



Universidade Federal de Juiz de Fora
Faculdade de Engenharia
Programa de Pós Graduação em Ambiente Construído

Vinício de Barros Heleno

**SELEÇÃO PRELIMINAR DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE UNIDADE DE
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA O MUNICÍPIO DE
CATAGUASES – MINAS GERAIS**

Juiz de Fora

2023

Vinício de Barros Heleno

**SELEÇÃO PRELIMINAR DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE UNIDADE DE
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA O MUNICÍPIO DE
CATAGUASES – MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Juiz de Fora, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em Ambiente
Construído.

Orientador: Prof. Dr. Jonathas Batista Gonçalves Silva

Coorientador: Prof. Dr. Samuel Rodrigues Castro

Juiz de Fora

2023

Ficha catalográfica

Heleno, Vinício de Barros.

Seleção preliminar de áreas para instalação de unidade de gerenciamento de resíduos sólidos para o município de Cataguases – Minas Gerais / Vinício de Barros Heleno. -- 2023.

88 p. : il.

Orientador: Jonathas Batista Gonçalves Silva

Coorientador: Samuel Rodrigues Castro

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, 2023.

1. Aterro Sanitário. 2. Município de Cataguases. 3. Critérios de seleção. I. Silva, Jonathas Batista Gonçalves , orient. II. Castro, Samuel Rodrigues , coorient. III. Título.

Vinício de Barros Heleno

**SELEÇÃO PRELIMINAR DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE UNIDADE DE
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA O MUNICÍPIO DE
CATAGUASES – MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído

Aprovado em: 21 de Setembro de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jonathas Batista Gonçalves Silva - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Prof. Dr. Fábio Cardoso de Freitas
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Prof. Dr. Sady Junior Martins da Costa Menezes
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Dedico inteiramente este trabalho de mestrado à minha amada esposa, que foi, do início ao fim desta fase de minha vida, a minha mentora e incentivadora incansável. Seu amor, apoio e compreensão foram fundamentais para que eu pudesse conquistar mais esse título. Sou imensamente grato por ter você ao meu lado, compartilhando os desafios e as alegrias dessa jornada acadêmica. Sua presença e encorajamento constante foram a força motriz que impulsionou meu progresso. Este trabalho é uma expressão do nosso compromisso mútuo e do amor que nos une. Dedico a você com todo o meu amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela sua presença constante em minha vida e por me guiar em minha jornada acadêmica, proporcionando força, sabedoria e superação de desafios.

Agradeço à instituição de ensino UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora) por proporcionar um ambiente de aprendizado enriquecedor, com professores dedicados e estrutura adequada para o desenvolvimento do conhecimento.

Agradeço aos meus colegas de turma que contribuíram para meu aprendizado.

Expresso minha gratidão ao meu orientador, o Professor Dr. Jonathas Batista Gonçalves Silva, pela sua orientação precisa, paciência, incentivo e compartilhamento de conhecimentos valiosos. Sua expertise e comprometimento foram essenciais para o sucesso deste estudo.

Agradeço à banca examinadora, composta por profissionais qualificados, pela avaliação criteriosa e pelos insights fornecidos durante a qualificação deste estudo. Suas contribuições contribuíram para aprimorar a qualidade do trabalho.

Por fim, estendo meu agradecimento a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste estudo. Seja por meio de suporte emocional ou técnico bem como com quaisquer outras formas de auxílio, cada contribuição foi fundamental para o alcance dos objetivos deste trabalho. Sua colaboração é genuinamente valorizada e apreciada.

“Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso, aprendemos sempre.” (Paulo Freire)

RESUMO

Este estudo teve como objetivo realizar uma análise preliminar de possíveis áreas adequadas para a implantação de um novo aterro sanitário no município de Cataguases. Além disso, buscou-se realizar uma análise crítica da gestão de resíduos sólidos municipal e traçar suas perspectivas futuras. A metodologia adotada consistiu na elaboração de mapas para identificar áreas propícias e impróprias para a implantação do aterro sanitário, levando em consideração critérios estabelecidos pela NBR 15849, Resolução CONAMA nº 404/2008 e COPAM nº 118/2008. Foram considerados aspectos como declividade, presença de cursos d'água, restrições ambientais, ferrovias e rodovias. Os resultados obtidos revelaram a identificação de uma grande área imprópria para a implantação do aterro sanitário em Cataguases, de acordo com os critérios técnicos estabelecidos. Essa identificação é crucial para garantir a eficiência e a sustentabilidade do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, bem como para a preservação do meio ambiente e a proteção dos recursos hídricos. No entanto, também foram encontradas várias áreas sem restrições, que oferecem opções viáveis para a instalação do aterro sanitário de acordo com a legislação vigente. Essas áreas apresentam características favoráveis, como declividade adequada, ausência de proteção de cursos d'água e nascentes, além de estarem livres de restrições ambientais, ferrovias e rodovias. A conclusão do estudo destaca a importância da escolha adequada da localização do aterro sanitário, levando em consideração apenas os critérios técnicos. Essas informações são fundamentais para contribuir para a garantia da eficiência do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, bem como para a minimização dos impactos negativos.

Palavras-Chave: Aterro Sanitário; Município de Cataguases; Critérios de seleção.

ABSTRACT

This study aimed to conduct a preliminary analysis of potential suitable areas for the implementation of a new landfill in the municipality of Cataguases. Additionally, it sought to perform a critical analysis of the municipal solid waste management and outline its future perspectives. The methodology adopted involved the creation of maps to identify suitable and unsuitable areas for the landfill, taking into account criteria established by NBR 15849, CONAMA Resolution No. 404/2008, and COPAM No. 118/2008. Factors such as slope, presence of watercourses, environmental restrictions, railways, and highways were considered. The results revealed the identification of a large unsuitable area for the landfill implementation in Cataguases, according to the established technical criteria. This identification is crucial to ensure the efficiency and sustainability of the solid waste management system, as well as the preservation of the environment and protection of water resources. However, several unrestricted areas were also found, offering viable options for the landfill installation in accordance with current legislation. These areas exhibit favorable characteristics, such as suitable slope, absence of watercourse and spring protection, and freedom from environmental restrictions, railways, and highways. The conclusion of the study emphasizes the importance of making an appropriate choice for the landfill location, considering only the technical criteria. This information is fundamental to contribute to ensuring the efficiency of the solid waste management system, as well as minimizing negative impacts.

Keywords: Landfill; Cataguases Municipality; Selection criteria.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Hierarquia de prioridades da PNRS	18
Figura 2 - Principais ações desenvolvidas para apoiar a evolução da Política Pública de Gestão dos RSU em Minas Gerais	27
Figura 3 - O que acontece com os resíduos no Brasil.....	28
Figura 4 - Localização geográfica dos municípios limítrofes a Cataguases	38
Figura 5 - Rodovias de acesso ao município de Cataguases	40
Figura 6 - Fluxograma	46
Figura 7 - Procedimento adotado na confecção no mapa com o limite do município.....	48
Figura 8 - Procedimento adotado para a confecção do mapa hidrografia.....	49
Figura 9 - Procedimento adotado para a criação do shape.....	49
Figura 10 - Procedimento adotado para extração por máscara	50
Figura 11 - Procedimento adotado para a criação do mapa de áreas com declividade acima de 30%.....	50
Figura 12 - Procedimento adotado para a criação dos mapas de áreas com declividade maior ou igual à 30%.....	51
Figura 13 - Procedimento adotado para a criação dos mapas de áreas	51
Figura 14 - Procedimento adotado para reprojetar camada.....	52
Figura 15 - Áreas com restrição	54
Figura 16 - Área sem restrição	63
Figura 17 - Áreas próprias.....	64
Figura 18 - Áreas próprias para construção de aterro sanitário e vias de acesso em Cataquases	66
Figura 19 - Áreas próprias para construção de aterro sanitário mais próximas às vias de acesso em Cataquases.....	67
Tabela 1 - Quantidade de municípios por tipo de destinação de RSU conforme a região	24
Tabela 2 - Quantidade de municípios por tipo de destinação de RSU conforme a região	25
Tabela 3 - Distâncias do Município de Cataguases da capital e dos principais municípios da Zona da Mata	39
Tabela 4 - Projeção futura da população do município de Cataguases	42

Tabela 5 - Geração de resíduos sólidos para município de Cataguases em horizonte de 20 anos.....	44
Tabela 6 - Critérios para seleção de Áreas adequadas para implantação de aterro sanitário.....	46
Tabela 7 - Resultado das variáveis base para o cálculo da área do aterro sanitário para o município de Cataguases, MG.....	53
Tabela 8 - Identificação das áreas próprias com maior potencial.....	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS	16
3.2. CENÁRIO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO BRASIL E EM MINAS GERAIS	21
3.2.1 Brasil	21
3.2.2 Sudeste e Minas Gerais	24
3.3 IMPACTOS SOCIAIS E AMBIENTAIS	28
3.4 PRINCIPAIS TÉCNICAS DE SELEÇÃO DE ÁREA.....	29
3.4.1 Normas que regem a seleção de áreas	29
3.4.2 Metodologias utilizadas para análise de seleção de áreas	32
4 MATERIAL E MÉTODO	37
4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	37
4.2 CÁLCULO DA ÁREA IDEAL PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO .41	
4.2.1 Estimativa da quantidade de resíduos produzidos	43
4.3 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE ÁREAS PARA ATERROS SANITÁRIOS	46
4.3.1 Procedimentos de confecção dos mapas	47
4.4 ANÁLISE CRÍTICA DE GESTÃO DE RESÍDUOS DA ÁREA DE ESTUDO	52
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1 POSSÍVEIS ÁREAS DE IMPLANTAÇÃO	53
5.2 ANÁLISE CRÍTICA	68
6 CONCLUSÃO	75
REFERÊNCIAS	77

1 INTRODUÇÃO

A Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), aponta que em 2010 o Brasil registrava a geração anual de 66,7 milhões de toneladas (Mt) Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), em um espaço temporal de 9 anos esse quantitativo já registrava 79,1 Mt, uma diferença de 12,4 milhões de toneladas (ABRELPE, 2020).

O mesmo estudo aponta ainda que cada brasileiro produz, em média, 379,2 kg de lixo por ano, o que corresponde a mais de 1 kg por dia e a maior parte dos RSU coletados segue para disposição em aterros sanitários, tendo registrado um aumento de 10 Mt em uma década, passando de 33 milhões de toneladas por ano para 43 Mt. Por outro lado, a quantidade de resíduos que segue para unidades inadequadas (lixões e aterros controlados) também cresceu, passando de 25 Mt por ano para pouco mais 29 Mt por ano (ABRELPE, 2020).

A relevância deste tema é acentuada a partir de 02 de agosto de 2010 quando a Lei nº 12.305/10, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) passou a vigorar e os municípios brasileiros foram obrigados a se organizarem para atender as exigências legais que regem sobre o destino dos resíduos sólidos.

Com o estabelecimento da PNRS foi cobrado transparência dos setores públicos e privados no que diz respeito ao gerenciamento dos resíduos. Esta política propõe a prática de hábitos sustentáveis de consumo, além de conter instrumentos que incentivam a reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos sólidos, bem como a destinação ambientalmente adequada dos dejetos e até o fim dos lixões.

No art.54 da PNRS está escrito:

A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deverá ser implantada até 31 de dezembro de 2020, exceto para os Municípios que até essa data tenham elaborado plano intermunicipal de resíduos sólidos ou plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos e que disponham de mecanismos de cobrança que garantam sua sustentabilidade econômico-financeira, nos termos do art. 29 da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para os quais ficam definidos os seguintes prazos:

I - até 2 de agosto de 2021, para capitais de Estados e Municípios integrantes de Região Metropolitana (RM) ou de Região Integrada de Desenvolvimento (Ride) de capitais;

II - até 2 de agosto de 2022, para Municípios com população superior a 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010, bem como para

Municípios cuja mancha urbana da sede municipal esteja situada a menos de 20 (vinte) quilômetros da fronteira com países limítrofes;
III - até 2 de agosto de 2023, para Municípios com população entre 50.000 (cinquenta mil) e 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010; e (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)
IV - até 2 de agosto de 2024, para Municípios com população inferior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010. (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)”

Segundo o estudo da Associação Brasileira das Empresas de Tratamento de Resíduos Sólidos e Efluentes (Abetre), realizado em 2020, cerca de 60% dos municípios brasileiros utilizam lixões, o que impacta de forma direta, aproximadamente, 42 milhões de pessoas.

Nos 3.556 municípios que responderam à pesquisa realizada pela Abetre em 2020, estima-se que existam 2.307 unidades de disposição final, sendo 640 aterros e 1.667 lixões. Com isso, de cada 10 locais de destinação final, sete são lixões. Ainda se estima que grande parte dos 2.014 municípios que não declararam a destinação final de seus resíduos também utiliza lixões. Esses locais recebem, por ano, mais de 70 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, sendo 78% recicláveis (dentro orgânicos e secos). Rejeitos e outros representam 22%.

Diante destes dados, se faz extremamente importante destacar a relevância do gerenciamento de resíduos, uma vez que este é uma questão fundamental para a preservação do meio ambiente e a promoção da saúde pública. No Brasil, a gestão de resíduos é uma responsabilidade dos municípios, que têm a tarefa de coletar, transportar, tratar e destinar adequadamente os resíduos produzidos em suas cidades (MINAS GERAIS, 2009).

A seleção de áreas para a instalação de aterros sanitários é uma das etapas mais importantes do gerenciamento de resíduos. Os aterros sanitários são locais onde os resíduos são depositados e tratados, de forma a minimizar os impactos ambientais e garantir a segurança da população. No entanto, a escolha do local para a instalação desses aterros é um processo complexo e envolve diversas variáveis que devem ser consideradas.

Mateus (2012) e Lino (2012) afirmam que ao considerar a pré-seleção de áreas para alocação de um aterro sanitário, diversos fatores são avaliados, incluindo aspectos ambientais, restrições legais e critérios operacionais. No entanto, a seleção final do local não deve se limitar apenas a esses fatores técnicos e restritivos, mas

também deve levar em consideração aspectos socioeconômicos e políticos que podem gerar obstáculos significativos na escolha do local.

Uma das metodologias mais utilizadas pelos municípios brasileiros para a seleção de áreas para a instalação de aterros sanitários é a análise multicritério. Essa metodologia consiste em avaliar diversos critérios, como a distância em relação às áreas urbanas, a topografia do terreno, a qualidade do solo e da água, entre outros, e atribuir pesos a cada um desses critérios de acordo com sua importância relativa (LORENÇO, CUNHA E SALES, 2015; COSTA et al, 2020).

Outra metodologia que pode ser utilizada pelos municípios é a análise de risco. Nessa abordagem, são avaliados os riscos ambientais e de saúde pública associados à instalação de aterros sanitários em determinadas áreas. São considerados fatores como a presença de cursos d'água, a proximidade de áreas residenciais e a capacidade do solo em absorver os resíduos (MELO, 2001).

Além disso, os municípios também podem recorrer a estudos de impacto ambiental e de viabilidade econômica para embasar a escolha da área para a instalação do aterro sanitário. Esses estudos permitem avaliar os impactos ambientais e sociais da instalação do aterro, bem como a viabilidade financeira do empreendimento. No entanto, é importante ressaltar que a seleção da área para a instalação de aterros sanitários deve ser feita de forma participativa, envolvendo a população e os diferentes setores da sociedade. É fundamental que a escolha da área seja transparente e democrática, levando em consideração os interesses e as preocupações da comunidade local (CUNHA; AUGUSTIN, 2014).

Em resumo, o gerenciamento de resíduos é uma questão de extrema importância para a preservação do meio ambiente e a promoção da saúde pública. A seleção de áreas para a instalação de aterros sanitários é uma das etapas fundamentais desse processo, e deve ser baseada em metodologias transparentes, participativas e que considerem os diversos critérios envolvidos.

Sendo assim, o estudo ora proposto tem como objeto de pesquisa o município de Cataguases, localizado na Zona da Mata do estado de Minas Gerais, e que possui um Aterro Sanitário para destinação dos resíduos gerados, identificado como Aterro Controlado. Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Cataguases de 2016, este aterro controlado possui vida útil até 2027 (MINAS GERAIS, 2016), ou seja, o Poder Público Municipal deverá preparar outro

local para destinação dos resíduos sólidos urbanos gerados pelos habitantes de Cataguases.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo tem como objetivo geral identificar espaços apropriados onde a Prefeitura Municipal de Cataguases/MG poderá instalar uma unidade de disposição final dos RSU.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Os objetivos específicos consistem em:

- Realizar uma análise preliminar de possíveis áreas no município de Cataguases que sejam adequados para que a prefeitura municipal execute a implantação de uma nova unidade de disposição final dos RSU.
- Análise da gestão de resíduos sólidos municipal e perspectivas futuras.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Diante de uma situação de crescimento constante da produção de resíduos sólidos urbanos no Brasil, foi necessário desenvolver diretrizes gerais que atendessem às exigências do país e que envolvessem questões específicas, como mudanças na cadeia produtiva, valorização dos resíduos sólidos e uma maior integração neste processo da própria população de forma ativa. Por outro lado, para regulamentar as lacunas do cenário ambiental, o governo federal estabeleceu, através da Lei 12.305/2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a definição das obrigações e responsabilidades dos agentes que incorporam o ciclo de vida dos produtos. No entanto, de forma dispersa, se disciplinavam instrumentos legais específicos sobre o tema (SOUSA, 2012).

A aprovação da PNRS depois de ser discutida por mais de 20 anos no Congresso Nacional, foi um marco para que se iniciasse uma forte aliança entre as três unidades federativas (União, Estados e Municípios), o setor produtivo e sociedade em sua totalidade, qualificando e traçando uma nova direção aos debates sobre o tema e, concomitantemente, buscando por soluções para os problemas referentes à gestão de resíduos sólidos que ameaçavam a qualidade de vida dos brasileiros (BRASIL, 2012).

A aprovação da nova lei, segundo Brandão e Oliveira (2012, p. 21), representa um avanço sem medida e um enorme desafio no que condiz às questões da política de proteção ambiental e desenvolvimento sustentável para a população deste país. Destaca-se que em seu artigo 1º apresenta o propósito da PNRS, qual seja:

Art. 1º. Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010, art. 1º).

Nesse sentido, as prioridades da PNRS são destacadas por Salomão (2015, p. 1) como sendo “a redução do volume de resíduos gerados, a ampliação da reciclagem, aliada a mecanismos de coleta seletiva com inclusão social de

catadores e a extinção dos lixões”, destaca ainda a previsão de “implantação de aterros sanitários que receberão apenas dejetos, aquilo que, em última instância, não pode ser aproveitado”.

Ressalta-se que a lei 12.305/2010, prevê em seu texto normativo diversas metas e objetivos que devem ser alcançados pelos estados e municípios e, para que esses sejam atingidos, a PNRS estabelece as condutas adequadas de agentes públicos e privados, bem como orienta quanto aos mecanismos para o adequado gerenciamento e gestão dos resíduos, os quais são conceituados no art. 3º, incisos X e XI, da supracitada lei:

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

[...]

X - gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei;

XI - gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável;[...] (BRASIL, 2010).

Observa-se, portanto, que tanto a gestão quanto o gerenciamento dos resíduos sólidos devem ser realizados de maneira ambientalmente adequada e de acordo com uma perspectiva integrada que inclua, além dos particulares, os poderes executivos, tanto no âmbito municipal quanto estadual e federal (CARDOSO FILHO, 2014).

De acordo com Sousa (2012), a lei inova as questões dos resíduos sólidos, auxiliando na construção de um novo paradigma que inclui a sustentabilidade, uma vez que, através de uma estrutura hierárquica de prioridades, apresenta como ações prioritárias diversas políticas que têm como finalidade agir no cerne do problema, como demonstrado na Figura 1.



Fonte: Pfeiffer e Oliveira (2019)
 Figura 1 - Hierarquia de prioridades da PNRS

Lopes (2003) explica que essa hierarquia de prioridades é compreendida como uma estrutura essencial para que a gestão de resíduos sólidos seja realizada de forma eficaz, sendo uma relevante diretriz dentro da política que define o direcionamento de um ciclo que visa o favorecimento ambiental. O autor alude que a quantidade de lixo gerado define os gastos com seu gerenciamento, portanto, quanto menor o lixo gerado menor o gasto com gerenciamento dos resíduos sólidos, o que resulta em ganhos econômicos, pois há redução dos gastos públicos com ações desta natureza.

Nesse sentido, destaca-se o papel dos municípios frente à Política Nacional de Resíduos Sólidos, haja vista que os governos, no papel de representantes da sociedade, devem zelar pela condução responsável e sustentável da administração pública, de forma que deve ser tida como prioritária a execução de políticas públicas garantidoras da maximização dos protótipos ambientais de dignidade pessoal e coletiva. Portanto, tem-se que o gerenciamento dos resíduos sólidos compete ao poder público municipal e, sendo assim, as prefeituras têm papel central tanto nos gerenciamentos quanto nas estratégias mobilizadoras com inclusão social, garantindo assim a supremacia e relevância do bem comum, resultando em sustentabilidade para as comunidades (GRIMBERG, 2014).

Entretanto, para que se alcance essas metas, os municípios precisam cumprir as obrigações estabelecidas na PNRS, dentre as quais destaca-se a realização de

controle e fiscalização, a extinção dos lixões e a implementação de aterros sanitários e o desenvolvimento de práticas de reciclagem e coleta seletiva (BRASIL, 2010).

De acordo com Naruo (2003), um dos maiores desafios das prefeituras é justamente a política de destinação dos resíduos sólidos, já que esta consome uma parcela significativa do orçamento, causando assim impactos significativos no orçamento dos municípios, podendo atingir um marco de 20% dos gastos municípios com os recursos que envolvem esse processo, o que, muitas vezes, resulta na inviabilização de investimentos no setor de resíduos, haja vista que tais gastos podem refletir negativamente em outras áreas essenciais como a saúde e educação.

Entretanto, o autor afirma que há alternativas capazes de atenuar o auto custo e garantir o sustento da gestão de resíduos sólidos, tais como os consórcios de cooperação intermunicipal onde há o consorciamento dos municípios visando aumentar a sua capacidade financeira e operacional, o que agrega maior eficiência no uso dos recursos disponíveis (NURUO, 2003). Tais consórcios contribuem para a unificação de potenciais dos município e, conseqüentemente, minimização da insuficiência de recursos, possibilitando que políticas públicas voltadas para a execução da gestão de resíduos sólidos possam ser implementadas, além do mais, são considerados como valiosas soluções de auxílio para os municípios de pequeno porte que, normalmente, possuem escassez orçamentária (CALIXTO, 2016). Vale ressaltar que um dos instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), conforme o artigo 8º, XIX, e ratificado pelo Decreto nº 10.936/2022, é incentivar a adoção de consórcios ou outras formas de cooperação entre entes federados. Esse incentivo tem como objetivo aumentar as escalas de aproveitamento e reduzir os custos envolvidos na gestão de resíduos sólidos. O artigo 33, III, do Decreto nº 10.936/2022 também reforça a importância da cooperação entre os entes federados como uma estratégia para a efetivação da PNRS. (BRASIL, 2010; BRASIL, 2022).

Portanto, sendo insuficiente os recursos necessários para garantir outras formas de captação de recursos que possam viabilizar o gerenciamento dos resíduos sólidos, os municípios precisam ampliar o seu papel, para tanto, o artigo 18 da PNRS prevê a implantação do instrumento denominado Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), que consiste em um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental e social, com controle social

e sob a premissa do desenvolvimento sustentável o qual garante que os municípios que elaborarem e implementarem os seus planos municipais tenham acesso aos recursos federais que são destinados ao setor de resíduos sólidos. Portanto, dentre as exigências mínimas que devem constar no PMGIRS e estão dispostas na PNRS em seu artigo 19 e incisos, estão a elaboração de um diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no município, a implantação de reciclagem, coleta seletiva e programas de educação ambiental (BRASIL, 2010). Dentre estes, vale destacar o inciso II, do supracitado artigo, dispõe que deverá constar no PMGIRS a 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.

Já os municípios que não elaborarem o seu PMGIRS terão, certamente, suas receitas afetadas, uma vez que perderão o direito de acessar os recursos federais que são repassados ao setor de resíduos sólidos além de consequências legais passíveis de serem aplicadas aos municípios e seus gestores. Dentre tais consequências cita-se: quanto aos gestores públicos que não realizarem essa elaboração do PMGIRS, estarão incorrendo na violação do princípio da legalidade, o que caracteriza ato de improbidade administrativa conforme disposto no caput do art. 11 da Lei nº 8.429/92, podendo, ainda, gerar crime de responsabilidade na esfera penal para o prefeito pelo não cumprimento, por omissão, de lei federal conforme art. 1º, XIV, do Decreto-Lei nº 201/67 (BRASIL, 1967; BRASIL, 1992; BRASIL, 2010). e quanto ao município, este incorrerá em crime ambiental (DE MUTIIS, 2014).

Mesmo diante dessas consequências, Copola (2012) afirma que muitos municípios ainda não elaboraram seus PMGIRS nem adotaram as medidas necessárias para tal consecução e implementação desse relevante instrumento de proteção e conservação ambiental.

Apesar de todas essas consequências legais possíveis de serem aplicadas aos gestores que não se adequarem à PNRS, vale destacar que, de acordo com Verdélio (2016), 59% dos municípios do país ainda não haviam elaborado os seus PMGIRS. Já no último relatório do Ministério do Meio Ambiente consta que, de acordo com o Perfil dos Municípios Brasileiros (MUNIC), realizado pelo IBGE e publicado em 2014 e 2018 (anosbase 2013 e 2017), houve crescimento neste período do número de municípios que possuem Planos de Gestão de Resíduo, já

que em 2013 uma média de 33% dos municípios possuíam PMGIRS e em 2017 esse percentual subiu para 55%. As declarações do SNIS-RS de 2018 apontam que dos 3.468 municípios respondentes, 1.810 declararam possuir PMGIRS e 267 informaram possuir planos intermunicipais (BRASIL, 2020).

3.2. CENÁRIO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO BRASIL E EM MINAS GERAIS

3.2.1 Brasil

De acordo com os dados disponibilizados no relatório denominado *Environmental Performance Index, 2020 Release (1950–2020)* (SEDAC, 2020), dentre os 180 países no mundo em que, sob diversos viés, se classificou a saúde ambiental e vitalidade dos seus ecossistemas, o Brasil, para o ano de 2020, ocupou a 51° posição na temática acerca do gerenciamento de resíduos sólidos e a 96° colocação na categoria de abastecimento de água e saneamento, ficando portanto bem distante de alguns países vizinhos, tais como o Uruguai (35°), a Argentina (46°), a Colômbia (63°), o Paraguai (90°) e a Venezuela (94°) (WENDLING et al, 2020).

O Brasil possui mais de 210 milhões de pessoas, sendo considerado um dos países que mais geram resíduos sólidos no mundo, sendo que grande parte destes resíduos não são descartados de forma adequada, não recebendo, portanto, em sua destinação final, tratamentos com soluções viáveis economicamente, conforme dispõe a legislação e as tecnológicas hoje disponíveis. Deste modo, parte destes resíduos são depositados a céu aberto, lançados na rede pública de esgotos ou queimados (SZIGETHY, 2021).

De acordo com Szigethy (2021), dentre tais resíduos há aqueles considerados mais complexos e que são de responsabilidade de seus geradores, como aqueles provenientes da construção civil, dos hospitais, de mineração, os radioativos, agrícolas e industriais. Já os considerados mais comuns são os oriundos de atividades domésticas residenciais urbanas e os provenientes da limpeza urbana, de logradouros e de vias públicas classificados como resíduos sólidos urbanos (RSU).

Um exemplo de RSU que tem aumentado de forma crescente no país é o lixo eletrônico, o qual também merece atenção em razão de sua toxicidade, uma vez que,

segundo a Global E-waste Statistics Partnership (GESp), entre 2014 e 2019 tiveram um crescimento de 21% (OPAS, 2021).

De acordo com os dados mais recentes divulgados pela Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), que através de pesquisas anuais apresenta um panorama dos resíduos sólidos no Brasil envolvendo informações sobre geração, coleta, coleta seletiva e destinação final de RSU no país, foi apontado que em 2019 o Brasil gerou 79 Mt deste tipo de resíduo, dentre este, foi coletado um total de 72,7 Mt (92%). O relatório comparou esse resultado com o obtido no ano anterior e verificou que houve uma alta na coleta de 1,66%. Entretanto, alerta que 6,3 Mt de resíduos não foram recolhidos nos locais de geração dos mesmos (ABRELPE, 2019). Entre 2010 e 2019, a geração de RSU no Brasil registrou considerável incremento, passando de 67 Mt para 79 Mt por ano. Por sua vez, a geração per capita aumentou de 348 kg/ano para 379 kg/ano.

Já o panorama referente à 2020 foram coletadas 76,1 Mt, o que representa uma cobertura de coleta de 92,2%, com uma média de 359,3 quilos de resíduos por habitante. Dentre os três estados que coletaram a maior quantidade de RSU, a região sudeste está em primeiro lugar com uma coleta de 40,3 Mt anuais, tendo uma coleta média de 452,2 quilos por habitante, ou seja, a região sudeste produz mais RSU por habitantes que a média nacional. A região Nordeste está como a segunda maior coletora, com pouco mais de 16,5 Mt, seguida da região Sul, com cerca de 8,5 Mt coletadas (ABRELPE, 2021)

A pesquisa aponta ainda que, dos 76,1 Mt de RSU coletados no país, 45,8 Mt foram destinados para aterro sanitários, sendo, portanto, encaminhados para destinação adequada 60,2% dos resíduos coletados no país. Em contrapartida, 30,3 Mt do total de resíduos foram encaminhados para áreas de disposição inadequadas, como lixões e aterros controlados, representando 39,8% de descarte inadequado, ou seja, em locais que não possuem um conjunto de sistemas e medidas necessários para proteger a saúde das pessoas e o meio ambiente contra danos e degradações, logo, com elevado potencial de poluição ambiental e impactos negativos à saúde humana (ABRELPE, 2021).

Vale ressaltar que, se por um lado as regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste possuem um índice de cobertura de coleta superior à média nacional, por outro, nas regiões Norte e Nordeste, apenas uma média de 80% dos resíduos gerados são

coletados pelos serviços de coleta regular nos municípios localizados nessas regiões, os outros 20% não são alcançados por este meio de coleta.

Já o relatório 2022 da Abrelpe (ABRELPE, 2023) aponta um crescimento de 22% comparado com 2010, uma vez que os RSU totalizaram cerca de 81,8 Mt, o que equivale a, aproximadamente, 224 mil toneladas por dia, ou seja, uma média de 1,043 kg/dia de resíduos produzidos por cada brasileiro (ABRELPE, 2023).

Contudo, comparando os dados de 2022 com os dados do ano anterior, observa-se que o país apresentou uma curva regressiva, pois em 2021 o total de RSU gerados no país foi de 82,7 Mt, possivelmente devido às mudanças nas dinâmicas sociais, como o aumento da geração de resíduos em empresas, escolas e escritórios devido à redução dos serviços de entrega em comparação com o período de maior isolamento social e variações no poder de compra de parte da população (ABRELPE, 2023).

A região Sudeste, mantendo a liderança de 2021, foi a região com maior geração de resíduos, representando cerca de 50% do total gerado no país, com aproximadamente 111 mil toneladas por dia e uma média de 450 kg por habitante por ano em 2022. Em contraste, a região Centro-Oeste representa pouco mais de 7% do total gerado, com cerca de 6 milhões de toneladas por ano, sendo a menor entre todas as regiões (ABRELPE, 2023).

Já o levantamento apresentado em setembro de 2022 pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), foram coletados dados de 5.018 unidades de processamento de RSU (Resíduos Sólidos Domiciliares - RDO + Resíduos Sólidos Públicos - RPU)¹ em funcionamento no ano de 2020, as quais receberam um total de 92,7 Mt de resíduos sólidos. Dentre esse quantitativo, 67,6 Mt foram destinadas a unidades de disposição no solo, sendo 49,4 Mt para aterros sanitários, 10,2 Mt para lixões e 8,0 Mt para aterros controlados. (SNIS-RS 2020, 2022, p. 9).

Tal resultado aponta que ainda há muito que se trabalhar nas questões de conscientização das fontes geradoras de RSU.

¹ De acordo com o SNIS, são considerados Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) todo material de origem domiciliar (RDO) e pública (RPU), OS QUAIS, Após a coleta, devem ter destinação correta e/ou disposição adequada (SNIS, 2023).

3.2.2 Sudeste e Minas Gerais

Ao buscar observar o cenário dos RSU no que tange ao estado de Minas Gerais, o relatório da ABRELPE de 2019 não demonstra especificamente por estado, mas por região. Deste modo, aponta que a região sudeste, representada por Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, é a região de maior percentual participativo na totalidade de RSU coletados no país tanto em 2017 quanto em 2018, tendo apontado um percentual em 2018 de 53,2% das coletas. Destaca-se que houve um aumento de 0,3% comparado ao ano anterior.

Em 2020 a Região Sudeste se manteve como responsável pela maior massa coletada dentre as demais regiões do país, com pouco mais de 40 milhões de toneladas por ano, seguida das regiões Nordeste, com pouco mais de 16,5 milhões de toneladas e Sul, com cerca de 8,5 milhões de toneladas coletadas.

Diante destes resultados, buscou-se a quantificação das regiões que optam pela destinação de RSU em aterro sanitário, aterro controlado e lixões. O relatório referente ao ano de 2018 apontou que a região sudeste está em segundo lugar como detentora do maior número de municípios que optam pelo aterro sanitário, primeiro maior quantitativo que opta pelo aterro controlado e terceira posição dentre aqueles que optam pelo lixão (Tabela 1), já os dados referentes a 2020 e 2021 demonstram somente os descartes adequados e inadequados, sem especificar o quantitativo de cada estado, como ocorreu nos relatórios anteriores (Tabela 2).

Tabela 1 - Quantidade de municípios por tipo de destinação de RSU conforme a região

Disposição Final	Brasil 2017	Regiões e Brasil - 2018					Brasil
		Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	
Aterro Sanitário	2.218	93	454	162	820	1.040	2.569
Aterro Controlado	1.742	110	496	152	641	109	1.508
Lixão	1.610	247	844	153	207	42	1.493
Brasil	5.570	450	1.794	467	1.668	1.191	5.570

Fonte: ABRELPE (2019, p. 14).

O panorama de 2022 apresenta apenas os descartes adequados e inadequados ocorridos em 2021, entretanto é possível verificar que entre 2018

(tabela 1) e 2020 (tabela 2) ocorreu aumento dos descartes de forma adequada e queda dos descartes realizados inadequadamente em todos os estados.

Tabela 2 - Quantidade de municípios por tipo de destinação de RSU conforme a região

Regiões	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
Adequada	96	515	175	887	1.071	2.774
Inadequada	354	1.279	292	781	120	2.826
Brasil	450	1.794	467	1.668	1.191	5.570

Fonte: ABRELPE (2022, p. 23).

Quanto à iniciativa de coleta seletiva, o relatório referente a 2018 apontou que a região nordeste estava na primeira posição entre a quantidade de municípios com este tipo de iniciativas seguida da região sudeste e Sul (ABRELPE, 2019). Já o relatório referente a 2021 indica que 4.183 municípios, correspondendo a 75,1% do total de municípios no país, tiveram alguma forma de coleta seletiva, ligeiramente superior ao ano anterior. É importante notar, no entanto, que em muitas cidades, as atividades de coleta seletiva ainda não são abrangentes, podendo ser iniciativas isoladas.

Quanto os rankings dos estados, no relatório de 2021 a região sul (91,2%) vem ocupar a primeira posição entre a quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva, a Região Sudeste (90,6%) se mantém como segunda maior coletora seguida da região norte (65,3%), já a região centro-oeste (49,5%) e nordeste (43,3%) ocuparam a quarta e quinta posição do ranking (figurta 6). Já o relatório 2022 consta que as regiões Sul (91,4%) e Sudeste (91,2%) têm os maiores percentuais de municípios que implementaram algum tipo de iniciativas de coleta seletiva, seguida da região Norte (66,2%), Nordeste (57,7%) e Centro Oeste (51,4%). Nota-se que a região sul e sudeste vem se mantendo na dianteira nos dois últimos anos.

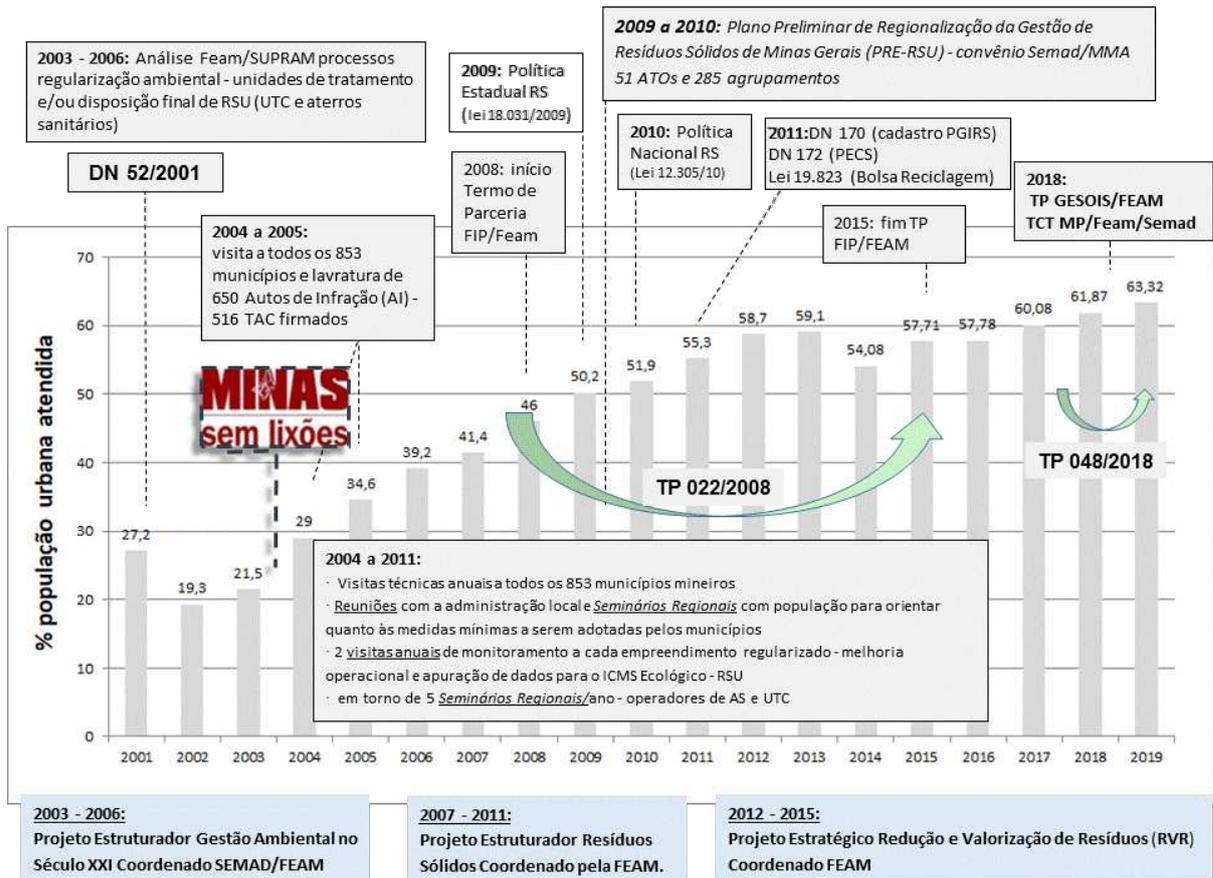
Diante dos resultados levantados no que concerne à região sudeste, destaca-se a situação do estado de Minas Gerais, onde verificou-se que, de acordo com a FEAM (2016), dos resíduos sólidos do estado, 44,82% são materiais orgânicos, 30,17% materiais recicláveis, 9,88% são materiais que apresentam dificuldade de reciclagem mas podem ser reaproveitados, tais como madeira, couro, borracha,

têxtil e REE. Nota-se, portanto, que uma média de 85% desses resíduos gerados podem ter outra destinação, portanto, apenas 15,13% desses RSU são efetivamente rejeitos. Nesse sentido, Angelo e Ritti (2019) destacam que em 2019 o estado gerou uma média de 7 Mt de resíduos sólidos.

Tais dados justificam o trabalho desenvolvido pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad) desde dezembro de 2019, que vem realizando acordos através de consórcios públicos intermunicipais em que é celebrado o Termo de Cooperação Técnica (TCTs) com o objetivo de realizar ações voltadas ao manejo e destinação adequada de RSU. Entre 2020 e 2022 foram assinados 17 TCTs, o que corresponde à integração ao consórcio de 340 municípios do estado (SECGERAL, 2022).

De acordo com o levantamento realizado pela SECGERAL (2022), atualmente 469 municípios destinam seus RSU em aterros sanitários ou unidades de triagem e compostagem licenciadas; 76 destinam seus resíduos em aterros sanitários ou unidades de triagem e compostagem sem licença ambiental; e 308 que ainda permanecem em situação irregular, destinando seus resíduos para lixões. (SECGERAL, 2022). Ou seja, são 308 municípios que contribuem com a contaminação do solo e das águas subterrâneas, devido à produção de lixiviado, e com o aumento do número de doenças, a partir da proliferação de animais e vetores.

Dessa forma, a Política Pública de Resíduos Sólidos, no que diz respeito à atuação do Programa Minas sem Lixões sobre a gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) em Minas Gerais, encontra-se resumidamente expressa no mapa cronológico de atividades e resultados percentuais apresentado na Figura 2.



Fonte: PMSL (2019)

Figura 2 - Principais ações desenvolvidas para apoiar a evolução da Política Pública de Gestão dos RSU em Minas Gerais

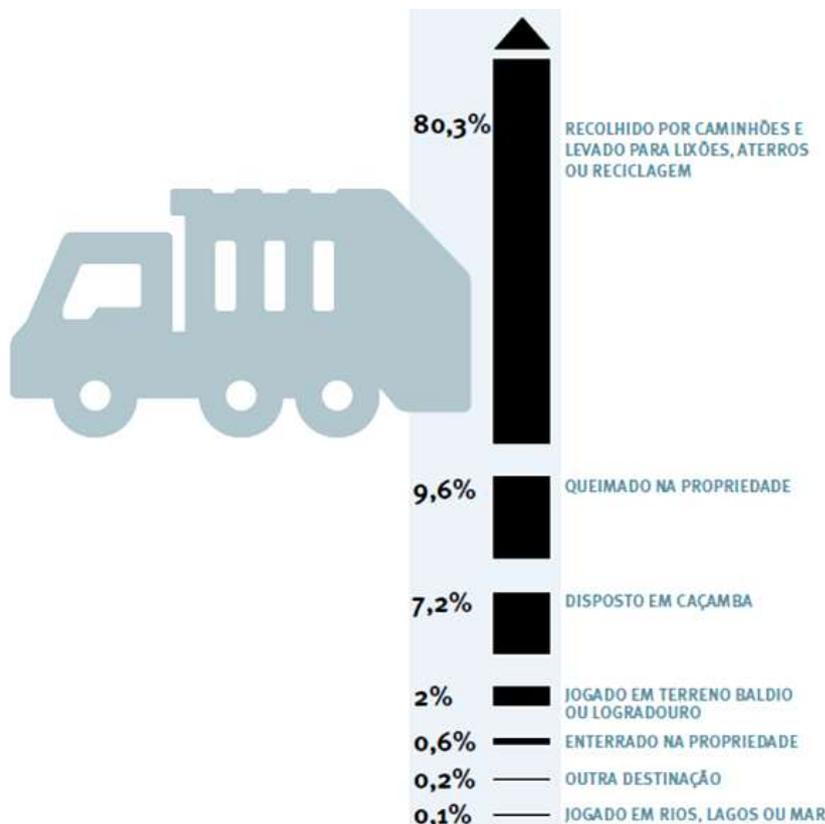
Diante deste cenário, ressalta-se os resultados apresentados em um estudo realizado pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe), em que foi demonstrado que um aterro sanitário com capacidade para receber 100 ton./dia gira em torno de R\$269,00 por tonelada; enquanto que em um aterro com capacidade para 2.000 ton./dia o custo diminui para R\$85,64 por tonelada (SECGERAL, 2021).

Por fim, vale destacar o ICMS Ecológico, que se refere a um benefício idealizado pela Semad em que os municípios que destinam os RSU de, no mínimo, 70% da população urbana para aterros sanitários ou unidades de triagem e compostagem licenciadas recebem, como parte da política de incentivo ambiental, uma ampliação do repasse relativo ao Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) (SECGERAL, 2022).

3.3 IMPACTOS SOCIAIS E AMBIENTAIS

A falta de saneamento adequado promove uma gama de doenças para o ser humano, dentre as principais enfermidades, pode-se citar a Hepatite A, febre amarela, dengue, febre tifoide, cólera, malária, dentre outras mais. O meio ambiente não fica ileso a esses impactos, haja visto que além dos danos ao solo, água e vegetação, há ocorrência ainda das emissões totais de Gases de Efeito Estufa (GEE), o qual, em Minas Gerais apresentou maior crescimento, sendo registrado um aumento de 187% de 1990 a 2019, com tendência a aumentar nas próximas décadas (CARVALHO, 2021).

Nesse sentido, vale apontar uma pesquisa realizada pelo Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE) sobre o mercado de reciclagem no Brasil, em que foi analisado o processo do RSU desde a coleta até o destino final dos resíduos (sólidos). Neste estudo foi demonstrado que 40% desse tipo de lixo acaba em lixões à céu aberto e aterros sem os devidos cuidados ambientais necessários, conforme demonstrado na Figura 3 (CEMPRE, 2013).



Fonte: CEMPRE (2013)

Figura 3 - O que acontece com os resíduos no Brasil

Este cenário pode ser considerado como um reflexo diante do posicionamento do Brasil como o quinto maior gerador de resíduos eletrônicos do mundo e o que apresenta a menor taxa (3%) de reciclagem. O estudo da Green Eletron concluiu que somente haverá mudança nesse cenário quando a população se tornar mais consciente e as iniciativas específicas de reciclagem forem colocados em prática (GREEN ELETRON, 2022).

3.4 PRINCIPAIS TÉCNICAS DE SELEÇÃO DE ÁREA

3.4.1 Normas que regem a seleção de áreas

A seleção de áreas para aterros sanitários é regida por normas e regulamentações específicas, tais como a NBR 15849 (ABNT, 2010), Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) 12.305/2010 (PNR, 2010) e a Resolução CONAMA nº 404/2008 (CONAMA, 2008). Esses documentos estabelecem diretrizes fundamentais para a seleção adequada de áreas e a disposição final de resíduos sólidos.

A NBR 15849, intitulada "Projeto de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - Critérios para seleção de áreas para disposição final", estabelece critérios técnicos e procedimentos para a seleção de áreas destinadas à disposição final de RSU. Ela define requisitos geotécnicos, hidrogeológicos, de localização, acessibilidade e outros fatores que devem ser considerados durante o processo de seleção de áreas.

Já a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNR, 2010), legislação extremamente importante no Brasil, estabelece diretrizes e responsabilidades para a gestão adequada dos resíduos sólidos. Suas principais contribuições incluem: estabelecimento de princípios como a responsabilidade compartilhada, a prioridade para a não geração de resíduos, a promoção da coleta seletiva e a valorização dos resíduos sólidos; definição de metas para a redução da disposição inadequada de resíduos, incentivando a reciclagem e a destinação ambientalmente correta; criação de instrumentos de planejamento, como os Planos de Resíduos Sólidos, para orientar a gestão de resíduos nos municípios; estabelecimento de responsabilidades compartilhadas entre governo, setor empresarial e cidadãos na gestão dos resíduos

sólidos; e incentivo à inclusão social e econômica de catadores de materiais recicláveis. Portanto, a PNRS é fundamental para promover uma gestão mais eficiente e sustentável dos resíduos sólidos no Brasil, visando à redução dos impactos ambientais e à promoção da reciclagem e reutilização de materiais.

Por sua vez, a Resolução CONAMA n° 404/2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), regulamenta a localização, instalação e operação de aterros sanitários. Ela estabelece diretrizes específicas para a seleção de áreas, incluindo critérios ambientais, como a distância mínima de corpos d'água, áreas de preservação permanente e unidades de conservação.

Seguindo as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), da Norma Brasileira NBR 15849/2010 e da Resolução CONAMA n° 404/2008, o passo-a-passo para realizar o cálculo da área ideal para implantação do aterro sanitário no Brasil seria (ABNT, 2010; CONAMA, 2008; PNRS, 2010):

a) Identificação da região que demanda o aterro sanitário e coleta de dados relevantes, como a quantidade de resíduos gerados, a taxa de crescimento populacional, a composição dos resíduos, entre outros.

b) Seleção de uma área que atenda a todos os critérios de localização definidos pela PNRS 12.305/2010, NBR 15849/2010 e Resolução CONAMA n° 404/2008, tais como: distância mínima de 200 metros de corpos d'água, mananciais e nascentes; distância mínima de 500 metros de áreas de preservação permanente, como matas ciliares; distância mínima de 1.500 metros de áreas urbanas, vilas e povoados; distância mínima de 300 metros de estradas, ferrovias e aeródromos; terreno com declividade máxima de 15% e permeabilidade adequada para evitar a contaminação do solo e das águas subterrâneas; solo com resistência adequada para suportar a carga dos resíduos, além de ser livre de vazamentos e desmoronamentos (ABNT, 2010; CONAMA, 2008).

c) Estimativa da demanda futura de resíduos da região, utilizando métodos como o geométrico ou o aritmético, levando em conta a taxa de crescimento populacional, o aumento do consumo e a adoção de políticas de redução, reutilização e reciclagem de resíduos.

d) Cálculo da capacidade máxima do aterro sanitário, levando em consideração a demanda futura de resíduos e a capacidade de suporte do solo, com base em fórmulas como a de Gomes (2007) ou a de ABNT NBR 15849/2010.

e) Definição da área total do aterro sanitário, que deve ser composta pela área utilizada para a deposição dos resíduos e por uma área de reserva, que deve ser calculada em função da capacidade máxima do aterro sanitário.

f) Elaboração do projeto básico do aterro sanitário, que deve contemplar a definição das células de deposição, das instalações de tratamento de efluentes e gases, das vias de acesso e dos equipamentos necessários.

g) Monitoramento e controle ambiental da área do aterro sanitário, para garantir que não haja contaminação do solo, das águas subterrâneas e do ar, bem como para prevenir a proliferação de vetores e doenças relacionadas aos resíduos.

Entretanto, vale destacar que o correto gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é um dos desafios prementes enfrentados pelas autoridades municipais em todo o Brasil. A Lei 12.305/2010 estabelece prazos para a implementação de disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, com prorrogações previstas pela Lei 14.026/2020 ao determinar, por exemplo, que a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deverá, conforme cada situação descrita na norma, ser implantada até 2024, o que requer ação imediata para cumprir os prazos estipulados.

É fundamental enfatizar que um aterro sanitário desempenha um papel crucial na proteção da saúde pública, não apenas como um local para a disposição de RSU de uma comunidade, mas também ao manter resíduos tóxicos afastados da população. Um exemplo ilustrativo é o caso da CPTR-Marituba, no Estado do Pará, que, após enfrentar problemas relacionados à seleção inadequada da área de aterro sanitário, gerou preocupações na comunidade local, no Ministério Público e em outros órgãos de proteção ambiental (LUZ, 2022).

Muniz (2013) ressalta a complexidade da escolha de um local para a criação de um aterro sanitário, envolvendo uma equipe multidisciplinar com conhecimentos nas áreas de geotécnica, hidrogeologia, hidrologia, climatologia, bem como questões econômicas, estruturais e políticas. Essa decisão muitas vezes implica em conflitos de interesse e deve estar em conformidade com as diretrizes estabelecidas pelos órgãos reguladores.

No projeto de Carrilho et al. (2018), destaca-se a importância dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que reduzem significativamente o trabalho de identificação e exclusão de locais inadequados para a construção de um aterro sanitário. Essas ferramentas integradoras permitem a análise de diversos fatores,

como infraestrutura viária, geologia, áreas protegidas e reservas indígenas, facilitando a tomada de decisões informadas.

3.4.2 Metodologias utilizadas para análise de seleção de áreas

Com o crescimento das cidades, o volume de resíduos tem experimentado um aumento substancial, tornando-se um desafio de natureza socioeconômica e ambiental, como destacado por Viera e Lapolli (1999). Diante dessa realidade, tornou-se imperativo desenvolver métodos eficazes para mitigar os impactos decorrentes desse aumento.

De acordo com Brito (2008), diversas metodologias foram desenvolvidas para integrar e avaliar os fatores de seleção ao longo do processo de análise, desde a escala regional até a seleção final da área em escala local. Entre as principais metodologias de análise mencionadas por este autor, incluem-se:

a) Método Global ou Intuitivo: Neste método, o tomador de decisão realiza uma avaliação da adequação de cada área com base em uma visão abrangente dos fatores de seleção, considerando-os como um conjunto estruturado e inseparável. Defensores desse método argumentam que as características que determinam a aptidão de uma área são tão interdependentes funcionalmente que não podem ser avaliadas individualmente.

b) Método da Exclusão Progressiva: No método da exclusão progressiva, os fatores de seleção são analisados sequencialmente, associando a cada fator um limite predefinido de aceitabilidade para a aptidão da área. Se, para um determinado fator ou conjunto de fatores, o limite de aceitabilidade for ultrapassado, a área em questão é excluída do processo de seleção. Caso contrário, o processo continua com a análise de outros fatores e a aplicação dos critérios correspondentes, até que todos os fatores de seleção tenham sido considerados, identificando as áreas desfavoráveis ou inaceitáveis.

Essas metodologias representam abordagens distintas para a seleção de áreas adequadas, considerando a complexidade e a interdependência dos fatores envolvidos. A escolha da metodologia mais apropriada dependerá das características específicas do contexto e dos objetivos do processo de seleção de áreas.

c) Método dos Fatores Ponderados: No método da análise ponderada, atribuem-se pesos aos fatores de seleção, substituindo-os por valores numéricos de acordo com uma escala de classificação comum. Após a ponderação de todos os fatores, os resultados são combinados por meio de operações de multiplicação e soma, resultando em uma classificação numérica para cada área. A área mais favorável será aquela que obtiver a classificação mais elevada.

d) Método da Combinação de Fatores: O método da combinação de fatores pode incorporar tanto o método de exclusão sequencial quanto a análise ponderada. Nesse caso, em vez de avaliar os fatores de seleção de forma sequencial, são desenvolvidas alternativas que envolvem a seleção de um conjunto específico de fatores combinados e a identificação das áreas que atendem a esses critérios.

Fiúza e Oliveira (1997) evidenciam que menos de 5% dos municípios brasileiros possuem serviços adequados relacionados à gestão de resíduos sólidos. A maioria das cidades brasileiras ainda utiliza vazadouros a céu aberto para a disposição de lixo urbano. Essa prática não apenas resulta no desperdício de recursos economicamente valiosos, mas também na poluição de recursos naturais, como ar, água e solo, e na desvalorização das áreas circundantes. Além disso, a constante diminuição do espaço físico disponível para o descarte agravou a necessidade de uma seleção de locais criteriosa.

É fundamental que a escolha das áreas para a disposição de resíduos sólidos seja realizada de maneira cuidadosa, considerando não apenas a preservação dos recursos naturais, mas também a utilização racional do solo. De acordo com Vieira e Lapolli (1999), é crucial conduzir estudos técnicos ambientais que auxiliem na seleção de áreas propícias para o tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, minimizando os impactos ambientais e atendendo às considerações econômicas.

Em uma abordagem específica para o Rio Grande do Sul, Gomes, Coelho, Erba e Veronez (2000) explicam que a seleção de áreas para uso como locais de descarte de resíduos é baseada em critérios que abrangem aspectos como a legislação de uso do solo, distâncias de cursos d'água, expansão urbana, rodovias, nível do lençol freático, topografia, vida útil projetada do aterro e usos futuros da área.

e) Metodologia de Seleção de Áreas por Fiúza e Oliveira: Fiúza e Oliveira (1997) propõem uma metodologia que envolve a criação de uma matriz para avaliar impactos potenciais, tanto positivos quanto negativos, relacionados à implantação de aterros sanitários. Inicialmente, é necessário mapear a região para identificar áreas passíveis de implantação, excluindo aquelas inviáveis devido a questões como surgência de água ou áreas protegidas legalmente.

Após essa restrição inicial, a metodologia das matrizes é aplicada. Essa abordagem avalia impactos individuais associados a alternativas consideradas e atribui uma medida de valor a cada impacto para os locais alternativos. Os indicadores resultantes são ponderados com base em critérios de importância e probabilidade de ocorrência, sendo priorizadas questões ambientais e sociais em relação à questão de custos. Especialistas das áreas envolvidas (sociologia, biologia, geotecnia, etc.) conferem notas a cada atributo relativo à implantação de aterros em situações específicas. Após ponderação e comparação das notas, a alternativa com a maior pontuação é identificada como a melhor opção para a implantação do empreendimento.

Essa abordagem possibilita uma tomada de decisão embasada e ajuda a orientar as escolhas dos especialistas envolvidos no processo de seleção de áreas para aterros sanitários.

f) Metodologia de Waquil et al.: A metodologia proposta por Waquil et al. (2000) divide o processo de seleção de áreas em três etapas distintas, sendo que na primeira etapa são aplicados critérios eliminatórios gerais, baseados nas recomendações da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM/RS). Esses critérios têm o propósito de orientar a identificação de áreas potencialmente favoráveis à disposição de resíduos, servindo como diretrizes iniciais.

A segunda etapa envolve o desenvolvimento da metodologia propriamente dita, incluindo a definição de critérios seletivos. Esses critérios são aplicados a áreas-piloto para qualificar e classificar as áreas com base em suas potencialidades para o tratamento e disposição de resíduos sólidos. Cada área é diferenciada quanto à sua aptidão para receber resíduos, considerando a necessidade de tecnologia de controle ambiental.

Já a terceira etapa consiste na aplicação da metodologia desenvolvida e testada na etapa anterior. Esse processo gera 29 mapas que hierarquizam as áreas de acordo com sua potencialidade para a disposição de resíduos sólidos.

Destaca-se ainda que a metodologia de Waquil et al. (2000) emprega critérios ponderados e um sistema de pontuação para avaliar as áreas com base em parâmetros como a contaminação potencial do meio físico e o impacto sobre a população. Essa abordagem permite uma classificação das áreas de acordo com sua adequação para a implantação de atividades de destinação de resíduos.

g) Metodologia de Gomes, Coelho, Erba & Veronez: O método proposto por Gomes, Coelho, Erba & Veronez (2000) enfoca a integração de métodos tradicionais e novas tecnologias de caracterização e análise ambiental, fazendo uso de sistemas especialistas voltados para "land evaluation" e geoprocessamento, sendo dividida em três etapas. A primeira etapa consiste na coleta, compilação e análise de dados existentes em relação ao meio ambiente e resíduos e inseridos em um software para posterior análise. A segunda etapa envolve a análise de imagens de satélites para extrair informações sobre a localização da malha urbana, áreas com vegetação intensa, recursos hídricos, rodovias, estradas vicinais, tipos de solos, uso do solo, entre outros. E na terceira etapa são definidas áreas potencialmente aptas para a disposição de resíduos. São aplicados critérios eliminatórios, como descritos na Tabela 6, para identificar áreas potencialmente adequadas. A partir dessas áreas, é realizada uma classificação para determinar quais são realmente aptas para o uso em questão, com base em critérios específicos e faixas de pontuação elaborados pelos autores (GOMES, COELHO, ERBA & VERONEZ, 2000).

h) Metodologia proposta pelo Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: A seleção do local para a implantação de um aterro sanitário é uma tarefa complexa e multifacetada que requer a consideração de diversos fatores críticos, como destacado no "Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos" (IBAM, 2001). O contexto atual das cidades, caracterizado pelo alto grau de urbanização e uso intensivo do solo, impõe restrições significativas à disponibilidade de áreas próximas aos pontos de geração de resíduos com as dimensões necessárias para a instalação de um aterro sanitário capaz de atender às demandas dos municípios.

Além dessas considerações, há uma série de outros fatores que devem ser levados em conta ao escolher o local adequado. Estes incluem a conformidade com os parâmetros técnicos estabelecidos nas normas e diretrizes federais, estaduais e municipais, bem como questões legais relacionadas às três esferas governamentais, planos diretores dos municípios envolvidos, zonas de desenvolvimento local e regional, distâncias de transporte, acessibilidade através de vias de acesso adequadas, e considerações político-sociais relacionadas à aceitação do projeto por parte dos políticos, da mídia e da comunidade local.

Por outro lado, os aspectos econômico-financeiros desempenham um papel crucial na tomada de decisão, uma vez que a utilização dos recursos municipais deve ser realizada com cautela e eficiência.

Dada a complexidade desses fatores, é fundamental estabelecer uma cuidadosa priorização dos critérios de seleção para orientar a escolha do local. A estratégia adotada geralmente consiste nos seguintes passos: Seleção preliminar das áreas disponíveis no Município; Estabelecimento de um conjunto de critérios de seleção abrangentes; Definição de prioridades para atender aos critérios estabelecidos; e Análise crítica de cada uma das áreas pré-selecionadas em relação aos critérios estabelecidos e priorizados, selecionando aquela que melhor atende à maioria das restrições por meio de suas características naturais.

A adoção dessa estratégia visa minimizar a necessidade de medidas corretivas significativas para adequar a área às exigências da legislação ambiental, reduzindo assim os custos iniciais do empreendimento.

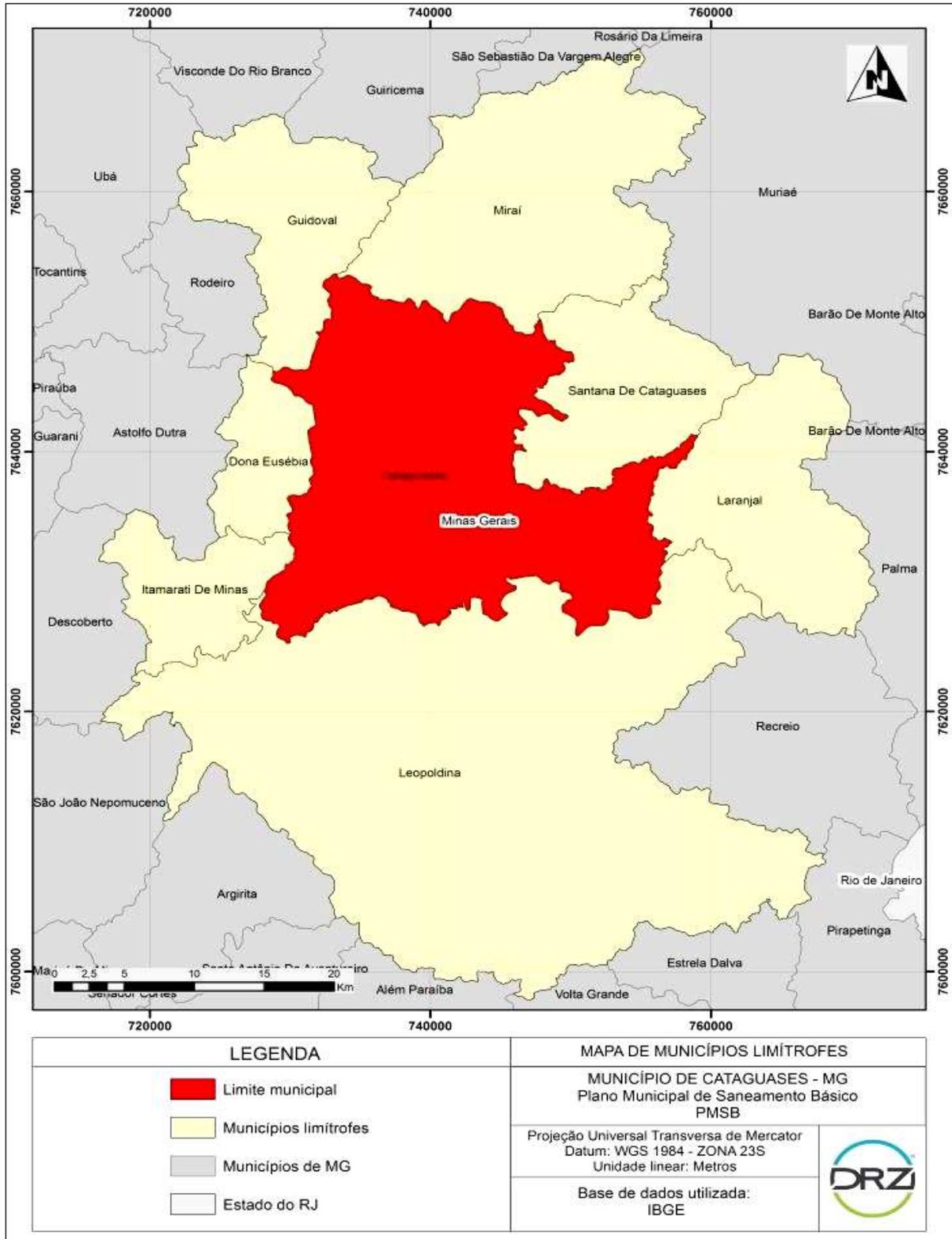
Em resumo, o IBAM (2001) afirma que a seleção de um local apropriado para um aterro sanitário é um processo rigoroso e criterioso, que envolve a consideração de múltiplos aspectos técnicos, econômico-financeiros e político-sociais, com o objetivo de escolher a área que melhor atenda às necessidades do município e ao mesmo tempo respeite as normas e regulamentações ambientais vigentes.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo foi a cidade de Cataguases, que é um dos 142 municípios pertencentes à região da Zona da Mata Mineira, especificamente na microrregião de Cataguases, está inserido no bioma Mata Atlântica e na Região Hidrográfica Atlântico Sudeste. Possui 66.261 habitantes, dentre estes, 95,73% estão localizados na área urbana e 4,27% na área rural. Seu território ocupa uma área de 491,77 km² com densidade populacional de 141,85 hab/km², enquanto o estado tem, em média, 36,30 hab/km² (IBGE, 2022).

Os municípios limítrofes são: Leopoldina, Laranjal, Santana de Cataguases, Miraí, Guidoal, Dona Euzébia e Itamarati de Minas, como demonstra a figura 4 (IBGE, 2022).



Fonte: DRZ – Gestão Ambiental

Figura 4 - Localização geográfica dos municípios limítrofes a Cataguases

Além do distrito sede, o município é constituído por mais cinco distritos, quais sejam: Aracati de Minas, Cataguarino, Glória de Cataguases, Sereno e Vista Alegre (IBGE, 2022).

De acordo com a Tabela 3, a distância entre o Município de Cataguases e os principais municípios da Zona da Mata e capital são:

Tabela 3 - Distâncias do Município de Cataguases da capital e dos principais municípios da Zona da Mata.

Nome do município	Distância (km)
Belo Horizonte	303,6
Juiz de Fora	118,9
Viçosa	111,1
Muriaé	63,9
Ubá	54,5
Leopoldina	23,6

Fonte: Elaborada pelo autor com informações do Google maps (2022)

Suas coordenadas geográficas são Latitude 21.388, Longitude 42.6991, 21° 23' 17" (Sul), 42° 41' 57" (Oeste) e as áreas urbanas estão localizadas em altitudes por volta de 169 metros acima do nível do mar. Seu clima é tropical com estação seca (Classificação climática de *Köppen-Geiger: Aw*) (DBCITY, 2022).

A paisagem da região traz como principal característica a presença de um relevo altamente ondulado e montanhoso, em virtude da dissecação fluvial, os morros se apresentam em formato meia-laranja, com destaque para as bacias dos rios Paraíba do Sul e Doce, as quais influenciaram de forma decisiva na forma de ocupação da área, que seguiu a orientação dos vales fluviais (SOARES, 2011 et. al. apud NUNES et. al., 2001).

Quanto às rodovias de acesso ao município de Cataguases, tem-se a MG-285 que o liga a Laranjal, MG-447 que o liga a Mirai e a BR-120 que o liga a Leopoldina e a outros municípios ao Sul (Figura 5).

GERAIS, 2016). Ou seja, o Poder Público Municipal deverá preparar outro local para destinação dos resíduos sólidos urbanos gerados pelos habitantes de Cataguases.

4.2 CÁLCULO DA ÁREA IDEAL PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

Para calcular a área ideal de implantação do aterro sanitário do município objeto deste estudo foi preciso, primeiramente, realizar a estimativa da população futura (P_f) de Cataguases em 20 anos (t) e do quantitativo de RSU gerados por dia pela população do município. Para tanto, a Equação 1, utilizada por Dutra et al (2019), e considerando os dados fornecidos pelo PGMRS/2021 de Cataguases, visou calcular a estimativa populacional futura do município por meio de uma taxa de crescimento de 0,75% (i) e de quantidade de resíduos gerados por dia pela população de 0,48kg/hab.dia.

$$P_f = P_i + (0,48+i)^t \quad (1)$$

Onde:

P_f = População futura em 2043;

P_i = População inicial em 2022;

i : Taxa de crescimento (0,75%);

t = Tempo de vida útil do projeto (20 anos);

Destaca-se que o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) apresentado em 2021 trouxe uma projeção futura do ano de 2021 a 2040 da população do município de Cataguases (PMGIRS, 2021, p. 340). No intuito de atender às necessidades desta pesquisa, essa estimativa foi atualizada (população de 2022 segundo IBGE 2023) e complementada e destacada até o ano de 2043, conforme pode ser verificada na Tabela 4.

Tabela 4 - Projeção futura da população do município de Cataguases

ANO	POPULAÇÃO RURAL		POPULAÇÃO URBANA							Taxa Cresc. (% A.A.)		
	Taxa Cresc. (% A.A.)		Sede	Aracati de Minas	Cataguarino	Glória de Cataguases	Sereno	Vista Alegre				
2021	-1,6	2.493	70.240	389	538	54	1.749	738	0,86	73.708	76.201	
2022	-1,6	2.117	61.126	338	468	47	1.522	643	0,85	64.144	66.261	
2023	-1,6	2.083	61.644	341	472	47	1.535	648	0,85	64.687	66.770	
2024	-1,6	2.049	62.161	343	475	47	1.548	653	0,84	65.229	67.278	
2025	-1,6	2.017	62.680	347	480	48	1.561	659	0,83	65.775	67.792	
2026	-1,6	1.985	63.198	349	483	48	1.574	664	0,83	66.317	68.302	
2027	-1,6	1.953	63.716	352	488	49	1.587	670	0,82	66.861	68.813	
2028	-1,6	1.922	64.233	356	492	49	1.600	676	0,81	67.405	69.327	
2029	-1,6	1.891	64.751	358	495	50	1.613	681	0,81	67.948	69.838	
2030	-1,6	1.860	65.269	361	500	50	1.626	686	0,8	68.491	70.351	
2031	-1,6	1.831	65.787	364	503	51	1.639	691	0,79	69.035	70.866	
2032	-1,6	1.802	66.305	367	507	51	1.652	697	0,79	69.579	71.380	
2033	-1,6	1.772	66.822	369	512	52	1.664	702	0,78	70.122	71.894	
2034	-1,6	1.745	67.340	373	515	52	1.677	708	0,78	70.665	72.410	
2035	-1,6	1.716	67.858	375	519	53	1.690	714	0,77	71.210	72.926	
2036	-1,6	1.689	68.377	378	523	53	1.703	719	0,76	71.752	73.441	
2037	-1,6	1.662	68.894	381	527	53	1.716	724	0,76	72.296	73.958	
2038	-1,6	1.635	69.411	384	532	53	1.729	730	0,75	72.840	74.475	
2039	-1,6	1.609	69.930	387	535	53	1.741	735	0,75	73.381	74.991	
2040	-1,6	1.583	70.448	390	539	54	1.754	740	0,74	73.926	75.509	
2041	-1,6	1.557	70.966	393	543	54	1.767	746	0,73	74.470	76.010	
2042	-1,6	1.532	71.484	395	547	55	1.781	751	0,73	75.013	76.523	
2043	-1,6	1.506	72.003	399	551	55	1.794	757	0,72	75.557	77.037	

Fonte: PMGIRS (2021) atualizado e adaptado pelo autor

4.2.1 Estimativa da quantidade de resíduos produzidos

De acordo com o SNIS (2021), a coleta seletiva executada por associações ou cooperativas de catadores com o apoio da Prefeitura abrange somente 2.169 habitantes da população urbana do município e, mesmo sendo infíma a população atendida e não havendo a regulamentação e implementação deste tipo de programa, em 2021 foram recolhidas 195,0 toneladas por esses agentes executores da coleta seletiva. Destaca-se ainda que a quantidade total de materiais recicláveis recuperados foi de 150,0 toneladas entre papel e papelão (48t), plásticos (75t), Metais (12t) e vidros (15t).

A quantidade de resíduos produzidos diariamente (Q_r) foi estimada através da Equação 2, que é função de População futura estimada (P_f) e a produção per capita de resíduos (a). O valor de “ a ” foi considerado igual a 0,48 kg/hab./dia, valor apontado pelo último Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) publicado em 2021. Tal quantidade refere-se à produção de resíduos sólidos da população total (rural e urbana), que são destinados para o aterro sanitário. (CATAGUASES, 2021).

$$Q_r = P_f * a \quad (2)$$

Onde:

Q_r = Quantidade total de resíduos produzidos diariamente (kg);

P_f = População futura estimada (hab.); e

a = Produção per capita de resíduos (kg).

A estimativa da quantidade de resíduos sólidos para o ano de 2043, tomando como base o ano de 2021, foi realizado através da Equação 3. Nesse caso, 365 dias (1 ano) e 20 anos serão fatores multiplicativos para se obter a quantidade de resíduos relativa a vida útil do aterro.

$$V_f = Q_r * 365 * 20 \quad (3)$$

Onde:

V_f = Volume de resíduos esperado para o ano de 2043 (ton./ano); e

Q_r = Quantidade total de resíduos produzidos diariamente (kg/hab.).

Destaca-se que o PMGIRS trouxe uma tabela (Tabela 8) em que é apontada a geração per capita do município de resíduos sólidos urbanos coletados na área urbana (0,48 kg/hab./dia) em 2019, calculou-se a geração diária, mensal, anual na zona urbana e rural e a geração acumulada para o mesmo horizonte temporal de 20 anos considerando o período de 2021 – 2040 (CATAGUASES, 2021, p. 340). Para atender ao que é proposto neste estudo, essa projeção também foi atualizada (população de 2022 segundo IBGE 2023) e complementada e destacada até o ano de 2043, conforme demonstrado na tabela 5.

Tabela 5 - Geração de resíduos sólidos para município de Cataguases em horizonte de 20 anos

ANO	POPULAÇÃO RURAL			POPULAÇÃO URBANA			POPULAÇÃO TOTAL			Geração Acumulada (t.)			
	Geração (t.)			Geração (t.)			Geração (t.)						
	Diária	Mensal	Anual	Diária	Mensal	Anual	Diária	Mensal	Anual				
2021	1,2	38	437	2.493	35,4	1.078	12.914	73.708	36,6	1.097	13.350	76.201	13.350
2022*	1,0	30	371	2.117	35,7	1.085	13.024	84.144	31,8	954	11.609	66.261	24.959
2023	1,0	30	365	2.083	36	1.095	13.134	84.687	32,0	961	11.698	66.770	36.657
2024	1,0	30	359	2.049	36,3	1.104	13.244	85.229	32,3	969	11.787	67.278	48.445
2025	1,0	29	353	2.017	36,8	1.113	13.355	85.775	32,5	976	11.877	67.792	60.322
2026	1,0	29	348	1.985	36,9	1.122	13.465	86.317	32,8	984	11.966	68.302	72.288
2027	0,9	28	342	1.953	37,2	1.131	13.576	86.861	33,0	991	12.056	68.813	84.344
2028	0,9	28	337	1.922	37,5	1.141	13.688	87.405	33,3	998	12.146	69.327	96.490
2029	0,9	27	331	1.891	37,8	1.150	13.798	87.948	33,5	1.006	12.236	69.838	108.726
2030	0,9	27	326	1.860	38,1	1.159	13.907	88.491	33,8	1.013	12.325	70.351	121.052
2031	0,9	26	321	1.831	38,4	1.168	14.017	89.035	34,0	1.020	12.416	70.866	133.467
2032	0,9	26	316	1.802	38,7	1.177	14.127	89.579	34,3	1.028	12.506	71.380	145.973
2033	0,9	26	311	1.772	39	1.186	14.238	90.122	34,5	1.035	12.596	71.894	158.569
2034	0,8	25	306	1.745	39,3	1.196	14.348	90.665	34,8	1.043	12.686	72.410	171.255
2035	0,8	25	301	1.716	39,6	1.205	14.459	91.210	35,0	1.050	12.777	72.926	184.032
2036	0,8	24	296	1.689	39,9	1.214	14.569	91.752	35,3	1.058	12.867	73.441	196.899
2037	0,8	24	291	1.662	40,2	1.223	14.679	92.296	35,5	1.065	12.957	73.958	209.856
2038	0,8	24	286	1.635	40,5	1.232	14.790	92.840	35,7	1.072	13.048	74.475	222.904
2039	0,8	23	282	1.609	40,8	1.242	14.900	93.381	36,0	1.080	13.138	74.991	236.042
2040	0,8	23	277	1.583	41,1	1.251	15.010	93.926	36,2	1.087	13.229	75.509	249.272
2041*	0,7	22	273	1.557	41,4	1.260	15.121	94.470	36,5	1.095	13.317	76.010	262.589
2042*	0,7	22	268	1.532	41,7	1.269	15.231	95.013	36,7	1.102	13.407	76.523	275.995
2043*	0,7	22	264	1.508	42	1.278	15.341	95.557	37,0	1.109	13.497	77.037	289.492

Fonte: PMGIRS (2021) atualizado e adaptado pelo autor

O volume total de resíduos sólidos (V_{uu}), ao longo da vida útil, que o aterro poderá receber é determinado através da Equação 4. Jaramillo (1991) afirma que, em aterros manuais, como lixões e aterros controlados, a densidade de resíduo recém-compactado (P_r) varia entre 400 e 500 kg/m³ e de resíduos estabilizados, como em aterros sanitários, entre 500 e 700 kg/m³. Apesar do valor elevado, Alcântara (2007) e Dutra *et al* (2019) sugerem o uso desses valores, pois em aterros sanitários a compactação dos resíduos é bastante elevada devido à frequente passagem de caminhões no local. Assim, adotou-se o valor de 700 kg/m³.

$$V_{uu} = \frac{V_f}{P_r} \quad (4)$$

Onde:

V_{uu} = volume total de resíduo ao longo da vida útil do aterro (ton.);

V_f = volume de resíduos esperado para o ano de 2043 (ton.); e

P_r = densidade de resíduo recém-compactado (kg/m³).

O volume de segurança (V_s), Equação 5, foi calculado com base em 20% sobre o valor de V_{uu} , pois o município de Cataguases apresenta uma projeção de crescimento populacional significativa. Assim, o volume de segurança visa garantir que o aterro, durante sua vida útil, consiga armazenar todo resíduo produzido pela população.

$$V_s = V_{uu} + (V_{uu} * 0,2) \quad (5)$$

Onde:

V_s = Volume de segurança (m³); e

V_{uu} = volume total de resíduo ao longo da vida útil do aterro (m³);

Para calcular a área (A) necessária para alocação do aterro sanitário será calculada através da Equação 6. Para tanto, adotar-se-a que a altura (H) que o local poderá atingir, que é de, no máximo, 20 metros.

$$A = V_s / H \quad (6)$$

Onde:

A = Área necessária para implantação do aterro (m²);

V_s = Volume de segurança (m³); e

H = Altura máxima do aterro (m).

4.3 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE ÁREAS PARA ATERROS SANITÁRIOS

Os critérios de seleção preliminar de áreas para instalação de aterros foi constituído em uma única etapa, tendo como base os critérios utilizados pelo CEMPRE e refino utilizando as diretrizes da NBR 15849, CONAMA e COPAM conforme demonstrado figura 6.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)
Figura 6 - Fluxograma

Na etapa 1 buscou-se levantar critérios para seleção de Áreas adequadas para implantação de aterro sanitário (Tabela 6) de acordo com os apontamentos realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2018), os quais possuem significativa credibilidade e são utilizados em diversos estudos sobre o tema (CARDOSO; BLANCO; FRIAES, 2021).

Tabela 6 - Critérios para seleção de Áreas adequadas para implantação de aterro sanitário.

Item	Critério
Vida útil	≥ 20 anos
Declividade	< 30%
Distancia de estrada de acesso	Mínimo de 300m
Solos	Baixa permeabilidade
Recursos hídricos, áreas inundáveis ou alagadas e banhados	Distância maior de 200 metros
Rodovia e Ferrovia	Distância mínima de 100 metros
Fora de área especial de proteção	Áreas protegida por lei, terras indígenas e áreas de preservação permanente.
Aeroportos e aeródromos (Resolução Conama nº 04/1995)	Raio de 20 km
Núcleos populacionais	Distância mínima de 2 km

Fonte: CEMPRE (2018)

Já a segunda etapa consistiu no levantamento das normas específicas para a seleção da área para implantação do aterro sanitário, quais sejam, a NBR 15849 (ABNT, 2010) e a resolução CONAMA n° 404/2008 (CONAMA, 2008). Com base nessas normas, foram elaborados os mapas referentes a cada restrição mencionada na legislação que o caracteriza como aterro de pequeno porte, uma vez que os resíduos sólidos coletados per capita urbano em Cataguases é de 0,48 kg/hab./dia (PMGIRS, 2021, p. 143). Os procedimentos adotados para a confecção dos mesmos encontram-se descritos no item 4.3.1.

É importante salientar as observações presentes no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) de 2021 do Município de Cataguases/MG. O plano menciona a necessidade de adotar estratégias para identificar e escolher uma área adequada para a implantação de sistemas de tratamento e disposição final ambientalmente adequados. Essas estratégias visam atender a critérios rigorosos de seleção, que devem ser priorizados de acordo com sua relevância e complexidade.

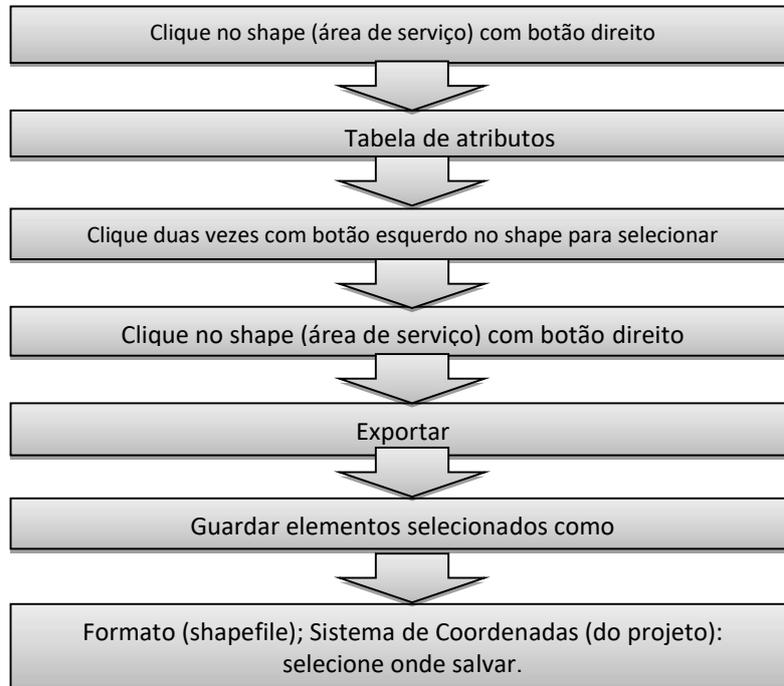
Dentre os critérios considerados, destacam-se os aspectos legais e os parâmetros técnicos estabelecidos pelas normas e diretrizes federais, estaduais e municipais, o plano diretor do município, o polo de desenvolvimento local e regional, a distância de transporte e as vias de acesso. Além disso, também são levados em conta os aspectos político-sociais relacionados à aceitação do empreendimento pelos políticos, pela mídia e pela comunidade.

O PMGIRS (2021) ressalta a realização de uma seleção preliminar das áreas disponíveis no município, o estabelecimento de critérios de seleção aplicáveis a essas áreas identificadas, a definição de prioridades para atender aos critérios estabelecidos, a análise crítica de cada uma das áreas levantadas frente aos critérios estabelecidos e priorizados, a fim de selecionar aquela que melhor atenda à maior parte das restrições com base em seus atributos.

4.3.1 Procedimentos de confecção dos mapas

Para a confecção dos mapas, foi baixado o *shape* de municípios de Minas Gerais do site IDE Sisema. No QGIS versão 3.10 foi selecionado apenas o *shape* de Cataguases, através da tabela de atributos do *shape* original. Visando a utilização separadamente do *shape* selecionado, o mesmo foi exportado. Na figura 7

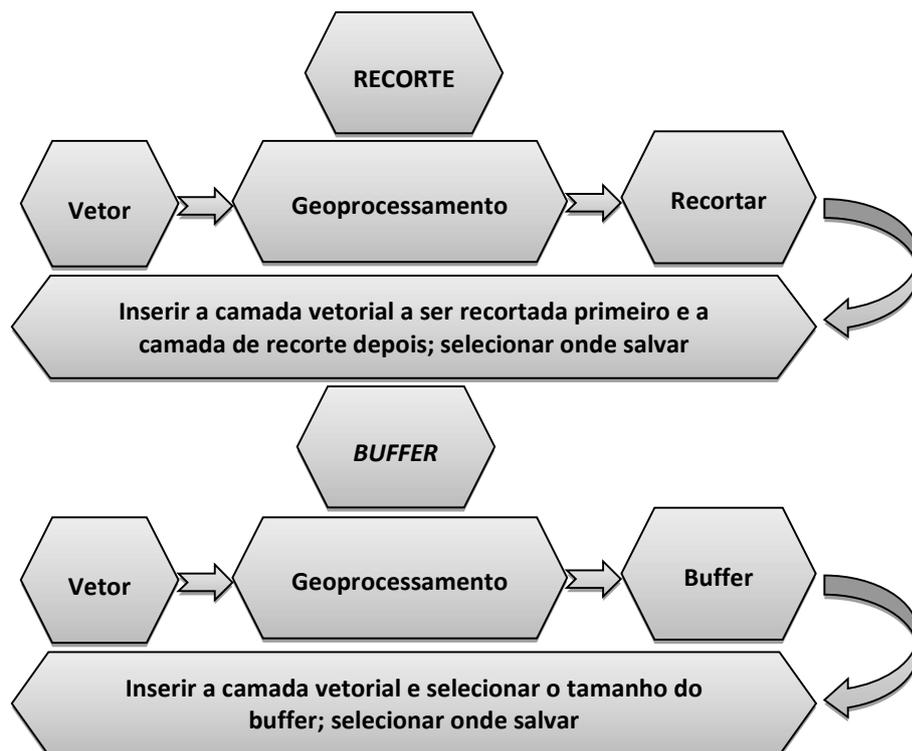
apresenta-se o procedimento adotado na confecção no mapa com o limite do município:



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 7 - Procedimento adotado na confecção no mapa com o limite do município

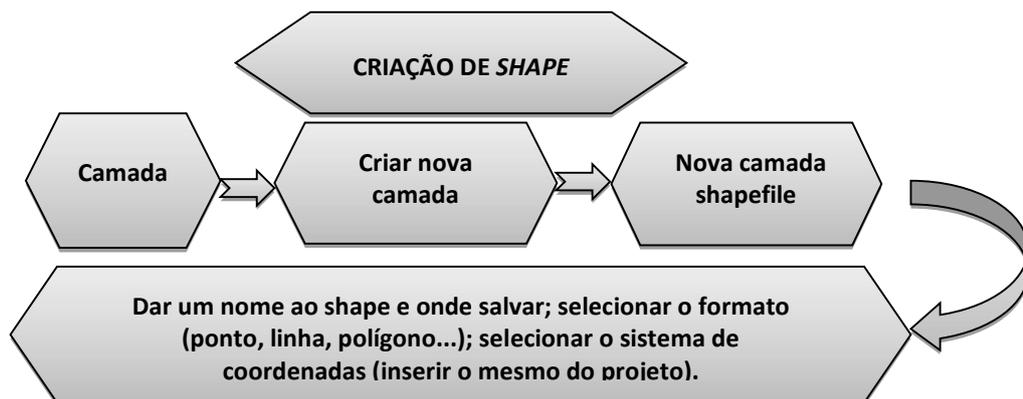
Para o mapa de áreas de proteção de curso d'água, foi baixado o *shape* de hidrografia da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, disponível no site do IDE Sisema, na qual a área está inserida. Através da ferramenta de geoprocessamento foi recortado do *shape* de drenagem original a porção pertencente ao município. Ainda nas opções de geoprocessamento foi feito um *buffer* de 100m nos cursos d'água. Na Figura 8 apresenta-se o procedimento adotado para a confecção do mapa hidrografia.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 8 - Procedimento adotado para a confecção do mapa hidrografia

Para o mapa de áreas de proteção de nascentes, foi criado um *shape* de ponto, que foi posicionado em cada nascente manualmente, através da edição de vetor. Em seguida foi feito um *buffer* de 250m em cada nascente. Na Figura 9 apresenta-se o procedimento adotado para a criação do shape.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 9 - Procedimento adotado para a criação do shape

Para o mapa de rodovias, foi baixado o *shape* de rodovias de Minas Gerais do IDE Sisema, no QGIS, o *shape* foi recortado pelo polígono do município de Cataguases. Em seguida este shape foi separado em rodovias pavimentadas e não pavimentadas, através das informações constantes na tabela de atributos. Através

do geoprocessamento, foram gerados *buffers* diferentes para os dois tipos de rodovias, sendo de 15m para rodovias pavimentadas e 30m para não pavimentadas.

Para o mapa de ferrovias, foi baixado o *shape* de ferrovias de Minas Gerais do site do IDE Sisema, que foi recortado no QGIS e teve aplicado um *buffer* de 15m. Na Figura 10 apresenta-se o procedimento adotado para a criação dos mapas de rodovias e ferrovias.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 10 - Procedimento adotado para extração por máscara

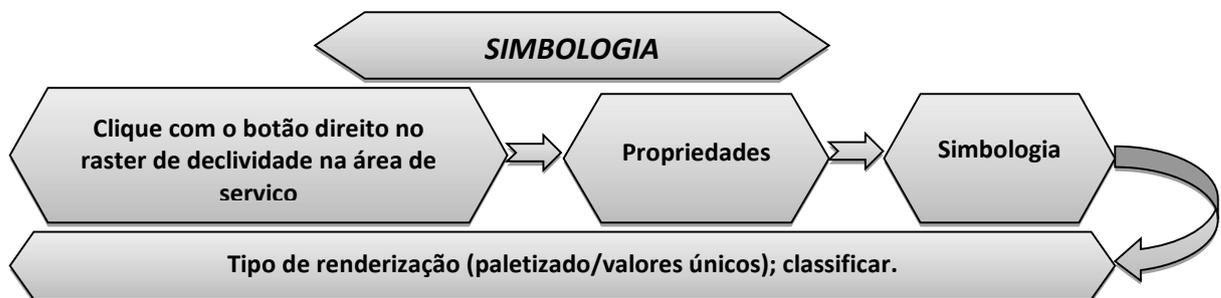
Para o mapa de áreas com declividade acima de 30%, foi baixado no site do Earthdata (NASA) um Modelo Digital de Elevação (MDE), proveniente da missão *Shuttle Radar Topography Mission* com resolução de 30m, que foi recortado pelo polígono do município através da ferramenta extrair por máscara, já que ao contrário dos procedimentos anteriores, trata-se de um arquivo matricial. Em seguida foi utilizada a ferramenta Análise e a opção declividade, em que é inserido o MDE e definido se a declividade deve ser expressa em graus ou em % (neste caso em porcentagem). Na Figura 11 apresenta-se o procedimento adotado para a criação dos mapas de áreas com declividade acima de 30%



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 11 - Procedimento adotado para a criação do mapa de áreas com declividade acima de 30%

Para obter as áreas com declividade maior ou igual à 30%, os valores de declividade foram classificados na simbologia do arquivo e os valores abaixo de 30% tiveram suas opacidades trocadas para transparente, facilitando a distinção das áreas com a faixa de declividade desejada. Em seguida foi criado um *shape* de polígono e estas áreas foram vetorizadas manualmente. Com um *shape* de ponto foram ainda marcados os topos de morros que não haviam sido cobertos pelo mapa de áreas de proteção de nascentes, pois não as possuíam. Na Figura 12 apresenta-se o procedimento adotado para a criação dos mapas de áreas com declividade maior ou igual à 30%.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 12 - Procedimento adotado para a criação dos mapas de áreas com declividade maior ou igual à 30%

Para o mapa de áreas de restrição ambiental, foram baixados no site do IDE Sisema os *shapes* de áreas de conservação de biodiversidade e áreas de amortecimento para o estado de Minas Gerais, que foram recortadas no QGIS para o município de Cataguases.

Para o mapa de áreas impróprias para construção do aterro sanitário, os *shapes* anteriores foram unidos, através da ferramenta de gerenciar dados na opção mesclar camadas vetoriais. Na Figura 13 apresenta-se o procedimento adotado para unir camadas vetoriais.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 13 - Procedimento adotado para a criação dos mapas de áreas

Para o mapa de áreas próprias para construção do aterro sanitário, apenas foram trocadas as cores dos polígonos de Cataguases e das áreas impróprias, para que as áreas que sobraram ficassem em destaque. Na Figura 14 apresenta-se o procedimento adotado para reprojetar camada.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 14 - Procedimento adotado para reprojetar camada

4.4 ANÁLISE CRÍTICA DE GESTÃO DE RESÍDUOS DA ÁREA DE ESTUDO

A fim de avaliar a gestão de resíduos sólidos do município de Cataguases, procedeu-se uma entrevista semi-estruturada no período de 08/01/2023 a 15/04/2023 (apêndice A) com o Prefeito do município, o Secretário da Fazenda Municipal, o ex-Secretário de Agricultura e Meio Ambiente e com o atual Secretário de Meio Ambiente.

As respostas foram transcritas e submetidas a uma análise criteriosa. Essa análise crítica foi conduzida levando em consideração não apenas as respostas em si, mas também as legislações vigentes pertinentes ao assunto. Além disso, foram consideradas as tecnologias atualmente disponíveis no campo em questão. Essa abordagem abrangente garantiu que a análise fosse conduzida de forma completa e precisa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 POSSÍVEIS ÁREAS DE IMPLANTAÇÃO

Com base na primeira etapa referente ao cálculo de área e volume, determinou-se que para atender a população futura do município estimada para 2043 em 89.279 habitantes e uma estimativa de volume total de resíduo ao longo da vida útil do aterro (20 anos) de 476.252,86m³, será necessária uma área destinada para implantação do novo aterro sanitário de 28.575,15m², ou seja, 2,85 hectares. A Tabela 7 apresenta todos os resultados dos cálculos efetuados neste estudo para a possível implantação de um aterro sanitário na cidade.

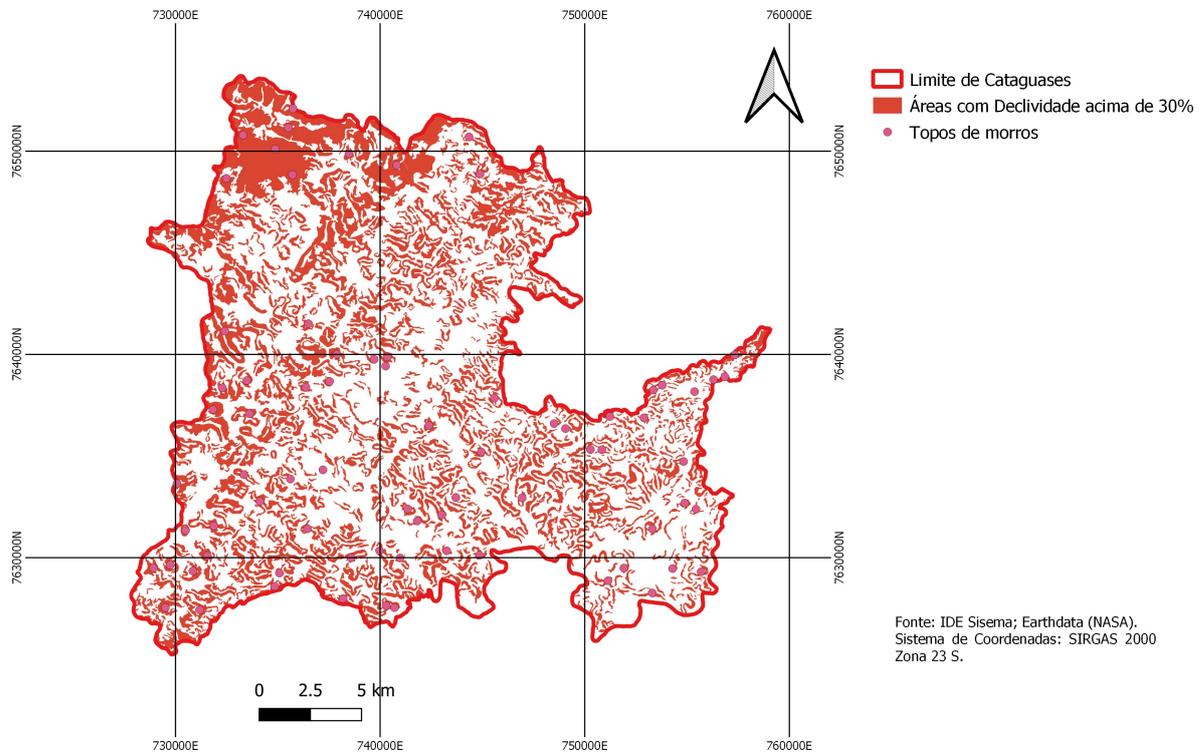
Tabela 7 - Resultado das variáveis base para o cálculo da área do aterro sanitário para o município de Cataguases, MG

Variável	Resultado
Geração de resíduos acumulada de 2023 a 2043 (Tabela 5)	289.492,00 t
Média da relação peso/volume do RSU	700,00kg/m ³
Volume total de resíduo ao longo da vida útil do aterro	413.560 m ³
Volume Segurança (+20%)	496.272 m ³
Altura final das camadas de resíduos depositados	20,00 m
Área necessária para implantação do aterro	24.813,60 m ²

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Considerando os resultados da segunda etapa que visaram determinar os critérios de seleção adotados para a implantação do futuro aterro sanitário em Cataguases com vida útil de 20 anos, foram identificadas as seguintes restrições que impossibilitam a escolha de determinadas áreas: (a) Áreas com declividade acima de 30%; (b) Áreas de proteção de curso d'água; (c) Áreas de proteção de nascentes; (d) Áreas com restrições ambientais; (e) Áreas próximas a ferrovias; (f) Áreas próximas a rodovias; e (g) Áreas consideradas impróprias para implantação do aterro. Essas restrições foram observadas e levadas em consideração durante o processo de seleção de área, resultando na exclusão de determinadas regiões, conforme ilustrado nas Figuras 15.

Áreas com Declividade acima de 30% e topos de morros no município de Cataguases



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)
Figura 15 (a) – Restrição por Declividade Imprópria

O critério de áreas com declividade acima de 30% para seleção de área de aterro sanitário está embasado em normas técnicas e legislação ambiental no Brasil, como a NBR 15849, a Resolução CONAMA n° 404/2008 e o COPAM 118/2008. Esses documentos estabelecem diretrizes e critérios para a implantação de aterros sanitários, levando em consideração aspectos técnicos, ambientais e de segurança.

De acordo com a NBR 15849, é recomendado evitar áreas com declividade superior a 30% para a implantação de aterros sanitários. A declividade é considerada um fator que pode influenciar na estabilidade do terreno, na drenagem, na acessibilidade e na construção das estruturas do aterro. Valores acima desse limite podem aumentar os riscos geotécnicos e hidrológicos, comprometendo a segurança e a eficiência do empreendimento.

Além da NBR 15849, a Resolução CONAMA n° 404/2008 também trata da disposição final de resíduos sólidos. Essa resolução estabelece critérios e diretrizes ambientais para a localização, construção, operação e monitoramento de aterros

sanitários no Brasil. Embora a resolução não mencione diretamente a declividade do terreno, ela prevê a necessidade de análise e avaliação de aspectos geotécnicos e hidrológicos na escolha do local do aterro, de forma a garantir a segurança e minimizar impactos ambientais.

Com base nas informações contidas na COPAM nº 118/2008 reforça que a escolha da localização da área requer que o terreno possua uma declividade média inferior a 30%. Seguindo essa diretriz, as regiões consideradas aptas para a implantação de aterros sanitários apresentam um intervalo de declividade que atende a esse requisito. Além disso, é recomendado que os aterros sejam instalados em solos com baixa permeabilidade, ou seja, em áreas onde predomine o argissolo, com uma menor presença de latossolo. Terrenos com declividades superiores a 30% podem ser mais propensos a deslizamentos e escorregamentos de solo, o que pode comprometer a integridade do aterro e resultar em riscos ambientais e para a saúde pública.

Em conjunto, a NBR 15849, a Resolução CONAMA nº 404/2008 e a COPAM 118/2008 reforçam a importância de considerar a declividade do terreno como um critério relevante na seleção de áreas para aterros sanitários. Esses documentos visam garantir a segurança, a proteção do meio ambiente e a adequada gestão dos resíduos sólidos, buscando minimizar impactos negativos e promover a sustentabilidade nas atividades de disposição final.

Na Figura 15 (b) apresenta-se a hidrografia do município de Cataguases, bem como as áreas restritas a implantação.

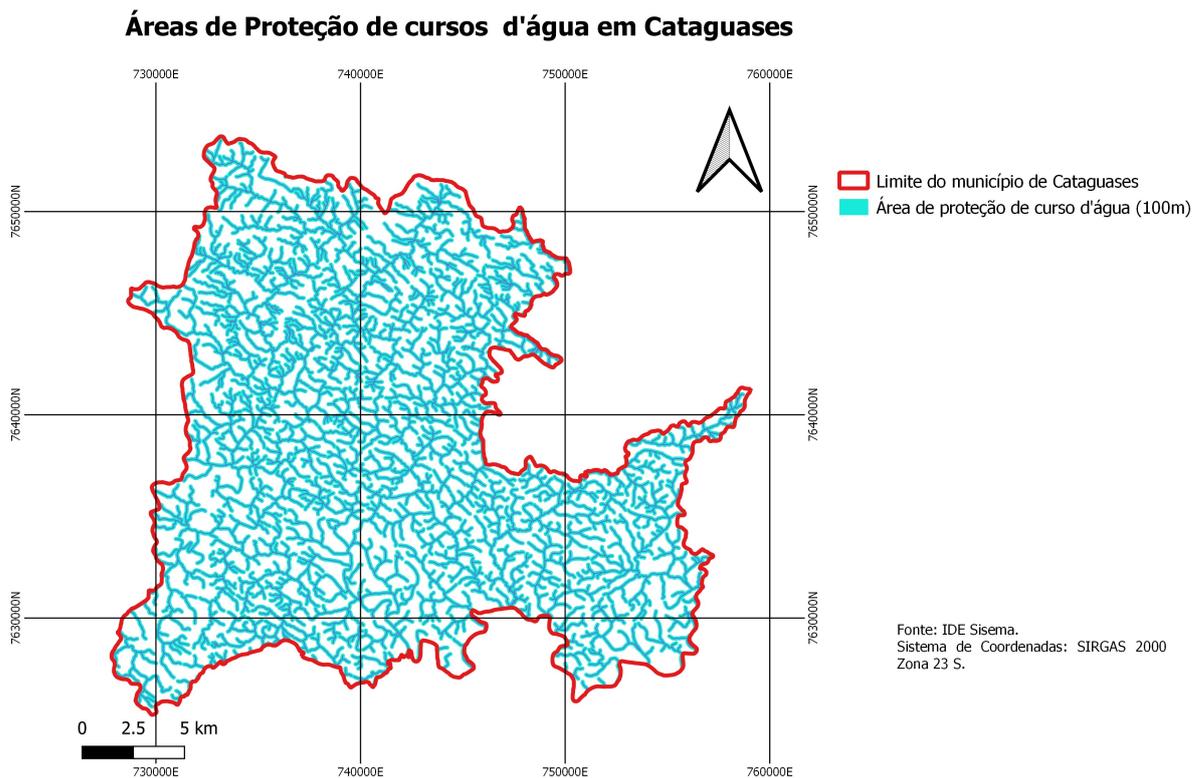


Figura 15 (b) Restrição por Proximidade aos Cursos D'água

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os cursos d'água desempenham um papel fundamental nos ecossistemas, fornecendo água para abastecimento humano, irrigação, além de serem habitats de diversas espécies. Sua proteção é essencial para a preservação da qualidade da água e para a manutenção do equilíbrio ambiental. Nesse sentido, a NBR 15849 estabelece a importância de evitar a implantação de aterros sanitários em áreas próximas a cursos d'água, visando evitar contaminação, erosão e outros impactos negativos que poderiam afetar a qualidade e disponibilidade de recursos hídricos.

A Resolução CONAMA n° 404/2008, por sua vez, também destaca a necessidade de preservação dos recursos hídricos e estabelece critérios para evitar a contaminação dos corpos d'água adjacentes aos aterros sanitários.

No contexto do município de Cataguases, a aplicação dessas normas e resoluções é de extrema importância, especialmente considerando a existência de cursos d'água na região. A seleção de áreas para a implantação de aterros sanitários deve levar em conta a proteção desses recursos hídricos, a fim de evitar

qualquer forma de contaminação que possa comprometer a qualidade da água e causar danos ambientais significativos.

Dessa forma, o critério de seleção que envolve áreas de proteção de cursos d'água, com base na NBR 15849 e na Resolução CONAMA n° 404/2008, é essencial para garantir a sustentabilidade ambiental e a preservação dos recursos hídricos no município de Cataguases. Ao evitar a implantação de aterros sanitários em áreas próximas a cursos d'água, busca-se assegurar a proteção desses importantes ecossistemas aquáticos, bem como a saúde pública e o bem-estar da população local.

Na figura 15 (c) apresenta-se as áreas de proteção de nascentes do município de Cataguases, bem como as áreas restritas a implantação.

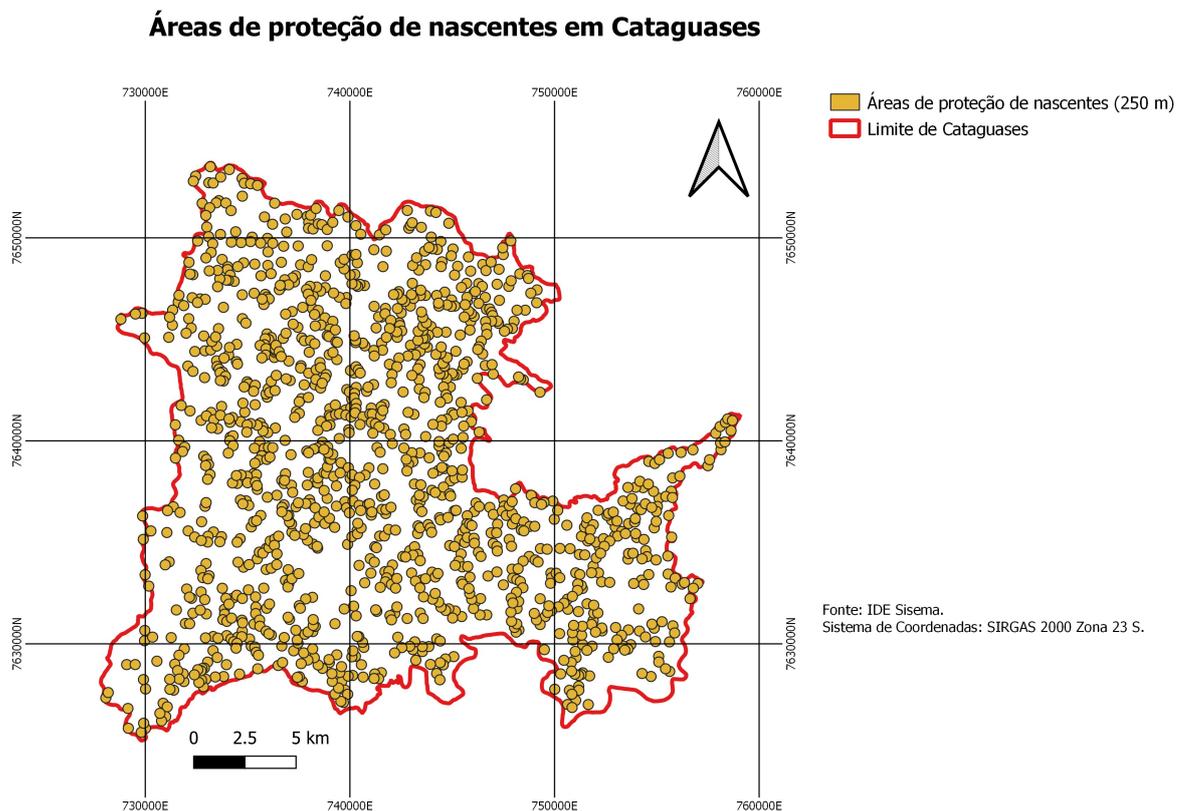


Figura 15 (c) Restrição por Proteção às Nascentes

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

As nascentes são pontos de emergência de água subterrânea que fornecem abastecimento para rios, córregos e, conseqüentemente, para o abastecimento humano e a preservação dos ecossistemas aquáticos. A proteção dessas áreas é

essencial para garantir a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas.

Além disso, a Resolução CONAMA n° 404/2008 destaca ainda a importância de evitar a contaminação de nascentes e de corpos d'água próximos aos aterros sanitários, visando à proteção dos recursos hídricos e à preservação do equilíbrio ambiental.

Considerando o município de Cataguases, a aplicação dessas normas e resoluções é de extrema relevância, especialmente devido à existência de nascentes na região. A seleção de áreas para a implantação de aterros sanitários deve levar em conta a proteção dessas nascentes, a fim de evitar a contaminação e a degradação dos recursos hídricos locais.

Portanto, o critério de seleção que envolve áreas de proteção de nascentes, com base na NBR 15849 e na Resolução CONAMA n° 404/2008, é fundamental pois, ao evitar a implantação de aterros sanitários em áreas próximas a nascentes, busca-se proteger esses importantes pontos de água, que desempenham um papel crucial para a manutenção dos ecossistemas e para o abastecimento de água local. Isso contribui para a promoção da saúde pública e para o bem-estar da população, assegurando a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas.

Na figura 15 (d) apresenta-se as área de conservação da biodiversidade e de amortecimento do município de Cataguases.

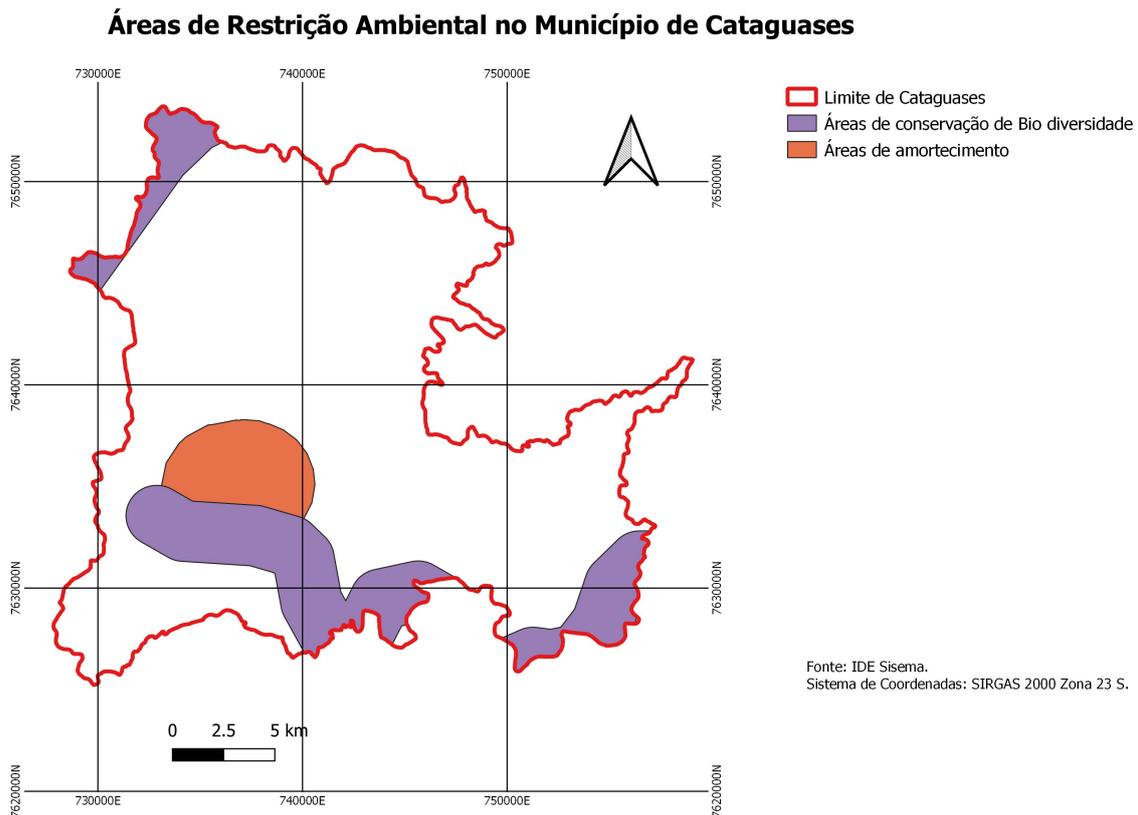


Figura 15 (d) Restrição Ambiental

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Considerando que as áreas de conservação de biodiversidade são essenciais para a preservação da fauna, da flora e dos ecossistemas, desempenhando um papel fundamental na manutenção da biodiversidade local, ressalta-se que a existência dessas áreas no município de Cataguases impõe restrições à implantação de aterros sanitários, a fim de evitar impactos negativos sobre as mesmas. Isso inclui a degradação de habitats, a perda de espécies e a interrupção de processos ecológicos importantes. Portanto, a seleção de áreas para a implantação de um aterro sanitário em Cataguases deve considerar a preservação dessas áreas de conservação de biodiversidade.

Ademais, a Resolução CONAMA n° 404/2008 destaca a importância da proteção de áreas de amortecimento ao redor dos aterros sanitários, com o objetivo de minimizar os impactos ambientais decorrentes das atividades de disposição final de resíduos.

As áreas de amortecimento são espaços adjacentes às unidades de conservação, que têm a finalidade de reduzir os impactos negativos causados por atividades humanas sobre essas áreas protegidas. São consideradas zonas de

transição, que atenuam os efeitos das atividades antrópicas e auxiliam na manutenção da integridade dos ecossistemas.

Portanto, no contexto do município de Cataguases, é essencial aplicar essas normas e resoluções para a seleção adequada de áreas para a implantação de aterros sanitários. A existência de áreas de conservação de biodiversidade e áreas de amortecimento impõe restrições e requer cuidados especiais durante o processo de seleção.

Ao considerar esses critérios, busca-se minimizar os impactos ambientais negativos e preservar a biodiversidade local. Isso contribui para a manutenção dos ecossistemas saudáveis, para a conservação da flora e da fauna, e para a promoção do desenvolvimento sustentável.

Na figura 15 (e) apresenta-se os limites não edificantes em ferrovias.

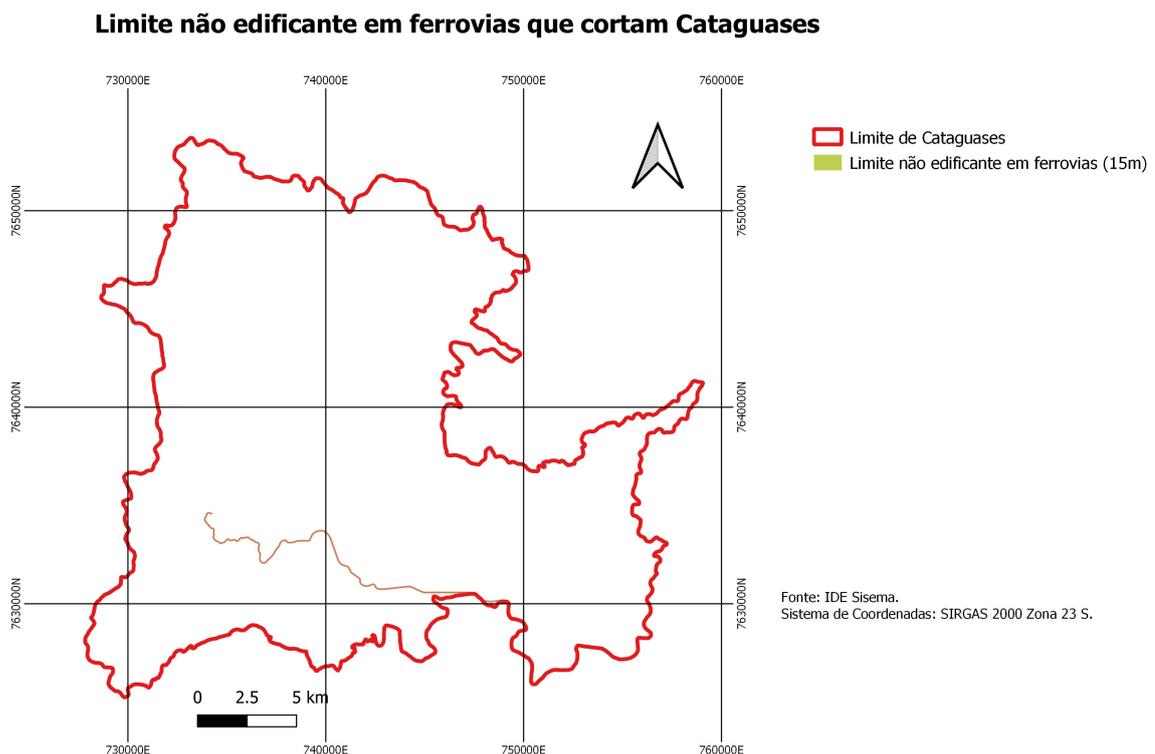


Figura 15 (e) Restrição por Proximidade à Ferrovia

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Na figura 15 (f) apresenta-se os limites não edificantes em rodovias pavimentadas e não pavimentadas.

Limite não edificante em rodovias que cortam Cataguases

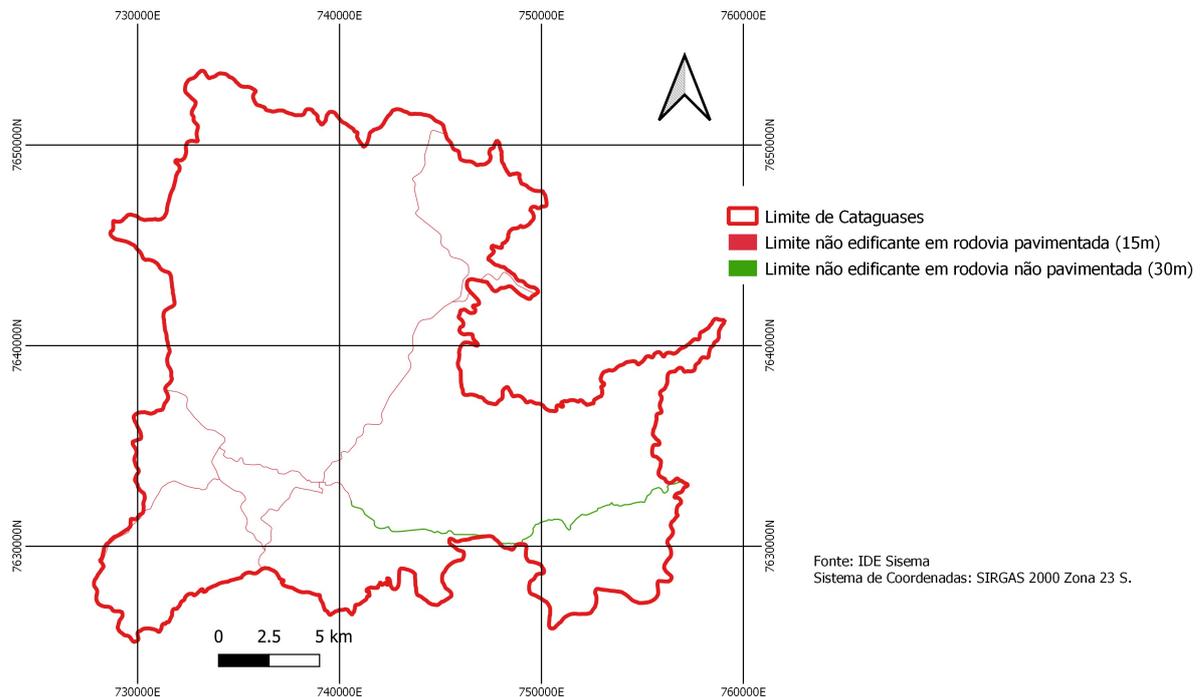


Figura 15 (f) Restrição por Proximidade às Rodovias

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A NBR 15849 considera que a proximidade de ferrovias e rodovias pode trazer benefícios logísticos e operacionais para a gestão de resíduos, facilitando o transporte e a movimentação dos materiais.

A existência de vias de transporte próximas ao local de implantação do aterro sanitário pode reduzir os custos e a complexidade logística relacionados ao transporte de resíduos. A facilidade de acesso e a proximidade com vias de circulação contribuem para a eficiência das operações de coleta, transporte e descarte de resíduos, otimizando o tempo e os recursos envolvidos.

Além disso, a Resolução CONAMA n° 404/2008 estabelece diretrizes ambientais para a localização, construção, operação e monitoramento de aterros sanitários no Brasil. Ela enfatiza a importância da infraestrutura de transporte adequada para garantir o fluxo eficiente de resíduos e minimizar os impactos ambientais.

Ao selecionar áreas próximas a ferrovias e rodovias para a implantação de um aterro sanitário em Cataguases, é possível reduzir a distância de transporte dos resíduos, diminuindo as emissões de gases de efeito estufa e o consumo de

combustíveis fósseis associados. Isso contribui para a redução da pegada de carbono e para a sustentabilidade do sistema de gerenciamento de resíduos.

No entanto, é importante ressaltar que a seleção de áreas próximas a ferrovias e rodovias também requer cuidados e análises específicas. Deve-se considerar os aspectos de segurança e prevenção de acidentes, garantindo que as vias de transporte não representem riscos adicionais para a população e o meio ambiente.

Na figura 15 (g) apresenta-se as áreas impróprias para construção de aterro sanitário no município de Cataguases.

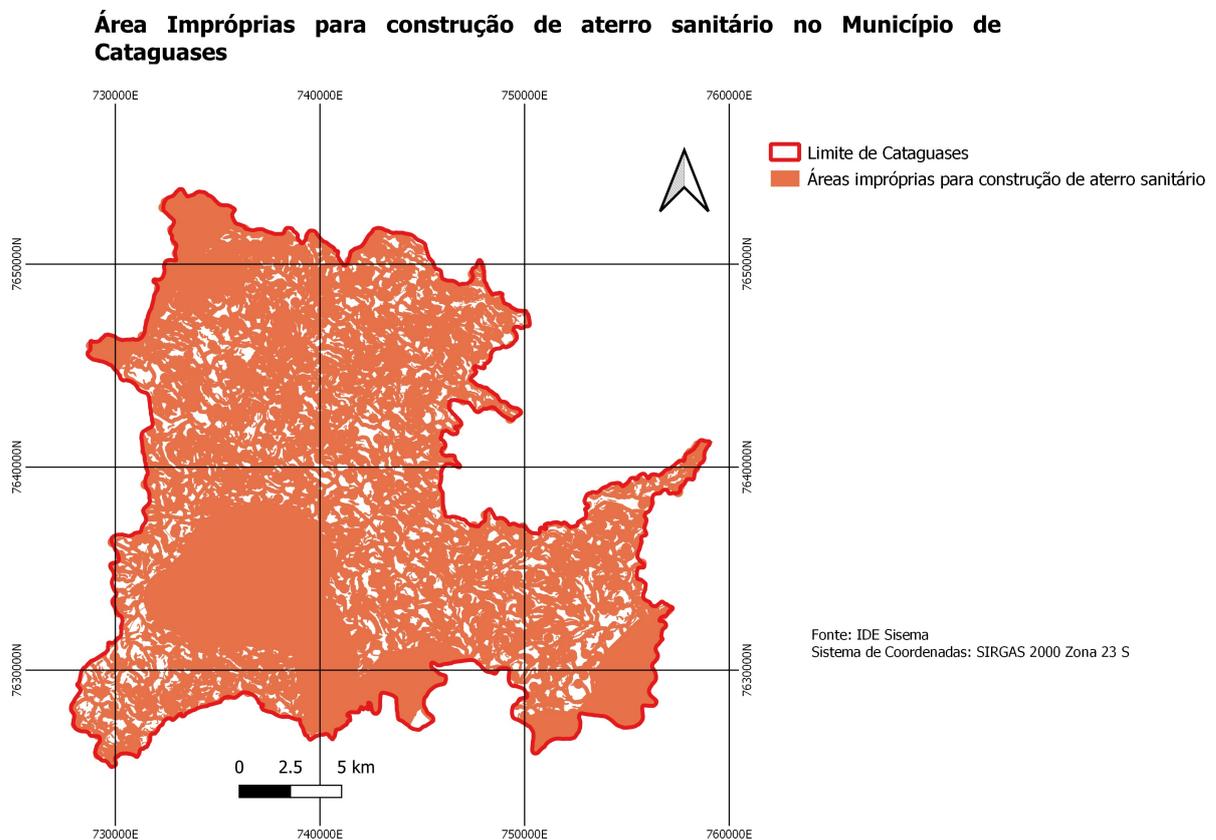


Figura 15 (g) Total de Áreas com Restrições

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

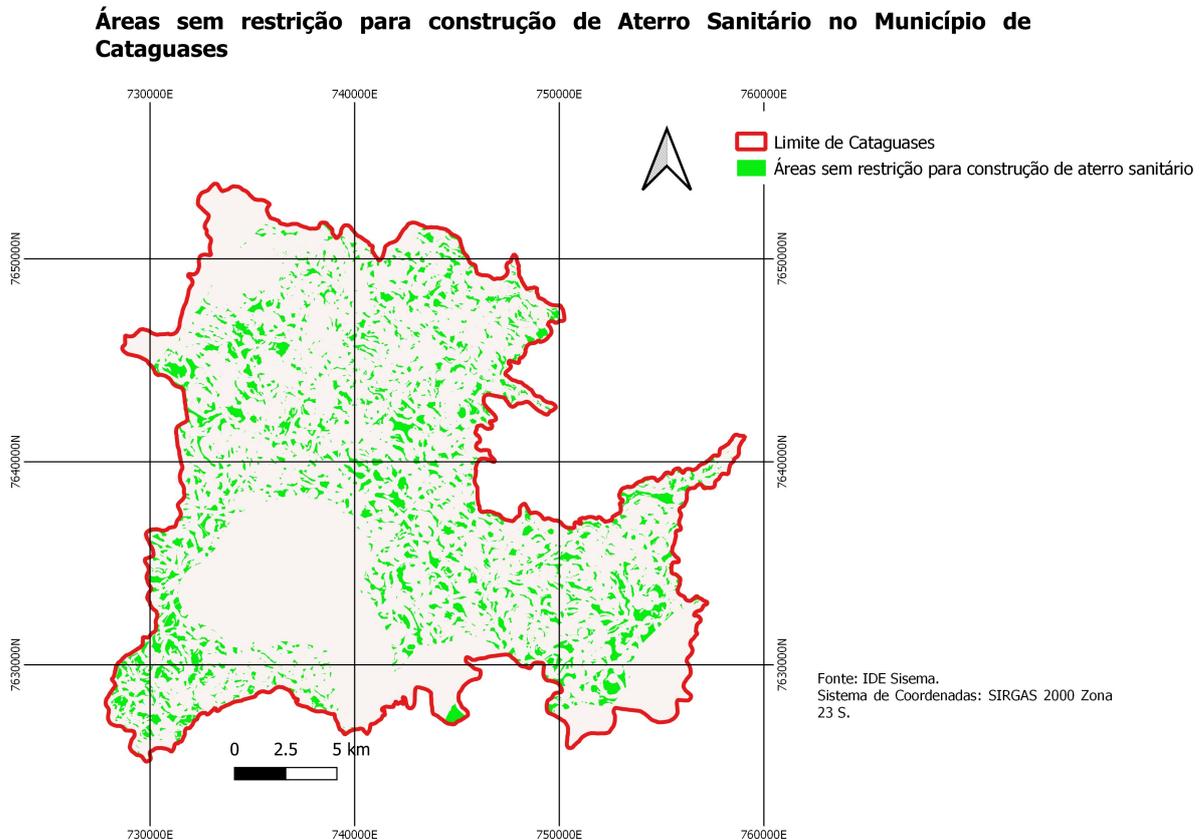
A seleção adequada de áreas para a implantação de um aterro sanitário é de extrema importância para garantir a eficiência e a sustentabilidade desse sistema de gerenciamento de resíduos sólidos e diante dos resultados obtidos e demonstrados no todo neste último mapa (Figura 15g). Com base nos critérios estabelecidos pela

NBR 15849, Resolução CONAMA n° 404/2008 e COPAM n° 118/2008, observa-se a identificação de uma grande área imprópria para a implantação do aterro sanitário em Cataguases.

Logo, a identificação das áreas impróprias para a implantação do aterro sanitário em Cataguases contribui para a preservação do meio ambiente, a proteção dos recursos hídricos e a minimização dos impactos negativos decorrentes do gerenciamento inadequado de resíduos sólidos.

Evidencia-se, assim, que o processo de seleção das áreas providas de restrições para a instalação de um aterro sanitário em Cataguases, conforme identificado neste estudo, contemplou uma variedade de critérios. No entanto, enumerar todas as áreas impróprias se mostrou inviável, devido à dispersão e variedade dessas áreas no terreno, o que se mostrou como sendo uma das limitações deste estudo.

Na Figura 16 apresenta-se as áreas sem restrição para construção de aterro sanitário no município de Cataguases.



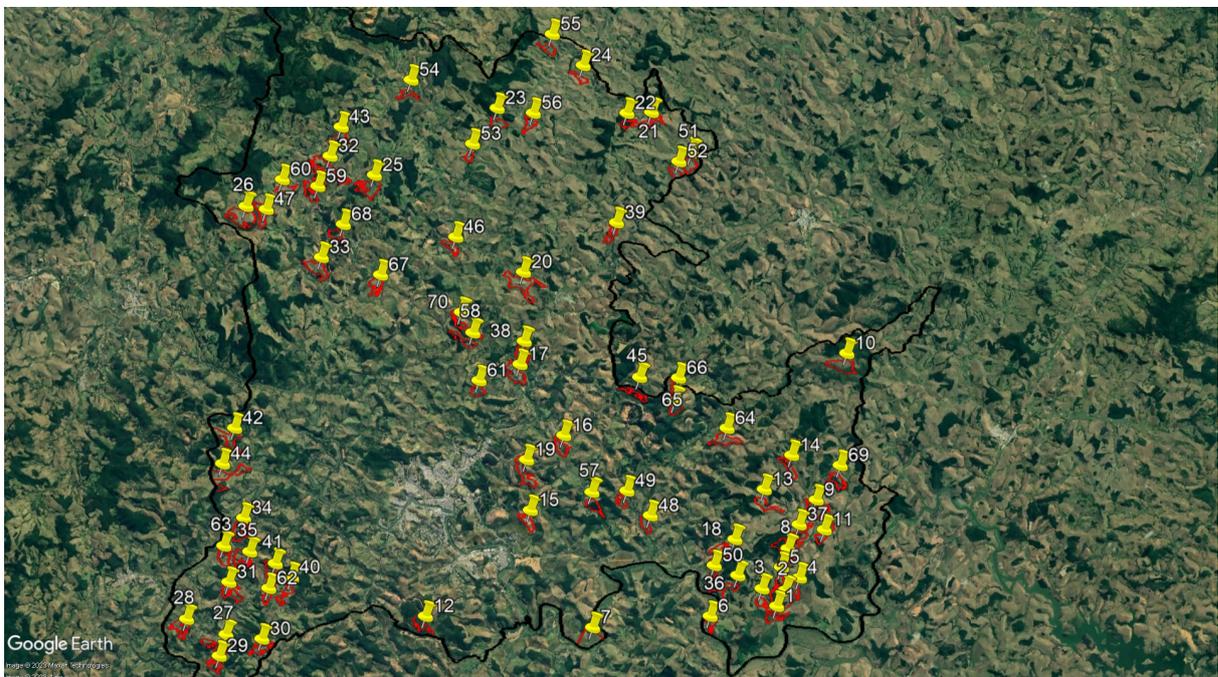
Fonte: Elaborado pelo autor (2023)
Figura 16 - Área sem restrição

Entretanto, apesar das diversas restrições identificadas na seleção de área para implantação do futuro aterro sanitário em Cataguases, é importante ressaltar que também foram encontradas várias áreas sem restrições, proporcionando opções viáveis para a instalação do futuro aterro de forma compatível com os critérios legais estabelecidos.

A Figura 16 ilustra as áreas disponíveis (em verde) que foram identificadas durante o processo de seleção. Essas áreas apresentam características favoráveis, como declividade adequada, ausência de proteção de cursos d'água e nascentes, além de estarem livres de restrições ambientais, ferrovias e rodovias.

Nesta pesquisa não poderia ser negligenciada a pesquisa de áreas próprias para construção deste aterro sanitário, que engloba a proximidade com as vias de acesso, uma vez que esse aspecto é notável por ser considerado uma característica altamente vantajosa para a finalidade buscada neste estudo.

Para tanto, optou-se, por mapear as 70 (setenta) áreas próprias de maior dimensão, que são as mais viáveis e relevantes para a construção do aterro e estão demonstradas na Figura 17.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)
Figura 17 - Áreas próprias

Isso foi feito através do processo de 'poligonização', transformando essas áreas em polígonos representáveis em um mapa. O resultado desse processo, que

envolveu a identificação e mapeamento das áreas próprias com maior potencial, apresenta-se na Tabela 8, onde as áreas apontadas na Figura 17 estão listadas com seus respectivos números identificadores juntamente com suas dimensões em metros quadrados.

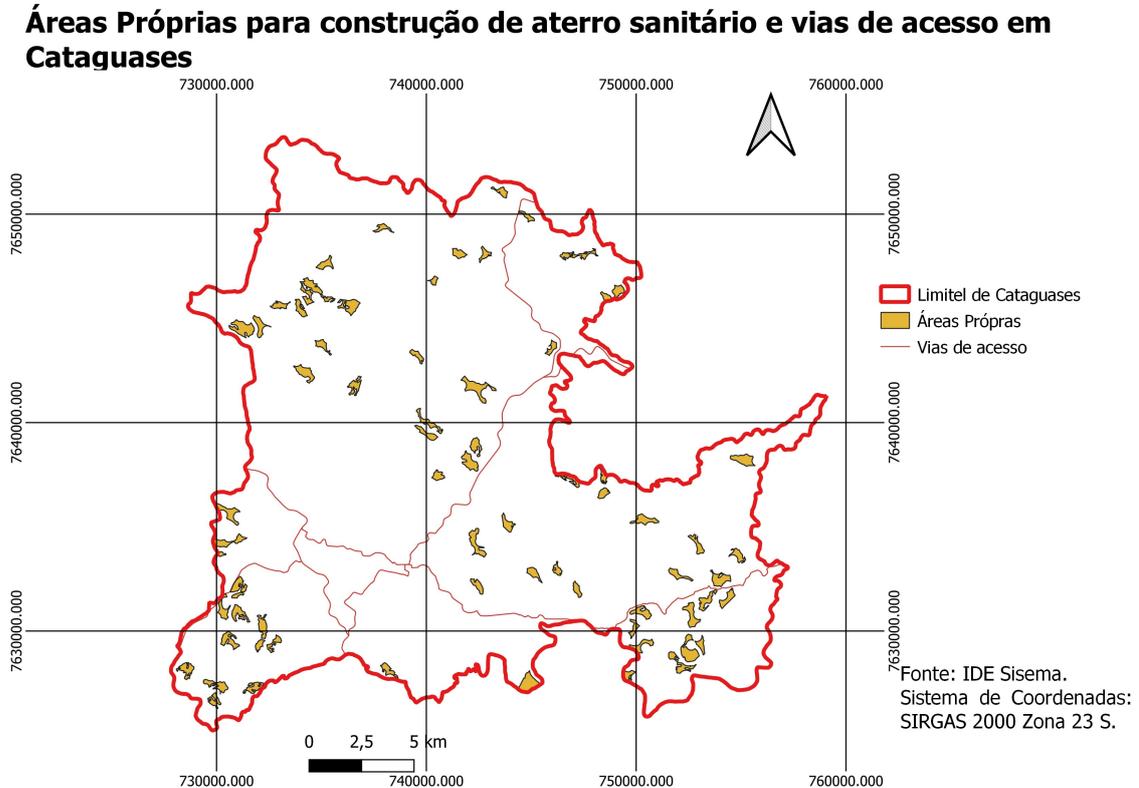
Tabela 8 - Identificação das áreas próprias com maior potencial

id	Área (m ²)	id	Área (m ²)
1	213751,223	36	263080,431
2	430689,629	37	290477,681
3	122167,175	38	247520,847
4	158396,53	39	153422,413
5	92955,565	40	176314,322
6	183763,509	41	307530,321
7	545980,901	42	369000,102
8	381691,283	43	222753,194
9	381834,894	44	432554,612
10	392861,514	45	232141,001
11	254252,014	46	162339,301
12	205441,943	47	263898,106
13	215957,207	48	161233,487
14	223635,187	49	141322,932
15	195517,693	50	162017,756
16	232588,263	51	211885,248
17	376647,355	52	128483,79
18	283822,269	53	93232,172
19	393205,876	54	144494,684
20	555050,053	55	161989,801
21	172755,104	56	156704,043
22	106105,162	57	203126,7
23	197106,768	58	222301,057
24	123937,03	59	219210,633
25	399350,717	60	177280,896
26	542324,841	61	174050,341
27	310269,297	62	130196,385
28	290997,933	63	260493,635
29	192343,495	64	305918,811
30	247412,446	65	172327,499
31	314486,642	66	161177,843
32	610504,653	67	255144,722
33	358946,547	68	182452,738
34	376825,878	69	215131,836
35	301556,299	70	242717,315

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Essa abordagem prática e útil pode ajudar no planejamento da construção do aterro, destacando as áreas mais promissoras em termos de tamanho e viabilidade.

Sendo assim, na Figura 18 apresenta-se as áreas próprias para construção de aterro sanitário bem como as vias de acesso em Cataquases.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

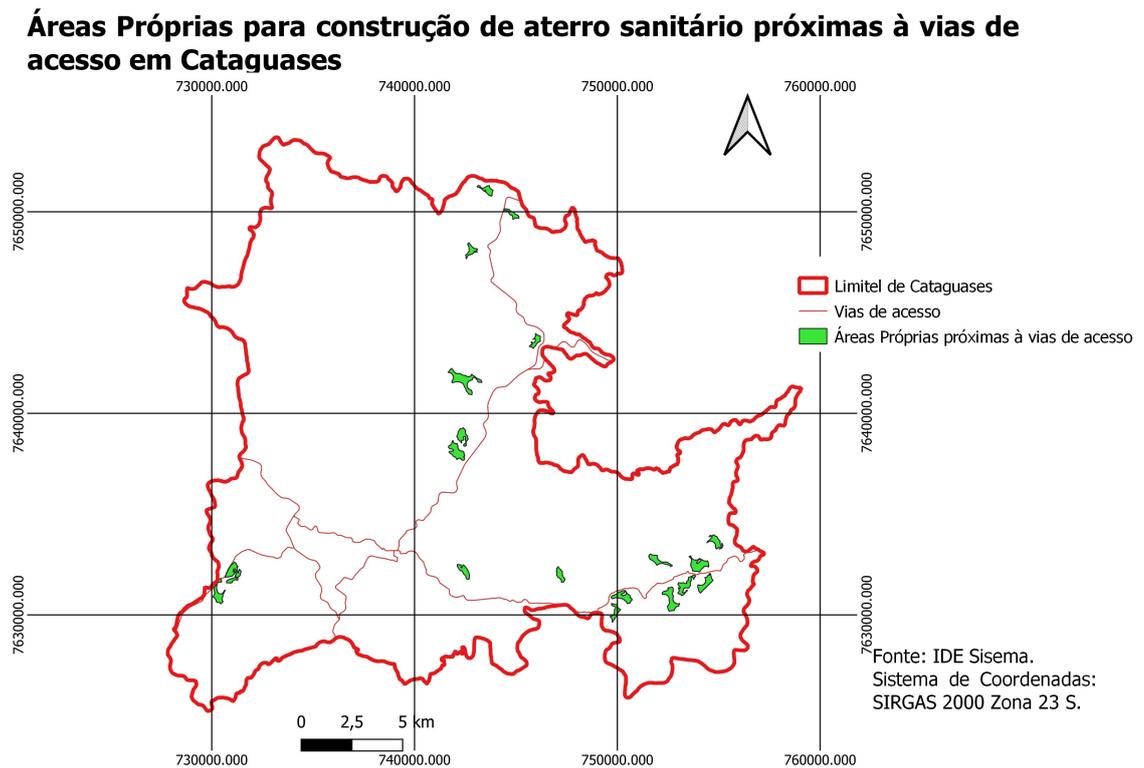
Figura 18 - Áreas próprias para construção de aterro sanitário e vias de acesso em Cataquases

Os resultados obtidos por meio deste estudo científico apresentam uma perspectiva otimizada para a futura implantação de um aterro sanitário no município de Cataquases, tendo como base a priorização de áreas que já possuem vias de acesso. A pesquisa se concentrou em minimizar os impactos ambientais e os custos financeiros associados à criação de novas infraestruturas viárias, o que está alinhado com as considerações feitas por Rocca (2014) e Boscov (2008) sobre as características favoráveis para a escolha de uma área adequada para aterro sanitário.

O primeiro mapa (Figura 18), é uma representação visual que identifica tanto as áreas apropriadas para a construção do aterro sanitário quanto as vias de acesso já existentes. Esta abordagem oferece uma visão ampla e estratégica da cidade, destacando as áreas que atendem aos critérios estabelecidos, como baixa densidade populacional, distância adequada de corpos d'água, e proximidade com

vias de acesso. Essas características são consistentes com as considerações de Rocca (2014), enfatizando a importância da proximidade com vias de acesso e a baixa densidade populacional nas áreas circundantes, que reduz o potencial impacto negativo nas comunidades locais.

Na Figura 19 apresenta-se as áreas próprias para construção de aterro sanitário que se encontram mais próximas às vias de acesso em Cataquases.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 19 - Áreas próprias para construção de aterro sanitário mais próximas às vias de acesso em Cataquases

O segundo mapa (Figura 19), é ainda mais específico, destacando apenas as 20 áreas próprias para a construção do aterro sanitário que estão estrategicamente próximas às vias de acesso já existentes. Isso demonstra uma clara sincronia com as afirmações de Boscov (2008), uma vez que essas áreas apresentam uma combinação ideal de fatores favoráveis. A proximidade com vias de acesso é particularmente relevante, pois reduzirá significativamente os custos de transporte de resíduos e otimizará a logística operacional do aterro sanitário.

Sendo assim, os resultados deste estudo confirmam que ao privilegiar áreas com baixa densidade populacional, distância adequada de corpos d'água, baixo custo do terreno e, especialmente, a proximidade com vias de acesso existentes para a implantação de um aterro sanitário em Cataguases, estar-se-a buscando equilibrar as necessidades econômicas com a responsabilidade ambiental, contribuindo assim para uma gestão de resíduos sólidos mais eficaz e sustentável no município.

5.2 ANÁLISE CRÍTICA

Para complementação deste estudo, foram entrevistados gestores municipais representantes da Secretaria da Fazenda, o ex-secretário e o atual secretário da agricultura e meio ambiente bem como o atual prefeito, visando assim colher informações que pudessem enriquecer esta pesquisa, contribuir para um melhor entendimento acerca da gestão de resíduos sólidos municipal e perspectivas futuras e, conseqüentemente, alcançar os objetivos propostos deste estudo.

Inicialmente foram abordadas questões relacionadas aos desafios enfrentados pelos gestores públicos municipais na implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), bem como informações específicas sobre a situação em Cataguases.

No que se refere aos principais desafios para os gestores públicos municipais em relação à PNRS, Jose de Alencar, atual Secretário de Meio Ambiente, enumera vários desafios enfrentados pelos gestores municipais na implementação da PNRS. Ele destaca a baixa disponibilidade orçamentária, a precariedade em profissionais especializados, a baixa capacidade institucional e de gerenciamento municipal, a pouca oferta de coleta seletiva, o desinteresse/desinformação da população e a falta de padronização entre os municípios. Esses desafios sugerem que a implementação efetiva da PNRS requer investimentos financeiros, recursos humanos capacitados, estruturas institucionais adequadas e conscientização da comunidade.

Sobre a implementação da PNRS em Cataguases, Jose de Alencar, afirma que a PNRS está sendo implantada em Cataguases desde sua instituição. Ele destaca a existência de um aterro sanitário, uma associação de catadores e a implantação da coleta seletiva. Essas medidas indicam que Cataguases está trabalhando para cumprir os requisitos da PNRS. Douglas Barbosa, Secretário da

Fazenda, complementa a resposta de Alencar, informando que existem catadores de materiais recicláveis trabalhando de forma dispersa na cidade, além de catadores organizados em cooperativas ou associações. Ele também menciona o número de associados em duas associações de catadores, quais sejam, a Associação dos Catadores de Recicláveis de Cataguases (ASCATAG) e Associação de Catadores de Materiais Recicláveis em Geral de Cataguases (ASCARGECA). Essas informações destacam a existência de estruturas e iniciativas locais para o manejo adequado dos resíduos recicláveis. Entretanto, apesar de haver essa mobilização local, o ex-secretário, Rogério Farage, afirma que não há, ainda, um programa da prefeitura que tenha como finalidade a coleta seletiva. Nesse sentido, é importante ressaltar que em outubro de 2022 foi proposto pelo prefeito municipal um Projeto de Lei apresentado na Câmara Municipal (PL nº 042/22) que estabelece a Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos no município. A iniciativa está em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos e busca valorizar os resíduos como insumos para a produção de novos produtos, bem como busca parceria com o Instituto Recicleiros para capacitar os trabalhadores e receber investimentos de até R\$ 5 milhões, visando a implantação da coleta seletiva e a gestão adequada de resíduos em várias cidades do país.

No que condiz à utilização do local de destino final dos resíduos urbanos em Cataguases, Rogério Farage, ex-Secretário de Agricultura e Meio Ambiente, responde que o município utiliza o atual local de destino final dos resíduos urbanos desde 2012. Essa informação indica que existe uma infraestrutura estabelecida para a disposição adequada dos resíduos sólidos.

Quanto à composição dos resíduos destinados ao aterro sanitário do município, Rogério Farage afirma que a composição dos resíduos gerados pela população e transportados diretamente para o aterro sanitário é a mesma identificada no relatório da Abrelp (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais). No entanto, não são fornecidos detalhes sobre essa composição.

Já quanto ao volume de resíduos sólidos gerados por mês em Cataguases, Rogério Farage informa que o atual aterro sanitário recebe em média 35 toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) por dia. Esses números fornecem uma ideia do volume de resíduos gerados no município.

Quanto ao percentual do orçamento alocado na gestão de resíduos sólidos, Rogério Farage não fornece uma resposta direta para essa pergunta, sugerindo que a informação deve ser obtida na Secretaria da Fazenda. Por outro lado, Douglas Barbosa menciona a receita orçada e arrecadada com a cobrança de taxas e tarifas relacionadas à gestão e manejo de RSU. Essas informações indicam que há recursos financeiros direcionados para a gestão de resíduos sólidos.

Informações sobre os gastos com coleta e transporte dos resíduos sólidos foram fornecidas pelo Secretário da Fazenda, Douglas Barbosa, que informou que o gasto com a coleta de resíduos dos serviços de saúde é de aproximadamente R\$ 53.000,00 por ano. Além disso, ele menciona que o gasto com a coleta de resíduos domiciliares e públicos totaliza cerca de R\$ 1.856.320,00 por ano.

Foi questionado sobre a existência de locais de depósito de resíduos em condições irregulares, momento em que Rogério Farage afirmou que não há depósitos irregulares, mas menciona que o atual aterro sanitário de Cataguases está operando sem Licença Ambiental. Ele explica a situação complexa, com cancelamento do licenciamento e operação sob liminar judicial. Essas informações indicam que a situação do aterro sanitário é um ponto de preocupação e destaca a necessidade de regularização ambiental adequada.

Sobre o levantamento da quantidade de materiais recicláveis no aterro sanitário, Rogério Farage, ex-Secretário de Agricultura e Meio Ambiente, responde que a prefeitura não possui esse levantamento. Essa falta de dados pode ser uma limitação na avaliação adequada do volume de materiais recicláveis que estão sendo descartados como lixo urbano. É importante que a prefeitura realize um levantamento para obter informações precisas sobre essa questão.

Sobre a implantação da coleta seletiva de resíduos sólidos, Rogério Farage responde que a prefeitura não possui a coleta seletiva em operação, mas há previsão de iniciá-la até o início de 2024, dependendo do funcionamento da usina do Instituto Recicleiros. Essa resposta indica que a coleta seletiva ainda não possui um programa municipal disponível em Cataguases, o que pode ser considerado um atraso na implementação da PNRS. É importante que a prefeitura estabeleça um cronograma claro e ações concretas para iniciar a coleta seletiva no município.

Nesse sentido, visando melhor esclarecimento sobre as informações anteriores, foi questionado sobre a intenção de implantação da coleta seletiva e se há motivos para a sua não implementação, Rogério Farage responde que há

intenção de implantar a coleta seletiva e explica que a prefeitura está envolvida em um convênio com o Instituto Recicleiros, que inclui a disponibilização de veículos coletores e a construção de um galpão em parceria. Ele também menciona um aplicativo em desenvolvimento para a coleta seletiva. No entanto, não são fornecidos detalhes específicos sobre os motivos pelos quais a implantação ainda não ocorreu. É necessário um plano de ação claro e transparente para superar quaisquer obstáculos e implementar efetivamente a coleta seletiva.

Quanto ao apoio da prefeitura às associações de catadores, Rogério Farage responde que a prefeitura repassa uma verba para ajudar a custear despesas fixas operacionais de duas associações de catadores. Isso indica que há apoio financeiro às associações, o que é positivo. No entanto, é importante avaliar se esse apoio é suficiente para fortalecer e melhorar as atividades dessas associações e promover a inclusão social dos catadores.

Ao serem questionados sobre projetos sociais da prefeitura para triagem e destinação de resíduos recicláveis, Rogério Farage responde que a parceria com o Instituto Recicleiros visa contribuir para o desenvolvimento social do município. No entanto, não são fornecidos detalhes sobre a natureza específica desses projetos e suas abordagens. É fundamental que a prefeitura desenvolva e implemente projetos sociais eficazes que abordem não apenas a triagem e destinação de resíduos recicláveis, mas também promovam o emprego e a inclusão social dos trabalhadores envolvidos nesse setor.

Ainda sobre os representantes dos projetos sociais e seus contatos, Rogério Farage menciona que os dados sobre o volume de resíduos coletados por categoria são obtidos através dos relatórios de comercialização das associações, mas não fornece detalhes específicos sobre os representantes dos projetos sociais ou seus contatos. É importante disponibilizar essas informações para que a coleta de dados seja feita de forma eficiente e para que haja transparência nas informações sobre os resíduos coletados.

Ao questionar sobre a previsão para o fim da capacidade do atual aterro sanitário, Rogério Farage responde que a capacidade do aterro atual está prevista para se esgotar até 2025, indicando que é necessário tomar medidas para garantir a destinação adequada dos resíduos após esse período. É encorajador saber que a prefeitura está ciente desse prazo e esperamos que medidas adequadas estejam sendo tomadas para planejar e construir um novo aterro sanitário a tempo.

No que concerne à formação de um consórcio intermunicipal para a construção do próximo aterro sanitário, Rogério Farage e o prefeito José Inácio Peixoto Parreiras Henrique confirmam que há planos para a formação de um consórcio intermunicipal. Isso é positivo, pois a cooperação regional pode ajudar a compartilhar custos e recursos para a construção e operação de um novo aterro sanitário. É importante que os municípios consorciados trabalhem juntos de forma eficaz para garantir uma gestão adequada dos resíduos sólidos.

Ao questionar quais seriam os municípios consorciados, Rogério Farage menciona “Foram contatados os prefeitos dos seguintes municípios além de Cataguases: Mirai, Dona Euzébia, Astolfo Dutra, Itamarati e Santana de Cataguases”, mas destaca que este último ainda não formalizou sua participação. Afirma ainda que “Legalmente, o consórcio já está formalizado”. É importante garantir que todos os municípios consorciados estejam comprometidos e formalizem sua participação para que o consórcio possa funcionar efetivamente.

No que diz respeito ao local para a implantação do próximo aterro sanitário, Rogério Farage e o prefeito José Inácio Peixoto Parreiras Henrique confirmam que há um local em vista para o novo aterro sanitário. No entanto, não são fornecidos detalhes específicos sobre a localização. No intuito de buscar maiores informações, questionou-se sobre o projeto de construção do novo aterro sanitário, Rogério Farage esclarece que o projeto está em andamento, com levantamentos e contratação de uma empresa para sua elaboração. No entanto, não há uma data precisa para a inauguração do novo aterro sanitário, devido aos prazos de análise dos órgãos responsáveis pelas licenças. Diante dessas respostas, vale ressaltar a importância de se garantir que o local escolhido atenda aos requisitos ambientais e seja adequado para uma gestão eficiente dos resíduos, bem como que a prefeitura siga um cronograma claro e garanta a conclusão do projeto dentro do prazo estabelecido.

Outra entrevista foi realizada com o prefeito de Cataguases, José Inácio Peixoto Parreiras Henrique, em que foram abordados diversos temas relacionados à gestão de resíduos no município. Ao ser questionado sobre os desafios enfrentados para a efetivação de uma gestão de resíduos plena, o prefeito mencionou a terceirização como um gasto exacerbado, especialmente em comparação com o seu caso em Cataguases. Ele destacou que a cidade possui um aterro próprio, gerido internamente, enquanto os municípios vizinhos enfrentam dificuldades com a

terceirização a preços elevados. Essa observação levanta uma questão importante sobre a eficiência e os custos envolvidos na terceirização da gestão de resíduos sólidos.

O prefeito também mencionou que, durante sua gestão, houve melhorias na manutenção do aterro, na eficiência do trabalho das máquinas e na fiscalização. Ele rompeu um contrato com uma empresa terceirizada e implementou uma fiscalização rigorosa, o que aumentou a sobrevida do aterro em dois anos. Além disso, ele destacou a formação de um consórcio de resíduos sólidos envolvendo seis municípios da região, o que indica uma iniciativa de cooperação para enfrentar os desafios comuns na gestão de resíduos.

No que diz respeito à implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos em Cataguases, o prefeito reconheceu que a política ainda não está totalmente prevista, mas afirmou que estão trabalhando nisso, especialmente por causa do consórcio. Ele mencionou a criação de uma cooperativa de recicladores em parceria com a ONG Reciclismo e a construção de um galpão para o trabalho dos recicladores. Essas ações indicam um esforço em direção à implementação da política de maneira mais eficiente e sustentável.

Em relação aos programas de educação ambiental, o prefeito mencionou a contratação de um secretário voltado para a questão do meio ambiente nos anos anteriores, mas informou que houve uma troca recente nesse cargo. Ele ressaltou que pretende dar continuidade aos avanços já realizados e executar os programas de educação ambiental planejados ainda este ano.

Quanto aos desafios para os gestores públicos municipais em relação ao atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos, o prefeito destacou a falta de um aterro para resíduos sólidos de construção civil em Cataguases e a existência de locais irregulares de depósito de resíduos em alguns bairros. Ele mencionou a intenção de desativar esses locais e buscar alternativas para o tratamento adequado dos resíduos de construção civil.

Ao ser questionado sobre os principais desafios para os gestores públicos municipais em relação ao cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o prefeito destacou a falta de um aterro para resíduos sólidos de construção civil em Cataguases. Ele reconhece essa necessidade e menciona o desejo de fornecer uma alternativa gratuita para os munícipes, levando esses resíduos para um aterro

próprio ou atribuindo outra finalidade a eles. Essa resposta indica uma preocupação em encontrar soluções para a gestão adequada dos resíduos de construção civil.

O prefeito também reconhece a existência de locais irregulares de depósito de resíduos em alguns bairros, embora evite chamá-los de "lixão". Ele descreve ações que estão sendo tomadas para coibir essa prática, como a construção de barreiras e a autuação dos responsáveis. O prefeito expressa a intenção de desativar todos esses locais e acabar com essa situação, enfatizando o desejo de tornar Cataguases uma cidade verde. Essa postura demonstra o compromisso em melhorar a gestão dos resíduos e preservar o meio ambiente.

Em relação às ações previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos, o prefeito destaca o trabalho realizado em parceria com o engenheiro ambiental Zé Alencar para regularizar o aterro sanitário do município. Ele menciona o consórcio entre cinco municípios e o objetivo de trazer esses municípios para dentro do aterro, ampliando sua vida útil. O prefeito ressalta a importância desse consórcio para otimizar a gestão dos resíduos e menciona a intenção de iniciar a implantação de um novo aterro. Essas ações demonstram uma abordagem cooperativa e estratégica para lidar com a gestão de resíduos sólidos.

Quando questionado sobre o volume de resíduos sólidos gerados por mês, o prefeito informa que são em média quarenta toneladas por dia. Essa informação é relevante para compreender a escala do desafio enfrentado na gestão dos resíduos sólidos em Cataguases.

Quanto à localização do próximo aterro sanitário, o prefeito menciona que o atual aterro está nas proximidades do distrito de Sereno e indica que a continuidade desse terreno seria o local do novo aterro. Essa resposta sugere uma abordagem de continuidade e aproveitamento dos recursos existentes.

No geral, as respostas do prefeito mostram um compromisso com a melhoria da gestão de resíduos sólidos em Cataguases. Ele reconhece os desafios enfrentados, busca parcerias e soluções criativas, e expressa a intenção de desativar locais irregulares de depósito de resíduos, além de ampliar a capacidade do atual aterro e planejar a implantação de um novo. No entanto, algumas respostas poderiam ser mais precisas e objetivas, especialmente em relação aos prazos e detalhes específicos das ações em andamento.

6 CONCLUSÃO

Em conclusão, os resultados deste estudo preliminar de análise de áreas para a implantação de um novo aterro sanitário em Cataguases revelaram a identificação de uma grande área imprópria para essa finalidade. Essa identificação contribui para a preservação do meio ambiente e a minimização dos impactos negativos decorrentes do gerenciamento inadequado de resíduos sólidos.

No entanto, é importante ressaltar que também foram encontradas 70 áreas sem restrições, oferecendo opções viáveis para a instalação do aterro sanitário de acordo com os critérios legais estabelecidos. Essas áreas possuem características favoráveis, como declividade adequada, ausência de proteção de cursos d'água e nascentes, além de estarem livres de restrições ambientais, ferrovias e rodovias e mais próximas de vias de acesso.

Considera-se importante destacar a importância de priorizar locais próximos às vias de acesso já existentes uma vez que essas 20 áreas representam uma escolha econômica e ambientalmente responsável para a construção do aterro sanitário, promovendo um tratamento de RSU eficiente e sustentável em Cataguases.

Concluem-se que os resultados deste estudo fornecem subsídios importantes para a prefeitura municipal de Cataguases tomar decisões informadas e conscientes sobre a seleção da área mais adequada para a implantação do novo aterro sanitário, levando em consideração tanto os aspectos técnicos quanto as demandas da comunidade e os impactos ambientais. Portanto, a disponibilidade dessas áreas sem restrição oferece à administração municipal a oportunidade de iniciar o refino da pesquisa focando apenas nos aspectos sociais e culturais que cada área identificada no mapa como apropriada possuem, e com isso planejar e implementar um aterro sanitário de forma ambientalmente adequada, respeitando a legislação vigente e promovendo a sustentabilidade do município de Cataguases. A escolha criteriosa dentre as áreas disponíveis será fundamental para garantir a proteção do meio ambiente e o bem-estar da comunidade local.

Diante da pesquisa realizada com foco nos critérios técnicos, uma sugestão possível para pesquisas futuras é a realização de um estudo abrangente de engajamento comunitário. Isso envolveria a participação ativa da comunidade local no processo de tomada de decisão quanto à localização do aterro sanitário,

buscando a opinião deles, abordando preocupações e incorporando suas perspectivas. Compreender as necessidades, preferências e valores culturais da comunidade pode contribuir significativamente para a aceitação e o sucesso do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos.

Além disso, a realização de estudos ambientais aprofundados proporcionaria uma compreensão mais abrangente dos impactos potenciais do aterro sobre os ecossistemas, biodiversidade e recursos naturais do entorno. Isso poderia envolver a avaliação do potencial de contaminação das águas subterrâneas, a análise dos efeitos a longo prazo na qualidade do ar e o exame das consequências ecológicas do local do aterro.

Adicionalmente, considerar fatores socioeconômicos aprimoraria a avaliação dos locais potenciais. Isso poderia envolver a análise das implicações econômicas do aterro, como criação de empregos e geração de receitas, além da avaliação dos possíveis efeitos sociais e de saúde nas comunidades próximas. Avaliar a compatibilidade da localização do aterro com a infraestrutura existente, redes de transporte e planos de uso do solo também seria valioso.

Em suma, estudos futuros devem buscar integrar critérios técnicos com engajamento comunitário, considerações ambientais e fatores socioeconômicos. Ao adotar uma abordagem multidimensional, é possível garantir a eficiência, sustentabilidade e aceitação pública do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos em Cataguases.

Particularmente, uma vez que o objetivo proposto foi alcançado com sucesso, o maior ganho obtido com este trabalho acadêmico foi a comprovação de que é possível e prudente a utilização desta metodologia para a identificação de áreas apropriadas ao destino dos RSU por parte dos inúmeros municípios que ainda não possuem aterros sanitários controlados em acordo com a atual legislação. Este fato reitera e ratifica a necessidade da interação entre as administrações municipais e os centros universitários em prol, neste caso específico, da melhoria dos ambientes construídos.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, P. B. Avaliação da influência da composição de Resíduos Sólidos Urbanos no comportamento de Aterros Simulados. 2007. 366 f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5397>>. Acesso em: 10 Set. 2022.

ANGELO, C.; RITTL, C. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do Brasil (1970-2018)**. Brasil: SEEG/Observatório do Clima, 32p. 2019. Disponível em: https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2019/11/OC_SEEG_Relatorio_2019pdf.pdf. Acesso em: 10 Mai. 2022.

ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito Ambiental**. 18. ed. São Paulo: GEN/ATLAS, 2016, p. 69.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (Abrelpe). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2020. Disponível em: https://www.migalhas.com.br/arquivos/2020/1/492DD855EA0272_PanoramaAbrelpe_-2018_2019.pdf. Acesso em: 20 Mai. 2022.

BRANDÃO, Eraldo; OLIVEIRA, Juliana. A Logística Reversa como Instrumento da Gestão Compartilhada na Atual Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista do Curso de Direito da UNIABEU**. v.2. n. 2. ago./dez., 2012.

BRASIL. **Decreto n 7.404 de 23 de dezembro de 2010**. Regulamenta a Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm>. Acesso em: 10 Set. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022** Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2022. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10936.htm. Acesso em: 15 fev. 2023.

BRASIL. **Decreto-Lei n. 201, de 27 de fevereiro de 1967**. Dispõe sobre a responsabilidade dos Prefeitos e Vereadores, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/De10201.htm>. Acesso em: 10 Set. 2022.

BRASIL. **Lei n. 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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 10 Set. 2022.

BRASIL. **Lei n. 8.429, de 2 de junho de 1992**. Dispõe sobre as sanções aplicáveis aos agentes públicos nos casos de enriquecimento ilícito no exercício de mandato, cargo, emprego ou função na administração pública direta, indireta ou fundacional e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8429.htm> Acesso em: 10 Set. 2022.

BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. 2012. Disponível em: <http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657>. Acesso em: 10 Set. 2022.

BRASIL. **Plano nacional de resíduos sólidos**. Ministério do Meio Ambiente. 2020. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/conesan/sites/253/2020/11/pnrs_2020.pdf>. Acesso em: 20 Nov. 2022.

BRITO, Jorge. **Relatório mercado de bens e serviços ambientais no brasil - desafios e oportunidades**. São Paulo: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI, 2014.

BRITO, L. P. **Índices de qualidade ambiental**. Apostila. UFRN, 2008.

CALIXTO, Bruno. **Lixão que não acaba mais. Blog do Planeta**. 2016. Disponível em: <<http://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2015/07/lixao-que-nao-acaba-mais.html>>. Acesso em: 10 Set. 2022.

CARDOSO FILHO, Gerson Teixeira. Avaliação da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos na cidade de Parintins/AM: desafios e oportunidades à luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS. **Dissertação** (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade). - Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia – PPG/Casa. Universidade Federal do Amazonas, Parintins: UFAM, 2014.

CARNEIRO, Ricardo. **Direito ambiental: uma abordagem econômica**. Rio de Janeiro: Forense, 2003, p. 98.

CARRILHO, A. N., CANDIDO, H. G., SOUZA, A. D. Geoprocessamento aplicado na seleção de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Conceição das Alagoas (MG). **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2018:23(1);201-206.

CARVALHO, F. **Minas Gerais formaliza adesão ao Race to Zero**. Viçosa, Brasil: Mata Nativa. 2021. Disponível em: <<https://www.matanativa.com.br/minas-gerais-formaliza-adesao-race-to-zero/>>.

CATAGUASES. **Cataguases avança com projeto de Lei que institui coleta seletiva de resíduos**. Prefeitura Municipal. 2022. Disponível em: <<https://cataguases.mg.gov.br/cataguases-avanca-com-projeto-de-lei-que-institui-coleta-seletiva-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 25 Mar. 2023.

CATAGUASES. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS)**. Meta Environ Engenharia Ltda. 2021. Disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1wY4f-vZjnE-6fX806JxmOO3wZNb5i4uu/view>. Acesso em: 20 Ago. 2022.

CATAGUASES. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS. Cataguases/mg produto 03 – diagnóstico municipal participativo outubro/2020.** 2021. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1-Z1GGwNxTGoSYago6nK1CwHnbe4QuMEb/view>. Acesso em: 15 Fev. 2023.

CEMPRE. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado.** Coordenação geral André Vilhena (Coord.). 4 ed. São Paulo: CEMPRE, 2018.

Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN. **Norma CNEN-NE-6.05**, Gerência de rejeitos radioativos em Instalações Radiativas, 17/12/1985. Disponíveis em: <http://http://www.cnen.gov.br/>. Acesso em: 20 Fev. 2023.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR-CNEN. **Norma CNEN-NE-6.06**, Seleção e escolha de locais para depósito de rejeitos radioativos, de 24/01/1990. Disponíveis em: <http://http://www.cnen.gov.br/>. Acesso em: 20 Fev. 2023.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR-CNEN. **Norma CNEN-NN-6.09**, Critérios de aceitação para deposição de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação, 23/09/2002. Disponíveis em: <http://http://www.cnen.gov.br/>. Acesso em: 20 Fev. 2023.

COSTA, Carlos Wilmer; LORANDI, Reinaldo; SERIKAWA, Vagner Souza; FERREIRA, Thays Santos; STANGANINI, Fábio Noel; GONÇALVES NETO, Pedro Silveira; LOLLO, José Augusto de. **Análise multicritério aplicada à seleção de áreas para implantação de aterros sanitários na Bacia do Ribeirão do Meio (Leme, SP), em escala 1:50.000.** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/VyBSJsW4VH89HxHkrRh494x/?lang=pt>. Acesso em: 8 fev. 2023.

CUNHA, Belinda Pereira da; AUGUSTIN, Sérgio. **Sustentabilidade ambiental [recurso eletrônico] : estudos jurídicos e sociais. - Dados Eletrônicos.** Caxias do Sul: Educs, 2014.

DB-CITY. **Cataguases.** 2022. Disponível em: <https://pt.db-city.com/Brasil--Minas-Gerais--Cataguases>. Acesso em: 20 ago. 2022.

DE MUTIIS, Fabiana. **Dos 102 municípios de AL, só Maceió cumpre lei que prevê o fim dos lixões.** 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2014/08/dos-102-municipios-de-al-so-maceio-cumpr-lei-que-preve-o-fim-dos-lixoes.html>. Acesso em: 10 Set. 2022.

DESTEFENNI, Marcos. **Direito penal e licenciamento ambiental.** São Paulo: Memória Jurídica, 2004, p. 83.

DUTRA, Débora Joana; SILVA, Laura Magalhães Rocha e; VIMIEIRO, Gisele Vidal; COELHO, Carlos Wagner Gonçalves Andrade. Vimieiro, G. V., Coelho, C. W. G. A. Seleção de área para construção de aterro sanitário no município de Esmeraldas, MG, a partir da utilização de ferramentas de geoprocessamento. **Revista**

Geográfica Acadêmica, v. 13, n. 2, p. 106-118, 2019. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rga/article/view/5827>. Acesso em: 20 Ago. 2021.

EARTHDATA OPEN ACCESS FOR OPEN SCIENCE. **Google Earth Pro**. 2023. Disponível em: <https://www.earthdata.nasa.gov>. Acesso em: 15 Fev. 2023.

FIÚZA, J. M. S.; OLIVEIRA, L. T. Matriz Interativa para a Escolha Locacional de Aterro Sanitário. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...** Foz do Iguaçu, set. 1997, p. 1754- 1756.

FORTI, Vanessa. **Panorama setorial da Internet Número 4** Dezembro 2019. Disponível em: [panorama-setorial-xi-4-lixo-eletronico-atualizado.pdf](#). Acesso em: 20 mai. 2022.

FORTI, Vanessa; BALDÉ, Cornelis P.; et ali. **The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows, and the circular economy potential**. 2020. Disponível em: http://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/12/GEM_2020_def_dec_2020-1.pdf. Acesso em: 16 jul. 2021.

FREITAS, Vladimir Passos de. **Direito administrativo e meio ambiente**. 5 ed. Curitiba: Juruá, 2014, p. 54.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais – Ano base 2014**. Belo Horizonte, Brasil: FEAM/Governo de Minas, 2016. 57 p. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/inventario/Estimativas_GEE_2005_2014_MG_FEAM_v02-1.pdf. Acesso em: 15 Mai. 2022.

GOMES, L. P., COELHO, O., ERBA, D., VERONEZ, M. Verificação de critérios técnicos utilizados para a seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos urbanos. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, dez. 2000.

GRIMBERG, Elisabeth. **A Política Nacional de Resíduos Sólidos: a responsabilidade das empresas e a inclusão social**. 2014. Disponível em: <http://limpezapublica.com.br/textos/1177.pdf>. Acesso em: 10 Set. 2022.

IBGE. **Cataguases**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/cataguases.html>. Acesso em: 10 set. 2023.

INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS - SISEMA. **IDE Sisema**. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: 15 Fev. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL - IBAM. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Cidades e Estados - Cataguases**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/cataguases.html>. Acesso em: 15 ago. 2023.

JARAMILLO, J. **Resíduos sólidos municipais: guia para el diseño, construccion y operacion de rellenos sanitários manuales**. Washington: Pan American Health Organization, 1991. 214p.

LEITAO, A. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. **Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting**. 2015:1(2);Setembro.

LI, J.; LOPEZ, B. N., LIU, L., ZHAO, N., YU, K.; ZHENG, L. Regional or global WEEE recycling. Where to go? **Waste Management**, 2013:33;923–934.

LINO, A. M.; ISMAIL, K. A. R. Analysis of the potential of municipal solid waste in Brazil. **Environmental Development**, Campinas, v. 4, n. 1, p.105-113, set. 2012.

LOPES, Adriana Antunes. Estudo da gestão e do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos no município de São Carlos (SP). 2003. **Dissertação** (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

LOPES, Marcelo. **Parecer Técnico aponta irregularidades no Aterro Sanitário de Cataguases**. 2019. Disponível em: <https://www.marcelolopes.jor.br/site/2019/07/17/parecer-tecnico-aponta-irregularidades-no-aterro-sanitario-de-cataguases/>. Acesso em: 20 Out. 2022.

LOURENÇO, Roberto Wagner; CUNHA e SILVA, Darllan Collins da; SALES, Jomil Costa Abreu; MEDEIROS, Gerson Araujo de; OTERO, Rafael Arosa ProI. Metodologia para seleção de áreas aptas à instalação de aterros sanitários consorciados utilizando SIG. . **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37 n. 4 set-dez. 2015, p. 122-140 Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM ISSN impressa: 0100-8307 ISSN on-line: 2179-460X. DOI: <http://dx.doi.org/105902/2179460X15973>

LUSTOSA, Maria Cecília Junqueira, CANÉPA, Eugênio Miguel e YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann. Política ambiental. MAY, Peter H., LUSTOSA, Maria Cecília Junqueira e VINHA, Valéria da (orgs). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2003, p. 135.

LUZ, Diana Dias da. **Conflitos socioambientais e resíduos sólidos na amazônia: aterro sanitário de maritubarmb/pa,quilombolas do abacatal e movimento fora lixão**. Dissertação Mestrado Universidade Federal do Pará.. 2022.

MACHADO, Paulo Affonso Leme Machado. **Direito ambiental brasileiro**. 28 ed. São Paulo: Juspodvm, 2022, p. 187.

MATEUS, M. S. C. ; MACHADO, S. L.; BARBOSA, M. C. An attempt to perform water balance in a Brazilian municipal solid waste landfill. **Waste Management, Brazil**, v. 32, n. 3, p.471-481, Dec. 2012.

MELO, André Luis Oliveira de. 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. **Tese**, pós-graduação em Engenharia Civil. 2001. Disponível: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/11276/1/texto%20completo.PDF>. Acesso em: 10 Fev. 2023.

MILARÉ, Edis. **Direito do ambiente**. 12 ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2020, p. 385/400.

MINAS GERAIS. **Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009**. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. 2009. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=9272>. Acesso em: 05 Fev. 2023.

MINAS GERAIS. **Plano municipal de saneamento básico do município de Cataguases/MG**. 2016. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/mata/Cataguases.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis (PPCS). 2011. Disponível em: https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/plano_de_acao_para_producao_e_consumo_sustentaveis_ppcs.pdf. Acesso em: 24 abr. 2020.

MUNIZ, C. A. L. Análise comparativa dos métodos de fatores ponderados na seleção de áreas para aterros sanitários. 2013. 118f. **Dissertação**. (Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia da Produção, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.

NARUO, Mauro Kenji. O estudo do consorcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando sistema de informações geográficas. 2003. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil). - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

NEDER, Ricardo Toledo. **Crise socioambiental**: Estado e sociedade civil no Brasil (1982-1998). São Paulo: Annablume-Fapesp, 2002, p. 39.

OLIVEIRA, Antônio Inagê de Assis. **Introdução à legislação ambiental brasileira e licenciamento ambiental**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2005, p. 410. 8

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DDA SAÚDE - OPAS. **Aumento do lixo eletrônico afeta saúde de milhões de crianças, alerta OMS**. 2021. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/15-6-2021-aumento-do-lixo-eletronico-afeta-saude-milhoes-criancas-alerta-ms#:~:text=Os%20volumes%20de%20lixo%20eletrônico,de%20lixo%20eletrônico%20foram%20geradas>.

PERKINS, D. N.; DRISSE, M. N. D.; NXELE, T.; SLY, P. D.; E-Waste: A Global Hazard. Icahn School of Medicine at Mount Sinai. **Annals of Global Health**, 2014; 80:286-295. 2014.

PFEIFFER, Simone Costa; OLIVEIRA, Adjane Damasceno de. Tecnologias sociais de saneamento rural. In: RIBEIRO, Luana. **Saneamento e saúde ambiental**. Goiás: Universidade Federal de Goiás, 2019. Disponível em: <https://publica.ciar.ufg.br/ebooks/saneamento-e-saude-ambiental/index.html>. Acesso em: 10 Set. 2022

PREFEITURA MUNICIPAL DE ABAETETUBA-PMA. **Comissão Executiva Municipal do Plano Municipal de Saneamento Básico de Abaetetuba**. Plano Municipal de Saneamento Básico de Abaetetuba. Etapa do Prognóstico. Abaetetuba – PA, 2019.

ROBINSON, B. H. E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. **Science of the Total Environment**, v. 408, p.183–191, 2009.

SALOMÃO, Lucas. **Senado aprova prorrogar por dois anos extinção de lixões**. 2015. Disponível em: <http://g1.globo.com/politica/noticia/2015/07/senado-aprova-prorrogar-por-2-anos-extincao-de-lixoes.html>. Acesso em: 10 Set. 2022.

SECGERAL - Secretaria-Geral Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves Agência Minas (2021). **Destinação regular de resíduo atende mais de 70% da população urbana de MG**. 2021. Disponível em: <http://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/destinacao-regular-de-residuo-atende-mais-de-70-dapopulacao-urbana-de-mg>.

SECGERAL - Secretaria-Geral Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves. Agência Minas (2021). **Minas alcança a marca de 469 municípios com destinação regular de resíduos sólidos urbanos**. 2022. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/minas-alcanca-a-marca-de-469-municipios-com-destinacao-regular-de-residuos-solidos-urbanos>. Acesso em:

SILVA, CESAR A. **Gerenciamento de Resíduos**. 2013. Disponível em: www.proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/1378/Gerenciamento%20de%20Residuos.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 5 Mai. 2022.

SILVA, José Afonso da. **Direito ambiental constitucional**. São Paulo, Malheiros, 2019. p. 216/217.

SIRVINSKAS, Luís Paulo. **Manual de direito ambiental**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2005a, p. 59.

SIRVINSKAS, Luís Paulo. **Política nacional do meio ambiente (Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981)**. As leis federais mais importantes de proteção ao meio ambiente comentadas. MORAES, Rodrigo Jorge, AZEVÉDO, Mariangela Garcia de Lacerda e DELMANTO, Fabio Machado de Almeida (coords). Rio de Janeiro: Renovar, 2005b, p. 91-93.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico Temático - Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - Infraestrutura**. Setembro/2022. Disponível em: <http://antigo.snis.gov.br/diagnosticos>. Acesso em: 10 Mar. 2023

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - Visão Geral – SNS**. 2021. Disponível em: <http://antigo.snis.gov.br/diagnosticos>. Acesso em: 10 Mar. 2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Série histórica – Cataguases: Informações coleta seletiva e triagem**. 2021. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 25 Mar. 2023.

SOARES, E. F. et. al. **Clima e Sítio na zona da mata mineira: uma análise em episódio de verão**, 2011. Disponível em: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:NBRa6EzidmIJ:www.revista.ortefam.edu.br/attachments/009_>. Acesso em 14 de outubro de 2014.

SOCIOECONOMIC DATA AND APPLICATIONS CENTER (SEDAC). **Environmental Performance Index, 2020 Release (1950–2020)**. New York: Yale University, 2020.

SOUSA, Machado. Política Nacional dos Resíduos Sólidos: uma busca pela a redução dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). **InterfacEHS-Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 7, n. 3, 2012.

SZIGETHY, Leonardo; ANTENOR, Samuel. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos**. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em:

VERDÉLIO, Andreia. **EBC Agência Brasil**. Governo federal defende prorrogação do prazo da lei que acaba com os lixões. 2016.

VIEIRA, S. J.; LAPOLLI, E. M. Escolha de áreas para o tratamento e disposição final de resíduos sólidos: Florianópolis/SC. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária E Ambiental. **Anais...**Rio de Janeiro/RJ, 1999, p. 1681-1685.

WAQUIL, D. D.; ORLANDI FILHO, V.; RODRIGUES, A. L. M.; ANGHINONI, M. da C. M.; JUNGBLUT, M. Seleção de Áreas para Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos. **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Porto Alegre-RS, dezembro de 2000.

WENDLING, Z.A., J.W. EMERSON, A.; SHERBININ, D.C. ETSY, et al. 2020. **Environmental Performance Index 2020**. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law and Policy. **Review** 25 (5), 436–458. 2016.

APÊNDICE

Apêndice A - QUESTIONÁRIO

1. Na sua opinião, quais são os principais desafios para os gestores públicos municipais com relação ao atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos?
2. Como ocorre ou ocorreu a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos em Cataguases?
3. Dentre as ações previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos, em quais delas o seu município mais se destaca?
4. Cataguases possui Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos atualizado e definitivamente implantado? Em caso positivo, qual a data da atualização. Em caso negativo, favor justificar o que está faltando.
5. O município utiliza o atual local de destino final dos resíduos urbanos desde quando?
6. Qual a composição dos resíduos gerados pela população que são transportados diretamente para o aterro sanitário do município?
7. Qual é o volume (ou em peso) de resíduos sólidos gerados por mês? Pode ser média dos últimos 12 meses.
8. Qual é o percentual do orçamento alocado na gestão de resíduos sólidos?
9. Quanto é gasto por mês ou ano somente na coleta e transporte dos resíduos sólidos?
10. Além do aterro sanitário regular, o município de Cataguases possui locais de depósito de resíduos urbanos em condições irregulares tipo “lixão” ou “bota-fora”? Em caso positivo, pretende desativá-los ou são locais que não apresentam risco ao meio ambiente?
11. A prefeitura possui algum levantamento sobre a quantidade de materiais recicláveis que são descartados no aterro sanitário como lixo urbano?
12. A prefeitura municipal de Cataguases tem implantada a coleta seletiva de resíduos sólidos? Em caso positivo, responda as duas próximas perguntas. Caso contrário, pule para a pergunta número 15.
13. Há algum levantamento de quanto a coleta seletiva contribuiu para aumentar a vida útil do aterro sanitário?
14. Se o município já possui o sistema de coleta seletiva implantado, quantos por cento dos resíduos coletados são destinados para triagem de materiais recicláveis?
15. Caso não haja coleta seletiva promovida pela prefeitura, há intenção na implantação da mesma? Por qual(is) motivo(s) ainda não foi possível a implantação?

16. A prefeitura apoia alguma associação de catadores de materiais recicláveis?

17. Há algum projeto social da prefeitura com ou sem parceria do setor privado para a triagem e destinação dos resíduos recicláveis? Em caso negativo, pule para a pergunta 19.

18. Qual(is) representante(s) deste(s) projeto(s) sociais, bem como seu(s) contato(s) que podemos procurar para coletar dados a respeito do volume de resíduos coletados por categoria?

19. O município desenvolve programas voltados à educação ambiental da comunidade? Em caso positivo, cite-os:

20. Quais são os desafios enfrentados por seu município para a efetivação de uma gestão de resíduos plena?

21. Qual a previsão para o fim da capacidade do aterro sanitário atual em receber os resíduos?

22. A Prefeitura Municipal de Cataguases vislumbra um consórcio intermunicipal para a viabilidade da construção do próximo aterro sanitário? Caso a resposta seja positiva, responda as duas perguntas a seguir:

23. Quais seriam os municípios consorciados?

24. Há algum local em vista para a implantação do próximo aterro sanitário? Se sim, qual seria?

25. Há projeto de construção do novo aterro sanitário em andamento ou já elaborado? Em caso positivo, quando o mesmo deverá ser inaugurado?