualidade Ambiental, que durante esse período de formação mostraram-se disponíveis para orientarem no que fosse necessário.

A todos os professores e professoras, com quem tive a honra de aprender ao longo de todo o percurso acadêmico, possibilitando assim meu desenvolvimento pessoal.

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo fomento, apoio financeiro e consolidação do programa de pós-graduação stricto sensu em Qualidade Ambiental e demais programas no Brasil. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), à Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPP-UFU), ao Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) e ao Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental – UFU pelo incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento sustentável e ambiental.

RESUMO

SOUZA, KASSIO HENRIQUE GAMA. **Uso da Análise Multicritério para Identificação das Zonas Compatíveis a Implantação de Aterro Sanitário em Consórcio Intermunicipal.** 2023. 50 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia - MG.

O crescimento populacional aliado às mudanças nos padrões de consumo são as principais atividades que vem contribuindo para o aumento da geração dos Resíduos Sólidos Urbanos, problema este que na grande maioria das cidades brasileiras não se encontram preparadas para a disposição final ambientalmente adequada destes resíduos, isto é, o lixo é descartado a céu aberto e na presença de pessoas e animais. Tal situação contribuiu para a criação do Consórcio Intermunicipal Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável – RIDES, região composta por 10 municípios, em que, com exceção de 1, dispunham seus resíduos em lixões e aterros sanitários controlados, e atualmente, realizam a terceirização da disposição final. Esta pesquisa buscou selecionar áreas adequadas para a implantação do aterro sanitário consorciado, para auxiliar na gestão dos resíduos sólidos nestes municípios. Para isso, foram produzidos mapas temáticos, a partir dos critérios ponderados em legislações ambientais e normas técnicas e, também utilizando a Lógica Booleana. O mapa temático gerado a partir das análises foi dividido em duas classes (Aptas e Não Aptas) com relação ao nível de aptidão a implantação do aterro sanitário sendo. Como resultado, foram obtidas as áreas aptas para instalação do empreendimento. Os resultados indicam que o objetivo proposto foi alcançado e este método integrado ao SIG fornece um procedimento para localização de áreas para instalação de aterros sanitários.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos; mapas temáticos; sistema de informações geográficas.

ABSTRACT

SOUZA, KASSIO HENRIQUE GAMA. **Use of Multicriteria Analysis for Identification of Compatible Zones for the Implementation of Sanitary Landfill in Intermunicipal Consortium.** 2023. 50 p. Dissertation (Masters in Environment and Environmental Quality) – Federal University of Uberlândia - MG.

Growing population combined with changes in consumption patterns are the main activities that have been contributing to the increase in generation of Urban Solid Waste, a problem that vast majority of Brazilian cities are not prepared for the environmentally appropriate final disposal of this waste, garbage is disposed of in open-air and in the presence of people and animals. This situation contributed to the creation of the Intermunicipal Consortium Sustainable Development Integrated Region of– RIDES, a region composed of 10 municipalities, which nine had their waste in dumps and controlled sanitary landfills and nowadays outsource the final disposal. This research sought to select suitable areas for the implementation of joint sanitary landfill to assist in management of solid waste in these municipalities. For this, thematic maps were produced based on environmental legislation and technical standards and using Boolean Logic. The thematic map generated from analysis was divided into two classes of level and aptitude for sanitary landfill implementation being Apt and Not Apt. As a result, areas suitable for project installation were obtained. The results indicate that the proposed objective was achieved and this method integrated with the GIS provides a procedure for locating areas for sanitary landfills installation.

KEYWORDS: Solid waste; thematic maps; geographic information system.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRELPE** – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
- AHP** – Análise Hierárquica de Processos
- ASPP** – Aterro Sanitário de Pequeno Porte
- CAPES** - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- COPAM** – Conselho Estadual de Política Ambiental
- DMAE** – Departamento Municipal de Água e Esgoto
- EIA** – Estudo de Impacto Ambiental
- EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IDE-Sisema** - Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídrico
- MDE** – Modelo Digital de Elevação
- NBR** - Norma Brasileira
- PN** – Bacia do Rio Paranaíba
- RIDES** – Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável
- RIMA** – Relatório de Impacto no Meio Ambiente
- RS** – Resíduos Sólidos
- RSCD** - Resíduos Sólidos da Construção Civil e de Demolição
- RSU** – Resíduos Sólidos Urbanos
- SEMAD** – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
- SIG** – Sistemas de Informações Geográficas
- SINIS** – Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento
- UPGRH** – Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área de Abrangência dos Municípios Consorciados	16
Figura 2 - Diagrama de Venn, mostrando os resultados de aplicação de operações de lógica booleana para dois ou mais conjuntos.....	29
Figura 3 - Procedimento metodológico utilizado.....	32
Figura 4 - Mapa Ponto Central e Mancha Urbana dos Municípios Consorciados.....	36
Figura 5 - Malha Rodoviária do Consórcio RIDES	37
Figura 6 - Mapa de Declividade.....	38
Figura 7 - Mapa da Hidrografia do Consórcio Intermunicipal RIDES	39
Figura 8 - Área de Segurança Aeroportuária	40
Figura 9 - Critérios Utilizados na confecção do mapa temático.....	41
Figura 10 - Mapa para Identificação das Áreas	41
Figura 11 - Quantificação das Áreas Aptas e Não Aptas para a Instalação do Aterro Sanitário.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Localização dos dados geográficos obtidos para confecção dos mapas.	31
Tabela 2 - Critérios para Instalação do Aterro Sanitário	33
Tabela 3 - Estimativa Populacional.....	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.2 Objetivo Geral	14
1.2.1 <i>Objetivos Específicos</i>	14
1.3 Justificativa	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 Resíduos Sólidos	17
2.1.1 <i>Geração de Resíduos Sólidos Urbanos</i>	17
2.1.2 <i>Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos</i>	18
2.2 Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos	20
2.2.1 <i>Modelos de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos</i>	20
2.2.2 <i>Resíduos Sólidos no Contexto do Consórcio Intermunicipal Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável – RIDES</i>	20
2.3 Seleção de Áreas para Aterros Sanitários	25
2.3.1 <i>Aspectos Legais, Técnicos e Ambientais Relacionados à Aterros Sanitários</i>	25
2.3.2 <i>Aplicação do SIG para Seleção de Áreas Potenciais para Aterros</i>	28
2.3.3 <i>Análise Multicritério</i>	28
2.3.4 <i>Lógica Booleana</i>	29
3 MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 Área de Estudo	30
3.2 Material	31
3.3 Caracterização das Variáveis	33
3.3.1 <i>Limites Territoriais</i>	33
3.3.2 <i>Declividade</i>	34
3.3.3 <i>Vegetação, Unidades de Conservação, Mapeamento Geológico, Recursos Hídricos e Aeródromos</i>	34
3.4 Análise Booleana	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Produtos temáticos da Caracterização das Variáveis	35
4.2 Utilização da Lógica Booleana na Triagem de Áreas Aptas para a Implantação do Aterro Sanitário Consorciado	40
5 CONCLUSÕES	45
6 TRABALHOS FUTUROS	46
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos são gerados desde a origem do homem na terra, porém a partir da revolução industrial as quantidades geradas foram aumentando e modificando suas características químicas, físicas e biológicas. Já o constante crescimento populacional e incentivos de consumo intensificaram a geração de resíduos. O problema é que a capacidade de degradação da natureza continuou a mesma. (ALBETIN *et al*, 2010).

A problemática sobre a geração dos RSU e sua disposição final vem crescendo de forma gradativa, ganhando cada vez mais espaço em discussões técnicas e em pesquisas na área de saneamento (CARVALHO, 2017). Outro fato é que na maioria das cidades brasileiras a disposição final dos resíduos sólidos é realizada de forma totalmente inadequada, seja em lixões a céu aberto ou em aterros controlados, contribuindo para os processos de degradação ambiental nesses locais.

Nesse sentido, em municípios menores e afastados de grandes centros urbanos, são encontradas dificuldades na Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos, contribuindo ainda mais para os processos de degradação ambiental. Visando à seleção desses problemas, são criados arranjos territoriais, na maioria das vezes Consórcios Públicos, uma importante ferramenta que contribui para solução desses problemas e de forma compartilhada.

Na tentativa da regularização da destinação final dos municípios de Abadia dos Dourados, Cascelho Rico, Coromandel, Douradoquara, Estrela do Sul, Grupiara, Indianópolis, Iraí de Minas, Monte Carmelo e Romaria, criaram e constituíram o Consórcio Intermunicipal RIDES, com principal premissa de instalação do aterro sanitário consorciado, visando a que todos os consorciados participem financeiramente com a implantação e manutenção, além da regularização ambiental das disposições finais nesses municípios.

No processo técnico de pré-seleção para alocação de um aterro sanitário deve-se levar em consideração diversos fatores. Segundo Lino (2012), para que esse processo ocorra, deve serem levados em consideração os aspectos ambientais, operacionais, critérios restritivos, não se esquecendo os aspectos socioeconômicos.

Segundo Lourenço (2015), o levantamento dessas informações geralmente se torna muito oneroso e de difícil integração e manipulação. Por outro lado, as técnicas de sensoriamento remoto contribuem para a coleta de informações, além de uma ferramenta

para manipulação e análise de diversos critérios, uma vez que os mapas gerados nos permitem uma compreensão e tomada de decisão específica. (ALVES, 2019).

Batistella e Moran (2008) mostram que a utilização de geotecnologias vem se tornando um importante instrumento para a gestão pública, permitindo a ampliação de bases cartográficas e conseqüentemente ampliando suas aplicações como o planejamento do uso da terra, análises de impactos ambientais, elaboração de zoneamentos, gestão das bacias hidrográficas, entre outras.

Técnicas de geoprocessamento incorporadas ao ambiente informatizado dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) apresentam um enorme potencial para estudos relacionados à disposição final dos resíduos, visto que envolvem aspectos técnicos, ambientais e socioeconômicos, que apresentam variabilidade e correlação espacial dentro da região de estudo. (LOURENÇO, 2015).

1.2 Objetivo Geral

Identificar áreas aptas e inaptas para a implantação de Aterro Sanitário do Consórcio Intermunicipal Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável – RIDES, a partir de análise multicritério e geoprocessamento.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Mapear os critérios de seleção definidos a partir das legislações nacionais, estaduais e municipais, além de definir prioridades para o atendimento desses critérios;
- Analisar os impactos na escolha das áreas de implantação do aterro sanitário.

1.3 Justificativa

Segundo a Norma Técnica ABNT NBR 10.004 (2004), os resíduos sólidos ou “lixo” são classificados quanto a riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente, sendo classificados quanto à sua origem e/ou periculosidade.

Os resíduos sólidos são gerados desde a origem do homem na terra. A natureza sempre degradou esses resíduos, porém, a partir da Revolução Industrial, as quantidades

foram alterando-se, bem como suas características químicas, físicas e biológicas. Devido ao constante crescimento populacional e incentivo ao consumo, a geração desses detritos intensificou-se ainda mais. O problema é que a capacidade de degradação pela natureza permaneceu a mesma (ALBERTIN et al., 2010).

De acordo com o Diagnóstico do Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos do SINIS (2019) no Brasil, estima-se que foram coletadas 65,11 milhões de toneladas por ano; aproximadamente 75,1% estão dispostos em aterros sanitários. Os 15,9 milhões de toneladas restantes estão dispostas em unidades de disposição final, consideradas inadequadas (aterros controlados e lixões). Ainda segundo o SINIS, a região sudeste possui 1.668 municípios, onde apenas 928 realizam a disposição final em aterros sanitários; 483 realizam a disposição final, considerada inadequada (aterros controlados e lixões); já 257 não forneceram informações.

Ao se tratar da região sudeste, mais a fundo o estado de Minas Gerais, a problemática dos Resíduos Sólidos Urbanos está presente nos municípios que compõem o Consórcio Intermunicipal Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável – RIDES, o qual é composto por 10 (dez) municípios, sendo eles Abadia dos Dourados, Cascalho Rico, Coromandel, Douradoquara, Estrela do Sul, Grupiara, Indianópolis, Iraí de Minas, Monte Carmelo e Romaria, onde elevada parcela dos resíduos coletados são dispostos em aterros sanitários fora do município. Apenas o município de Monte Carmelo realiza a disposição final, em aterro sanitário licenciado.

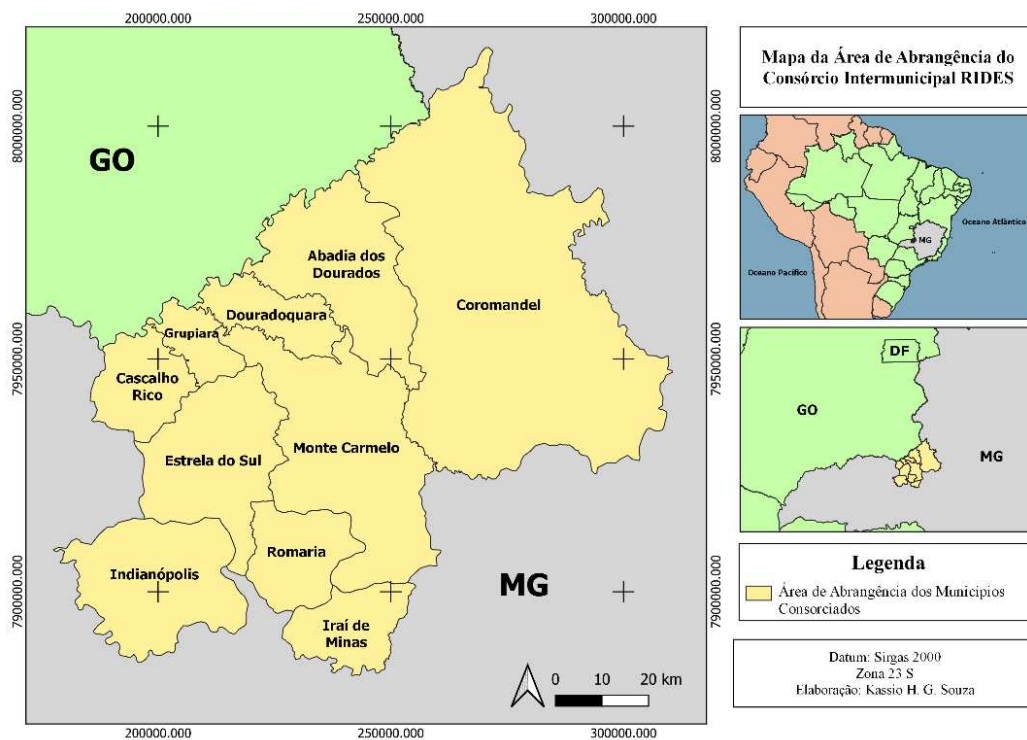
É possível verificar que os problemas provenientes do manejo de resíduos sólidos afetam o Brasil, principalmente os municípios de pequeno porte, devido aos recursos escassos, à ausência de vontade política, além da falta de profissionais técnicos qualificados e, ao mesmo tempo, de Políticas Nacionais de Saneamento Básico (Lei 11.445/2007), de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) e o Marco Regulatório do Saneamento (Lei 14.026/2020): impõem uma série de atribuições que os municípios ainda não têm condições de administrarem de maneira independente. Assim é a questão do manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos.

Nesse sentido, a partir de 2013, os municípios da Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável – RIDES iniciaram um processo de negociação, no qual ficou definida a criação de uma entidade regional de cooperação, na forma de um consórcio público de direito público, de caráter autárquico, integrante da administração descentralizada dos Municípios e com a atribuição de promover a gestão associada dos

serviços públicos que propiciem o desenvolvimento sustentável, para executar as tarefas de planejamento, regulação e fiscalização dos serviços públicos, delimitados pelos municípios consorciados, bem como prestar parte desses serviços ou delegar sua prestação por meio de contrato de programa ou contrato de concessão.

Tal iniciativa possibilitou a melhoria das relações entre os Municípios, resultando na construção de Políticas Públicas, de alternativas para a universalização do atendimento e da melhoria da qualidade de vida dos munícipes do Consórcio Intermunicipal RIDES.

Figura 1 - Área de Abrangência dos Municípios Consorciados



Fonte: Autor, 2023.

Porém, mesmo adotando a entidade regional de cooperação em forma de consórcio público, ainda permanece a necessidade de se dispor adequadamente dos resíduos sólidos urbanos, haja vista que a disposição final pode causar diversos danos ao homem e ao meio ambiente, principalmente se o acúmulo dos resíduos sólidos ocorre de maneira inadequada, causando poluição ao solo, água e ar. No processo de instalação de um aterro sanitário, seja ele de forma emergencial, através de aterro sanitário de pequeno porte (ASPP) ou até mesmo na forma de aterro sanitário consorciado, uma das principais

dificuldades enfrentadas, sem dúvida, é a escolha de uma área que reúna condições técnicas, econômicas e ambientais favoráveis.

Para que se possam reunir condições técnicas, econômicas e ambientais favoráveis em estudos de áreas para aterros sanitários são importantes estudos científicos para aplicação dos melhores critérios disponíveis na seleção de áreas para aterros sanitários. Para isso, utilizam-se procedimentos com auxílio de algoritmos de geoprocessamento presentes em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que permitem a realização de avaliações complexas que são aplicados na escolha de áreas para aterros sanitários, reduzindo tempo e custos. As análises realizadas por meio dos SIG's integrados à análise multicritério permitem agrupar conjuntos de dados geográficos e outros critérios para produção de mapas com áreas potenciais para aterros sanitários, além da aplicação em estudos complementares para se auxiliar em diferentes fases desse empreendimento e monitoramento.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305 de 2010 traz como definição de Resíduo Sólido o material, a substância, o objeto ou o bem descartado, resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final procede, propõe proceder ou se está obrigado a proceder nos estados sólidos ou semissólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis, em face da melhor tecnologia disponível (Brasil, 2010).

Segundo a Norma Técnica ABNT NBR 10.004 (2004), os resíduos sólidos ou "lixo" são classificados quanto a riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente. Podem ser classificados quanto à sua origem e/ou periculosidade.

2.1.1 Geração de Resíduos Sólidos Urbanos

São considerados Resíduos Sólidos Urbanos os provenientes de residências, estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços de varrição e limpeza de vias, logradouros públicos e sistemas de drenagem urbana e entulhos de construção civil e seus similares.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, entre os anos de 2010 e 2019, a geração dos RSU no Brasil registrou um considerável crescimento, passando de 67 milhões para 79 milhões de toneladas/ano; por sua vez, a geração per capita aumentou de 318 kg/ano para 379 kg/ano. A região Sudeste é a maior produtora de resíduos sólidos, passando de 32 milhões para 39 milhões de toneladas/ano. Já a geração per capita aumentou de 403,5 kg/ano para 449,7 kg/ano (ABRELPE, 2020).

2.1.2 Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos

Prevista pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010, uma das alternativas de destinação final ambiental adequada é a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando-se normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, assim como a minimização dos impactos ambientais adversos (Brasil, 2010).

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020, produzido pela ABRELPE:

“No Brasil, a maior parte dos RSU coletados segue para disposição em aterros sanitários, tendo registrado um aumento de 10 milhões de toneladas em uma década, passando de 33 milhões de toneladas por ano para 43 milhões de toneladas. Por outro lado, a quantidade de resíduos que segue para unidades inadequadas (lixões e aterros controlados) também cresceu, passando de 25 milhões de toneladas por ano para pouco mais de 29 milhões de toneladas por ano.”

A disposição adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos – RSU é um dos principais problemas enfrentados pelos municípios brasileiros, pois demanda recursos financeiros consideráveis, conhecimento técnico para seu gerenciamento, que muitas vezes não são disponíveis nos municípios, além do envolvimento e empenho de diferentes setores da sociedade, sob o ponto de vista técnico, social e político (MELO, 2008).

Existem três diferentes tipos de disposição final dos resíduos sólidos mais adotados pelos municípios brasileiros, que são:

- Lixões: Os resíduos são dispostos diretamente no solo, sem qualquer tipo de preparação ou tratamento. Esse é um dos métodos mais utilizados por não exigir conhecimento técnico em sua execução e por possuir menor custo, porém, é o mais prejudicial para o meio ambiente e para a saúde pública (MARQUES, 2011).

- Aterros Controlados: Segundo a NBR 8849 (ABNT, 1985), trata-se de uma técnica de disposição onde os resíduos sólidos são dispostos no solo preparado, recobrando-os com uma camada de material ao final de cada jornada de trabalho.

Trata-se de uma forma de disposição de resíduo sólido sem impermeabilização da base no solo e de sistema de tratamento de percolado e de biogás, o que a caracteriza como inadequada.

- Aterros Sanitários: De acordo com a NBR 8419 (ABNT, 1995), aterros sanitários são técnicas de disposição de RSU no solo, que utilizam princípios de engenharia geotécnica para confinar os resíduos sólidos na menor área possível e reduzi-los ao menor volume possível, minimizando assim os impactos ambientais decorrentes.

Trata-se de uma forma de disposição onde os resíduos devem ser cobertos com uma camada de solo na conclusão de cada jornada de trabalho, ou em intervalos menores, se necessário, havendo ainda drenagem dos gases e do chorume produzidos no processo de decomposição dos resíduos, drenagem de águas pluviais e o encaminhamento do chorume drenado para estação de tratamento de efluentes. Este é o método mais adequado para a disposição final de resíduos sólidos no solo, por apresentar maior controle dos gases e do chorume, porém é o método que exige maior conhecimento técnico e de maior custo econômico.

Através do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020, produzido pela ABRELPE, verifica-se que a maior parte dos RSU coletados segue para a disposição final em aterros sanitários, sendo que 29 milhões de toneladas por ano ainda seguem para unidades inadequadas, seja para lixões e/ou aterros controlados.

Estima-se que no ano de 2019 a região sudeste tenha destinado 28 t/ano a Aterros Sanitários, 6 t/ano a Aterro Controlado e 3 t/ano são destinados a lixões. Percebe-se que a maior parte dos RSU coletados segue para disposição em aterros sanitários. (ABRELPE, 2020).

2.2 Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos

A Gestão Integrada de Resíduos Sólidos apresentada pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010 configura-se como um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções na temática dos resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, sob a premissa do desenvolvimento sustentável (Brasil, 2010).

Devido à crescente produção de Resíduos Sólidos Urbanos, os sistemas de limpeza urbana, de competência urbana, devem afastar estes resíduos da população e dar um destino ambientalmente adequado, apresentando como uma das formas de realizar esse serviço o gerenciamento de manejo dos resíduos sólidos de forma integrada com todos os setores da sociedade (CARVALHO, 2017).

2.2.1 Modelos de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos

Grande parte dos municípios brasileiros adota modelos convencionais de gestão de resíduos sólidos. Qualquer município que presta serviços de limpeza pública atua exclusivamente dentro do seu território, sendo esse município o responsável por todas as etapas envolvidas no processo de manejo dos resíduos sólidos, desde a coleta até a disposição final. (LIMA, 2013). Já Colvero (2014) apresenta as vantagens do modelo compartilhado, visando à cooperação compartilhada, na busca da concretização de objetivos de interesse comum.

Segundo Carvalho (2017), os serviços compartilhados, nesse modelo, trazem vários benefícios para os municípios envolvidos, como a redução nos custos de manejo e a necessidade de números reduzidos de locais para a disposição final dos RSU. A gestão dos RSU, para ter boa eficiência em uma determinada região, além de infraestrutura adequada e eficiente, necessita de um bom planejamento de todo o sistema envolvido no manejo.

2.2.2 Resíduos Sólidos no Contexto do Consórcio Intermunicipal Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável – RIDES

A maioria dos municípios consorciados não dispõe de corpo técnico experiente para a gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Assim, o gerenciamento dos RSU nesses municípios fica a cargo de diversas secretarias municipais, como: administração, saúde e obras, onde nota-se a falta de experiência, recursos técnicos e financeiros para a execução das ações, visto que alguns municípios ainda possuem aterros controlados/lixões.

O serviço de gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de Abadia dos Dourados é de responsabilidade da Secretaria de Obras, Serviços Urbanos e Infraestrutura, restando à Secretaria de Saúde a responsabilidade com os resíduos dos serviços de saúde, gerados nas unidades básicas de saúde do município.

Em maior volume são produzidos no município resíduos domiciliares e comerciais em suas diferentes tipologias: vidro, metal, papel/papelão, matéria orgânica, plástico, rejeitos, resíduos volumosos, dentre outros. Os serviços de coleta de resíduos sólidos domiciliares, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços são prestados com frequência e regularidade no perímetro urbano, conforme planejamento e escalonamento de equipes projetadas pela Secretaria Municipal de Obras, Serviços Urbanos e Infraestrutura, a quem cabe a responsabilidade, desde a coleta, transporte, descarte e disposição final desses resíduos. As rotas de coletas foram estabelecidas por setores/bairros e não há alterações frequentes.

A coleta é realizada diariamente de segunda-feira à sexta-feira, com exceção de feriados municipais, estaduais e federais. O município conta com as ações de Coleta Seletiva de recicláveis secos, onde é realizada às Segundas, Quartas e Quintas-feiras, em todo perímetro urbano.

Os resíduos definidos como rejeitos e orgânicos são recolhidos e destinados para sua finalidade. O município realizou a terceirização da disposição final em aterro sanitário, devidamente licenciado no município de Uberlândia, estado de Minas Gerais.

No município de Cascelho Rico, a secretaria de obras e transportes é o órgão administrativo municipal ao qual se vinculam todos os serviços de limpeza urbana, praticados na cidade. De acordo com as legislações vigentes, os resíduos sólidos gerados em maior quantidade e diariamente são caracterizados como do tipo domiciliar e comercial, de construção civil, os provenientes dos serviços da saúde, de varrição, poda e capina.

A coleta dos resíduos domiciliares e comerciais no município ocorre com frequência semanal, sempre às segundas-feiras, às quartas-feiras e às sextas-feiras. A coleta segue uma rotina definida pelo setor do município, mantendo a regularidade dos serviços oferecidos à população. Durante o período matutino, os serviços de coleta são mantidos na cidade, e no período vespertino são atendidos distritos e área rural. O município conta com Coleta Seletiva de recicláveis secos, realizada as Terças e Quintas-feiras, abrangendo o perímetro urbano e o distrito de Santa Luzia da Boa Vista; já a Zona Rural é atendida pelos serviços de coleta seletiva, a partir da demanda dos produtores.

No município está sendo implantado o Programa de Compostagem Domiciliar, na tentativa de redução dos resíduos orgânicos, que são destinados para o aterro sanitário, como ocorre em Abadia dos Dourados; o município de Cascalho Rico, também optou pela terceirização dos serviços de disposição final em aterro sanitário, devidamente licenciado no município de Uberlândia, estado de Minas Gerais.

Em Coromandel, sistemas diferenciados são aplicados na coleta de resíduos sólidos urbanos, uma vez que são identificados: os resíduos domiciliares e comerciais, resíduos dos serviços de saúde, resíduos de construção civil e resíduos de varrição, poda e capina.

A Gestão de Obras e Serviços Públicos é responsável pela prestação de serviços de coleta dos resíduos domiciliares e comerciais, sendo realizada a partir de uma rota pré-estabelecida, atendendo toda a população urbana e cerca de 70% da população rural. Já os resíduos de Serviços de Saúde são de responsabilidade da Gestão de Saúde Municipal, os quais são destinados para uma empresa terceirizada. O município conta com o sistema de Coleta Seletiva dos recicláveis secos, que é realizada através de parceria da Prefeitura Municipal e da Cooperativa de Trabalho de Reciclagem de Coromandel, com uma rota pré-estabelecida, atendendo todo o perímetro urbano.

Os resíduos coletados no município são destinados ao Aterro Controlado, porém a unidade não possui setor de tratamento do chorume e nem triagem para os resíduos sólidos gerados e coletados no município.

No município de Douradoquara, os serviços de gestão dos resíduos sólidos urbanos são realizados pelo Departamento de Obras e Serviços. Resíduos sólidos de origem domiciliar, comercial, construção civil, saúde, varrição, poda e capina são os gerados diariamente e em maior quantidade e volume que os demais tipos de resíduos comuns no município de Douradoquara. Em maior produtividade estão os resíduos

provenientes das residências, que se somam aos resíduos dos estabelecimentos comerciais do município, enquadrando-se por suas características aos do tipo domiciliar.

Os resíduos sólidos gerados no município têm destinação final diversa. Os recicláveis secos são coletados por meio da coleta seletiva municipal e destinados a catadores locais; já os resíduos considerados rejeitos e orgânicos são destinados ao Aterro Sanitário Municipal, Resíduos Sólidos da Construção Civil e de Demolição – RSCD e de poda e capina são encaminhados para área da prefeitura, descartados sem nenhuma separação de tipologia.

Os resíduos sólidos mais gerados no município de Estrela do Sul são de origem domiciliar, da construção civil, da saúde, de varrição, capina e poda. Considerando a produtividade de resíduos sólidos em área urbana, destaca-se a característica de resíduo domiciliar. O gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos no município é realizado por meio da Secretaria Municipal de Obras. O município ainda conta com as ações de Coleta Seletiva de recicláveis secos, reduzindo assim a quantidade de resíduos destinados ao aterro sanitário.

Como ocorre nos municípios de Abadia dos Dourados e Cascalho Rico, o município de Estrela do Sul também optou pela terceirização dos serviços de disposição final em aterro sanitário, devidamente licenciado no município de Uberlândia, estado de Minas Gerais.

No município de Grupiara, a Secretaria de Serviços Urbanos é o órgão responsável pela administração e execução da coleta dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), assim como pela limpeza das vias, praças e espaços públicos. Os resíduos sólidos gerados são de origens domiciliares, da construção civil, da saúde, de varrição e poda. Considerando a produtividade de resíduos sólidos em área urbana, destaca-se a característica de resíduo domiciliar.

Os resíduos sólidos gerados em Grupiara têm destinação final diversa. Os recicláveis secos são coletados através da coleta seletiva municipal, por meio de catadores locais; já os resíduos considerados rejeitos e orgânicos são destinados ao Aterro Sanitário Municipal. Resíduos Sólidos da Construção Civil e de poda e capina são encaminhados para área da prefeitura e descartados, sem nenhuma separação de tipologia.

Em Indianópolis, a Secretaria Municipal de Obras, Serviços Públicos e Transporte é o órgão responsável pela administração e execução da coleta dos Resíduos Sólidos Urbanos, assim como pela limpeza das vias, praças e espaços públicos. Já a Secretaria

Municipal de Meio Ambiente e Planejamento é responsável pelas ações da Coleta Seletiva. Diferente do que ocorre em outros municípios do Consórcio, Indianópolis conta com a coleta seletiva em três frações, sendo os recicláveis secos destinados aos catadores locais para posterior comercialização; os orgânicos são destinados para alimentação de animais e os rejeitos, destinados ao aterro sanitário. Como em outros municípios, também são destinados ao aterro sanitário devidamente licenciado no município de Uberlândia, estado de Minas Gerais.

Em Iraí de Minas, a Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Urbanos é o órgão responsável pela administração e execução das ações relacionadas à gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), assim como a limpeza das vias, praças e espaços públicos. No município são gerados resíduos de origem domiciliar, da construção civil, da saúde, de varrição, capina e poda. Considerando a produção desses resíduos em área urbana, destaca-se o resíduo domiciliar.

O município conta com a Coleta Seletiva em estabelecimentos comerciais e em fase de expansão das ações para todo o restante do perímetro urbano. Os resíduos provenientes da construção civil e de poda e capina são destinados a uma área da prefeitura, sendo descartados. Como ocorre nos municípios de Abadia dos Dourados, Cascalho Rico e Estrela do Sul, o município de Iraí de Minas também optou pela terceirização dos serviços de disposição final em aterro sanitário, devidamente licenciado no município de Uberlândia, estado de Minas Gerais.

Monte Carmelo destaca-se como o maior município do Consórcio Intermunicipal RIDES em número de habitantes. Em sua estrutura administrativa, a Secretaria de Obras é o órgão responsável pela gestão e manejo de resíduos sólidos e serviços de limpeza urbana em vias, praças e demais espaços públicos. Já a operação do aterro sanitário e a disposição final dos resíduos sólidos do município ficam sob a responsabilidade do Departamento Municipal de Água e Esgoto - DMAE do município.

Resíduos sólidos de origem domiciliar, comercial, construção civil, saúde, varrição, poda e capina são gerados diariamente e em maior quantidade e volume que os demais tipos de resíduos comuns, no município de Monte Carmelo. Em maior produtividade estão os resíduos provenientes das residências, que se somam aos resíduos dos estabelecimentos comerciais do município, enquadrando-se, pelas suas características, aos do tipo domiciliar.

No município de Romaria, a Secretaria de Obras é o órgão responsável pela administração e execução da coleta dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU, assim como pela limpeza das vias, praças e espaços públicos. Os resíduos sólidos gerados são de origem domiciliar, da construção civil, da saúde, de varrição e poda. Considerando a produtividade de resíduos sólidos em área urbana, destaca-se a característica de resíduo domiciliar.

Os resíduos sólidos gerados no município são destinados ao aterro controlado/lixão municipal, sem nenhuma segregação de tipologia, além de a unidade não possuir tratamento de chorume.

Observa-se que os municípios consorciados já adotaram medidas visando à resolução de problemas relacionados ao lixo urbano; neste sentido, aplicando ações de redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos municipais.

2.3 Seleção de Áreas para Aterros Sanitários

Ao selecionar locais para disposição de resíduos sólidos urbanos, é necessário levar-se em consideração os aspectos sociais, econômicos, políticos e ambientais, apresentando menor risco à saúde humana e o menor impacto ambiental possível. A escolha destas áreas para a disposição final dos RSU deve tornar-se parte do planejamento urbano da região.

2.3.1 Aspectos Legais, Técnicos e Ambientais Relacionados à Aterros Sanitários

A Lei nº 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, apresenta conceitos importantes relacionados a toda gestão dos RS; ressalta-se que nos Artigos 18 e 19 é dever dos municípios a elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, contendo, dentre outros aspectos:

- “I - diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, contendo a origem, o volume, a caracterização dos resíduos e as formas de destinação e disposição final adotadas;
- II - identificação de áreas favoráveis para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, observado o plano diretor de que trata o § 1º do art. 182 da Constituição Federal e o zoneamento ambiental, se houver;

III - identificação das possibilidades de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros Municípios, considerando, nos critérios de economia de escala, a proximidade dos locais estabelecidos e as formas de prevenção dos riscos ambientais;

...

XVIII - identificação dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos, incluindo áreas contaminadas, e respectivas medidas saneadoras; “

Em complemento com a Política Nacional, existem legislações federais pertinentes, sendo elas:

- Resolução CONAMA 01/1986: determina que o licenciamento de aterros sanitários, enquanto atividade modificadora do meio ambiente, depende da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto no Meio Ambiente (RIMA);
- Resolução CONAMA 05/1988 e 237/1997: dispõe sobre a necessidade de licenciamento ambiental para as unidades de transferência, tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos;
- Resolução CONAMA 308/2002: para municípios de pequeno porte (até trinta mil habitantes e geração diária de resíduos sólidos urbanos de até trinta toneladas), o órgão ambiental competente poderá dispensar o EIA/RIMA, na hipótese de ficar constatado por estudos técnicos que o empreendimento não causará significativa degradação ao meio ambiente;
- Resolução CONAMA 404/2008: estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.

Já no estado de Minas Gerais, existem as seguintes legislações estaduais:

- Deliberação Normativa COPAM nº 244, de 27 de janeiro de 2022: dispõe sobre os critérios para implantação e operação de aterros sanitários em Minas Gerais e dá outras providências.

Acrescenta-se a essas Resoluções e Deliberações, as Normas Técnicas – NBR:

- NBR 8.419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.
- NBR 13.896: Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação.

- NBR 15.849: Resíduos Sólidos Urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.

Quanto aos aspectos técnicos, vários autores recomendam que ao implementar um aterro sanitário é necessário que seja realizado uma série de estudos, que se iniciam no levantamento de dados ambientais, procedidos de estudos de viabilização das áreas mais adequadas até a elaboração do projeto e planos de execução do aterro (CARVALHO, 2017).

Sendo citado os seguintes aspectos técnicos que devem ser levados em consideração na escolha das áreas potenciais para os aterros sanitários, a partir das legislações e normas acima citadas:

- Topografia - recomendam-se locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%;

- Geologia e tipos de solos existentes - considera-se desejável a existência, no local, de um depósito natural extenso e homogêneo de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s e uma zona não saturada com espessura superior a 3,0 m;

- Recursos Hídricos - o aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso de água;

- Acessos - fator de evidente importância em um projeto de aterro, uma vez que são utilizados durante toda a sua operação;

- Tamanho disponível e vida útil - possibilidade de expansão do aterro, garantindo uma vida útil de pelo menos quinze anos.

- Custos - os custos de um aterro têm grande variabilidade conforme o seu tamanho e o seu método construtivo. A elaboração de um cronograma físico financeiro é necessária para permitir a análise de viabilidade econômica do empreendimento;

- Distância mínima a núcleos populacionais – deve ser avaliada a distância do limite da área útil do aterro a núcleos populacionais, recomendando-se que esta distância seja superior a 500 m;

- Distância mínima de 100 metros do sistema viários do local;

- Distância em um raio de 9 quilômetros de aeroportos.

Através de sistemas computacionais com algoritmos de geoprocessamento, é possível realizar um trabalho de forma integrada, visto que proporcionam uma agilidade no processo de escolhas das áreas e contribuem na redução dos custos envolvidos no

processo, visto que eles proporcionam a análise espacial, permitindo assim a identificação de melhores áreas para a implantação desses aterros sanitários.

2.3.2 Aplicação do SIG para Seleção de Áreas Potenciais para Aterros

Segundo Carvalho (2017), o Sistema de Informações Geográficas (SIG), contribuem no processo de seleção das áreas preliminares a partir de análises espaciais e em modelagem matemática. Esta seleção é normalmente realizada por meio de classificação temática a partir de imagens digitais de sensores remotos orbitais e/ou aéreos, fundamentando-se em critérios pré-definidos em classes temáticas determinadas ou por meio da criação de zonas tampão em torno das características geográficas a serem protegidas.

Estudos de áreas para instalação de aterros sanitários por meio do SIG apresentam uma variedade de vantagens como, por exemplo: construção de banco de dados e armazenamento de diferentes tipos de dados, análise espacial de extensas áreas em um curto período de tempo, criação de mapas temáticos a partir da junção das informações da base de dados de atributos aos mapas, dentre outras.

2.3.3 Análise Multicritério

A análise multicritério surge como uma importante ferramenta utilizada para auxiliar os processos de tomada de decisão, visto que esta permite estabelecer importância de determinado aspecto a partir de uma visão sistêmica, contribuindo para considerar o caráter multidisciplinar da análise.

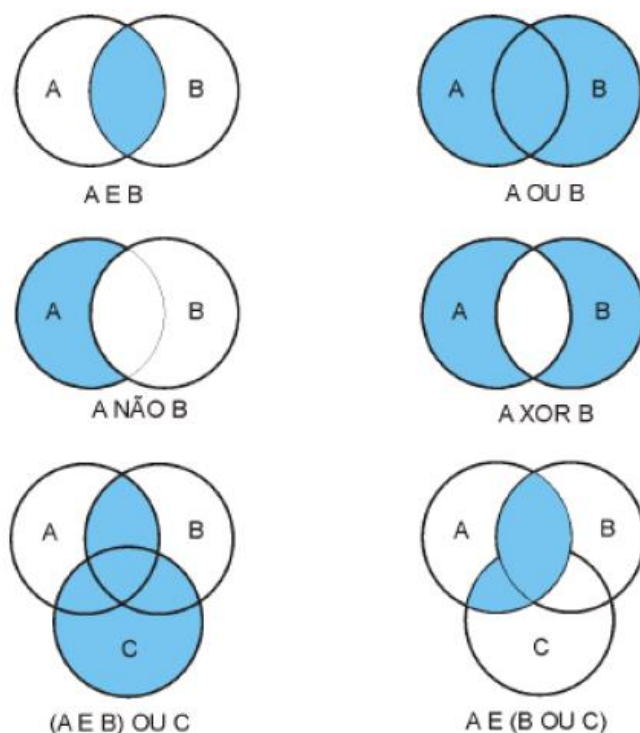
Silva Junior (2016) apresenta que a análise multicritério colabora para a avaliação dos fatores que podem ser agregados para o alcance de um objetivo comum, fornecendo informações necessárias para que sejam tomadas decisões envolvendo vários critérios de avaliação. Segundo Cabral (2012), o SIG quanto os demais sistemas de informações tornam-se vantajosos pela sua capacidade de integrar dados espaciais e alfanuméricos, possibilitando assim sua visualização através de mapas e da compreensão, necessários para a tomada de decisões.

2.3.4 Lógica Booleana

A lógica booleana surgiu durante o século XIX. A definição dessa lógica passa por diversos conceitos e leis definidas para expressar em termos algébricos uma forma de raciocínio humano. Em linhas gerais, por esta perspectiva, um elemento está dentro ou fora de um dado conjunto, alternando entre si os processos de inclusão ou exclusão. (LOPES, SILVA, 2021)

Câmara, *et al.* (2001), demonstram, a partir do Diagrama de Venn, a aplicação de operações utilizadas nesse tipo de algoritmo a partir de ferramentas lógicas, sendo elas AND (interseção), OR (união), NOT (negação) e XOR (exclusão), conforme representado na Figura 2.

Figura 2 - Diagrama de Venn, mostrando os resultados de aplicação de operações de lógica *booleana* para dois ou mais conjuntos



Fonte: Câmara, et al. (2001).

Leite (2014) aponta que o método booleano é análogo ao empilhamento de mapas em uma mesa de luz, método tradicional e largamente utilizado na cartográfica, permitindo assim que seja realizada a classificação dos critérios em aptos e não aptos,

segundo um modelo binário (0 e 1), onde o valor 0 é atribuído para algo restritivo e o 1, para não restritivos, permitindo assim determinar ponderações durante os processos de análises. Aceitando a análise de critérios de aptidão para uma alternativa específica ou para o que está sendo considerado e ao mesmo tempo restringindo e limitando as alternativas que estão sendo consideradas, estabelecendo áreas de exclusão que limitam espacialmente a possibilidade de escolha.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O Consórcio Intermunicipal Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável – RIDES é composto pelos municípios de Abadia dos Dourados, Cascalho Rico, Coromandel, Douradoquara, Estrela do Sul, Grupiara, Indianópolis, Iraí de Minas, Monte Carmelo e Romaria, localizados na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, na porção oeste do estado de Minas Gerais. O município de maior extensão territorial é o de Coromandel, com 3.313,31 km² e de maior número estimado de habitantes, Monte Carmelo, com 48.049 habitantes. (IBGE, 2023).

Segundo dados do IBGE, o RIDES constitui-se como uma área de unidade territorial de 8.826,44 km² (IBGE, 2010) e uma população estimada de 115.078 habitantes (IBGE, 2023).

O clima da região apresenta duas estações bem definidas, oferecendo um inverno seco e um verão chuvoso, sendo que há um período de estiagem, que se estende de maio a setembro e o período chuvoso, que vai de outubro a abril (ROSA, LIMA e ASSUNÇÃO, 1991). A precipitação atmosférica média da região está em torno dos 1.550 mm/ano e sua temperatura média anual é de 21,5°C.

Segundo SOARES (2015), as fisionomias vegetais que se encontram presentes na maioria dos municípios componentes do RIDES são o Cerradão, Cerrado *Stricto Sensu* e Vereda.

Os municípios que compõem o RIDES estão inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, subdividindo-se nas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRH dos afluentes mineiros do Alto Paranaíba – PN1, todos os municípios,

exceto Indianópolis, e nos afluentes mineiros do Rio Araguari – PN2, os municípios de Indianópolis e Iraí de Minas.

RADAMBRASIL (1983) traz informações de que o relevo predominante na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba encontra-se na Unidade Morfoescultural “Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná” e a subunidade associada, “Planalto Sertial da Bacia Sedimentar do Paraná”, unidades presentes nos municípios pertencentes à região do RIDES.

Soares (2015) aponta que a geologia presente nos municípios é constituída por unidades representativas da Faixa Brasília: metamórficas do Grupo Araxá, corpos intrusivos tardi e pós-tectônicos e rochas magmáticas e sedimentares representativas na Bacia Sedimentar do Paraná (Grupos São Bento e Bauru). Os solos dessa região, de modo geral, são autóctones, cuja variação deve-se à distinção geológica, onde os materiais herdados provêm de rochas sedimentares, vulcânicas, metassedimentares, metamáficas e ainda de granitos.

3.2 Material

As técnicas de geoprocessamento para a seleção de áreas para a implantação de aterro sanitário basearam-se nas normas estabelecidas na NBR 13896 (ABNT, 1997) e a Deliberação Normativa COPAM nº 244, de 27 de janeiro de 2022, as quais definem os critérios quanto à localização de corpos hídricos, declividade, classe de solo, distância de núcleos populacionais, vida útil e área disponível.

Os dados utilizados para confeccionar os mapas de restrição foram obtidos pelas plataformas listadas na tabela 1. Todo o processo de manipulação dos dados e geração dos produtos temáticos foi realizado pelo software Qgis 3.14.

Tabela 1 - Localização dos dados geográficos obtidos para confecção dos mapas.

Tipo de dados	Fonte dos dados	Sites
<i>Shapefile</i> dos limites territoriais	IBGE – Instituto Brasileiro de Geográfica e Estatística	https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html
<i>Shapefile</i> de copos d’água, drenagem, unidades de conservação, sistema de transportes, núcleos	Infraestrutura de dados espaciais – IDE - SISEMA	http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/

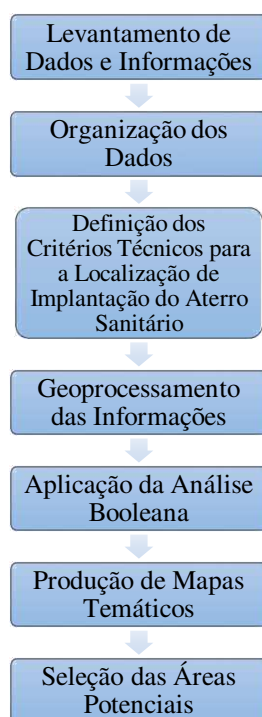
populacionais e Segurança Aeroportuária.		
Modelo Digital de Elevação	TOPODATA – Banco de dados Geomorfométricos do Brasil	http://www.dsr.inpe.br/topodata/

Fonte: Autor, 2023.

O objetivo desse estudo foi a pré-seleção de áreas potenciais e não potenciais para a implantação do aterro sanitário do Consórcio Intermunicipal, Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável – RIDES, visando à redução de custos financeiros, tempo e integração dos dados. Dessa forma, utilizaram-se dados disponíveis em órgãos oficiais, para manipulação e processamento em ambiente SIG.

O procedimento metodológico utilizado para a seleção de áreas potenciais para a implantação de aterro sanitário do Consórcio Intermunicipal, Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável, seguiu os seguintes passos:

Figura 3- Procedimento metodológico utilizado.



Fonte: Autor, 2023.

Para a realização do presente estudo foram utilizados os seguintes critérios:

Tabela 2 - Critérios para Instalação do Aterro Sanitário

Critério	Recomendações	Referência
Topografia	Recomendam-se locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%	NBR 13.896 de 1997
Recursos hídricos	Distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso de água	NBR 13.896 de 1997
Acessos	Fator de evidente importância em um projeto de aterro, uma vez que são utilizados durante toda a sua operação, definindo uma distância mínima de 100 metros do sistema viários do local	NBR 13.896 de 1997
Tamanho disponível e vida útil	Possibilidade de expansão do aterro, garantindo uma vida útil de pelo menos quinze anos	Deliberação Normativa COPAM nº 244, de 27 de janeiro de 2022
Distância mínima a núcleos populacionais	Recomenda-se que esta distância seja superior a 500 m.	Deliberação Normativa COPAM nº 244, de 27 de janeiro de 2022
Segurança Aeroportuária	Distância em um raio de 9 quilômetros de aeroportos.	Ministério da Defesa. Portaria nº 256/GC5, de 13 de maio de 2011.

Fonte: Autor, 2023.

3.3 Caracterização das Variáveis

3.3.1 Limites Territoriais

Para a delimitação da área de estudo, foram obtidos, junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) os limites territoriais, formato vetorial de cada município que compõe o Consórcio Intermunicipal RIDES e importados no software QGis 3.14, utilizando-se o DATUM SIRGAS 2000.

Com o objetivo de identificar a localização dos núcleos urbanos dos municípios de Abadia dos Dourados, Cascalho Rico, Coromandel, Douradoquara, Estrela do Sul, Grupiara, Indianópolis, Iraí de Minas, Monte Carmelo e Romaria realizaram-se visitas junto às secretarias municipais de obras e meio ambiente para o levantamento de dados. Já a área Urbana de cada município também foi definida como núcleo urbano e demarcada

com um ponto no centro geométrico de cada núcleo, delimitando a área urbana como polígonos circulares, com raio de 2.000 m, a partir do centro geométrico de cada município.

3.3.2 Declividade

O Modelo Digital de Elevação – MDE foi utilizado para geração da declividade; a base de dados foi extraída no website do Topodata (2022). Para a produção cartográfica foi utilizada a função *slape*, implementada no QGIS 3.14, possuindo uma base, a malha altimétrica do SRTM/Topodata. Os valores de declividade foram gerados em porcentagem, em resolução espacial de 50 metros, compatível com a pequena escala utilizada (1:250.000).

Definiram-se assim os critérios de utilização da Empraba, no intuito de apresentação de um mapa visual e de fácil compreensão.

3.3.3 Vegetação, Unidades de Conservação, Mapeamento Geológico, Recursos Hídricos e Aeródromos

Os dados para caracterização destas variáveis foram obtidos gratuitamente a partir da base de dados do website da Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE – SISEMA, produzidos pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD de Minas Gerais.

De acordo com a cama de Inventário Florestal (2009), é possível identificar as seguintes características florestais: Campo, Campo Cerrado, Campo Rupestre, Cerradão, Cerrado, Eucalipto, Floresta Estacional Decidual Montana, Floresta Estacional Decidual Sub Montana, Floresta Estacional Semidecidual Sob Montana, Floresta Ombrofia Alto Montana, Floresta Ombrofia Montana, Floresta Ombrofia Sub Montana, Água, Pinus, Urbanização e Vereda.

Da mesma fonte de dados foi possível extrair as informações sobre as Zonas de Amortecimento de Unidades de Conservação, disponibilizadas pelo Instituto Estadual de Florestas – IEF, observando-se que na área de estudo não possuem Unidades de Conservação.

Tendo como finalidade determinar os recursos hídricos presentes na área de estudos, utilizou-se a caracterização dos corpos d'água presentes na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, considerando-se que todos os municípios que compõem o Consórcio Intermunicipal RIDES estão presentes nessa bacia.

3.4 Análise Booleana

Todos os mapas de feições vetoriais foram transformados em imagens *raster*, totalizando 6 (seis) imagens/variáveis/critérios. Os critérios definidos no estudo apresentam feições compostas por uma única classe; portanto, estas foram ponderadas individualmente.

Todas as restrições legais foram resumidas em uma única imagem binária, onde os valores 1 correspondem a áreas que não apresentam restrições e os valores zero referem-se às áreas restritas. Essas restrições contribuem na definição de áreas ou de alternativas que podem ser consideradas aptas para a destinação final de resíduos sólidos, daquelas que não são aptas, sob quaisquer considerações (ALVES, 2019).

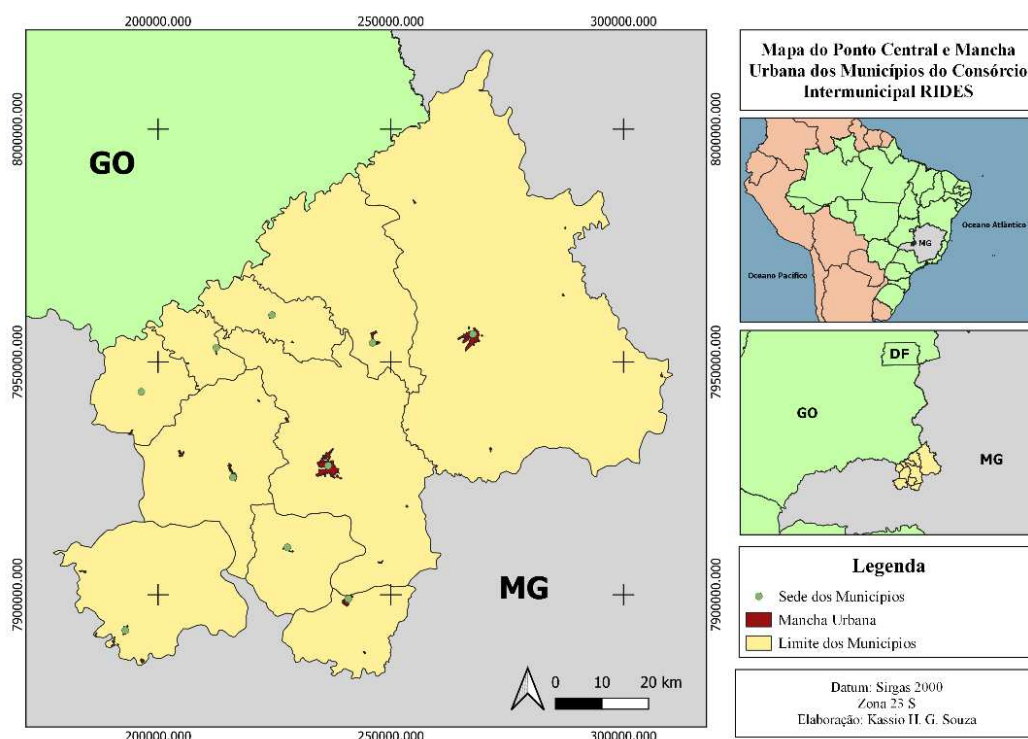
Segundo Melo (2001), as variáveis conseguem compensar umas às outras no momento da agregação, para obtenção do mapa final. Quando uma variável apresenta uma alta pontuação em um determinado local, pode-se compensar a baixa pontuação de aptidão de outra variável no mesmo local, tornando-se o resultado final com alta ponderação, ou vice-versa, concluindo que as variáveis podem apresentar pesos diferentes para a definição do resultado final (ALVES, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produtos temáticos da Caracterização das Variáveis

Após seguir os passos da metodologia descrita no capítulo anterior, foi possível gerar os mapas, evidenciando as variáveis abordadas nesse trabalho, sendo elas: Ponto Central e Mancha Urbana dos Municípios, Malha Rodoviária, Declividade, Hidrografia, Área de Segurança Aeroportuária e do Consórcio Intermunicipal RIDES, sendo apresentadas nas figuras 4, 5, 6, 7 e 8, respectivamente.

Figura 4 - Mapa Ponto Central e Mancha Urbana dos Municípios Consorciados



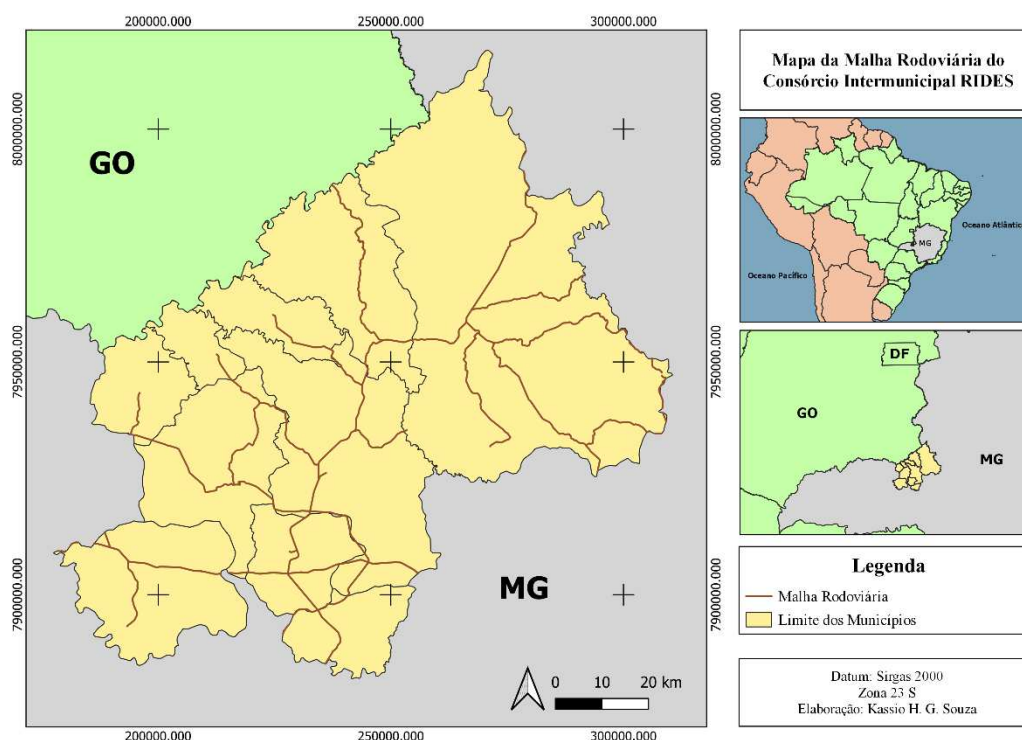
Fonte: Autor, 2023.

A localização da Sede dos Municípios mostra que estes se encontram com pontos centrais distantes um dos outros, o que pode ocasionar um gasto maior ao se transportar os resíduos sólidos, após coletados.

Dentro dos municípios consorciados destaca-se Coromandel, como o maior em extensão territorial, com 3.313,313 km²; já o maior em número populacional é Monte Carmelo, com a estimativa populacional de 48.049 habitantes; além de possuir municípios menores como Douradoquara, com 1.915 habitantes com extensão territorial de 312,878 km² e Grupiara, com extensão territorial de 193,141 km² e 1.386 habitantes. (IBGE, 2023).

Tais fatores interferem diretamente em questões de geração de resíduos sólidos e na trafegabilidade desses resíduos até o aterro sanitário, visto que os resíduos coletados não são apenas os do perímetro urbano, e sim de todas as comunidades e povoados instalados nas zonas rurais dos municípios.

Figura 5 - Malha Rodoviária do Consórcio RIDES



Fonte: Autor, 2023.

Observa-se que estão mapeadas as estradas e vias pavimentadas, considerando que caso não sejam pavimentadas, influenciam diretamente no transporte dos resíduos em períodos chuvosos e/ou manutenção dessas vias em períodos chuvosos, visto que muitas estradas não pavimentadas não possuem suporte para este tráfego.

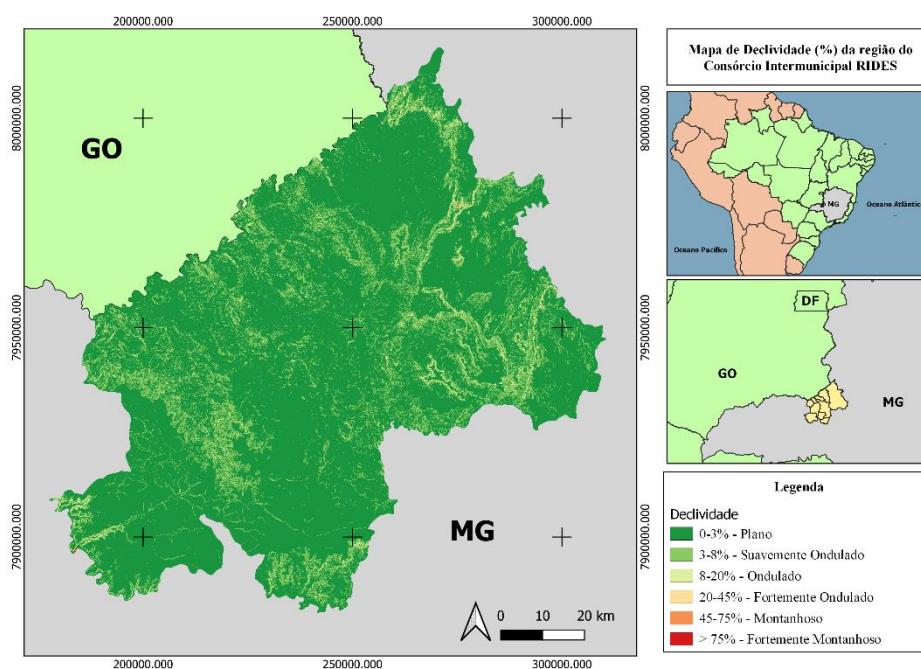
Segundo dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2005), as áreas selecionadas para a instalação de um Aterro Sanitário devem estar fora da área de influência direta das rodovias, impossibilitando que ocorram impactos ambientais relacionados à segurança do tráfego e ao conforto do usuário.

Ressalta-se que além dos custos operacionais para o transporte dos resíduos, deve-se levar em consideração a poluição visual ocasionada pela disposição final, além da proliferação dos vetores indesejáveis, odores e insetos.

A malha rodoviária do Consórcio Intermunicipal Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável – RIDES possui entre as suas vias a Rodovia MG-190, a qual se caracteriza como um importante corredor de escoamento da produção agrícola e pecuária da região, visto que interliga o estado de Minas Gerais com estados vizinhos como São Paulo, Goiás e o Distrito Federal.

Já o fator da declividade torna-se um fator altamente limitado, visto que contribui para a velocidade de escoamento superficial e a área é susceptível à erosão. Nesse sentido, o produto cartográfico com os dados de Declividade foi produzido a partir dos dados disponíveis no site da TOPODATA e sua classificação para um melhor entendimento foi realizada segundo a EMBRA (1979), permitindo assim uma análise do relevo a partir de uma forma de representação temática da distribuição espacial dos diferentes níveis de inclinação existentes no terreno. Considerou-se áreas com maior aptidão aquelas situadas entre as declividades 0 e 2%, e as com menor aptidão, as situadas entre as declividades 10% e 15%.

Figura 6- Mapa de Declividade



Fonte: Autor, 2023.

Percebe-se que a declividade encontrada na região do Consórcio possui características de relevo, principalmente plano e suavemente ondulado, porém em alguns pontos é possível verificar a presença de um relevo com características de locais montanhosos, sendo um fator positivo para a instalação do aterro sanitário.

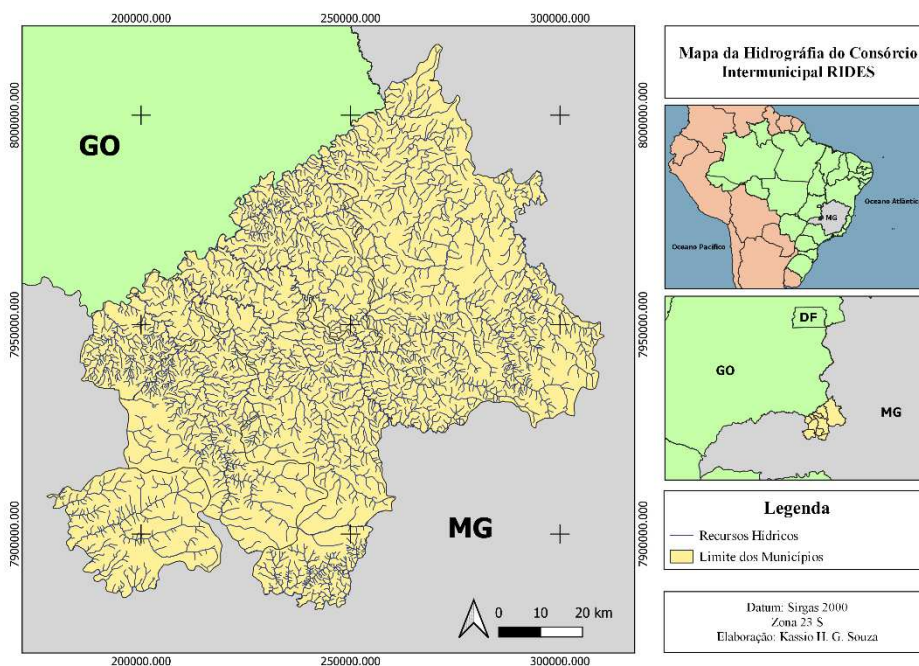
Segundo Silva (2016), esse fator está diretamente ligado ao uso da terra, de forma que pode favorecer ou estabelecer limites a determinadas atividades. Destaca-se nessa região a produção cafeeira, de pecuária leiteira e de corte.

Através do mapa de Hidrografia é possível verificar que existem diversos corpos hídricos dentro da área de estudo. Portanto, levou-se em consideração que quanto mais distante se localizar o aterro sanitário dos cursos d'água, menores serão os riscos de contaminação dos mesmos. Ressalta-se que devido à grande quantidade de rios, a parte de áreas disponíveis para a instalação do aterro sanitário torna-se bastante restrita.

Ressalta-se que os municípios que compõem o Consórcio estão inseridos na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRH dos Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba – PN1, exceto o município de Indianópolis, que se insere na unidade do Rio Araguari – PN2, importantes unidades de planejamento que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

Segundo SOARES (2015), a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba caracteriza-se como a segunda maior unidade da região hidrográfica do Paraná, a qual corresponde a 2,6% do território nacional.

Figura 7 - Mapa da Hidrografia do Consórcio Intermunicipal RIDES

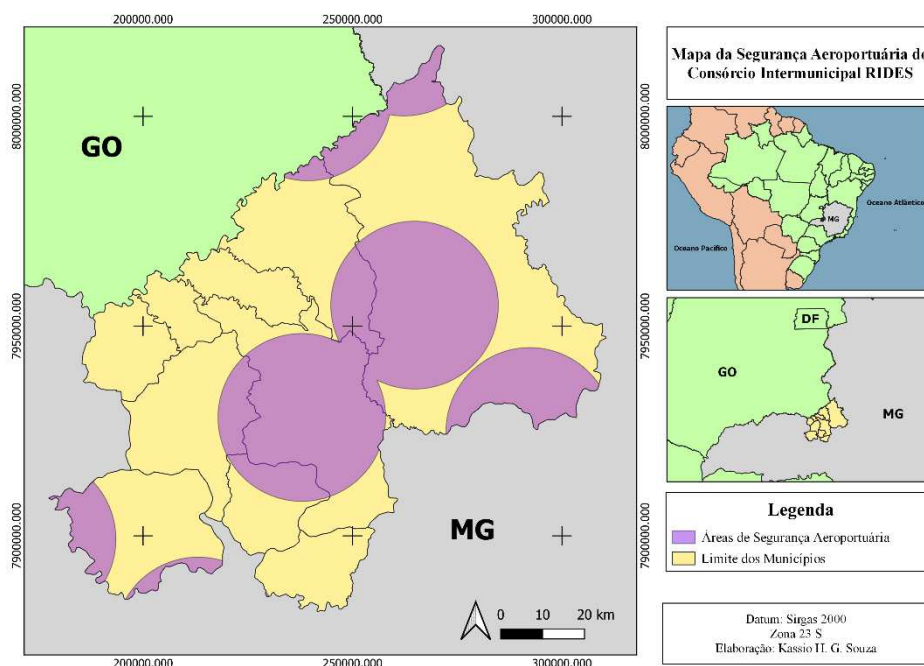


Fonte: Autor, 2023.

Áreas localizadas mais próximas a áreas dos aeroportos possuem menor aptidão e, conseqüentemente, as localizadas mais distantes possuem maior aptidão. A partir dessa premissa e conforme determinado, áreas de um raio de 13 km foram consideradas restritas para a instalação do aterro sanitário. Foram encontrados aeroportos na base de dados

pesquisados nos municípios de Coromandel e Monte Carmelo; já os municípios de Abadia dos Dourados e Indianópolis possuem interferência de aeroportos instalados em municípios não pertencentes ao RIDES.

Figura 8 - Área de Segurança Aeroportuária



Fonte: Autor, 2023.

4.2 Utilização da Lógica Booleana na Triagem de Áreas Aptas para a Implantação do Aterro Sanitário Consorciado

Aplicando os critérios geo-espaciais de natureza ambiental, social e econômica, foi possível classificar as áreas aptas e não aptas para a instalação do aterro sanitário, sendo este consorciado, recebendo os resíduos sólidos gerados nos 10 (dez) municípios, ou seja, individualizado dentro do perímetro de cada município.

Para atender o objetivo desse estudo foram definidas duas classes representando, portanto, áreas aptas e não aptas para a instalação da unidade de disposição final de resíduos sólidos do Consórcio Intermunicipal RIDES.

Através da figura 9 é possível identificar os pesos utilizados para a classificação dos critérios apresentados e discutidos nesse trabalho, atribuindo o valor 0 para algo restritivo e ponderado nas legislações e normas técnicas consultadas e apresentadas nesse

trabalho, e o valor 1 para algo não restritivo, permitindo assim determinar as ponderações durante os processos de análises.

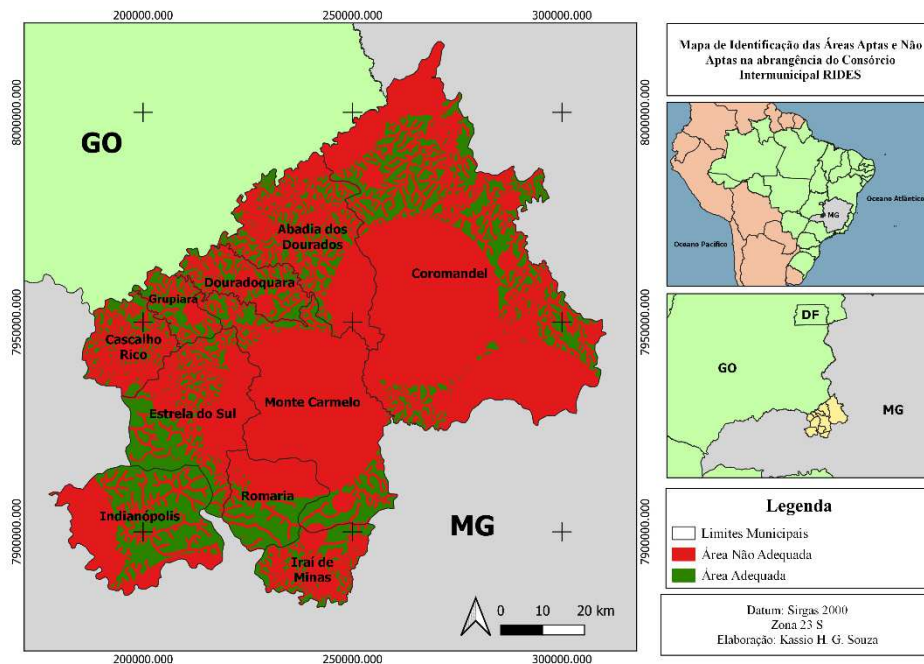
Figura 9- Critérios Utilizados na confecção do mapa temático

Declividade	<ul style="list-style-type: none">• < 3% = Nota 0• Entre 3 e 15% = Nota 1• > 30% = Nota 0
Distância de Cursos D'água	<ul style="list-style-type: none">• < 200 metros = Nota 0• > 200 metros = Nota 1
Distância de Núcleos Urbanos	<ul style="list-style-type: none">• < 500 metros = Nota 0• > 500 metros = Nota 1
Distância de Vias de Acesso	<ul style="list-style-type: none">• < 100 metros = Nota 0• > 100 metros = Nota 1
Unidades de Conservação	<ul style="list-style-type: none">• Dentro do Perímetro da UC = Nota 0• Fora do Perímetro da UC = Nota 1

Fonte: Autor, 2023.

Utilizando os critérios e valores acima informados, foi possível gerar a figura 10, a qual é um produto derivado do cruzamento de todas as feições identificadas e apresentadas nas Figuras 4,5,6,7 e 8, e suas respectivas zonas de amortecimento, conforme referências apresentadas na Tabela 2. Nesse sentido, as áreas com nota 0, foram excluídas e classificadas como inaptas (vermelha) e as outras áreas foram classificadas como aptas (verde).

Figura 10 - Mapa para Identificação das Áreas



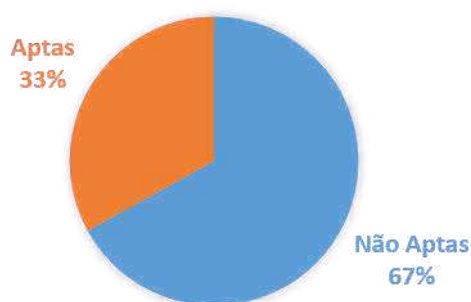
Fonte: Autor, 2023.

Observa-se que todos os municípios possuem áreas apropriadas para a instalação do aterro sanitário, seja ele emergencial ou sanitário individualizado, que objetiva atender apenas o município ou consorciado, visando a atender todos os municípios.

Porém, as áreas aptas encontram-se dispersas, na maioria das vezes dentro da delimitação territorial, além de se apresentar em uma proporção menor do que as áreas não favoráveis, conforme demonstrado na figura 11.

Figura 11 - Quantificação das Áreas Aptas e Não Aptas para a Instalação do Aterro Sanitário.

QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS APTAS E NÃO APTAS PARA A INSTALAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO CONSORCIADO



Fonte: Autor, 2023.

De acordo com as informações presentes no Plano de Gerenciamento Integrado do Consórcio Intermunicipal Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável – RIDES, o ponto geográfico central está localizado no município de Monte Carmelo, aproximando-se aos limites territoriais do município de Estrela do Sul, sendo impactado diretamente com o raio de influência da área de segurança aeroportuária do aeródromo de Monte Carmelo.

Visto que este ponto central do Consórcio, conforme relatado, está diretamente impactado pelo raio de influência da área de segurança aeroportuária do aeródromo de Monte Carmelo; porém, trata-se de um critério restritivo para a instalação do aterro sanitário consorciado.

Ao considerar o número de habitantes por município do Consórcio Intermunicipal RIDES, a partir dos dados extraídos do IBGE e conforme apresentado na Tabela 3, percebe-se que os municípios mais populosos são Coromandel e Monte Carmelo, sendo, portanto, os que mais produzem Resíduos Sólidos Urbanos. Assim, locais próximos seriam mais vantajosos, levando em consideração a produção desses municípios.

Tabela 3 - Estimativa Populacional

Município	Estimativa Populacional – IBGE (Habitantes)
Abadia dos Dourados	7.022
Cascalho Rico	2.857
Coromandel	27.958
Douradoquara	1.915
Estrela do Sul	8.057
Grupiara	1.386
Indianópolis	7.009
Iraí de Minas	7.067
Monte Carmelo	48.049
Romaria	3.507

Fonte: Autor, 2023.

Ao considerar o fator populacional como uma variável determinante para a incitação do aterro sanitário consorciado, percebe-se que existe uma estreita faixa a norte e nordeste do município de Monte Carmelo, próxima à divisa com o município de Abadia dos Dourados, classificada como área apta para a instalação do empreendimento.

É possível verificar também que na região sul e sudeste do território, próximas aos municípios de Indianópolis, Iraí de Minas e Romaria encontram-se áreas adequadas para a instalação do aterro sanitário consorciado, porém, são áreas de grande produção agrícola, além de ficarem distantes do ponto central do consórcio e dos municípios mais populosos, sendo eles Coromandel e Monte Carmelo, o que contribuiu com o aumento dos gastos desses municípios visto que são os maiores geradores de RSU.

Ressalta-se também que em municípios menores há falta de recursos e de profissionais técnicos qualificados, podendo ser um fator prejudicial ao funcionamento do empreendimento.

5 CONCLUSÕES

A gestão dos resíduos sólidos urbanos vem se demonstrando como uma questão bastante desafiadora para os gestores públicos e demais atores envolvidos no processo. O objetivo proposto no presente trabalho seria a de identificação de áreas aptas e inaptas para a implantação de Aterro Sanitário do Consórcio Intermunicipal Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável – RIDES, a partir de análise multicritério e geoprocessamento.

O mapa final gerado a partir da execução desse trabalho foi originado a partir da Lógica Booleana, considerando os critérios estabelecidos para a identificação das áreas aptas para a implantação do aterro sanitário consorciado, levando-se em consideração a área de atuação do Consórcio Intermunicipal Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável – RIDES. Os critérios atribuídos foram baseados em normas e legislações, apresentando, portanto, como uma formidável alternativa para a regularização final dos resíduos sólidos urbanos junto aos municípios consorciados.

A lógica booleana apresenta-se como uma ferramenta de fácil manipulação e compreensão, permitindo assim a integração das informações espaciais para o processo de tomada de decisões e avaliação das áreas consideradas aptas para a instalação do empreendimento.

Através dos resultados gerados, é possível auxiliar e orientar tanto a equipe técnica da administração pública municipal de todos os municípios integrantes do Consórcio Intermunicipal RIDES, quanto a equipe da implantação de um aterro sanitário do consórcio ou de aterros sanitários municipais, visto que as informações desse trabalho foram processadas com objetividade e em conformidade com os critérios técnicos específicos, assim como a legislação ambiental federal e estadual.

Mesmo não havendo aeroportos nos municípios consorciados, existe aeródromo; estes recebem contribuições da área de segurança aeroportuária, que é um dos critérios restritivos e contribuem bastante para a inexistência das áreas aptas.

Através da observação do produto cartográfico gerado, conclui-se que menos de 50% da área de estudo encontra-se apta para a instalação do empreendimento, além de que a proporção apta depara-se fragmentada no ambiente de estudo.

Por fim, conclui-se que o presente estudo realizou uma valiosa contribuição para a identificação de áreas para a instalação de aterros sanitários, sejam eles consorciados ou individualizados para cada município.

6 TRABALHOS FUTUROS

Realizar visitas em loco em áreas identificadas como aptas para a instalação do empreendimento, a fim de se verificar a geologia e os tipos de solos existentes no local, visto que se considera desejável a existência de um depósito natural extenso e homogêneo de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s e uma zona não saturada, com espessura superior a 3,0 m, evitando assim a contaminação do solo e do lençol freático presentes no local.

Ao se elaborar o projeto técnico do empreendimento, consideram-se critérios como a umidade do ar, a radiação solar e a evapotranspiração.

Devem-se levantar informações sobre as áreas públicas, visando a que a utilização desses espaços reduz custos com a aquisição do terreno.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2021. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>. Acesso em: 4 jul. 2022.

ALBERTIN, R.M.; MORAES, E.; ANGELIS NETO, G.; ANGELIS, B.L.D.; CORVELONI, E.; SILVA, F.F. (2010) Diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos urbanos do município de Flórida Paraná. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 4, n. 2, p. 118-125. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/c686/0de1566ed73fe8207735192e5e78313f0785.pdf>. Acesso em: 19 out. 2022

ALVES, Nathália Ferreira. **Identificação de áreas para a implantação de aterro sanitário na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba com a utilização de geotecnologias**. 2019. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/25300?locale=pt_BR. Acesso em: 25 abr. 2022.

AMARAL, Diógenes Guilherme Pampolini; LANA, Cláudio Eduardo. 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. 49, p. 368-382, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2017v27n49p368>. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2017v27n49p368>. Acesso em: 25 set. 2022.

ANAC – AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Ministério da Defesa. Portaria nº 256/GC5, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as restrições relativas às implantações que possam afetar adversamente a segurança e a regularidade das operações aéreas, e dá outras providências. **Diário oficial (da República Federativa do Brasil)**, Brasília, DF, 2011b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15849/2010: Resíduos Sólidos Urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento**. Rio de Janeiro, ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419: Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro, 1995. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8849: Apresentação de Projetos de Aterros Controlados de Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro, 1985.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de conservação rodoviária**. 2 ed. – Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de conservação rodoviária**. 2 ed. – Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. **Lei 11 445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico [...] e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 jan. 2007.

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. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 ago. 2010.

Brazil. **Environmental Development**, Campinas, v. 4, n. 1, p.105-113, set. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2012.08.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221146451200109>. Acesso em: 18 jul. 2022.

CABRAL, Adilson Vaz. **Análise Multicritério Em Sistemas De Informação Geográfica Para a Localização De Aterros Sanitários: o caso da região sul da Ilha de Santiago – Cabo Verde**. 2012. Dissertação (Mestrado em Gestão do território, área

de especialização em detecção remota e sistema de informação geográfica) – Universidade Nova de Lisboa, 2012.

CALIJURI, Maria Lúcia; MELO, AL de O.; LORENTZ, Juliana Ferreira. 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. Disponível em: http://pbh.gov.br/informaticapublica/ANO4_N2_PDF/ip0402calijuri.pdf. Acesso em: 15 out. 2022.

CÂMARA, Gilberto et al. Introdução à ciência da geoinformação. **São José dos Campos: INPE**, v. 345, 2001. Disponível em: http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/1423/_introducao_a_ciencia_de_geoinformacao___inpe.pdf. Acesso em: 12 dez. 2022.

CARRILHO, Atalanta Nayara; CANDIDO, Humberto Gois; SOUZA, Amilton Diniz. Geoprocessamento aplicado na seleção de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Conceição das Alagoas (MG). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 201-206, fev. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018142980>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/DJHyxssg9nxxkW6dXztywcn/?format=html&stop=next&lang=pt>. Acesso em: 25 ago. 2022.

CARVALHO, Renei Rocha de. **Aplicação de análise multicritério em ambiente de geoprocessamento no estudo de áreas para implantação de aterros sanitários – área sul da RIDE/DF e Entorno**. 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/25330>. Acesso em: 14 jun. 2022.

COLVERO, Diogo Appel. **Análise das rotas tecnológicas existentes para os resíduos sólidos urbanos no município de Cidade Ocidental/GO**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio ambiente) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/3523>. Acesso em: 5 mai. 2022.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL REGIÃO INTEGRADA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Consórcio Intermunicipal RIDES – Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável**. Uberlândia: Consórcio Intermunicipal RIDES, 2015. v. 1. Disponível em: <http://www.rides.mg.gov.br/uploads/publicacoes/pgirs-rides/pgirs.rides.volume.I.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2021.

IBGE Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 28 out. 2022.

IDE-SISEMA. 2022. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis> Acesso em 01 de dezembro de 2022.

IGLESIAS, Mariane Silva. DIAGNÓSTICO DE IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE VERÍSSIMO-MG . **Observorium: Revista Eletrônica de Geografia**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 16–35, 2021. DOI:

<https://doi.org/10.14393/OREG-v12-n1-2021-59058>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/Observatorium/article/view/59058>. Acesso em: 9 jun. 2022. INSTITUCIONAL. Disponível em: <http://www.rides.mg.gov.br/institucional>. Acesso em: 04 jun. 2021.

IPT/CEMPRE. (2000). Lixo municipal: Manual de gerenciamento integrado. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo.

LEITE, Nícia Bezerra Formiga. Associação da Análise Booleana e Lógica Fuzzy ao sistema de informação geográfica aplicados a Planos Diretores. Estudo de caso: Ponte Nova, MG. 2005. Tese (Graduação Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, 2005. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9688>. Acesso em: 14 set. 2022.

LIMA, J. D. (2003). **Consórcio de Desenvolvimento Intermunicipal: Instrumento de Integração Regional**. ABES, Paraíba, PB.

LINO, A. M.; ISMAIL, K. A. R. Analysis of the potential of municipal solid waste in LOPES¹, Renata Costa; SILVA, Raquel Naiara Fernandes. Uso de lógica booleana na triagem de áreas aptas para a implantação de aterro sanitário no Município de Campina Verde, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 16, p. 487-499, 2020. DOI: [10.21438/rbgas\(2020\)07160](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)07160). Disponível em: <http://revista.ecogestaobrasil.net/v7n16/v07n16a03a.html>. Acesso em: 6 jun. 2022.

LOURENÇO, Roberto Wagner et al. Metodologia para seleção de áreas aptas à instalação de aterros sanitários consorciados utilizando SIG. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 3, p. 122-140, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/105902/2179460X15973>. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4675/467546194012.pdf>. Acesso em: 16 set. 2022.

LUZ, Ezequias da; MARION, Fabiano André; FRANÇA, Michelle Milanez; CONCEIÇÃO, Priscila Soraia da. Using geographical information system for identifying potential areas to sanitary landfill deployment consortium. **Ambiência**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 452-469, maio 2017. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/ambiencia.2017.02.13>.

MALCZEWSKI, J. **GIS and Multicriteria Decision Analysis**. John Wiley & Sons, New York, NY, 1999.

MARQUES, Marília Daher. **Seleção de Áreas para Implantação de Aterro Sanitário Simplificado - Estudo de Caso para Município de Guapó - GO**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente.) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tde/621/1/Dissertacao%20Marilia%20Daher%20Marques.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2021.

MELO, André Luiz de Oliveira. **Avaliação E Seleção De Áreas Para Implantação De Aterro Sanitário Utilizando Lógica Fuzzy E Análise Multi-Critério: Uma Proposta**

Metodológica. Aplicação Ao Município De Cachoeiro De Itapemirim- ES. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

MELO, Luciano de. **Seleção e Hierarquização de Áreas para Implantação de Aterro Sanitário, Utilizando Geoprocessamento e Lógica "Fuzzy". Aplicação na Região Metropolitana de Aracajú (SE).** 2008. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/416>. Acesso em: 28 jun. 2022.

MINAS GERAIS (MG). Deliberação Normativa COPAM nº 217, de 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor [...] e dá outras providências. **Diário do Executivo “Minas Gerais”**. Belo Horizonte, MG, 08 dez. 2017.

MINAS GERAIS (MG). Deliberação Normativa COPAM nº 244, de 27 de janeiro de 2022. Dispõe sobre os critérios para implantação e operação de aterros sanitários em Minas Gerais e dá outras providências. **Diário do Executivo “Minas Gerais”**. Belo Horizonte, MG, 27 jan. 2022.

SILVA JUNIOR, Antonio do Nascimento. **Utilização da análise multicritério para alocação de área(s) destinada(s) a aterro sanitário no município de Santana-AP. Orientador: Valter Gama de Avelar.** 2016. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unifap.br:80/jspui/handle/123456789/299>. Acesso em: 07 de fev. de 2023.

SILVA, Josenilson Bernardo da. **Do diagnóstico às unidades geodinâmicas e de fragilidade ambiental: uma contribuição à educação e gestão ambientais em Veríssimo – MG.** 2016. Tese (Doutorado em Geografia e Gestão de território) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (Brasil). Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos: visão geral: ano de referência 2019. Brasília, DF: SNIS, 2020. Disponível em: http://antigo.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2019/Diagnostico_RS2019.pdf. Acesso em: 5 jun. 2022.

WALDMAN, Maurício. Lixo: Cenários e Desafios - Abordagens básicas para entender os resíduos sólidos. São Paulo (SP): Cortez Editora, 2010. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/613748/mod_resource/content/1/Waldman_2010_Lixo_Caminhos_e_Desafios.pdf. Acesso em: 29 ago. 2022