

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

NATHÁLIA FERREIRA ALVES

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NA
MESORREGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO/ALTO PARANAÍBA COM A
UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS

UBERLÂNDIA

2019

NATHÁLIA FERREIRA ALVES

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NA
MESORREGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO/ALTO PARANAÍBA COM A
UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS

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

Orientador: Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Rita Raimundo e Almeida

UBERLÂNDIA
2019

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

A474i
2019 Alves, Nathália Ferreira, 1993
 Identificação de áreas para a implantação de aterro sanitário na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba com a utilização de geotecnologias [recurso eletrônico] / Nathália Ferreira Alves. - 2019.

Orientador: Claudionor Ribeiro da Silva.

Coorientadora: Maria Rita Raimundo e Almeida.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1291>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Ecologia. 2. Sustentabilidade. 3. Processamento de dados. 4. Geotecnologia ambiental. I. Silva, Claudionor Ribeiro da, 1975, (Orient.). II. Almeida, Maria Rita Raimundo e, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental. IV. Título.

CDU: 574

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

NATHÁLIA FERREIRA ALVES

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NA
MESORREGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO/ALTO PARANAÍBA COM A
UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS**

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

Apresentada, 28 de fevereiro de 2019

Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva
(Orientador – UFU)

Prof.^a Dr.^a Maria Raimundo e Almeida
(Co-orientadora – UNIFEI)

Prof.^a Dr.^a Bruna Fernanda Faria Oliveira
(UFU)

Prof. Dr. Ângelo Evaristo Sirtoli
(UFPR)

UBERLÂNDIA
2019

A todos que caminharam comigo em busca desse sonho e tão almejada conquista. Todos aqueles que estiveram próximos são colaboradores desse dia tão especial. Cada momento vivido e aprendido compartilhado foram cruciais durante essa jornada.

Essa conquista é compartilhada com muita alegria e satisfação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus, por sempre me guiar e iluminar meu caminho. Por me proporcionar sabedoria e aprendizado diário. Por me fazer crescer com cada mudança e novo desafio. Por me dar força e direção para alcançar meus sonhos. Por me circundar de pessoas tão especiais.

A minha grandiosa e amada família, aos meus Pais, Irmãos, Avós e Tios. Meus pais, sem vocês eu não teria força para vencer e alcançar cada degrau dessa estrada, vocês são tudo. Meus irmãos, são por vocês que quero ir longe e poder um dia leva-los comigo. Meus avós, seus carinhos e orações me enche de fé e esperança. Meus tios, é por vocês que quero continuar exercendo ainda mais a função de Engenheira (rss).

Ao meu namorado, e grande companheiro, Pedro Paulo. Seu apoio, seu colo e toda sua ajuda me faz ser melhor a cada dia. Já compartilhamos muitas conquistas juntos e essa é apenas mais uma delas. E mais uma vez só tenho a agradecer por cada momento que segurou minha mão e esteve comigo. A distância sempre foi um mero detalhe.

A minha segunda família, a família Virgilio Damis. Sem palavras para agradecer tamanha generosidade, carinho e amor que recebo de vocês. Vocês são peças fundamentais nessa conquista e na minha vida.

Ao meu querido orientador, Claudionor. Graças a você estou concretizando esse sonho. Sempre disposto a ajudar, qualquer dia e qualquer hora. Você é exemplar. Sua paciência e dedicação imensurável me fez caminhar durante toda essa trajetória de maneira muito feliz e confiante.

A minha co-orientadora, Maria Rita. Mesmo longe não mediu esforços para ajudar. Suas orientações foram essenciais.

Aos professores integrantes da banca de qualificação e defesa, Ângelo Sirtoli, Breno Martins e Bruna Faria. A colaboração de vocês é muito gratificante.

A todos os meus amigos do mestrado. Em especial aqueles que estiveram mais próximos, aqueles que juntos tentamos publicar alguns artigos (rss), e nos divertimos muito também. Denici, Evelyn, Gabriel e Malu, sucesso para nós.

A todos os professores e colaboradores do programa de Pós-Graduação. A dedicação e suporte de vocês foram fundamentais.

*“Somos o que fazemos, mas somos, principalmente,
o que fazemos para mudar o que somos”
Eduardo Galeano.*

RESUMO

ALVES, Nathália Ferreira. **Identificação de áreas para a implantação de aterro sanitário na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba com a utilização de geotecnologias.** 2019. 117 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

A crescente geração de resíduos é apontada como uma dificuldade a ser enfrentada pela sociedade diante da necessidade de estabelecer um sistema de gestão sustentável dos resíduos sólidos. O aterro sanitário é considerado o método mais adequado para a destinação de resíduos sólidos urbanos no Brasil. Porém, é um processo trabalhoso e complexo, que envolve a combinação de determinados fatores ambientais, sociais, econômicos e técnicos, como a definição do local adequado para instalação do empreendimento. Relacionado com a caracterização do local destinado ao aterro sanitário, junto aos critérios básicos para seleção desse empreendimento, está o zoneamento ambiental, o qual proporciona uma caracterização do local destinado ao aterro sanitário. Dessa forma, propõe-se, nessa pesquisa, identificar áreas adequadas para a construção de aterro sanitário com base em parâmetros que influenciam diretamente na definição desse empreendimento, tais como: temperatura, precipitação, litologia, pedologia, fraturas geológicas, vegetação, rodovias, unidades de conservação, recursos hídricos, área povoada, área pública, aeródromos e declividade, correspondentes à mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. O mapa final de espacialização das áreas adequadas à implantação de aterros sanitários foi gerado por um processo de análise hierárquica, usando a ferramenta “*Band math*”, implementada no software ENVI 5.1. Para isso, os mapas foram ajustados em um mesmo sistema de referência, em uma escala numérica de 1:250.000, de acordo com a qualidade dos dados primários. Para dar peso às variáveis utilizadas foi aplicada a função da calculadora AHP, sendo preenchidas sete planilhas, por 7 profissionais de diferentes áreas do conhecimento, com intuito de evitar interferências relacionadas à formação profissional. Contudo, apenas duas planilhas obtiveram resultados satisfatórios, apresentando razão de consistência de 0,094 e 0,098. Por conseguinte, foram gerados dois mapas temáticos correspondentes às duas planilhas consistentes. Cada mapa temático foi dividido em cinco classes de nível de aptidão à implantação de aterro sanitário: 1 - fracamente adequada; 2 - não adequada; 3 - adequada; 4 - muito adequada e 5 - fortemente adequada. Como resultado, foram obtidas as áreas respectivas de aptidão de 27%, 35%, 22%, 11% e 5%. Essas porcentagens são referentes à área total da mesorregião supracitada, evidenciando que 2,6 milhões de hectares (39%) são áreas enquadradas nas classes 3, 4 e 5 para implantação de aterro sanitário.

Palavras-chaves: Sustentabilidade. Processamento de dados. Mapas Temáticos.

ABSTRACT

ALVES, Nathália Ferreira. **Identificação de áreas para a implantação de aterro sanitário na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba com a utilização de geotecnologias.** 2019. 117 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

The growing generation of waste is identified as a difficulty to be faced by society in view of the necessity to establish a sustainable management system of solid waste. The landfill is considered the most appropriate method for urban solid waste disposal in Brazil. However, it is a laborious and complex process that involves a combination of certain environmental, social, economic and technical factors, such as an appropriate definition of a place to install the enterprise. Related to the site destined characterization with the sanitary landfill, in addition, the basic criteria for enterprise selection are the environmental zoning, which provides a site destined characterization of the sanitary landfill. Therefore, it is proposed in this research to identify the suitable areas for the construction of landfills based in parameters that directly influence in the definition of this enterprise, such as temperature, precipitation, lithology, pedology, geological fractures, vegetation, highways, conservation units, hydric resources, populated area, aerodromes and declivity, corresponding to the Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba mesoregion. A hierarchical analysis process using the tool “band math”, implemented in the software ENVI 5.1, generated the final spatialization map of the appropriate areas for the sanitary landfills implementation. For this, the maps were adjusted in the same reference system, on a numerical scale (1: 250,000), according to the quality of the primary data. To calculate the variables used, the AHP calculator function was used, and seven spreadsheets were filled by 7 professionals from different areas of knowledge in order to avoid interferences related to professional training. However, only two worksheets obtained satisfactory results, presenting a consistency ratio of 0.094 and 0.098. Therefore, two thematic maps were generated corresponding to the two consistent worksheets. Each thematic map was divided into five proficiency levels for the implementation of sanitary landfill: 1 - poorly adequate; 2 - not adequate; 3 - suitable; 4 - very suitable and 5 - strongly adequate. As a result, respective aptitude areas of 27%, 35%, 22%, 11%, and 5% were obtained. These percentages refer to the total area of the aforementioned mesoregion, showing that 2.6 million hectares (39%) are areas classified in classes 3, 4 and 5 for landfill.

Key-words: Sustainability. Data processing. Thematic Maps.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 8.1 - Escala de classificação com nove pontos feita por Saaty (1990).....	37
QUADRO 9.1 - Critérios levantados na escolha área para implantação de aterro sanitário. ...	48
QUADRO 9.2 - Classes de vegetação reagrupadas.....	58
QUADRO 9.3 - Classes de Pedologia reagrupadas.....	59
QUADRO 9.4 - Restrições legais e normas para o estabelecimento dos critérios utilizados da escolha da área da construção de aterros sanitários.....	64

LISTA DE TABELAS

FIGURA 9.1 - Mapa de Localização da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba..	45
FIGURA 9.2 - Fluxograma das etapas metodológicas.	54
FIGURA 10.1 - Mapa gerado a partir dos pesos atribuídos aos critérios analisados pelo avaliador 1.	74
FIGURA 10.2 - Mapa gerado a partir dos pesos atribuídos aos critérios analisados pelo avaliador 6.	75
FIGURA 10.3 – Máscara contemplando as áreas restritas pela legislação.	78
FIGURA 10.4 - Mapa final do avaliador 1 atrelado às exigências da legislação.....	80
FIGURA 10.5 - Mapa final do avaliador 6 atrelado às exigências da legislação.....	81
FIGURA 10.6 – Histograma resultante da avaliação realizada pelo AV1.	83
FIGURA 10.7 - Histograma resultante da avaliação realizada pelo AV6.	83
FIGURA 10.8 - Mapa oriundo da análise realizada pelo avaliador 1 associado aos locais de disposição dos resíduos.	85
FIGURA 10.9 – Mapa oriundo da análise realizada pelo avaliador 6 associado aos locais de disposição dos resíduos.	86
FIGURA 10.10. Proximidade das áreas já existente de acordo com a análise do AV1.....	87
FIGURA 10.11 - Proximidade das áreas já existente de acordo com a análise do AV6.....	87

LISTA DE SIGLAS

AAF	Autorização Ambiental de Funcionamento
ABHA	Associação Multissetorial de Usuários de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	Processo Analítico Hierárquico
AMVALE	Associação dos Municípios da Microrregião do Vale do Rio Grande
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CIMFAS Aterro Sanitário	Consortio Intermunicipal dos Municípios da Microrregião de Frutal para Aterro Sanitário
CNM	Confederação Nacional de Municípios
CONVALE	Consortio Intermunicipal de Desenvolvimento do Vale do Rio Grande
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEF	Instituto Estadual de Florestas
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDW	Ponderação do Inverso da Distância
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
FEAM	Federação Estadual do Meio Ambiente
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
MDE	Modelo Digital de Elevação
MPDG	Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão
NBR	Norma Técnica cz
OCPF	Observatório dos Consórcios Públicos e do Federalismo
OCA	Organismos de Certificação de Sistema de Gestão Ambiental
PERS	Política Estadual de Resíduos Sólidos
PGIRS	Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PMGIRS	Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPP	Parceria Público-Privada
RC	Razão da Consistência
RSU	Resíduo Sólido Urbano
RSUs	Resíduos Sólidos Urbanos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIG'S	Sistemas de Informações Geográficas
SIGEF	Sistema de Gestão Fundiária
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SNCI	Sistema Nacional de Certificação de Imóveis
SRTM	Missão Topográfica Radar Shuttle
SUPRAM	Secretaria de Estado e Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SUPRAMs	Secretarias de Estado e Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
TDR	Termo de Referência
TMAP	Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba
TOPODATA	Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil
UC	Unidade de Conservação
UTCs	Usinas de Triagem e Compostagem
ZA Brotas	Zoneamento Ambiental de Brotas
ZAA-SP São Paulo	Zoneamento Agroambiental para o Setor Sucroalcooleiro do Estado de São Paulo
ZAM	Zoneamento Ambiental Municipal
ZEE	Zoneamento Ecológico-Econômico
ZEE LN Paulo	Zoneamento Ecológico-Econômico do Litoral Norte do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVO.....	18
2.1 Geral.....	18
2.2 Específicos	18
3 JUSTIFICATIVA.....	19
4 HIPÓTESE.....	20
5 PROBLEMÁTICA DOS LIXÕES NO TRIÂNGULO MINEIRO E ALTO PARANAÍBA.....	21
6 ATERROS SANITÁRIOS.....	24
6.1 Situação do estado de Minas Gerais.....	25
6.2 Situação no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	27
6.3 Consórcio público de Aterros Sanitários.....	28
7 ZONEAMENTO AMBIENTAL	31
8 GEOTECNOLOGIAS	34
8.1 Álgebra de mapas.....	35
8.1.1 Processo Analítico Hierárquico – AHP	36
8.1.2 Aplicações da AHP na implantação de Aterros Sanitários	41
9 MATERIAL E MÉTODOS	44
9.1 Área de Estudo	44
9.2 Critérios para localização de aterros sanitários conforme diferentes autores	46
9.3 Material	50
9.4 Método	51
9.4.1 Caracterização das Variáveis	55
9.4.2 Classificador Natural Breaks (Jenks).....	62
9.4.3 Aplicação da técnica AHP	63
10 RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
10.1 Matriz de comparação	68

10.2	Análise realizada pelos avaliadores	71
10.2.1	Mapa contendo as distâncias exigidas pela legislação.....	76
10.3	Análise dos resultados com base na localização de deposição de resíduos existentes na região	84
11	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
12	TRABALHOS FUTUROS	94
	REFERÊNCIAS	95
	ADÊNDICES	107

1 INTRODUÇÃO

A coleta, o transporte e o descarte final dos resíduos em condições que não tragam inconveniente à saúde e ao bem-estar público, são obrigatórios no Brasil desde 1954 pelo Código Nacional de Saúde, estando essa proibição reforçada em 1981 pela Política Nacional de Meio Ambiente e, mais recentemente, em 2010, com a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS.

As características observadas em sociedades capitalistas, como é o caso brasileiro, favorecem o aumento gradativo da geração de resíduos em todo o país (MAGALHÃES; RIBEIRO, 2017). É imprescindível ponderar que o lixo além de ser uma problemática para a sustentabilidade do Brasil, pode também desencadear formas de sobrevivência como a geração de renda e produção de energia. Porém, é alarmante pensar que determinadas medidas de logística reversa desse ciclo de produção e destinação própria presente como principal empecilho a falta de incentivos e divulgações (CARVALHO; BARATA; ALVES, 2016).

Uma das formas de dispor os resíduos de forma adequada é pelo aterro sanitário. O emprego de aterros sanitários é o método mais usual e exato para a eliminação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil, porém, é um processo trabalhoso e complexo, que envolve a combinação de fatores ambientais, sociais, econômicos e técnicos, como a definição do local adequado para instalação do empreendimento (MOREIRA et al., 2016). A implantação de aterro sanitário no Brasil é considerada como um tema pertinente não só mediante a preocupação de se ter disposição correta com o devido tratamento, mas também com o reaproveitamento necessário dos compostos gerados, além de ser um compromisso estabelecido pela Lei Federal nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, a qual institui a PNRS. No entanto, ainda existem inúmeros locais que essa temática e suas devidas competências são ignoradas pelos governantes e expressiva parte da população (MAGALHÃES; RIBEIRO, 2017).

Segundo a FEAM (2015), a população urbana atendida pela Secretaria de Estado e Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SUPRAM da regional do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba - TMAP, dispõe 13,5% de seus RSUs em lixões, sendo considerada baixa se comparada à outras SUPRAMs, 10,9% em aterros controlados, 75,3% encontra-se correspondendo à destinação regularizada e 0,4 em situação não regularizada, sendo que 70,3%, correspondente a porcentagem de 10 municípios que são atendidos por 8 aterros sanitários, 4,2% da população são atendidas por Usinas de Triagem e Compostagem (UTCs) e 0,8% obtiveram Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF) pela SUPRAM. Somado a isso,

determina-se que dos 823 lixões que existiam no estado de Minas Gerais em 2001, 589 foram encerrados até 2014.

Somente a partir do desenvolvimento de tecnologias espaciais é possível coletar dados e ter a aquisição de imagens da superfície terrestre, e conseqüentemente obter um diagnóstico da ocupação dos espaços urbanos e auxiliar no planejamento socio econômico-ambiental sustentável, como é o caso da construção do aterro sanitário (SANTOS, 2012). Logo, Prina (2015), a partir do zoneamento com o cruzamento da cartografia gerou diferentes classes de aptidão para o mapeamento proposto.

O zoneamento ambiental constitui uma ferramenta que pode auxiliar na caracterização do local a ser destinado ao aterro sanitário, junto aos critérios básicos para seleção desse empreendimento (ABNT, 1992). De acordo com Montañó et al. (2007), o zoneamento ambiental possui como principal particularidade a viabilização da incorporação da variável ambiental em diferentes etapas do processo de tomada de decisão, além de ser uma ferramenta de planejamento que auxilia efetivamente na ocupação de um sítio específico para implantação de uma atividade.

As técnicas de processamento de dados oferecem indicadores preciosos para construção dos modelos, que hoje são inevitáveis (úteis, indispensáveis) no controle e prevenção das catástrofes naturais e nos diagnósticos ambientais. A geotecnologia é tida como uma técnica importante na análise da paisagem, consiste significativo auxílio às atividades vinculadas a classificação dos domínios nos aspectos morfoestruturais do relevo, ou na subdivisão em territórios geomorfológicos e estudos associados a morfogênese (IBGE, 2009). O sensoriamento remoto possibilita a coleta de informações sobre o objeto sem existir contato direto com o mesmo, considerando como um dos seus objetivos essenciais a aquisição de dados sobre a superfície do terreno, para mapeamento e análise de recursos terrestres e monitoramento ambiental (IBGE, 2013).

A construção de mapas temáticos é de fundamental importância para auxiliar em tomada de decisão específica. Podem também servir de instrumento ao monitoramento das respostas de uma iniciativa já realizada. Estando a elaboração desses mapas passível de ser concretizada a partir da exigência em se ter uma solução devido a agregação de informações conhecidas (LOPES; LOPES, 2007). Sendo esse procedimento realizado no trabalho de Faraco et al. (2008), onde os mapas temáticos foram construídos seguindo uma estrutura de dependência espacial, a qual permite a caracterização e visualidade do comportamento dos

atributos definidos, como: resistência do solo à penetração, umidade, produtividade na área estudada e densidade.

A vulnerabilidade que se encontram os pequenos municípios na fase de executar a destinação correta dos resíduos é influenciada por alguns fatores, como a escala inadequada dos empreendimentos, a pequena capacidade operacional, a insustentabilidade econômica e financeira e, por fim, a ausência de desenvolvimento institucional. Assim, os municípios de população pequena apresentam severos obstáculos para adquirir recursos e atuar com equipamentos de elevado grau de complexidade (BRASIL, 2010b). E uma das alternativas mais eficientes para combater esse problema é o estabelecimento de consórcios intermunicipais para a gestão conjunta de seus resíduos sólidos (MATOS; DIAS, 2011). Para implantação de consórcio público é necessário a indicação de áreas adequadas para a atuação e o estabelecimento do mesmo (BRASIL, 2005), pois, os resíduos ocasionam severos prejuízo ao meio ambiente se não instalados de forma técnica e ambientalmente adequada (PORTELLA; RIBEIRO, 2014).

Para Magalhães e Ribeiro (2017), ainda há muito o que se trabalhar para colaborar com a gestão dos RSUs em Minas Gerais, e a gestão integrada, até então, é um obstáculo a ser superado por inúmeros municípios menores. É fundamental aumentar o apoio técnico operacional e financeiro concedido aos gestores dos resíduos de cada município, uma vez que é dever deles zelar pela boa-gestão dos resíduos sólidos.

Nesse sentido, é apontado por essa pesquisa que a gestão e o manejo de RSUs no estado de Minas Gerais encontram-se em um cenário desconcordante com o cumprimento da PNRS, uma vez que integra um número relevante de municípios que apontam condições precárias e restritas para essa temática. Desta forma, esse trabalho fundamenta-se em levantamentos por meio de imagem de satélite e banco de dados existentes de modo a auxiliar na tomada de decisão dessa problemática enfrentada pela região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

2 OBJETIVO

2.1 Geral

Identificar áreas para a implantação de aterros sanitários a partir do zoneamento ambiental na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba com o uso de geotecnologias.

2.2 Específicos

- a) Selecionar critérios ambientais para escolha de áreas para implantação de aterro sanitário;
- b) Elaborar os mapas dos critérios ambientais selecionados;
- c) Elaborar e aplicar questionários aos profissionais previamente selecionados para preenchimento das planilhas de pesos da AHP e definir os pesos para cada critério pré-selecionado;
- d) Realizar a álgebra de mapas (análise hierárquica) para geração do mapa temático de zoneamento do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba em relação às áreas de aptidão à implantação de aterro sanitário;
- e) Analisar os resultados, verificando a compatibilidade dos locais detectados com os aterros já existentes nos municípios.

3 JUSTIFICATIVA

O descarte de resíduos e rejeitos de forma inadequada provocam problemas sociais, econômicos e ambientais. O zoneamento ambiental de áreas aptas para a construção de aterros sanitários é tarefa primária na tentativa de solucionar os problemas e/ou possibilitar subsídio para a elaboração de normas ambientais e públicas, além de servir como auxílio para o setor público e/ou privado quanto ao desenvolvimento de estudos, como também arcabouço de informações na tentativa de evitar ou resolver tratativas envolvendo esse cenário.

A definição de áreas apropriadas para o aterro sanitário é uma tarefa maçante e onerosa quando realizada por técnicas tradicionais de visita *in loco*. Não dispensando essa técnica, mas sim reforçando sua importância, é ideal que essa visita aconteça em pontos específicos, em áreas onde já se tenha um levantamento prévio de algumas características locais, pois são necessários unir e levantar vários pontos quando se pensa na implantação desse tipo de empreendimento. Assim, esse trabalho apresenta o levantamento de áreas possíveis para a implantação de aterro sanitário, otimizando o trabalho de visitar “n” pontos, tornando-se assim uma atividade mais eficaz, com visitas apenas em áreas previamente adequadas para a construção do aterro sanitário.

A área de estudo corresponde a uma mesorregião do estado de Minas Gérias, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, a qual possui sessenta e seis municípios que serão favorecidos com as informações e levantamentos acerca desse trabalho. Ele consiste de um estudo desenvolvido por meio de dados adquiridos e processados de forma gratuita, gerando como produto final mapas temáticos que podem servir como um instrumento de base para subsidiar o estudo do local para implantar essa tipologia de empreendimento, de forma segura, ambiental, econômica e socialmente viável, bem como servir de apoio na construção de normas gerais sobre o assunto. Esse instrumento deve ainda contribuir para a redução de impactos ambientais e sociais, sendo fornecido e disponível para toda sociedade, servindo como um instrumento de apoio para tomada de decisões.

O estudo pode fornecer subsídio tanto para aterros sanitários individuais como áreas apropriadas para consórcios, ou seja, consegue contribuir e dar suporte não apenas para um município em específico, mas também para um conjunto de cidades, já que a implantação de consórcio visa solucionar os problemas e as dificuldades enfrentadas por um conjunto de municípios.

4 HIPÓTESE

O problema em questão é saber se é possível elaborar um mapa temático que aponte as áreas aptas para implantação de aterro sanitário na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Dessa forma, a hipótese desse estudo é: as áreas aptas à implantação de aterro sanitário dependem dos parâmetros/fatores ambientais, sociais, econômicos e técnicos de uma região, podendo ser inter-relacionados.

Dessa forma, em áreas classificadas como inadequadas, não devem ser realizadas instalações ou ampliação desse empreendimento e, para demais áreas, devem ser definidos parâmetros específicos, como exemplo, estudo *in loco*, para posterior construção do aterro sanitário.

5 PROBLEMÁTICA DOS LIXÕES NO TRIÂNGULO MINEIRO E ALTO PARANAÍBA

A disposição inadequada de resíduos sólidos constitui ameaça à saúde pública e agrava a degradação ambiental, comprometendo a qualidade de vida das populações (BRASIL, 1981). Uma grande conquista registrada pela PNRS corresponde a diferenciação entre resíduos e rejeitos, estando os resíduos sólidos considerados como um bem econômico e de valor social, e os rejeitos como sendo um material sólido que não possui outra finalidade ao menos que a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010a).

São desencadeados diversos problemas em consequência do depósito de matérias em lugares inapropriados, uma vez que não atendem as regras adequadas de destinação final de resíduos, estando assim a escolha da área correspondendo a um dos critérios fundamentais para elaboração de novos aterros sanitários, possibilitando a indicação de um local apropriado (CARRILHO; CANDIDO; SOUZA, 2018). Consequentemente, a escolha correta do local possibilita relevante execução do empreendimento de aterro sanitário, ante aos aspectos ambientais, técnicos, econômicos e de saúde pública (RECESA, 2008).

Em referência ao intuito desse estudo, o objetivo exposto pela Lei Federal nº 12.305/2010 para a eliminação dos lixões do País até 2014 é o ponto principal a ser mencionado. Nessa legislação ficou definido o prazo de quatro anos para a erradicação dos lixões a céu aberto no País. Dessa forma, ficou estabelecido que 2 de agosto de 2014 seria o prazo final para que a disposição ambientalmente adequada dos rejeitos no Brasil fosse implantada em todo o País.

Entretanto, o prazo inicial para a eliminação dos lixões brasileiros não foi alcançado, porém alguns resultados entre 2010 e 2014 demonstram números crescentes nos anos após a edição da Lei Federal nº 12.305/2010. Segundo dados apresentados no site do Ministério do Meio Ambiente, entre os períodos de 2012 e 2014, o governo federal disponibilizou R\$ 1,2 bilhão para a execução da PNRS. Boa parte desses recursos disponibilizados não foi utilizada pelos estados e municípios. Deste total, R\$ 56,7 milhões eram do Ministério do Meio Ambiente (2011 – 2012). O Ministério das Cidades, o Ministério do Meio Ambiente e a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) mantêm, em geral, programas de apoio a iniciativas relacionadas a resíduos sólidos (BRASIL, 2014).

Dessa forma, é visto que, a disposição inadequada de RSUs estimula o sistema de disseminação de poluentes que chegam as águas superficiais, subterrâneas, o solo e o ar

(MAGALHÃES; RIBEIRO, 2017). Estando esse desequilíbrio estrutural entre a produção de resíduos e sua devida destinação remetendo grande atenção e preocupação para essa situação.

A Confederação Nacional de Municípios (CNM), corresponde a uma organização independente, apartidária e sem fins lucrativos, que foi fundada em 8 de fevereiro de 1980. O propósito maior da CNM é consolidar o movimento municipalista, fortalecer a autonomia dos municípios, apresentando como intuito tornar-se referência mundial na representação municipal, por meio de iniciativas políticas e técnicas que almejem à excelência na gestão e à qualidade de vida da população. A CNM aborda dentre seus trabalhos um estudo que possui como temática a ferramenta: Observatório dos Lixões. Essa ferramenta consiste em levantar e relatar dados sobre a gestão municipal de resíduos sólidos no que se refere às obrigações municipais da PNRS (CNM, 2018).

A ferramenta Observatório dos Lixões aborda algumas vertentes relacionadas ao diagnóstico municipal, sendo possível obter dados acerca dos municípios de interesse em esfera nacional, e assim conseguir informações disponíveis sobre: plano municipal, destinação final do lixo, tipo de disposição do lixo, coleta seletiva, catadores regularizados, compostagem do lixo e participação em consórcio. Para o interesse desse trabalho, a busca de dados foi restrita nas informações sobre plano municipal, destinação final do lixo, tipo de disposição do lixo e participação de consórcio para os 66 municípios que compõem a mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, conforme é ilustrado no Apêndice A, estando de forma simplificada na Tabela 5.1.

TABELA 5.1 - Situação dos municípios da região de estudo frente ao levantamento realizado apresentado na ferramenta Observatório dos Lixões.

Nº MUNICÍPIO	PLANO MUNICIPAL			
	Não informado	Em Elaboração	Finalizado	Não iniciado
	2	23	33	8
Nº MUNICÍPIO	DESTINAÇÃO FINAL DO LIXO			
	Não informado	No próprio município	Em outro município	
	3	49	14	
Nº MUNICÍPIO	TIPO DE DISPOSIÇÃO DO LIXO			
	Não informado	Aterro Sanitário	Lixão/ Aterro controlado	Outro
	3	25	36	2
Nº MUNICÍPIO	PARTICIPAÇÃO EM CONSORCIO			
	Sim	Não	Em processo	Não informado
	21	41	2	2

Fonte: A autora (2018).

Quanto ao plano municipal, foi diagnosticado que 50% dos municípios apresentam o plano municipal finalizado; 34,85% em elaboração; 12,12% ainda não iniciaram o plano; e 3,03% não há informação sobre a situação.

Para a destinação final do lixo, foi levantando que 74,24% dos municípios apresentam como local de destinação final do lixo o próprio município; 21,21% em outro município; e 4,55% não há informação sobre a destinação.

O parâmetro tipo de disposição do lixo obteve-se que 54,54% dos municípios possuem como forma de destinação os lixões ou aterro controlado; 37,88% a destinação ocorre em aterro sanitário; 3,03% possuem outra forma de disposição; e 4,55% não há informação sobre esse parâmetro.

E, para a participação em consórcio, foi visto que 31,82% dos municípios estão em participação de consórcio; 62,12% não estão participando de consórcio; 3,03% encontram-se em processo para a participação dos consórcios; e 3,03% não há informação sobre esse processo.

Em analogia com os dados obtidos de todo o estado de Minas Gerais - MG, é notado que, para o plano municipal: 5,39% não há informação; em elaboração 7,40%; finalizado 30,36%; não iniciado 26,85%. Quanto a destinação final do lixo: não informado 3,40%; no próprio município 72,92%; em outro município 23,68%. Para o tipo de disposição do lixo: não informado 9,85%; aterro sanitário 31,89%; lixão/aterro controlado 58,26%. Por fim, quanto a participação em consórcio: não informado 4,69%; em elaboração 1,64%; integrante de consórcio público 29,43%; e não integrante de consórcio público 64,24%. Sendo possível mencionar que a situação do TMAP diante do cenário do estado a qual está inserido, apresenta números e situação bastante similares, porém o TMAP se destacando de forma mais avançado quando ao plano municipal, onde possui 35% dos municípios em situação de elaboração do plano, enquanto que MG possui 8%. Outra diferença corresponde a disposição do lixo, onde o TMAP apresenta 38% dos municípios com disposição final em aterro sanitário e MG possui 32%, destacando que a mesorregião contempla com 66 municípios e Minas Gerais com 853.

6 ATERROS SANITÁRIOS

Um dos maiores problemas do desenvolvimento econômico mundial corresponde a destinação dos dejetos e resíduos, líquidos e gasosos provenientes da produção industrial e do consumismo em grande escala (THOMÉ, 2014).

Para Bolton e Curtis (1990) a escolha do local adequado para a implantação e operação do aterro sanitário é de relevância essencial. Essa decisão retrata uma das principais dificuldades enfrentadas pela administração pública, principalmente em nível municipal, por considerar que o local selecionado deve amparar satisfatoriamente a critérios sociais, ambientais e econômicos.

Os aterros sanitários de RSUs podem ser definidos como uma técnica de disposição de RSUs no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais; método este que utiliza os princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores se for necessário (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1992). Para Albuquerque (2011), o aterro sanitário no Brasil possui como definição ser um aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos, ou seja, lugar adequado para o recebimento de resíduos de origem doméstica, varrição de vias públicas e comércios. Além de possuir baixo custo operacional, se comparado às outras alternativas existentes, apresentar associação com outras tecnologias, potencializar a geração de empregos e permitir a possibilidade de gestão consorciada entre municípios, possibilitando reduzir significativamente custos (COSTA; RIBEIRO, 2013).

O aterro sanitário é desenvolvido por meio de técnicas sanitárias de impermeabilização do solo, compactação e cobertura diária das células de lixo, coleta e tratamento de gases, bem como tratamento do chorume, entre outros procedimentos técnico-operacionais responsáveis por evitar os aspectos desfavoráveis da deposição final do lixo, como proliferação de ratos, moscas, exalação de mau cheiro, contaminação dos lençóis freáticos, surgimento de doenças e poluição visual originada de um local com toneladas de lixo aglomerado (PORTELLA; RIBEIRO, 2014).

Contudo, apesar de ser uma solução para adequação dos resíduos sólidos, esse método enfrenta alguns impasses por conta do crescimento dos centros urbanos, atrelado ao aumento da quantidade de lixo produzida e descartada. Logo também, o sistema de aterro sanitário precisa ser associado à coleta seletiva de lixo para reciclagem, permitindo a ampliação da sua

vida útil (PORTELLA; RIBEIRO, 2014). Albuquerque (2011) declara que as áreas destinadas à implantação de aterros sanitários têm uma vida útil restrita, e áreas novas são cada vez mais difíceis de serem descobertas próximas aos centros urbanos, pois existe a resistência das populações do entorno.

O aterro sanitário é tido como uma obra de engenharia que constitui de grandes valas abertas no solo e subsolo que são impermeabilizadas com aplicação de uma camada de argila compactada para reduzir a porosidade e aumentar sua capacidade impermeabilizante, sob essa camada é disposto um lençol plástico e, sobre esse, uma segunda camada de argila é aplicada e novamente compactada. Sobre essa última camada de argila são instalados drenos para possibilitar a retirada de gases e líquidos gerados pela decomposição dos resíduos orgânicos. Por fim, o resíduo orgânico será depositado sobre essa segunda camada de argila, compactando e isolando o meio ambiente por meio de outra camada de saibro, entulho de demolição, argila ou até mesmo terra. O chorume produzido deve ser tratado ou reinserido no aterro, logo os gases podem ser queimados na atmosfera ou aproveitados para geração de energia (PORTELLA; RIBEIRO, 2014).

Os aterros sanitários podem, também, ser categorizados quanto ao tipo de técnica de operação. São os aterros de superfície e os aterros de depressões. Nos aterros de superfície, os resíduos sólidos são dispostos em uma área plana, sendo dispostos em trincheiras ou rampas, nos aterros de depressões os resíduos são dispostos aproveitando as irregularidades geológicas da região, tais como depressões, lagoas, mangues ou pedreiras extintas (PORTELLA; RIBEIRO, 2014).

6.1 Situação do estado de Minas Gerais

A lei que estabelece a Política Estadual de Resíduos Sólidos - PERS em Minas Gerais, nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009, foi inserida antes mesmo da Lei Federal. De acordo com o Panorama da Destinação dos RSUs no estado de Minas Gerais, o número de lixões no estado caiu de 823 em 2001 para 264 em 2013, representando uma redução de, aproximadamente, 67,92% dos lixões presentes no estado. Esse resultado é principalmente devido as ações desempenhadas a partir de 2003 em consonância com o programa “Minas sem Lixões”. Em 2001, dos 853 municípios pertencentes ao estado de Minas Gerais, 823 possuíam seus RSU em lixões; em 2005, existiam 564 municípios realizando a disposição final em lixões; e, em 2012,

esse número mudou para 267, chegando a 258 em 2014, marcando uma redução de 69% no período de 2001-2014 (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM, 2015).

O programa “Minas sem Lixões” é uma atitude criada anos antes da aprovação da Lei Federal nº 12.305/2010 e da Lei Estadual nº 18.031/2009, mesmo assim, corresponde a um programa que caminha em paralelo com essas duas legislações, evidenciando a importância de suas características. Esse programa viabilizou ações governamentais, do setor privado e da sociedade como um todo, em favor da boa gestão dos resíduos sólidos no estado. Sendo visto também como um dos indutores e fortalecedores do movimento legislador em matéria de resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais (MAGALHÃES; RIBEIRO 2017).

É válido mencionar que o número de lixões (forma inadequada) diminuiu, porém houve um crescimento dos aterros controlados (forma paliativa) que após um período acabará desenvolvendo efeitos negativos ao meio ambiente (MAGALHÃES; RIBEIRO 2017). Em 2014, ainda existiam 264 municípios com destinação dos RSU em lixões, sendo 23 municípios com população urbana maior que 50 mil habitantes e 224 com populações urbanas menores que 20 mil habitantes (FEAM, 2015).

A partir dos dados concedidos pelo Sistema Integrado de Administração Financeira do Governo Federal - SIAFI, a CNM investigou a situação dos recursos financeiros da união que foram disponibilizados para os resíduos sólidos nos anos de 2010 a 2014, obtendo produtos com valores empenhados e pagos para os municípios durante esse período, apresentando como fonte desses recursos o Ministério Público, Ministério das Cidades e Ministério do Meio Ambiente. Como resultado dessa investigação obteve-se que, para os valores empenhados pela união, dentre os 853 municípios do estado de Minas Gerais, 749 não receberam recursos ou não informaram; 92 receberam até R\$ 500.000,00; 11 receberam até 1.500.000,00 R\$; 1 recebeu até 10.000.000,00 R\$; e nenhum município recebeu acima de 10.000.000,00 R\$. E para os valores pagos pela união, 851 não receberam recursos ou não informaram e 2 receberam até 500.000,00 R\$ (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS - CNM, 2018).

A CNM (2018) também levantou informações quanto a obrigações estaduais para a PNRS das unidades da federação, retratando os resultados sobre os estados que possuem uma política específica para resíduos sólidos, assim como a existência e situação atual dos planos estaduais de resíduos sólidos. Dessa forma, é evidenciado que o estado de Minas Gerais se encontra entre os 8 estados da federação que possui o plano estadual de resíduos sólidos em fase de elaboração, 14 estados apresentam o plano finalizado, 4 não iniciaram e 1 não dispõe informação a respeito dessa situação.

No âmbito da PNRS, os governos estaduais também devem exercer um papel de liderança, sendo interessante tornar os planos estaduais de resíduos sólidos destinados a estruturar e dar as condutas gerais de gestão para os municípios associados de cada unidade federativa. Além do plano estadual, a PNRS considera que os estados também são responsáveis, quando couber, pela elaboração dos planos microrregionais de resíduos sólidos, assim como dos planos de regiões metropolitanas ou de aglomerações urbanas (BRASIL, 2018a). No entanto, o Governo Federal está auxiliando os estados na elaboração dos planos estaduais por meio de recursos financeiros e diretrizes metodológicas (BRASIL, 2018a).

Segundo Magalhães e Ribeiro (2017), tem-se ainda um grande caminho para melhorar a gestão dos RSUs em Minas Gerais, sendo a gestão integrada um desafio a ser alcançado pelos municípios menores. Havendo necessidade de aumentar o apoio técnico-operacional e financeiro dado aos gestores dos resíduos de cada município.

6.2 Situação no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba

Segundo Resende e Rosolen (2013), a mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba que era originalmente recoberta por vegetação do bioma Cerrado, pode ser diagnosticada com resultados que podem servir como indicadores de impactos ambientais devido a transformação de ecossistemas naturais em sistemas agropecuários sem adoção de manejo adequado. Devido ao manejo inapropriado do solo há uma perda, por ano, em torno de um centímetro da camada superficial mais fértil do solo (LIMA, 2007).

A situação da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba diante das obrigatoriedades imposta pela PNRS, apesar de se encontrar concretizada em determinados municípios não alcançou o resultado de forma unificada dentre os demais municípios que englobam essa região. Em consequência, não só apenas o resultado apresentado por essa região, mas também em função do impasse da nação quanto à disposição correta dos resíduos sólidos, foi criado um projeto de lei que prorroga o prazo para a disposição ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, como também, estabelecendo novos prazos para a elaboração de planos estaduais de resíduos sólidos e de planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos. Trata-se do Projeto de Lei nº 7462 de 2017 (BRASIL, 2017), o qual possibilita evidenciar o cenário da área de estudo frente exigência até então determinada e estabelecida. Sendo assim, a região de estudo constitui 9,09% dos municípios com o prazo para erradicar com os lixões até 2019; 3,03% até 2020 e 87,88% até 2021.

É de responsabilidade da União e dos Estados subsidiar apoio técnico e financeiro aos municípios para concretização da instalação de áreas ambientalmente adequadas para recebimento de resíduos sólidos. Caso essa construção não seja efetiva, o prefeito municipal como o agente público estadual ou federal estarão passíveis às sanções da Lei de Improbidade Administrativa (BRASIL, 2017).

6.3 Consórcio público de Aterros Sanitários

Em Minas Gerais, mais especificamente na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, grande parte dos municípios são considerados como de pequeno porte populacional, apresentando pouco conhecimento adquirido quanto as técnicas de planejamento municipal, e com baixa participação da população na gestão pública (CARMO; MARTINS, 2015).

Os fundamentos da política vinculada a gestão de resíduos, se conduzidos e realizados de forma efetiva, acarretam em benefícios socioeconômicos e ambientais, isto é, desencadeia privilégios em todas as áreas da vivencia humana (MAGALHÃES; RIBEIRO, 2017). O impasse corresponde em realizar o tratamento apropriado desses resíduos, diante da tamanha dificuldade de se obter recursos suficientes ou mesmo técnicos para que esse método seja efetuado de forma correta. E uma das alternativas mais eficientes para combater esse problema é o estabelecimento de consórcios intermunicipais para a gestão conjunta de seus resíduos sólidos (MATOS; DIAS, 2011).

O consorciamento para criação de aterros sanitários vem sendo uma opção adequada para a gestão dos RSU municipais, especialmente para os municípios de populações menores e para aqueles que apresentam fragilidades econômicas e sociais, considerando que à grande dificuldade não apenas de implantação dos sistemas, mas principalmente de manutenção e operação desses (FEAM, 2015).

No Brasil, pesquisas realizadas pelo IBGE em órgãos de prefeituras municipais brasileiras no ano de referência 2013 e publicada em 2014, para o universo de 5.570 municípios existentes, 66,5% apresentavam não possuir Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PGIRS nos modelos da PNRS (LOPES, 2016). Associando essas informações à ausência dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS e PIGRS, é evidenciado uma lacuna para o planejamento na formação de consórcios, impossibilitando os municípios ou entes consorciados de ter acesso a recursos governamentais e de obter informações da realidade da esfera, somando a suas características e da verdadeira demanda por esse trabalho. Findando

mencionar que, é interessante priorizar a organização de PGIRS antes da criação de consórcios, sendo mais interessante do que possuir um plano e exigir a sua elaboração correspondente, é assegurar que esse reflita a veracidade e as exigências locais (SILVA, 2015).

A Lei Federal nº 11.107 de 2005 que regulamenta a utilização de consórcios públicos, é mencionada como a possibilidade de enfretamento dos diversos problemas que ocorrem nos municípios de pequeno porte (BRASIL, 2005). O resultado não significativo quanto aos processos de gestão de determinadas regiões brasileiras possibilita compreender que a gestão dos resíduos precisa ganhar escala e alavancar para a gestão integrada entre vários municípios, podendo os PGIRS serem elaborados em escala municipal ou regional (CARMO; MARTINS, 2015).

Na região de estudo, foi levantado a existência de cinco consórcios públicos intermunicipais vinculados a gestão de resíduos sólidos do estado. Um dos consórcios encontra-se contemplando de programas e ações consorciadas que deverão promover a criação e gestão de unidades para todos os municípios do consorcio. Engloba um total de sete municípios: Araporã, Centralina, Canápolis, Monte Alegre de Minas, Ituiutaba, Gurinhatã e Prata, com possibilidade de criação do aterro sanitário sendo basicamente debatidas para ser construído nas proximidades do Trevão, ou a possibilidade em Ituiutaba. Sendo papel de cada cidade averiguar as propostas para ver o local que atenderia melhor as necessidades do município, pois cada um possui responsabilidade pelo seu próprio resíduo e juntos todos são responsáveis pela educação ambiental, havendo colaboração, apoio e parceria de todos para a concretização das melhores alternativas (CARMO; MARTINS, 2015).

Do mesmo modo, verifica-se outro consorcio público na região de estudo, o qual advém do Comitê de Bacia Hidrográfica de Rio Araguari - CBH Araguari, juntamente com a Associação Multissetorial de Usuários de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari - ABHA, os quais apresentaram Termo de Referência - TDR para elaboração do PGIRS do Consórcio 4 Ambiental, envolvendo os municípios de Nova Ponte, Pedrinópolis, Perdizes e Santa Juliana. O TDR compreende em orientar a elaboração do PGIRS a ser realizado por meio de instituição de ensino, pesquisa e extensão, através de processo seletivo na modalidade coleta de preços, do tipo menor preço (ASSOCIAÇÃO MULTISSETORIAL DE USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARAGUARI - ABHA, 2013).

Segundo o Observatório dos Consórcios Públicos e do Federalismo, existem também mais dois consórcios distribuídos na região, sendo um o qual contempla os municípios de Campo

Florido, Comendador Gomes, Fronteira, Frutal, Planura, São Francisco de Sales e recebe o nome de Consorcio Intermunicipal dos Municípios da Microrregião de Frutal para Aterro Sanitário – CIMFAS ou Consócio Intermunicipal para Gestão Integrada e Manejo Diferenciado de Resíduos Sólidos Urbanos, estando esse consórcio público desde o ano de 2009 com a realização de reuniões para se tornar concretizado. E o outro nomeado como Consórcio Intermunicipal de Destinação Final de Resíduos Sólidos do Vale do Rio Grande – CI VALE DO RIO GRANDE MG, envolvendo os municípios de Água Comprida, Campo Florido, Conceição das Alagoas, Conquistas, Delta, Sacramento, Uberaba, Veríssimo (OBSERVATÓRIO DOS CONSÓRCIOS PÚBLICOS E DO FEDERALISMO - OCPF, 2018).

Entretanto, alguns desses municípios citados acima também contemplam aos municípios associados ao Consorcio Intermunicipal de Desenvolvimento do Vale do Rio Grande – CONVALE. Assim, os municípios associados ao CONVALE correspondem a Água Comprida, Campo Florido, Conquista, Delta, Sacramento, Pirajuba, Veríssimo, Uberaba, Comendador Gomes, Planura e Conceição das Alagoas. É importante mencionar que esse consórcio foi escolhido para integrar-se ao projeto piloto das concessões municipais na área de resíduos sólidos urbanos. Este projeto corresponde a uma Parceria Público-Privada - PPP, a qual está sendo desenvolvido em parceria com a Caixa Econômica Federal e o Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão – MPDG. A PPP possui como finalidade proporcionar ao consórcio assessoramento técnico de engenharia, econômico-financeiro, socioambiental e jurídico, com o objetivo de viabilizar a estruturação de contratos de Concessão/PPP na área de RSU e o acompanhamento no desenvolvimento de todas as fases do processo (ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DA MICRORREGIÃO DO VALE DO RIO GRANDE - AMVALE, 2017).

Entretanto, é difícil para cada município atingir os objetivos implementados pela política se continuar a gerir os resíduos da mesma maneira (BRASIL, 2005). A alocação inadequada dos RSU pode resultar em significativos problemas e danos à sociedade e principalmente ao meio ambiente, tais como, a proliferação de vetores de doenças, produção de odores, contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas (AMANCIO; OLIVEIRA, 2018). A PNRS espera que aconteça um grande salto da qualidade na gestão dos resíduos, sendo esse fato impulsionado por meio da formação de consórcios públicos que é incentivada pelo governo federal e por muitos estados (BRASIL, 2011a).

7 ZONEAMENTO AMBIENTAL

Após a Constituição Federal de 1988, o conceito de zoneamento encontra-se referenciado além do conceito urbanístico de zoneamento. Contemplando uma posição ambiental, em razão de promover a redução dos impactos ambientais advindos do desenvolvimento das cidades, o zoneamento foi direcionado a ser disposto como instrumento de apoio e decisão à Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA. Dessa forma, o zoneamento é visto como produto de um estudo técnico, que possui como função promover um cenário abrangendo todas as informações ambientais do meio a ser trabalhado, o que desencadeia maior poder de escolha aos entes administradores municipais (SOUZA, 2013). De acordo com Montañó et al. (2007), o zoneamento ambiental possui como principal particularidade a viabilização da incorporação da variável ambiental em diferentes etapas do processo de tomada de decisão. Além de ser uma ferramenta de planejamento que auxilia efetivamente na ocupação de um sítio específico para implantação de uma atividade.

O zoneamento ambiental constitui a habilidade de apresentar um conjunto de zonas ou unidades que retratam a área de estudo, bem como especializar e correlacionar dados existentes, expondo alternativas diante da interconexão entre as intervenções e o sistema (RAMPAZZO, SANTOS; PIRES, 2004). Nesse sentido o zoneamento ambiental se revela como um instrumento não só da PNMA com também do Estatuto, direcionado a analisar as potencialidades de uso do território com viés a proteção ambiental e mediação de usos (diretamente relacionado ao direito de usufruir da propriedade particular) (BATISTELA, 2007). Portanto, o zoneamento ambiental ao passo que concerne como instrumento da política nacional do meio ambiente, encontra-se inerentemente relacionado à sustentabilidade, sendo sua implantação preferida pela iniciativa pública perante aos conflitos acerca da má conciliação da utilização do território e dos recursos naturais (PAULINO, 2010).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2018b), o zoneamento ambiental abrange os municípios por meio do Zoneamento Ambiental Municipal – ZAM, o qual auxilia na sustentabilidade dos municípios brasileiros, e tende a dialogar com os demais instrumentos da política urbana mencionada no estatuto das cidades e na política nacional de meio ambiente, como também subsidiar o ordenamento do uso e ocupação do solo proveniente do processo de implementação os planos diretos municipais, através do subsidio da dimensão ambiental nas fases de planejamento, implementação e gestão de tal instrumento. O plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, abordado dentro da Política Nacional de Resíduos Sólidos,

apresenta como conteúdo mínimo exigido a identificação de áreas favoráveis para a disposição final ambientalmente adequada de resíduos, observando o plano diretor e o zoneamento ambiental (BRASIL, 2010a). Segundo a NBR nº 13896 de 1997, um local para ser operado um aterro de resíduos não perigosos deve estar de acordo com o zoneamento da região. Assim como o zoneamento ambiental está relacionado com a caracterização do local destinado ao aterro sanitário, junto aos critérios básicos para seleção desse empreendimento (ABNT, 1992).

O zoneamento ambiental e o Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE não são expressões sinônimas, o zoneamento ambiental é um instrumento da PNMA e o ZEE é a forma como ele foi regulamentado pelo Decreto Federal nº 4.297/02 (BRASIL, 2002), onde o zoneamento ambiental poderia ter sido regulamentado de outra forma que não o ZEE. Em 2003, o estado de Minas Gerais criou um processo de planejamento para a gestão territorial do estado, conhecido como, ZEE-MG. Esse processo foi implementado de acordo com os indicadores, os quais são influenciados pelo conjunto de variáveis, como também pelas análises regionais de fatores críticos que definem a vulnerabilidade e/ou a potencialidade naquele local.

Apesar do zoneamento ambiental ter sido regulamentado pelo Decreto Federal nº 4.297, o qual apresenta abrangência nacional, é evidenciado que o zoneamento ambiental é também realizado em âmbito municipal, executando função no ambiente local, como revela o estatuto da cidade. Referindo-se ao mesmo decreto, encontra-se esperada a participação da comunidade durante a etapa de elaboração e implantação do zoneamento, contribuindo para a construção mais efetiva do mosaico que origina o zoneamento, conferindo em um caráter democrático a este instrumento do plano diretor (SOUZA, 2013).

O plano diretor é considerado como instrumento básico para os municípios atingirem seus objetivos de estruturação da cidade, e para alcançá-lo precisam de instrumentos como o zoneamento ambiental (SOUZA, 2013). De acordo com Torres (2007), com a inserção do zoneamento ambiental no plano diretor, o município encontraria com maior facilidade as áreas a serem preservadas frente ao crescimento urbano, como também as áreas a serem recompostas, unidades de conservação e outras áreas de interesse ambiental. Havendo também outro aspecto que o zoneamento ambiental inclui no planejamento municipal é o conceito de desenvolvimento sustentável (SILVA, 2010).

De acordo com critérios de sustentabilidade econômica, social, ecológica e ambiental, o zoneamento compreende o diagnóstico dos meios geo-biofísico, socioeconômico e jurídico-institucional para promover e possibilitar subsídios técnicos à definição de áreas prioritárias para a proteção e conservação da biodiversidade (SILVA, 2009).

Como exemplo de casos estabelecidos para zoneamento ambiental como instrumento de planejamento e ordenamento territorial, pode-se exemplificar o Zoneamento Ambiental de Brotas - ZA Brotas, de recorte municipal finalizado no ano de 2007; Zoneamento Ecológico-Econômico do Litoral Norte do Estado de São Paulo - ZEE LN concluído no ano de 2004, com recorte regional e caráter normativo, formalizado através do Decreto Estadual nº 49.215 de 2004, além de aparecer como instrumento do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro, Lei Estadual nº 10.019 de 1998; e Zoneamento Agroambiental para o setor sucroalcooleiro do estado de São Paulo - ZAA-SP, finalizado no ano de 2008, exibiu recorte estadual e surgiu como instrumento do “Projeto Ambiental Estratégico Etanol Verde”. De posição indicativa, possui objetivo disciplinar a expansão e ocupação do solo por parte do setor sucroalcooleiro, dando base ao licenciamento ambiental no estado (SANTOS; RANIERI, 2013).

Assim, é visto que, quando esse método é fundamentado em um índice que expõe a combinação da vulnerabilidade natural somada ao potencial social, ele é capaz de orientar a ocupação do território para as áreas que estejam aptas para suportar determinado uso, ou também, para áreas aptas que precisam de determinada recuperação antes do uso. Do mesmo modo que, áreas inaptas e que carecem por algum motivo são preservadas, findando prejuízos socioeconômicos e ambientais (CARVALHO; LOUZADA, 2007).

8 GEOTECNOLOGIAS

Dentre os procedimentos preconizados na tentativa de minimizar os riscos ambientais decorrentes da atividade de disposição de resíduos sólidos, está a escolha de um local adequado e pouco vulnerável aos potenciais impactos ambientais negativos. Neste âmbito, propostas metodológicas têm sido desenvolvidas, no Brasil e no mundo, na tentativa de orientar na escolha de locais que atendam as solicitações ambientais e geotécnicas para a implantação de aterros sanitários (COLLARES, RODRIGUES, PARREIRA, 2004).

As imagens de satélite começaram a ser consideradas como eficaz instrumento utilizado nas avaliações que envolvem análises ambientais dos diferentes ecossistemas terrestres. Isso devido a maneira pela qual é realizada a cobertura repetitiva, que possibilita obter imagens periódicas de qualquer lugar do planeta, além de permitir o monitoramento e identificação de alterações advindas da superfície terrestre (MENESES; ALMEIDA, 2012).

O geoprocessamento é considerado uma técnica fundamental para estudos e avaliações de áreas aptas para implantação de um aterro sanitário (BORTOLATTO; AHLERT, 2012). Bezerra (2014) enfatiza a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas - SIG'S em processos de escolha de áreas aptas para a implantação de recebimento dos RSU e também o monitoramento de seus produtos finais como os percolados de efluentes. Dentre as ferramentas de SIG, o sensoriamento remoto é uma técnica que possibilita a aquisição de dados/imagens sobre a superfície do terreno, e atende essa premissa. São imagens que cobrem grandes áreas e possibilitam a geração de subprodutos que auxiliam na definição do zoneamento ambiental, como o mapeamento do uso e ocupação do solo (ABNT, 1992).

Segundo Costa et al. (2006), a aplicação de tecnologias como Sistema de Informação Geográfica (SIG) ajudam nos trabalhos possibilitando com que ocorra uma organização adequada para áreas de risco ambiental em função da ação humana ou até mesmo mediante as transformações naturais realizadas no próprio ambiente. As geotecnologias são técnicas definidas como o conjunto ou agrupamento de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informação que contemplam referência geográfica. Dentro dessa tecnologia, destacam-se os sistemas de informações geográficas, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e a topografia georreferenciada. Os resultados dessas técnicas são desenvolvidos por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que unidos constituem ferramentas para tomada de decisão (ROSA, 2005).

A construção de mapas temáticos é de fundamental importância para auxiliar em tomada de decisão específica dentro de um SIG. Assim como, pode servir de instrumento ao monitoramento das respostas de uma iniciativa já realizada. Estando a elaboração desses mapas passível de ser concretizada a partir da exigência em se ter uma solução devido a agregação de informações conhecidas (LOPES; LOPES, 2007).

A elaboração de mapas de aptidão constantemente atualizado dos municípios, deve ser indispensável ao poder público municipal, como também aos órgãos responsáveis pelo licenciamento e aprovação de empresas com potencial poluidor. Com necessidade de apresentar o maior agrupamento de variáveis para a análise espacial locacional, junto aos prováveis efeitos ao meio ambiente, a população e a área urbana municipal (CERSÓSIMO, 2006), a utilização de técnicas elementares possibilita maior detalhamento das características do relevo, da declividade, a qual desencadeia condicionantes operacionais da coleta domiciliar e coletiva. Outro fato relevante a se destacar é o emprego de outra técnica de geotecnologia que colabora significativamente para a identificação de áreas prioritárias, a qual consiste na aplicação da álgebra de mapas (RAUEN et al., 2016).

8.1 Álgebra de mapas

O termo “álgebra de mapas” foi criado por Tomlin (1990) para mencionar o conjunto de procedimentos de análise espacial em geoprocessamento. A resultante desse procedimento gera novos dados por meio de etapas de manipulação aplicadas a um ou mais mapas. Através desse panorama, é possível obter a análise espacial como um conjunto de operações matemáticas sobre mapas, em analogia aos ambientes de álgebra e estatística tradicional. Os mapas são vistos como variáveis individuais, e as funções definidas sobre estas variáveis são aplicadas de forma homogênea a todos os pontos do mapa.

Segundo Tomlin (1990), a álgebra de mapas engloba uma metodologia baseada em operações que apresentam o sentido matemático, quanto como cartográfico, e espacial. A literatura aborda essa temática de duas formas diferentes, estando vinculadas a operações de consulta quanto a geo-objetos (EGENHOFER, 1994) como a operações de manipulação sobre geo-campos (TOMLIN, 1990), sem unificar as duas visões.

Para operações de geo-objetos são definidos três tipos de operações: restrições sobre atributos, restrições espaciais e propriedades de geo-objetos. Por outro lado, como exemplificação de um mapa de geo-campos pode-se citar o mapa de distâncias (*buffer*), o qual

contém as distâncias de cada ponto do mapa a um objeto de referência (representado por um ponto, linha ou região), equivalendo a uma operação puramente geométrica (espacial) (CÂMARA et al., 2001).

Para Barbosa et al. (1998), no âmbito da utilização de um software para implantação dos operadores de álgebra de mapas sobre regiões (operadores zonais), foi visto viabilidade no uso destes operadores para análise espacial utilizada no zoneamento ecológico-econômico. Além de serem consideradas como ferramentas de fundamental e simples manuseio, em aplicações ambientais que requerem associação de dados.

8.1.1 Processo Analítico Hierárquico – AHP

A sobreposição de mapas é um relevante instrumento para a geração de dados secundários com o objetivo de análises de dados espacializados para as ciências ambientais. Nesse cenário, essa técnica se demonstrou eficiente para o mapeamento de áreas ambientalmente frágeis e também para a definição de zonas de uso. E a utilização da AHP é considerada como um dos procedimentos imprescindíveis para o tratamento das incertezas pertencentes ao conhecimento empírico (REZENDE; LEITE; CARRIELLO, 2015).

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é tido como uma metodologia matemática que possui como proposta ponderar quantitativamente variáveis em função da interação dos critérios proposto pela pesquisa e fazer isso em forma de considerações qualitativas. Os pesos são originados por meio das comparações das variáveis que fazem parte do problema, executando-as aos pares de acordo com a importância de cada problema em questão. O AHP possui como fundamento atribuir pesos aos diferentes mapas a serem cruzados nos SIGs, bem como ponderar as inúmeras classes temáticas pertencentes em cada mapa. Sempre que for atribuído peso a um mapa ou a uma classe temática está havendo também uma tomada de decisão (RAFFO, 2012).

Essa metodologia teve origem na década de 1970, por Thomas Saaty para auxiliar na tomada de decisões. Os pesos são atribuídos aos critérios de acordo com o grau de importância relativa (Quadro 8.1). As alternativas são analisadas com base nesta importância relativa, por meio das comparações aos pares, e por meio da utilização da escala de Saaty de números absolutos que permite atribuir valores numéricos quantitativos como qualitativos aos julgamentos (SAATY, 1970).

Para Silva (2007), a ideia principal da análise hierárquica introduzida por Saaty é a contenção do estudo de sistemas a uma sequência de comparações aos pares, com a finalidade de possibilitar tomada de decisões, reduzindo erros.

QUADRO 8.1 - Escala de classificação com nove pontos feita por Saaty (1990).

Intensidade da importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente ao objetivo final.
3	Menor importância de um sobre o outro	Experiência e julgamento favorecem levemente uma alternativa em relação a outra
5	Essencial ou forte importância	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma alternativa em relação a outra
7	Importância significativa	Uma atividade é fortemente favorecida e esta dominância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorecendo uma atividade em relação a outra é da ordem mais alta possível.
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes.	Quando há necessidade de compromisso Recíprocos (diferentes de zero) se a atividade i tem um dos números acima atribuídos a ela quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparado com i.

Fonte: Adaptado de FONTANIVE et al. (2016).

A escala recomendada por Saaty (1991), mostrada no Quadro 8.1, vai de 1 a 9, com 1 significando a indiferença de importância de um critério em relação ao outro, e 9 significando a extrema importância de um critério sobre outro, com estágios intermediários de importância entre esses níveis. Além disso, desconsiderando as comparações entre os próprios critérios, que representam 1 na escala, apenas metade das comparações precisa ser feita, porque a outra metade constitui-se das comparações recíprocas na matriz de comparações, que são os valores recíprocos já comparados. A partir da construção da hierarquia, avalia-se sistematicamente seus

atributos comparando-os um ao outro. Após as comparações aplica-se dados concretos sobre os elementos de acordo com o significado relativo ou importância desses elementos. O AHP converte as comparações em números, e estas comparações entre os critérios são registradas em matrizes da forma de frações entre 1/9 e 9. Cada matriz é analisada por meio do seu autovalor para averiguar a coerência dos julgamentos. Esse procedimento da origem a uma razão de coerência que será igual a 1 se todos os julgamentos forem coerentes entre si.

É importante notar que o elemento mais importante da comparação é sempre usado como um valor inteiro da escala, e o menos importante, como o inverso dessa unidade. Se o elemento linha é menos importante do que o elemento-coluna da matriz, preenche-se com o valor recíproco na posição correspondente da matriz. Devido à relação de reciprocidade e à necessidade de consistência entre duas atividades ou critérios, os recíprocos dos valores acima de zero são inseridos na matriz criada quando uma comparação entre duas atividades já foi realizada. O processo é robusto, porque diferenças sutis em uma hierarquia na prática não se tornam decisivas. A matriz A apresenta o exemplo do preenchimento da matriz de julgamentos de acordo com o método AHP (Tabela 8.1).

TABELA 8.1. Matriz de comparação aos pares.

Variáveis	Matriz A			
	A	B	C	D
A	1	5	6	7
B	1/5	1	4	6
C	1/6	1/4	1	4
D	1/7	1/6	1/4	1

Fonte: Adaptado de Saaty (1991).

As posições da diagonal serão sempre 1, afinal, um elemento é igualmente importante a ele mesmo. Para preencher os outros elementos da matriz fora da diagonal, fazem-se os julgamentos e determina-se a intensidade de importância de acordo com a Quadro 8.1, que apresenta a escala de comparações empregadas no método. Para as comparações inversas, isto é, na parte inferior esquerda da matriz, colocam-se os valores recíprocos dos da parte superior direita da mesma.

No caso da Matriz A, observa-se pela parte superior direita que todos os elementos-linha eram mais dominantes do que os elementos-coluna, pois todas as posições estão com

números maiores que 1. Lê-se: A é 5 vezes mais dominante do que B e 6 vezes mais dominante do que C.

A consistência da matriz deve ser garantida, a partir de uma quantidade mínima de dados, todos os outros podem ser logicamente deduzidos. Se A é 5 vezes mais dominante do que B, e A é 6 vezes mais dominante que C, então $A=5B$ e $A=6C$. Logo, $B/C = 6/5 =$ posição (B, C). Portanto, se o julgamento da posição (B, C) for diferente de $6/5$, então a matriz é inconsistente, como ocorre na Matriz A.

Chan (2004) sintetiza os passos recomendados para aplicação do AHP:

(1) Definir o problema e o que se procura saber. Expor as suposições refletidas na definição do problema, identificar partes envolvidas, checar como estas definem o problema e suas formas de participação no AHP.

(2) Decompor o problema desestruturado em hierarquias sistemáticas, do topo (objetivo geral) para o último nível (fatores mais específicos, usualmente as alternativas). Caminhando do topo para a extremidade, a estrutura do AHP contém objetivos, critérios (parâmetros de avaliação) e classificação de alternativas (medição da adequação da solução para o critério). Cada nó é dividido em níveis apropriados de detalhes. Quanto mais critérios, menos importante cada critério individual se torna, e a compensação é feita pela atribuição de pesos para cada critério. É importante certificar-se de que os níveis estejam consistentes internamente e completos, e que as relações entre os níveis estejam claras.

(3) Construir uma matriz de comparação paritária entre os elementos do nível inferior e os do nível imediatamente acima. Em hierarquias simples, cada elemento de nível inferior afeta todos os elementos do nível superior. Em outras hierarquias, elementos de nível inferior afetam somente alguns elementos do nível superior, requerendo a construção de matrizes únicas.

(4) Fazer os julgamentos para completar as matrizes. Para isso, são necessários $n(n-1)/2$ julgamentos para uma matriz $n \times n$, sendo n o número de linhas e colunas. O analista ou grupo participante julga se A domina o elemento B. Se afirmativo, inserir o número na célula da linha de A com a coluna de B. A posição coluna A com linha B terá o valor recíproco. Assim prossegue-se o preenchimento da matriz. Os valores inseridos são aqueles da escala de comparação, mostrados na Quadro 8.1.

(5) Calcular o índice de consistência (IC). Se não for satisfatório, refazer julgamentos (Equação 1).

$$\text{I.C.} = \text{Índice de Consistência} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \text{ (Equação 8.1)}$$

De acordo com Saaty (1991), para obter-se a consistência de uma matriz positiva recíproca (matriz criada no Passo 4), seu autovalor máximo deveria ser igual a n (dimensão da matriz). No caso de uma matriz consistente, precisamos de $n - 1$ comparações paritárias já que, a partir dessas as outras podem ser deduzidas logicamente.

O autovetor dá a ordem de prioridade e o autovalor é a medida de consistência do julgamento. O método da análise hierárquica busca o autovalor máximo, λ_{\max} , que pode ser calculado pela multiplicação da matriz de julgamentos A (Passo 4) pelo vetor coluna de prioridades computado w , seguido da divisão desse novo vetor encontrado, Aw , pelo primeiro vetor w , chegando-se ao valor de λ_{\max} .

Cabe lembrar que $Aw = \lambda w$ e, que no método da análise hierárquica, $Aw = \lambda_{\max} w$ (Equação 2).

$$\lambda_{\max} = \text{média do vetor } \frac{Aw}{w} \text{ (Equação 8.2)}$$

Como regra geral, se o índice de consistência for menor do que 0.1, então, há consistência para prosseguir com os cálculos do AHP. Se for maior do que 0.1, recomenda-se que julgamentos sejam refeitos (por exemplo, reescrevendo questões do questionário ou categorizando elementos) até que a consistência aumente.

Saaty (1991) sugere também o uso da Razão de Consistência, que considera o IC e o Índice Randômico (IR), que varia com o tamanho n da amostra (Equação 3).

$$\text{Razão de Consistência} = \frac{IC}{\text{Índice Randômico (IR) para } n} \text{ (Equação 8.3)}$$

Saaty (1991) propõe uma tabela com os índices randômicos (IR) de matrizes de ordem 1 a 15 calculados em laboratório, conforme exibido na Tabela 8.2.

TABELA 8.2 - Índice Randômico Médio do AHP.

Nº critérios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Índice	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Fonte: Saaty (1991)

(6) Analisar as matrizes para estabelecer as prioridades locais e globais, comparar as alternativas e selecionar a melhor opção.

Dessa forma, se RC for menor que 0,10, a matriz é considerada consistente.

8.1.2 Aplicações da AHP na implantação de Aterros Sanitários

Este item, reserva a citar trabalhos desenvolvidos a partir da metodologia de análise de multicritério da AHP para avaliar áreas adequadas para implantação de aterro sanitário.

Siddiqui, Everett e Vieux (1996) correspondem aos primeiros autores a desenvolverem a comunicação das ferramentas de SIG e a AHP. O SIG é usado para manejar e expor os dados espaciais e o AHP empregado como o método de tomada de decisão para classificação das potenciais áreas para a localização de aterro com base na diversidade de critérios. Esses autores utilizaram a hidrogeologia/geologia, o uso do solo e a proximidade dos centros urbanos como critérios de avaliação.

Domingos e Brito (2010), desenvolveram com o método AHP a identificação de áreas mais propícias e menos propícias para instalação de um aterro sanitário. Cada fator foi segmentado em cinco classes de significância com seu peso alterando de um a cinco, estando o valor mínimo o menos importante e o valor máximo o mais importante. Os fatores foram agrupados em critérios socioeconômicos e critérios ambientais. No entanto, antes de se efetuar os cálculos entre os resultados finais dos fatores ambientais e dos fatores socioeconômicos, foi necessário aplicar a operação *reclass* entre essas camadas, para serem reclassificados e arredondados para valores inteiros.

Para Weber e Hasenack (2000), os critérios para a tomada de decisão foram divididos entre critérios restritivos e escalonados. Os autores estabeleceram o uso da rotina Weight do *software* IDRISI, havendo uma ponderação das variáveis em função da sua importância na decisão sobre a aptidão de uma área, sendo o peso final de cada variável estimado através do método AHP, aplicando a matriz de comparação pareada. O resultado consistiu em uma

superfície de aptidão que pode ser aplicado a um limiar para a seleção das áreas mais aptas, proporcionando a avaliação de alternativas de acordo com a intensidade de filtragem desejada.

Braga e Pereira (2014) elaboraram mapas temáticos de declividade, distância de corpo d'água, distância de malha urbana e distância de vias para a elaboração do mapa final com possíveis áreas aptas à implantação de um aterro sanitário no município de Montes Claros – MG. É interessante mencionar a não utilização de variáveis relevantes para a escolha de áreas para implantação do aterro sanitário, como composição do solo, por não ser encontrado dados específicos levantados a nível representativo do estudo. O mapa final contempla as áreas com maior e menor aptidão para implantação de aterro sanitário, criado a partir da sobreposição dos mapas, sendo encontrado 12 áreas próprias para implantação do aterro sanitário, destacando duas com maior grau de aptidão.

Samizava (2008) desenvolveu um banco de dados geográficos com informações de geomorfologia, solos, hidrogeologia e informações socioeconômicas, vindo a serem utilizadas no processo de análise espacial. Com a modelagem de cada elemento temático dos mapas, foi realizada a concessão de pesos às variáveis por meio do método AHP. Por meio dos pesos atribuídos por esse método, resultou-se que as variáveis relacionadas a água apresentavam valores mais significativos, representando quase a metade do valor da soma dos demais pesos. O processo de ponderação pela AHP ofereceu a possibilidade de compensação de uma variável com a outra, o que possibilita a geração de novos cenários para um mesmo objeto, reduzindo a subjetividade e subsidiam a geração de melhores cenários ao tomar decisões.

Cabral (2012) utilizou o método AHP para hierarquizar o problema de seu estudo, definir as ponderações ou os pesos para atribuir aos critérios de avaliação e avaliar a consistência dessa atribuição, enquanto que, a análise multicritério possibilitou avaliar a aptidão da área de estudo. A associação destas duas técnicas, em ambiente SIG, permitiu amostrar três locais ótimos e disponíveis para localizar o aterro sanitário na região Sul da Ilha de Santiago. Por meio da análise do nível de aptidão médio, o critério de hidrogeologia recebeu maior importância (40.6%), seguido da acessibilidade (28.8%), enquanto o uso do solo e a morfologia receberam uma importância relativa de 20.8% e 9.8%, respectivamente.

Ornelas (2011), utilizando a lógica fuzzy e o método AHP, desencadeou a padronização e ponderação suficiente para atender ao objetivo de comparação das diferentes variáveis empregadas para as análises. A utilização da AHP apresentou-se como uma alternativa viável para a ponderação de múltiplos critérios provenientes de áreas de conhecimento diversas.

Silva (2011a), objetivou trabalhar com método e técnicas no âmbito do conhecimento geográfico (rocha, solo, relevo e dinâmicas hídricas) para ajudar na escolha de áreas propícias para implantação de aterro sanitário de resíduos sólidos industriais. O produto final um mapa que mostra a distribuição contínua da aptidão para a instalação de aterro de resíduos sólidos industriais no município de Osorio/RS, através da análise de multicritério que possibilitou a associação das operações da lógica booleana, com a logica fuzzy, aliadas a rotina de suporte a decisão AHP.

Calijuri, Melo, Lorentz (2002), promoveram a integração de informações espaciais para tomada de decisão no processo de avaliação e seleção de áreas para a implantação de aterro sanitário, por meio da análise estratégica de decisão viabilizada pela potencialidade do SIG. Resultando em obter inúmeras alternativas locais que poderiam ser utilizadas, sendo o peso final de cada critério estimado através na metodologia AHP aplicado à matriz de comparação par a par.

Dalmas (2011), indicou possíveis áreas aptas à construção de aterros sanitários na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape e Litoral Sul, pela utilização de técnicas de geoprocessamento, sendo empregado método do AHP, para o cruzamento dos mapas de declividade, geologia, pedologia, cobertura vegetal, áreas de proteção ambiental, malha viária, rede hidrográfica e áreas urbanas, obtendo-se um mapa indicando áreas de baixa, regular e alta aptidão à implantação de aterros. As análises de multi-critério. utilização de diferentes técnicas de análise multi-critério, aliadas à análise de rede, mostrou-se como uma importante ferramenta na busca por áreas aptas à construção de aterros sanitários e pode ser bem aplicada em trabalhos de planejamento fisicoterritorial.

9 MATERIAL E MÉTODOS

9.1 Área de Estudo

De acordo com a divisão política administrativa, o estado de Minas Gerais subdivide-se em 12 mesorregiões geográficas, dentre as quais faz parte a região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (IBGE, 1990). A região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba é tida como uma mesorregião geográfica, que foi fundada por meio da Resolução PR nº 11, de 05 de junho de 1990 (IBGE, 1990). Localiza-se a oeste do estado de Minas Gerais, entre as coordenadas geográficas de 17°55'05'' e 20°26'35'' de latitude sul e 45°38'25'' a 51°02'47'' de longitude oeste (Figura 9.1). Essa mesorregião está dividida em sete microrregiões geográficas: Araxá, Frutal, Ituiutaba, Patos de Minas, Patrocínio, Uberaba e Uberlândia, totalizando com 66 municípios, conforme é observado no Apêndice B

Segundo dados do IBGE, a região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba apresenta o total de sessenta e seis municípios. Constitui-se com área de unidade territorial de 90540,6 km² (IBGE, 2010a) e população residente de 2.144.482 habitantes (IBGE, 2010b).

Representa a segunda maior economia do estado e faz divisa ao norte com o sul Goiano e com o noroeste de Minas; ao sul com as mesorregiões de Ribeirão Preto e São José do Rio Preto, ambas do estado de São Paulo e com o sul e sudoeste de Minas; a leste com a central Mineira e com o oeste de Minas e a oeste com a porção oriental de Mato Grosso do Sul (NOVAIS, 2011).

O clima da região apresenta duas estações bem definidas, tem um inverno seco e verão chuvoso. A distribuição de temperatura na área de estudo é marcada fortemente pelo relevo, que apresenta um declive topográfico de leste para oeste aumentando a temperatura de acordo com essa proporção, sendo as médias anuais apresentando valores de 25,7°C no extremo pontal do Triângulo (NOVAIS, 2011), e precipitação média de 1480 mm anuais (SANTOS; FERREIRA, 2016).

De acordo com Thomaz Junior (2010), o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba contempla uma área pertencente ao “polígono do agrohídronegócio”, ou seja, uma grande área continental com relativa abundância de água vinda do complexo Aquífero Guarani e com forte exploração agropecuária e agroindústrias.

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) corresponde ao índice geral resultante de dados do Censo Demográfico de 2010, o qual leva em consideração três princípios: educação, renda e longevidade da população. A escala varia de 1 (maior IDHM) a 0 (menor). A variação dos dados do IDHM na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba é de 0,150, tendo o menor índice no município Delta (0,639) e o maior em Uberlândia (0,789). A média da região é de 0,712, que está abaixo da média estadual (0,731) e também da nacional (0,727). Esses dados revelam que a região analisada possui municípios com os índices analisados no IDHM muito precários, que necessitam de uma atenção maior. Apenas 24,2% dos 66 municípios estão com índices maiores que o valor nacional e 16,6% com índices melhores que da média do estado de Minas Gerais. Considerando que a média nacional integra os municípios e cidades do norte e noroeste do Brasil que costumam ter índices bem baixos, este dado é um pouco alarmante quando se analisa a mesorregião. Existem a todo momento uma disparidade entre os pequenos municípios e as cidades maiores e, neste caso, não é diferente. As cidades de Araxá, Uberlândia e Uberaba encontram-se próximas e representam o maior IDHM (SANGI; RABELO; ANDRADE, 2014).

9.2 Critérios para localização de aterros sanitários conforme diferentes autores

No intuito de definir os critérios a serem utilizados na escolha do local adequado para implantação de aterro sanitário, na região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, foi realizado um levantamento bibliográfico com base em trabalhos científicos, legislações e normas que asseguram essa temática, evidenciando quais as restrições e critérios utilizados para definir a escolha do local para instalação desse tipo de empreendimento.

A fim de indicar quais critérios seriam abordados nesse estudo, a escolha da área caminhou inicialmente com a estruturação e visualização dos critérios mais trabalhados e discutidos dentre os principais estudos encontrados. Sendo, posteriormente, possível estabelecer quais critérios seriam utilizados para a pesquisa.

Nesse sentido, foram determinados 13 (treze) critérios para serem utilizados como princípio desse estudo, considerando que o critério de dados climatológicos engloba dois parâmetros: temperatura e precipitação, utilizados de forma individual de acordo com suas características e limitações, sendo ambos os critérios alocados dentre 14 (quatorze) trabalhos levantados como suporte dessa pesquisa. Logo, quanto aos trabalhos utilizados como base dessa

pesquisa, 7 (sete) destes referem-se a legislações, normas e portarias, estando os demais definidos como trabalhos científicos (Quadro 9.1).

Em referência aos critérios escolhidos, estes encontram-se divididos em fatores pontuais e fatores de distância. Os fatores pontuais são representados por 8 (oito) critérios: unidade de conservação, temperatura, precipitação, litologia, pedologia, vegetação, declividade e área de posse pública, os quais representam particularidades das características levantadas de forma específica para cada ponto, ou local. Sendo então 5 (cinco) critérios constituindo como fatores de distância, os quais são normalmente exigidos por legislações, como é o caso do critério de distância de aeródromos. Logo, todos estes constituem de exigências que independentemente do local possuem as mesmas restrições, assim, são sempre pontuados e utilizados pela grande maioria dos estudos, sendo eles: distâncias de recursos hídricos, distância de fraturas geológicas, distância de rodovias, distância de aeródromos, distância de áreas de núcleos urbanos.

Assim, é visto que é necessário a junção de diversos parâmetros para possibilitar o ajuste e o estudo completo do local a ser destinado os resíduos sólidos. Essa associação possibilita considerar e ao mesmo tempo observar as diversas áreas envolvidas na construção de aterro sanitário, na tentativa de evitar quaisquer impasses para o local de implantação do empreendimento. Dessa forma, por meio da fusão desses 13 critérios é possível ponderar critérios ambientais, sociais e econômicos.

QUADRO 9.1 - Critérios levantados na escolha área para implantação de aterro sanitário.

Referências	Unidade de Conservação	Caracterização Climatológica (Temperatura e Precipitação)	Distância de Recursos Hídricos	Litologia	Distancia de Fraturas Geológicas	Pedologia	Vegetação	Distâncias de Aeródromos	Declividade	Distância de Rodovias	Distância de Área de Núcleos Urbanos	Área de Posse pública
Brasil (2008a)												
Moreira et al (2016)												
Amaral e Lana (2017)												
Felicori et al (2016)												
Brasil (2000)												
Santos, Osco e Ramos (2016)												
FEAM (2008)												
ABNT (1997)												
Santos e Girardi (2007)												
Brasil (2008b)												
Dalmas (2008)												
ABNT (1992)												
Fundação de Ciência e Tecnologia (1989)												
BRASIL (2011b)												

Fonte: A autora (2018)

9.3 Material

Nesse estudo foram utilizados dados de mapeamento, tais como imagens digitais e mapas digitalizados, bem como *softwares*.

As imagens digitais utilizadas foram coletadas de forma gratuita por meio do satélite *Landsat 8*, sensor *Operacional Land Imager (OLI)*, com as bandas 1-7, todas com resolução espacial de 30 metros, obtidas no período de setembro e outubro de 2017, nas órbitas 219; 220; 221 e 222, nos pontos 72, 73 e 74. Na Tabela 9.1, é possível visualizar o nome de cada uma das bandas citadas, como também a resolução espectral correspondente a cada umas das mesmas (UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS, 2018).

TABELA 9.1 - Resolução da faixa espectral do LANDAT-8, sensor OLI.

Bandas	Band Name	Landsat 8 OLI Maximum Bandpass (μm)
1	Coastal/Aerosol (CA)	0.433–0.453
2	Blue	0.450–0.515
3	Green	0.525–0.600
4	Red	0.630–0.680
5	NIR	0.845–0.885
6	SWIR1	1.560–1.660
7	SWIR2	2.100–2.300

Fonte: Barsi et al. (2014).

Das imagens coletadas, finda-se em mencionar que foi realizado o *download* de dez imagens do satélite citado acima, o qual apresenta a cobertura de toda a região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. A partir da obtenção dessas imagens, foi realizado o mosaico das mesmas, ou seja, foi possível, em apenas uma imagem, reunir toda a representação da área de estudo, sendo a junção dessas imagens realizada por meio do *software* QGIS, aplicando-se a função “mosaico”, a qual permite uma combinação múltipla de imagens. Para o mapa de altimetria, foram utilizadas imagens do radar nomeado como Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM), as quais estão disponíveis no sítio da Embrapa Solos, com resolução espacial original de 90m, mas reamostrado para 30 metros.

Os mapas digitalizados utilizados na geração dos mapas propostos pelo estudo foram obtidos por meio de diversas plataformas, de forma gratuita. Para o mapa de declividade, a fonte de dados veio por meio do TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Para

os dados de litologia, fraturas geológicas, pedologia e rodovias foram adquiridos a partir do Serviço Geológico do Brasil, no sítio da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. Para o mapa de Unidade de Conservação, a base de dados operada foi aquela apresentada pelo Instituto Estadual de Florestas - IEF. Para os dados de Núcleos Populacionais, a base utilizada corresponde a do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, contando também com o processo de vetorização manual das devidas áreas para concluir o mapa proposto. Para os dados de áreas de posse pública, a base de dados utilizada decorreu do site do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA, juntamente com a operação de vetorização manual. A origem do mapa de distância de aeródromos sucedeu por meio da base de dados do CPRM, INSTITUTO PRISTINO, IBGE e a prática da vetorização manual. Para o mapa de recursos hídricos, a base de dados aplicada foi do Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM e, para o mapa de vegetação, o banco de dados empregado foi do IBGE.

Para o cálculo das variáveis climáticas e construção dos mapas de precipitação e temperatura foram utilizados dados das estações climatológicas próximas à área de estudo, sendo esses coletados no sítio eletrônico do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e, posteriormente, empregados no interpolador presente no *software* QGIS 2.18.5.

O processamento dos dados digitais foi realizado com os *softwares* QGIS 2.18.5 (software livre) e o ENVI 5.1 (comercial). O ENVI tem licença autorizada para uso pertencente à Universidade Federal de Uberlândia. E, por fim, os mapas formados encontram-se construídos no Sistema de Coordenadas Geográficas e SIRGAS 2000 e articulação compatível com a escala 1:250.000.

9.4 Método

O método foi segmentado em basicamente 3 (três) etapas: construção do banco de dados, aplicação de questionário e utilização do método da AHP (SAATY, 1970). A primeira consistiu na busca por banco de dados com intuito de caracterizar cada critério definido pela pesquisa para, em seguida, analisar as informações e produzir os mapas temáticos. A segunda etapa compreendeu a aplicação do questionário para execução das comparações por pares de parâmetros tidos como básicos/necessários para a implantação de um aterro sanitário, sendo essa comparação realizada de forma matricial (ex. Tabela 9.2), onde as linhas e colunas representam os parâmetros analisados.

Tabela 9.2 – Exemplo de matriz de comparação pareada

PARÂMETROS	Litologia	Vegetação	Fraturas Geológicas
Litologia	1		
Vegetação		1	
Fraturas Geológicas			1

Fonte: A autora (2018).

Esse questionário foi preenchido por 5 (cinco) professores do corpo docente da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, como também por 2 (dois) profissionais com ensino superior completo, que atuam efetivamente na área técnica, além de possuírem formação a nível de mestrado. A escolha desse grupo de avaliadores ocorreu no intuito de analisar a percepção de cada profissional em função da sua área de trabalho, vivência e experiências para com o processo de instalação de aterro sanitário. A busca foi por profissionais que apresentassem conhecimento técnico e teórico vinculado as áreas de interesse de cada critério proposto pelo trabalho.

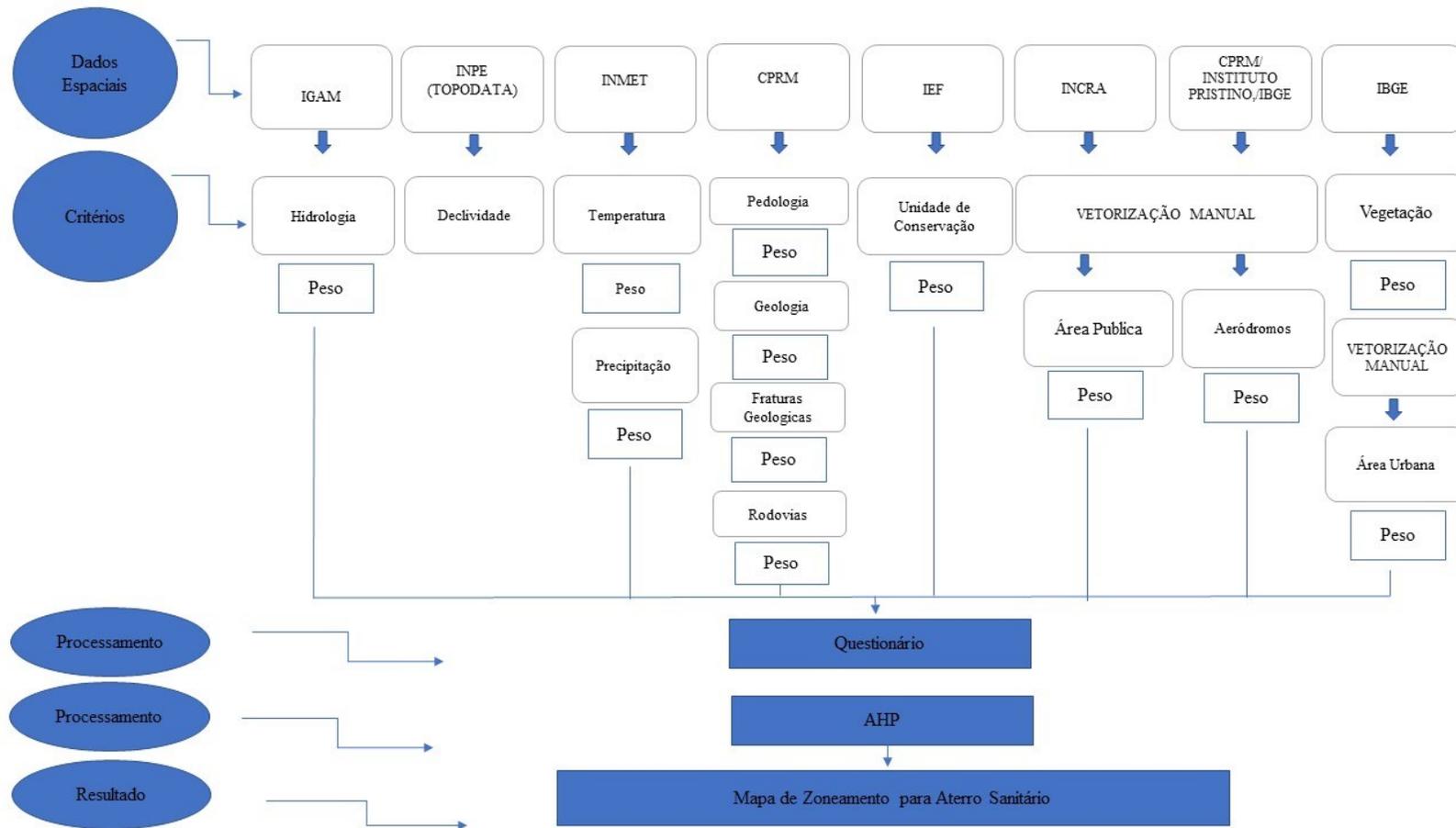
Os pesos atribuídos aos parâmetros pareados foram de acordo com o Quadro 8.1. Dessa forma, o preenchimento da matriz ocorreu tendo em vista a importância dos 13 parâmetros para o processo de implantação de um aterro sanitário.

Por fim, a terceira etapa ocorreu por meio do processamento desses valores na calculadora *Analytic Hierarchy Process* – AHP. A técnica da AHP advém de processos matemáticos que foram implementados por meio da utilização do software Microsoft Office Excel, que corresponde a um editor de planilhas, sendo, então, possível a geração dos pesos e demais dados advindos da aplicação do método. Com os pesos atribuídos a cada critério foi possível a utilização do algoritmo *Band Math* do software *Envi 5.1*. A rotina *Band Math* permite a definição dos seus próprios algoritmos de processamento e aplicação das bandas ou arquivos inteiros abertos no ENVI.

No intuito de promover uma análise da localização dos aterros sanitários já existentes na mesorregião do TMAP diante do cenário encontrado por essa pesquisa, foi realizado o contato com as prefeituras municipais de todas as cidades pertencente a mesorregião. O contato com esses entes públicos ocorreu via e-mail, sendo então solicitados os dados das coordenadas geográficas do local onde se encontra as áreas de aterro sanitário/aterro controlado/lixão. O e-mail foi enviado para os 66 (sessenta e seis) municípios integrantes da região de estudo, porém o retorno ocorreu apenas de 6 municípios, sendo eles: Canálopis, Douradoquara, Itapagipe, Uberlândia, Santa Vitória e Tupaciguara.

Para melhor entendimento da metodologia, a Figura 9.2 ilustra o fluxograma das etapas desenvolvidas.

FIGURA 9.2 - Fluxograma das etapas metodológicas.



Fonte: A autora (2018).

9.4.1 Caracterização das Variáveis

Inicialmente, preparou-se o vetor (*shape*) de delimitação da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Esse vetor foi obtido por meio do banco de dados do IBGE (2017), o qual apresenta a composição de sessenta e seis municípios dentro da área. Assim, esse produto foi utilizado como base quanto a dimensão e estrutura da área para todos os demais mapas formados a partir de então.

9.4.1.1 Dados climatológicos: Temperatura e Precipitação

Os dados climatológicos foram alcançados por meio da plataforma do INMET (2018), sendo obtidas as informações referentes as 25 estações meteorológicas localizadas nos pontos apresentados na Tabela 9.3.

Para os cálculos dos dados de temperatura, foi considerada a média das temperaturas instantânea, mínima e máxima correspondente ao período de julho a dezembro de 2017 para cada uma das 24 (vinte e quatro) estações automáticas encontradas na mesorregião de estudo. Do mesmo modo, para a precipitação, foi utilizada a média das chuvas durante esse mesmo período considerando as vinte e quatro estações presentes no TMAP. Posteriormente, os dados de temperatura e precipitação foram individualmente interpolados pelo método Inverse Distance Weighted - IDW (Ponderação do Inverso da Distância) usado como ferramenta de interpolação do QGis. Para Marcuzzo; Andrade; Melo (2011), uma das técnicas de interpolação mais utilizadas para pontos dispersos no espaço é o IDW. Esse método de interpolação é tido como computacionalmente rápido, no sentido que a ponderação dos pesos para a avaliação linear ocorre de certa maneira fácil. Nesse método os pontos dos dados encontram-se no interior das isolinhas equivalentes, no entanto normalmente ocorre a formação de muitas ilhas de dados e as isolinhas geralmente não são suaves. Nesse sentido, esse método estabelece por meio da combinação linear ponderada dos pontos amostrados, os valores de seus pontos.

TABELA 9.3 - Estações meteorológicas pertencentes ou próximas a mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.

ESTAÇÕES	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		
	LATITUDE (°)	LONGITUDE (°)	ALTITUDE (m)
Araxá (MG)	-19.605696	-46.949617	1,018
Bambuí (MG)	-20.031111	-46.008811	697
Barretos (SP)	-20.559175	-48.544997	534

Campina Verde (MG)	19.539210	-49.518133	559
Catalão (GO)	-18.154779	-47.927614	901
Conceição das Alagoas (MG)	-19.985860	-48.151574	573
Dores do Indaiá (MG)	-19.481935	-45.593932	721
Franca (SP)	-20.584475	-47.382549	1,003
Guarda-Mor (MG)	-17.561349	-47.199251	997
Ituiutaba (MG)	-18.952907	-49.525072	540
Itumbiara (GO)	-18.409761	-49.192061	491
Ituverava (SP)	-20.35976	-47.77522	611
Jales (SP)	-20.165025	-50.595134	460
João Pinheiro (MG)	-17.784770	-46.119394	877
Paranaíba (MS)	-19.695517	-51.181769	408
Passos (MG)	-20.745237	-46.633916	782
Patos de Minas (MG)	-18.520667	-46.440611	950
Patrocínio (MG)	-18.996684	-46.985935	978
Sacramento (MG)	-19.875271	-47.434102	913
São Sebastião do Paraíso (MG)	-20.909892	-47.114259	845
São Simão (GO)	-18.969142	-50.633449	492
Três Marias (MG)	-18.200855	-45.459836	931
Uberaba (MG)	19.710028	47.961889	778
Uberlândia (MG)	-18.917072	-48.255657	875
Votuporanga (SP)	-20.403221	49.966031	510

Fonte: A autora (2018).

Ressalta-se que os dados disponibilizados gratuitamente pelo INMET vão além de informações de precipitação e temperatura, contudo, para atender esse estudo foram analisadas apenas essas duas variáveis.

De posse dos dados de precipitação e temperatura, pontuais, foi executada a interpolação com o objetivo de espacializar essas informações para toda a área do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. A espacialização foi realizada por meio do interpolador tido como Ponderação do Inverso das Distâncias (*Inverse Distance Weighting* – IDW, implementado no QGIS 2.18.5. A escolha desse método deve-se ao fato de conseguir implementar uma inferência de que os atributos mais próximos são considerados mais semelhantes que os que se encontram mais distantes.

Dessa forma, foram criadas duas imagens *raster*, sendo uma para temperatura e outra para precipitação, com resoluções espaciais de 50 metros, compatíveis com a escala usada nesse estudo (1:250.000).

9.4.1.2 Declividade

A base de dados, Modelo Digital de Elevação – MDE, utilizada para geração da declividade foi obtida no website do Topodata (2018). O projeto Topodata oferece o MDE em cobertura nacional, elaborado a partir dos dados *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM, que são disponibilizados gratuitamente pelo *United States Geological Survey* – USGS, na rede mundial de computadores.

Os dados SRTM são disponibilizados nas medidas de 1 e 3 arcos de meridiano, correspondentes a aproximadamente 30 e 90 metros, respectivamente. Contudo, para a América do Sul, apenas os dados de 90 metros de resolução espacial foram disponibilizados pela USGS. Assim, para geração da malha altimétrica em 30 metros, o projeto Topodata usou a técnica de interpolação de Krigagem. Embora possam existir críticas sobre o método de interpolação escolhido, os dados foram aceitos como adequados para esse estudo, dada a pequena escala utilizada (1:250.000).

A declividade foi gerada a partir da função *slope*, implementada no QGIS 2.18.5, tendo por base a malha altimétrica do SRTM/Topodata. Os valores de declividade foram gerados em porcentagem, em resolução espacial de 50 metros, compatível com a escala supracitada.

9.4.1.3 Vegetação

Os dados de vegetação foram obtidos a partir da base de dados do IBGE (2018a). Segundo IBGE (2018a), a metodologia usada no mapeamento da vegetação conceitua a caracterização da cobertura do solo do território nacional, com destaque na distribuição regional das fitofisionomias de vegetação natural.

A caracterização das unidades de mapeamento foi expressa por meio de uma legenda formada a partir de uma combinação de siglas que fomentam o tipo e percentual da cobertura do solo dos polígonos do mapa vetorial. Essas estimativas prezam os diferentes padrões regionais de ocupação, tanto em relação as áreas naturais ou alteradas pela ação antrópica quanto a proporcionalidade de ocorrência na paisagem.

De acordo com essa base de dados, a mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba é contida com um agrupamento de diferentes grupos de vegetação, que assim estão divididos em quarenta e cinco classes (Apêndice C). Contudo, para facilitar a tarefa de ponderação dessa variável, essas classes foram reagrupadas em seis, conforme apresentado no Quadro 9.2. Entende-se que esse reagrupamento não prejudica a análise da vegetação, dado que em cada grupo foram inseridos apenas classes similares, por exemplo, diversos tipos de vegetação em uma classe maior e única de vegetação.

QUADRO 9.2 - Classes de vegetação reagrupadas.

Classes	Classes de Vegetação Agrupadas	Classe de Vegetação Reagrupada
1	Floresta Estacional Semidecidual Aluvial/Montana/Submontana; Decidual Montana	Floresta Estacional Semidecidual Montana
2	Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre; e/ou lacustre herbácea sem palmeiras	Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre herbácea sem palmeiras
3	Savana Arborizada com floresta-de-galeria/ sem floresta-de-galeria; Florestada; Gramíneo-Lenhosa; Parque	Savana Parque com floresta-de-galeria
4	Agricultura com Culturas Cíclicas/ Culturas Permanentes/ Pecuária (pastagens); Agropecuária	Agricultura com Culturas Cíclicas/Pastagem
5	Florestamento/Reflorestamento com Eucaliptos/Pinus/Seringueira	Florestamento/Reflorestamento com Eucaliptos
6	Vegetação Secundária com palmeiras/sem palmeiras	Vegetação Secundária sem palmeiras

Fonte: Adaptado de IBGE (2018a).

9.4.1.4 Litologia

Essa camada de informação vetorial foi obtida gratuitamente no sítio eletrônico da CPRM, por meio da base de dados geológica da CPRM, denominada de Geodiversidade. Esse material corresponde a um *shape* do estado de Minas Gerais. O mapa foi elaborado a partir das informações do Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais (CPRM, 2003), na escala 1:1.000.000, sendo então recortado para a região de estudo desse trabalho.

No sentido de representar as classes de rochas agrupadas de acordo com as características semelhantes entre elas, foi consultado um professor doutor na área de solos para auxiliar nesse agrupamento, assim, foi levado em consideração as características das rochas que possivelmente interferem no índice de fragilidade, como também quanto aos riscos de infiltração de poluentes/chorume. A camada dos dados com as classes de rochas apresentava sete classes: ígnea; metamórfica; sedimentar; ígnea/sedimentar; material superficial; ígnea/metamórfica/sedimentar; ígnea/metamórfica. Para facilitar a tarefa de ponderação dessa variável, a classificação do mapa foi agrupada em quatro classes: ígnea; metamórfica; sedimentar; material superficial, onde as classes (ígnea/sedimentar); ígnea/metamórfica/sedimentar; ígnea/metamórfica foram enquadradas na classe ígnea.

9.4.1.5 Pedologia

Igualmente à camada da litologia, a informação vetorial da pedologia foi obtida gratuitamente no sítio eletrônico da CPRM (2009), a qual possui como fonte desses dados. Esse *shape* apresenta dados de solos do estado de Minas Gerais, estando as informações na escala de 1:2.500.000, porém, foi elaborado na escala compatível de 1: 250.000.

O mapa final foi estruturado a partir dos dados obtidos do banco de dados do CPRM. O campo de informação “tipo” foi utilizado como base para a classificação dos solos, que originalmente era dividido em: Terra Roxa Estruturada; Solos Litólicos; Podzol; Podzólico Vermelho-Amarelo; LV plíntico e não plíntico; Latossolo Vermelho-Escuro; Latossolo Vermelho-Amarelo; Latossolo Variável Una; Latossolo Roxo; Gleisolo Pouco húmico; Cambissolo Concrecionário e não concrecionário; Cambissolo; Brunizém Avermelhado; Areias Quartzosas.

Do mesmo modo que a litologia, também foi necessário o agrupamento de classes, sendo então consultado o mesmo professor doutor especialista em solos para realizar essa organização. A classe de solos unificada foi obtida em função da necessidade de possuir uma quantidade menor de classes para melhor representar a área de estudo, obtendo uma melhor representação dos pesos dentro das classes de solos existentes nessa região. Esse agrupamento foi realizado em função de um levantamento detalhado das características amostradas de cada classe, evidenciando a capacidade de cada solo em relação ao potencial de infiltração e capacidade de impermeabilização do solo.

No entanto, houve o agrupamento das classes citadas acima, de acordo com informações similares em quatro classes (Quadro 9.3).

QUADRO 9.3 - Classes de Pedologia reagrupadas.

Classe de Solos Existente	Classe de Solos Unificada
Gleisolo Pouco Húmico Solos aluviais Areias quartozosas Solos litólicos Cambissolos Cambissolo concrecionário Brunizem avermelhado	Classe 1
Plintosolo Podzol vermelho-amarelo Argissolo Podzol vermelho Espodossolo Latossolo vermelho-amarelo Latossolo variável una	Classe 2
Terra Roxa estruturada Latossolo vermelho escuro	Classe 3

Fonte: Adaptado pela Autora CPRM (2009).

Foi necessário a atualização das classes de solos de acordo com a nova classificação encontrada do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (2018). Nesse sentido as ordens dos Neossolos, agrupa os solos anteriores chamados de Regossolos, Solos Litólicos, Litossolos, Solos Aluviais e Areias Quartzosas. Estando a ordem dos Chernossolos representando as classes antes chamadas de Rendzinas, Brunizéns, Brunizéns Avermelhados e Brunizéns Hidromórficos.

9.4.1.6 Áreas de unidades de conservação

O Instituto Estadual de Florestas - IEF apresenta uma base de dados referente às áreas de Unidades de Conservação - UC, elaborada/atualizada no ano de 2017, amostrando trinta e sete áreas, envolvendo esfera municipal, estadual e federal de dezoito municípios. Segundo o IEF (2018), esse banco de dados cartográficos foi concebido por meio da revisão de dados disponíveis na gerência de criação e implantação de áreas protegidas e complementado por uma pesquisa histórica e bibliográfica efetuada em diferentes fontes. É considerada a base de dados (formato *shape*) mais completa, quando comparada aos demais portais que disponibilizam esses dados. O mapa é constituído de dados de UC presente em toda a mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, ilustrando no total a presença de trinta e sete unidades nessa região.

9.4.1.7 Área pública

A base de dados com áreas públicas foi obtida, gratuitamente, no sítio eletrônico do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA. Esses dados contemplam informações sobre a parcela de regularização, área pública certificada do Sistema Nacional de Certificação de Imóveis - SNCI e área pública certificada do Sistema de Gestão Fundiária - SIGEF, ambas referente a esfera federal. Porém, a parcela de regularização não apresenta dados referentes a área de estudo, sendo assim, o mapa de área pública da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba é composto por meio das informações contidas no SNCI e no SIGEF, totalizando 2535 feições. Essa base de dados foi adquirida na escala 1:100.000.

9.4.1.8 Distâncias de rodovias

O banco de dados para dar origem ao mapa de rodovias foi obtido por meio da plataforma (CPRM, 2006). O arquivo utilizado foi o mapa geodiversidade do Brasil, escala

1:2.500.000 (CPRM, 2006), o qual contém informações planimétricas de interesse para essa pesquisa, sendo, então, consideradas as informações acerca das rodovias federais e estaduais.

A imagem contendo as distâncias de rodovias foi gerada a partir do mapa de rodovias acima descrito. Nesse processamento, foi aplicado o algoritmo de determinação de distâncias (*buffer*) a partir de um elemento vetorial. As distâncias foram definidas em metros e armazenadas nos pixels correspondentes na malha *raster* gerada. Como a resolução espacial da imagem gerada foi de 50 metros (compatível com a escala desse trabalho: 1:2.500.000), cada pixel representa essa distância à medida que se afasta do vetor (eixo da estrada). Por exemplo, um ponto afastado em três pixels do vetor estrada corresponde a uma distância de 150 metros.

9.4.1.9 Distâncias de recursos hídricos

A informação acerca desse critério foi obtida, gratuitamente, no sítio eletrônico do Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM, a partir da imagem de distâncias de cada corpo hídrico presente na área da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Foi encontrado um total de 90 feições, caracterizadas pela representação dos principais rios e seus afluentes; as represas não estão bem definidas nesse dado e foi somada a feição “águas”, extraída na imagem Landsat 8.

O processamento para a geração da imagem de distâncias foi o mesmo aplicado no critério anterior de distância de rodovias, tendo a preocupação com a escala de trabalho, portanto, o mapa constitui uma resolução espacial final igual a 50 metros.

9.4.1.10 Distância dos núcleos urbanos

Segundo IBGE (2018b), a mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba é composta por sessenta e seis municípios. Foi utilizado o mapa disponibilizado gratuitamente pelo IBGE (2017) para recorte e origem do mapa da região de estudo. Em função de algumas áreas urbanas (centros urbanos e vilarejos) existentes nesse mapa já estarem desatualizadas, foi realizado também o processo de vetorização manual no *software* QGis 2.18.5, possuindo como base a imagem do *Landsat* 8.

O processamento para a geração da imagem de distâncias dos núcleos urbanos foi o mesmo aplicado nos casos anteriores, mantendo a resolução espacial final igual a 50 metros. No caso dessa variável, ainda foram analisadas as exigências da distância exigida por Lei; igualmente aos critérios de distância de rodovias e recursos hídricos, as áreas internas aos

núcleos urbanos recebem valores nulos de distâncias, indicando que são locais inapropriados para a implantação de aterros sanitários.

9.4.1.11 Distâncias de aeródromos

A base cartográfica para geração da imagem de distâncias de aeródromos foi obtida com a sobreposição de três bancos de dados: CPRM, Instituto Pristino e IBGE. Com intuito de atualizar essa base de dados, os novos aeródromos, não existentes nas três bases originais, foram vetorizados usando o Google Earth Pro e a função de vetorização implementada no Qgis 2.18.5. Quanto à classificação dos aeródromos do IBGE, foram computadas duas categorias de pistas de pouso, totalizando 70 feições de aeródromos.

O processamento para a geração da imagem de distâncias dos aeródromos foi idêntico àqueles realizados com as imagens de distâncias de rodovias, de recursos hídricos e núcleos urbanos. Foi mantida a resolução espacial com 50 metros e a distância nula para os pontos pertencentes aos vetores dessa feição.

9.4.1.12 Distâncias de fraturas geológicas

Essa feição foi obtida a partir de um arquivo *shape* vinculado a mesma origem de dados referente as informações litológicas, apresentando a escala de 1:2.500.000 (CPRM, 2006). É importante mencionar que os dados remetentes as informações desse critério não se referem apenas a informações de fraturas, como também de falhas, zona de cisalhamento, lineamentos estruturais, dique, anticlinal ou antiforme, braquianticlinal ou braquiantiforme, braquissinclinal ou braquissinforme, ou seja, correspondem a elementos da estrutura geológica que possuem características que não favorecem a implantação de aterro sanitário nesses locais.

Novamente, para geração da imagem de distâncias de fraturas geológicas, a qual corresponde a uma feição linear, o processamento foi idêntico àqueles realizados para os outros critérios que envolvem o fator distância. Igualmente a esses, foi mantida a resolução espacial com 50 metros e a distância nula para os pontos pertencentes aos vetores dessa feição.

9.4.2 Classificador Natural Breaks (Jenks)

A metodologia de classificação das imagens para segmentar e compor as classes de cada mapa ocorreu por meio do *software* ArcGis, usando a análise desempenhada pelo algoritmo *Natural Breaks (Jenks)*, onde o processo de classificação começa a partir da

ordenação crescente dos dados, seguida da construção do histograma de frequências, o qual auxilia na identificação dos possíveis agrupamentos (RAMOS et al., 2016).

As classes de intervalos naturais são baseadas em agrupamentos naturais inerentes aos dados. As quebras de classe acontecem de forma que melhor proporciona o agrupamento de valores semelhantes e que maximizam as diferenças entre as classes. Os recursos são divididos em classes as quais os limites são definidos no momento em que há diferenças relativamente grandes nos valores de dados (OFFICE, 2018). Sendo utilizado para agrupar os dados com menor variação, promovendo de maneira estatística os padrões espaciais dos dados utilizados.

9.4.3 Aplicação da técnica AHP

Antes de iniciar essa etapa, todos os mapas de feições vetoriais foram transformados em imagens *raster*, com resolução espacial de 50 metros, tornando compatível com a escala usada nesse estudo (1:250.000), totalizando 13 (treze) imagens/variáveis/critérios. As feições divididas em classes, por exemplo litologia, pedologia e vegetação, foram ponderadas individualmente de acordo com as classes estabelecidas, onde a soma dos pesos das classes é sempre igual a 1, para manter coerência com as demais feições das variáveis. As demais feições, compostas por única classe, foram ponderadas individualmente, tais como distâncias de rodovias, áreas públicas e aeródromos e remanentes critérios.

Os valores de precipitação e declividade foram invertidos, mostrando que, quanto maiores os valores desses critérios menores será o peso dado aos mesmos, sendo os outros critérios mantidos com os valores originais. Os valores dos critérios de distâncias de hidrografia, fraturas geológicas, estradas, áreas urbanas, aeródromos e unidades de conservação, correspondem aos seus próprios pesos, isto é, quanto maior a distância que o aterro sanitário se encontra dessas áreas, mais indicado será para a construção desse empreendimento.

A técnica AHP exige que os pesos sejam atribuídos em pares de variáveis, por exemplo: “distância de rodovias” *versus* “litologia”. Nesse exemplo, qual variável é mais importante para a implantação do aterro sanitário? A variável mais importante recebe um peso maior, sempre variando no intervalo de 1 a 9. Essa variável de pesos é definida empiricamente para cada par de feições, conforme o Quadro 8.1 citado no item 8.1.1. Além do cálculo dos pesos foram calculados também outros parâmetros para conseguir analisar os resultados advindos dessa aplicação, como exemplo a razão da consistência, no entanto, todos os modelos

utilizados para dar origem a esses produtos encontram-se exemplificados no item 8.1.1. Assim, os cálculos executados foram baseados a partir de toda sequência e orientação descrita nesse item.

Além das particularidades de cada variável/feição, as restrições legais também foram levadas em consideração nesse estudo. No Quadro 9.4, estão relacionadas as restrições legais associadas aos 13 (treze) critérios abordados nesse trabalho.

QUADRO 9.4 - Restrições legais e normas para o estabelecimento dos critérios utilizados da escolha da área da construção de aterros sanitários.

ID	Descrição
RA	Restrições associadas ao critério Ambiental
RA1	Unidade de Conservação (de acordo a Lei Federal nº 9.985/2000)
RA2	Distância de Recursos Hídricos: distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso de água (de acordo com a NBR 13896/97)
RA3	Geologia (litologia): permeabilidade inferior a 10 ⁻⁶ cm/s e uma zona não saturada com espessura superior a 3,0 m (de acordo com a NBR 13896/97)
RA4	Fraturas Geológicas: distância mínima de 200 m
RA5	Pedologia: o aterro deve ser executado em áreas onde haja predominância no subsolo de material com coeficiente de permeabilidade inferior a 5 x 10 ⁻⁵ cm/s; Nota: Um subsolo com coeficiente de permeabilidade superior a 5 x 10 ⁻⁵ cm/s pode vir a ser aceito pelo OCA, a seu critério, dependendo do tipo de resíduo a ser disposto e das demais condições hidrogeológicas do local do aterro, desde que este valor não exceda 10 ⁻⁴ cm/s (de acordo com a NBR 13896/97)
RA5	Vegetação
RA6	Caracterização Climatológica: devem ser apresentados valores mensais preexistentes correspondentes ao maior período de observação da precipitação e evapotranspiração (de acordo com a NBR 8419/92)
RA7	Distâncias de Aeródromos: distância de mais de 1,5km
RO	Restrições associadas ao critério Operacional
RO1	Declividade: Recomendam-se locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%. Nota: locais com declividades maiores que 30% podem ser utilizados a critério do OCA (de acordo com a NBR 13896/97)
RO2	Distância de Rodovias: localização em área com distância mínima de 100 metros de rodovias e estradas (de acordo com COPAM Nº118/2008)
RS	Restrições associadas ao critério socioeconômico
RS1	Área de Posse pública: dar preferência a áreas de propriedade do município ou que possam ser cedidas ou desapropriadas pelo poder municipal (de acordo com a Deliberação Normativa COPAM 118/2008)
RS2	Distância de Núcleos Populacionais: recomenda-se que esta distância seja superior a 500 m (de acordo com a NBR 13896/97)

Fonte: Adaptado de Calijuri, Melo e Lorentz (2002).

Todas essas restrições legais foram resumidas em uma única imagem binária, onde os valores 1 correspondem às áreas as quais não apresentam restrições e os valores zero referem-se às áreas restritas. As restrições distinguem áreas ou alternativas que podem ser consideradas aptas para destinação final de resíduos sólidos daquelas que não são aptas sob quaisquer considerações. No entanto, os fatores definem áreas ou alternativas em função de uma medida contínua de aptidão, enfatizando ou não a importância de uma alternativa, definindo assim 5 (cinco) classes de aptidão advindos da associação dos dados atribuídos em cada critério (CALIJURI; MELO; LORENTZ, 2002).

Além disso, as variáveis conseguem compensar umas às outras no momento da agregação para a obtenção do mapa final. Uma alta pontuação de aptidão de uma variável em um determinado local pode compensar uma baixa pontuação de aptidão de outra variável no mesmo local, tornando-se o resultado final com alta ponderação. O grau com que uma variável pode compensar outra diante da classificação contínua dos dados é determinado pelo seu peso relativo, visto que as variáveis podem apresentar pesos diferentes para a definição do resultado final (MELO, 2001).

10 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de precipitação foram empregados de forma inversa na imagem, no sentido de que quanto maior a precipitação maior a probabilidade do material ser percolado no solo, promovendo a contaminação do ambiente. Para Bastiani (2011), os fatores meteorológicos claramente influenciam na vazão dos lixiviados, porém a precipitação pluviométrica representa a maior contribuição individual na produção desse produto.

Da mesma forma que a precipitação, os valores de declividade também foram invertidos, indicando que em áreas onde o relevo encontra-se muito inclinado não corresponde a áreas favoráveis para a implantação de aterros sanitários. A velocidade do escoamento superficial e a propensão a erosão são variáveis altamente influenciadas pelo fator declividade, no sentido que a alta declividade contribui com que o material inconsolidado fique mais instável e seja mais favorável a infiltrações (REZENDE; LEITE; CARRIELLO, 2015).

Os outros critérios foram mantidos com os valores originais. Para temperatura, quanto maior o valor da temperatura ambiente, menor será a probabilidade de promover a geração de lixiviados, pois a medida que a temperatura diminui a vazão aumenta; tal fator é evidenciado como um ponto importante a ser observado no projeto de implantação de estações de tratamento de efluentes de aterros sanitários (BASTIANI, 2011), pois, a temperatura intervém diretamente na solubilidade ou não dos resíduos, quanto por processo de expansão ou de contração, além do que, a atividade enzimática das bactérias precisa da temperatura dos sólidos, apresenta uma relação direta com o resultado da produção gasosa dos aterros, e dependem também dos níveis de pH, que influenciam diretamente no crescimento dos microrganismos (TADA et al., 2009).

Além da influência da precipitação pluviométrica e da temperatura, outros fatores como umidade do ar, radiação solar e evapotranspiração, podem influenciar na geração de lixiviado e conseqüentemente sobre os aterros sanitários, dessa forma torna-se importante considerar a cobertura das células dos aterros sanitários (BASTIANI, 2011).

Segundo Freire (2009), as unidades de conservação são porções do território nacional ou de águas marinhas, com limites definidos e características naturais relevantes, que foram legalmente instituídas pelo Poder Público (Artigo 22, Lei Estadual MG Nº 14.309, 2002) para a proteção e preservação da natureza. Sendo assim, são áreas protegidas por lei não propiciam a implantação desse tipo de empreendimento ou outro qualquer. Para o critério de áreas públicas, partindo do princípio que mais favorável será para a implantação de aterro sanitário

se a área for pública, como resposta os pesos serão maiores quando a localização estiver dentro das áreas tidas como públicas.

Os valores dos critérios de distâncias de recursos hídricos, fraturas geológicas, rodovias, núcleos urbanos, aeródromos, correspondem aos seus próprios pesos, isto é, quanto maior a distância do aterro sanitário dessas áreas, mais indicado será para a construção desse empreendimento. Lembrando que esses critérios apresentam valores particulares que precisam ser respeitados. No intuito de evitar incômodos com as áreas circunvizinhas, tais como: problemas de odor, ruído e desvalorização imobiliária, é necessário respeitar o limite proposto de distância de áreas urbanas. Porém distâncias longas da fonte geradora interferem na viabilidade econômica do empreendimento, pois geram maiores gastos com o transporte dos RSU (AMARAL; LANA, 2017). Quanto a distâncias de aeródromos, segundo Brasil (1946), as autoridades competentes não permitem que se instale qualquer tipo de fonte que atraia aves e que possa vir a causar perigo aviário nos aeródromos ou em suas proximidades.

Para o critério de distância de recursos hídricos, vale destacar que o valor mínimo de 200 metros mencionado pela NBR 13896/97, refere-se ao critério de distância que atende a Portaria nº124 de 1980, do Ministério do Interior, a qual determina que toda fonte de indústria potencialmente poluidora, assim como construções ou estruturas que armazenam produtos capazes de promover poluição hídrica, devem estar a uma distância mínima de 200 metros de coleções hídricas ou cursos d'água mais próximos.

O critério de pedologia corresponde a um critério importante para determinar a capacidade de depuração do chorume e a sua velocidade de infiltração no solo, sendo que, quanto maior a condutividade hidráulica, mais fácil é a percolação de líquidos e lixiviados pelo solo (SILVA, 2011b). Os solos com rochas calcárias, dolomitas e rochas de cimentação carbonácea devem ser evitados pois, possuem alto coeficiente de permeabilidade nas fraturas (FERREIRA, 2010), o que pode desencadear o transporte dos líquidos por entre as fraturas e fissuras das rochas e atingir as águas mais profundas no sistema. Segundo a norma ABNT (1997), “o estudo macroscópico da vegetação é importante, uma vez que ela pode atuar favoravelmente na escolha de uma área quanto aos aspectos de redução do fenômeno de erosão, da formação de poeira e transporte de odores.

Os mapas de litologia, pedologia e vegetação apresentam classes em que cada uma recebe seu próprio peso, estando o total dos pesos de cada critério igual 1 (um). Assim, cada classe recebeu um peso de acordo com seu grau de importância e interesse em relação a construção do aterro sanitário, no sentido em que as características mais recomendáveis para a

construção do aterro sanitário receberam pesos maiores, em contrapartida aquelas em que não são recomendáveis, ou é necessário evitar receberam pesos menores (Tabela 10.1).

TABELA 10.1 - Representatividade das classes e pesos dos critérios de litologia, pedologia e vegetação.

Litologia		Pedologia		Vegetação	
Rocha	Peso	Solo	Peso		Peso
Ígnea	0,4	Classe 1	0,5	Agricultura com Culturas Cíclicas/Pastagem	0,3
Metamórfica	0,3	Classe 2	0,35	Florestamento/Reflorestamento com Eucaliptos	0,25
Sedimentar	0,2	Classe 3	0,1	Vegetação Secundária sem palmeiras	0,2
Material Superficial	0,1	Classe 4	0,05	Floresta Estacional Semidecidual Montana	0,17
				Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre herbácea sem palmeiras	0,05
				Savana Parque com floresta-de-galeria	0,03

Fonte: Autora (2018).

10.1 Matriz de comparação

De início, os resultados advêm de uma avaliação realizada por meio do preenchimento de um questionário, e o modelo se encontra no Apêndice D. Essa análise foi representada pela avaliação particular de 7 (sete) profissionais da área ambiental por meio da ponderação de cada critério que deu origem a uma matriz de comparação dos critérios aos pares.

A metodologia AHP proporcionou a ponderação de cada par de critérios comparado dentro da matriz. Após obter o resultado da comparação par o par foi feito o cálculo dos pesos de cada critério, estando exemplificados na Tabela 10.2, em seguida o cálculo da consistência, conforme mencionado no item 8.1.1.

TABELA 10.2 - Pesos ponderados da matriz de comparação analisada pelos avaliadores.

Fatores	Critérios	Pesos Ponderados						
		AV1	AV2	AV3	AV4	AV5	AV6	AV7
FA Ambiental	Distância de Recursos Hídricos	0,118	0,113	0,170	0,184	0,146	0,158	0,046
	Distância de Fraturas Geológicas	0,176	0,115	0,102	0,052	0,053	0,163	0,164
	Pedologia	0,099	0,106	0,050	0,044	0,042	0,116	0,066
	Litologia	0,118	0,104	0,034	0,057	0,042	0,121	0,081
	Vegetação	0,013	0,059	0,105	0,121	0,016	0,031	0,040
	Área de Unidade de Conservação	0,036	0,082	0,239	0,225	0,288	0,038	0,270
	Distâncias de Aeródromos	0,068	0,181	0,124	0,014	0,053	0,077	0,115
	Temperatura	0,012	0,015	0,011	0,078	0,016	0,018	0,007
	Precipitação	0,018	0,008	0,009	0,104	0,016	0,018	0,039
	FO Operacional	Declividade	0,164	0,105	0,035	0,049	0,032	0,075
Distância de Rodovias		0,037	0,034	0,022	0,014	0,059	0,059	0,027
FS Socioeconômico	Distância dos Núcleos Populacionais	0,127	0,040	0,075	0,050	0,115	0,090	0,035
	Área Pública	0,013	0,039	0,024	0,009	0,122	0,036	0,022

Fonte: Autoria Própria (2018).

Legenda: AV = avaliador.

Dentro das avaliações realizadas houve como resposta o fato da matriz ser ou não consistente, a Tabela 10.3 evidencia a razão da consistência de cada avaliador, bem como sua área de atuação/pesquisa/afinidade.

TABELA 10.3 - Avaliação da razão da consistência dos avaliadores.

Avaliadores	Área de trabalho	Valor da Razão da Consistência (RC)	Resultado da consistência
AV1	Geoprocessamento	0,094	Consistente
AV2	Resíduos sólidos	0,133	Inconsistente
AV3	Zoneamento ambiental	0,298	Inconsistente
AV4	Socioeconômica	0,149	Inconsistente
AV5	Geologia/Pedologia	0,167	Inconsistente
AV6	Vegetação	0,098	Consistente
AV7	Geografia urbana	0,544	Inconsistente

Fonte: Autora (2018).

Legenda: $RC < 0,1$ = matriz consistente; $RC > 0,1$ = matriz inconsistente.

O AHP transforma os julgamentos em valores numéricos que podem ser verificados e comparados em toda a amplitude do problema, permitindo que critérios distintos e, às vezes, incomensuráveis sejam comparados entre si (SILVA JUNIOR, 2015). De acordo com Raffo (2012), a aplicação da AHP envolve uma junção matemática de vários julgamentos sobre o problema e, muitas vezes, esses julgamentos são efetuados por consultas a profissionais que fazem parte das áreas de conhecimento referentes as diferentes variáveis tratadas no problema.

Observando a Tabela 10.3, é visto que a maior parte dos avaliadores apresentaram o resultado da matriz como inconsistente, findando apenas dois avaliadores com o resultado da matriz consistente, isto é, com a razão de consistência (RC) menor que 0,1. A inconsistência ocorre em função de falhas nos julgamentos dos valores atribuídos, sendo recomendado que se respeite a preferência entre os critérios, como também a intensidade com o qual o critério é mais favorável em relação ao outro. No entanto, as inconsistências fazem parte dos julgamentos humanos, sendo natural que sejam frequentes nos modelos de ensaio de decisão (PASSOS; SOUZA, 2011). Porém, existem algumas desvantagens quanto à possibilidade de existirem inconsistências nos julgamentos.

As inconsistências podem ser minimizadas pela realização das avaliações por meio de especialistas na área, no período de hierarquizar os critérios, pois os mesmos tendem a considerar os detalhes pertinentes para a representação do problema (MARTINS, 2012). Logo, mesmo que o preenchimento do questionário tenha sido realizado por especialistas de áreas

correlatas, o resultado de 5 avaliadores consistiu em matrizes inconsistentes, apresentando os valores de RC maiores que 0,1.

Grandzol (2005) relata que a compreensão de inconsistências não condiz com uma limitação, e sim como um reflexo da realidade. Thomaz (2006) relata que, apesar das vantagens da AHP, existem também algumas críticas em relação ao método, havendo como problemáticas: a) à transformação da escala verbal para numérica, fundamentada em pressupostos não testados, b) a eventualidade de inconsistências nos julgamentos e c) o alto número de comparações.

Assim, para a concretização dos resultados para com a montagem dos mapas foram utilizados os dados preenchidos pelos AV1 e AV6, os quais apresentaram valores de matriz classificada como consistente, conforme exigência do método AHP. Aplicando o método AHP nos resultados desses dois avaliadores, formaram-se modelos racionais nos quais foi possível combinar os dados decorrentes dos mapas normalizados (mapas dos 13 critérios), originando dois mapas de aptidão com as possíveis áreas adequadas para implantação de aterro sanitário. Assim, esses mapas finais foram obtidos a partir de operações aritméticas de multiplicação com os mapas referentes aos 13 (treze) critérios utilizados na pesquisa, onde cada mapa possui sua particularidade em função dos pesos diferentes atribuídos aos critérios.

10.2 Análise realizada pelos avaliadores

Esse item resulta-se em amostrar os resultados obtidos pelo julgamento realizado dos 13 (treze) critérios pelos avaliadores AV1 e AV6, como também discutir e observar os pontos divergentes encontrados dentre cada avaliação realizada. Lembrando que, de acordo com Ornelas (2011), para que a utilização da AHP faça sentido é necessário que a comparação dos critérios seja realizada por profissionais capacitados nas diversas áreas do conhecimento relacionadas à análise.

Os modelos matemáticos gerados pelos AV1 e AV6 foram usados no software Envi para geração dos mapas temáticos. Assim, cada avaliador apresenta um modelo diferente em função das avaliações realizados que constituem em pesos diferentes. Abaixo é apresentado os dois modelos advindos da utilização do método AHP para os avaliadores (Equação 10.1 e 10.2).

AV1:

$$0,118*b1+0,099*b2+0,176*b3+0,164*b4+0,013*b5+0,036*b6+0,118*b7+0,127*b8+0,013*b9+0,037*b10+0,068*b11+0,012*b12+0,018*b13 \text{ (Equação 10.1)}$$

AV6:

$$0,121*b1+0,116*b2+0,163*b3+0,075*b4+0,031*b5+0,038*b6+0,158*b7+0,090*b8+0,036*b9+0,059*b10+0,077*b11+0,018*b12+0,018*b13 \text{ (Equação 10.2)}$$

Onde:

b: critério; seguidos da seguinte ordem: geologia, litologia, distância de fraturas geológicas, declividade, vegetação, unidade de conservação, distância de recursos hídricos, distância de núcleos urbanos, área pública, distância de rodovias, distância de aeródromos, temperatura e precipitação.

Ambos os mapas gerados pela ponderação da AHP foram classificados com 5 (cinco) classes de aptidão quanto a localização da área. Recordando que, a metodologia de classificação utilizada para definir as classes dos mapas proporciona com que a classificação seja realizada de forma contínua, no sentido de não promover a tendência de resultados posteriores àqueles que são subsequentes as classificações indicadas e/ou impostas pela legislação. Com isso, essas variáveis assumem valores em uma escala contínua, para as quais os valores fracionais também fazem sentido.

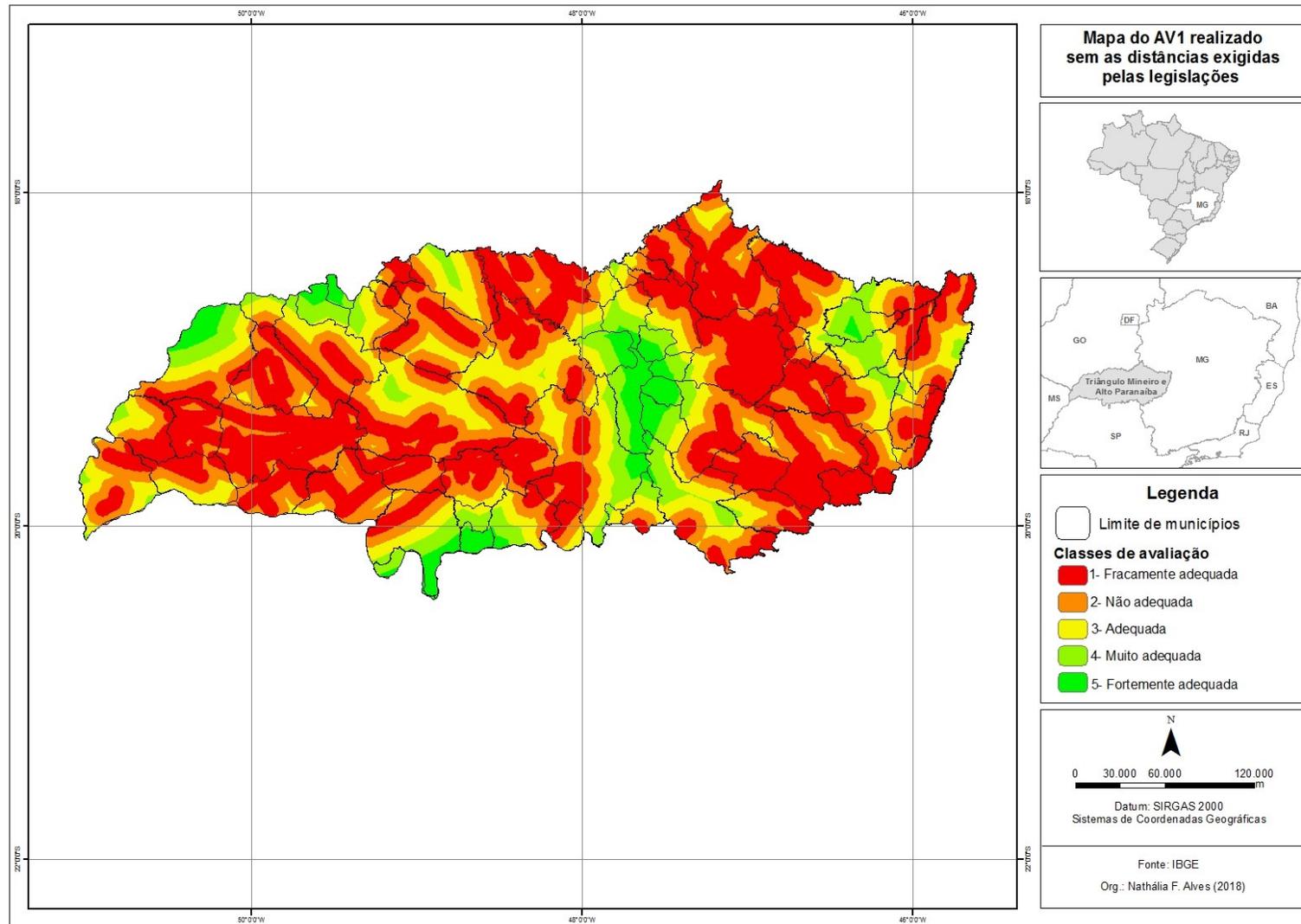
Assim, será observado em todos os mapas citados a partir de então que, a classe evidenciada com a cor verde representa as áreas mais indicadas para implantação de aterro e a classe vermelha aquela não indicada, havendo um intervalo entre essas classes que constitui determinada significância. O produto é um mapa temático elaborado com 5 classes que caracterizam as áreas favoráveis ou desfavoráveis à implantação de empreendimentos de aterros sanitário em toda a região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. As classes foram definidas de forma crescente quanto ao fato aptidão, sendo: 1 - fracamente adequada; 2 - não adequada; 3 - adequada; 4 - muito adequada e 5- fortemente adequada.

Observando Figura 10.1 e 10.2, é possível perceber que a diferença visual ilustrada diante do AV1 para o AV6 é pequena, destacando que o fator que evidencia essa alteridade é o RC. Conforme a Tabela 10.3, nota-se que a diferença encontrada no RC desses avaliadores corresponde a 0,004. Analisando a Tabela 10.2, é possível descobrir, de forma mais criteriosa, os pesos atribuídos para cada critério que proporcionou essa diferença evidenciada no RC. Para Born (2013), o peso atribuído para cada critério representa a contribuição do fator para escolha das áreas mais aptas para a instalação de aterros sanitários, além de permitir também a avaliação da consistência da mesma. A razão de consistência indica a segurança, ou melhor, a

credibilidade do julgamento adotado, desse modo, quanto mais próximo o RC estiver de zero, mais adequado terá ocorrido o processo de comparação para o par dos fatores.

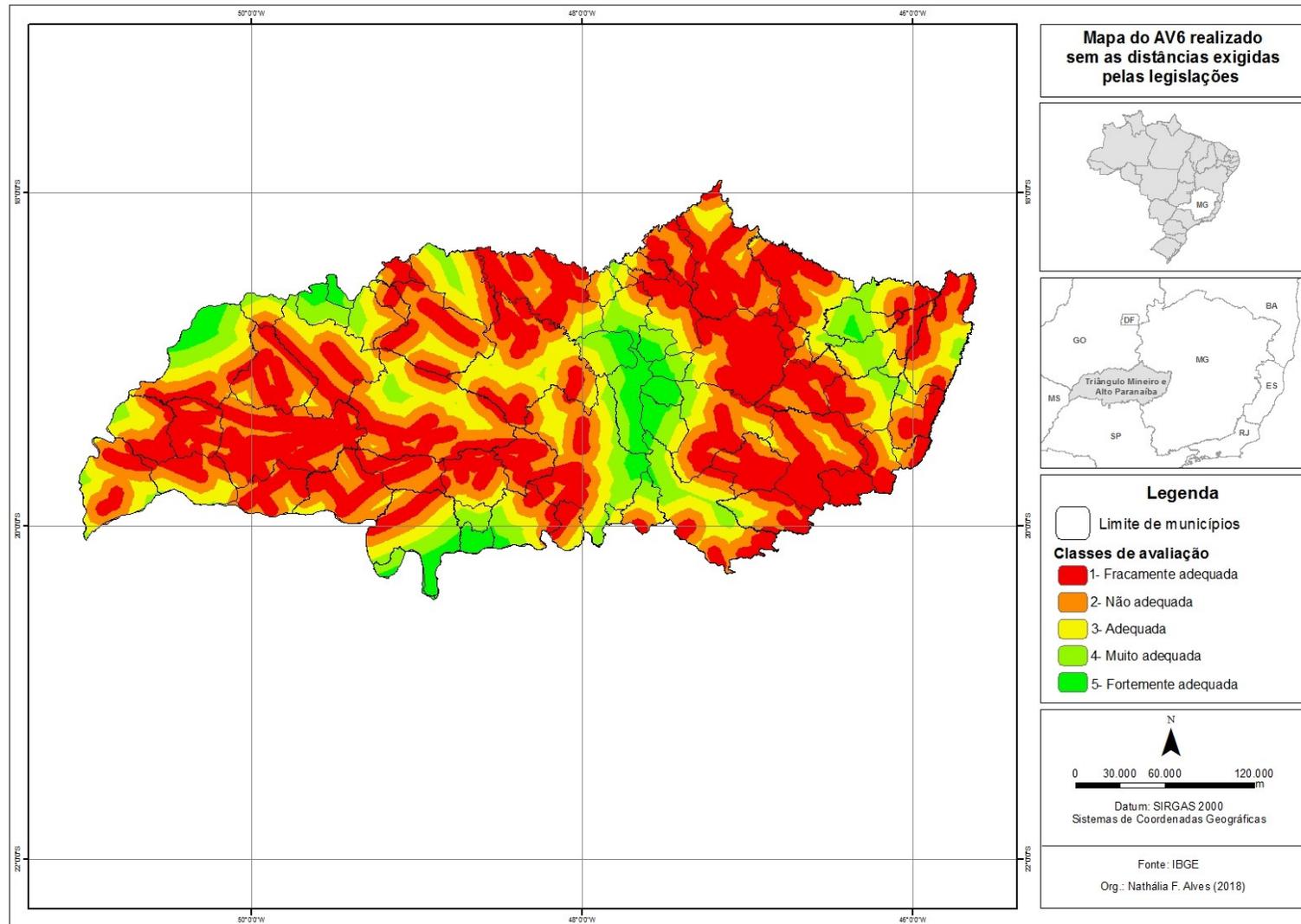
Desse modo, é entendido que o AV 1 considerou como o critério menos importante a temperatura e como mais importante a declividade, enquanto que para o AV 6 o critério menos importante também foi a temperatura, e a precipitação, estando o mais importante a distância de fraturas geológicas. Porém, os critérios os quais apresentaram maiores dessemelhança de pesos foram os critérios de distância de recursos hídricos, distância de núcleos urbanos e declividade, estando o fator declividade o que expressou maior diversidade de peso, com 0,089 de diferença. Para Weber e Hasenack (2000), as análises com uso da classificação apontam as potencialidades do geoprocessamento para a tomada de decisão em empreendimentos vinculados ao meio ambiente. O procedimento de ponderação, além de proporcionar a compensação de um critério pelo outro, pode também ser usados para gerar outros cenários para o mesmo objetivo por meio da simples modificação dos pesos ou da inclusão ou exclusão de critérios.

FIGURA 10.1 - Mapa gerado a partir dos pesos atribuídos aos critérios analisados pelo avaliador 1.



Fonte: A autora (2018).

FIGURA 10.2 - Mapa gerado a partir dos pesos atribuídos aos critérios analisados pelo avaliador 6.



Fonte: A autora (2018).

10.2.1 Mapa contendo as distâncias exigidas pela legislação

Para representar as exigências impostas pelas legislações quanto as distâncias que seguem determinada em cada critério, foi criada uma máscara, constituída apenas dessas restrições legais. Essa máscara foi sobreposta aos mapas resultante das análises do AV1 e AV6 e, assim, foram obtidos os mapas finais, integrando os resultados da AHP e restrições legais.

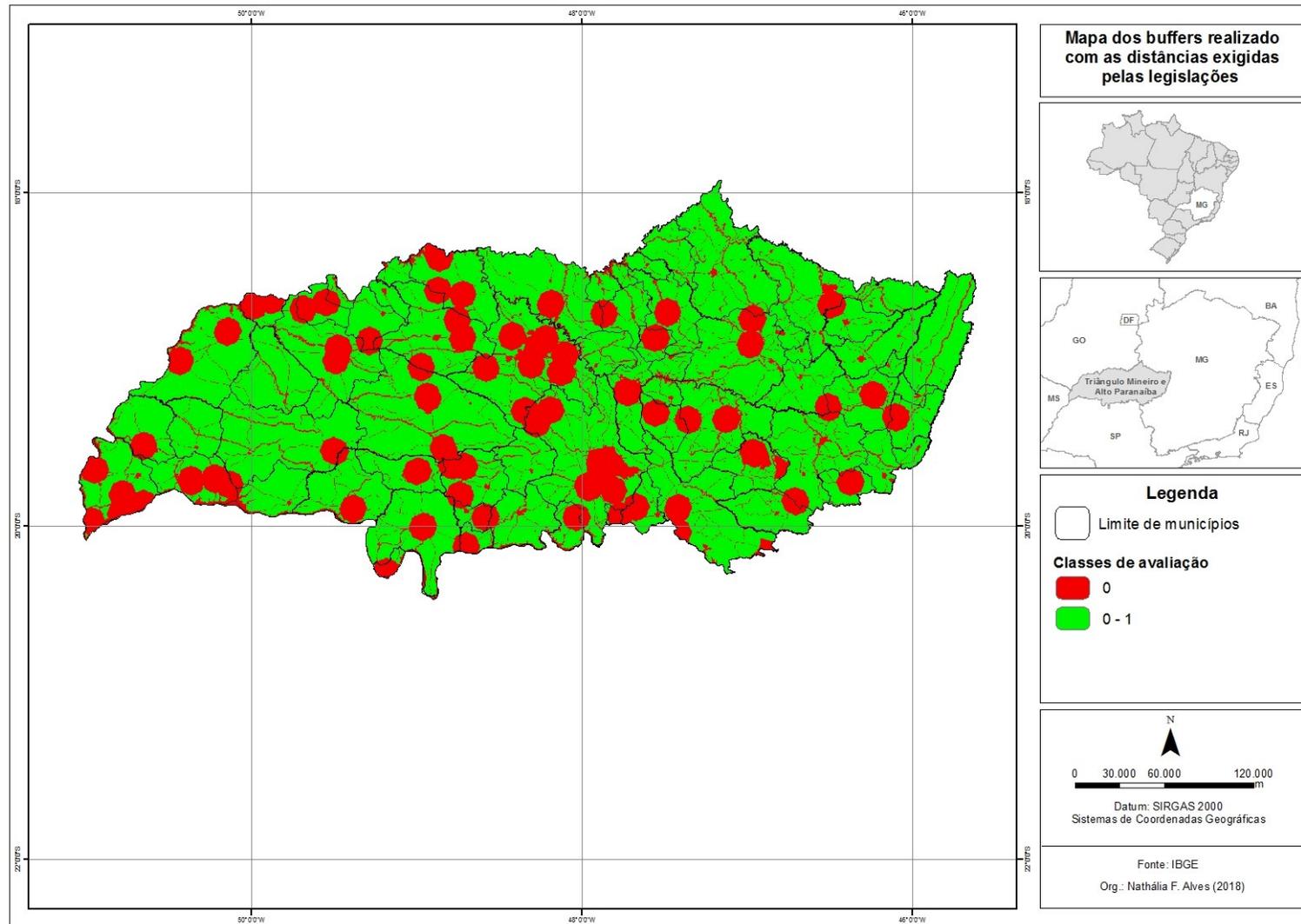
O mapa foi produzido pela função *buffer*, conduzida por meio do *software* Envi 5.0, o qual foi atribuído com valores de distâncias exigidas pela legislação. A função *Buffer* condiz com a atividade de gerar um determinado raio ao redor de certo objeto vetorial, pontos, linhas ou polígonos, sendo então possível calcular uma área ao redor desse elemento. Como exemplo, pode-se citar as áreas de amortecimento ambiental, que são regiões determinadas com uma dada medida em torno da unidade de conservação (OLIVEIRA, 2013).

Os critérios que concedem o fator distância correspondem a cinco, sendo eles: distância de rodovias, distância de recursos hídricos, distância dos núcleos urbanos, distância de aeródromos, distância de fraturas geológicas, os quais estão mencionados no Quadro 9.4. Logo, por meio desse quadro é possível visualizar as distâncias demandadas pelas leis diante de cada critério. No entanto, existe apenas o critério de distância de fraturas geológicas, o qual possui a atribuição do fator distância, porém, o mesmo não consta assegurado pela legislação, assim não foi atribuído ao mapa. Dessa forma, o mapa final resultando da função *buffer* retrata apenas as distâncias exigidas pelas legislações, sendo então utilizado 4 (quatro) critérios para formação desse mapa (Figura 10.3).

Observando a Figura 10.3, é possível mencionar que a classificação realizada permite conceder o resultado de duas classes numéricas, estando uma representada pelos valores 0 (zero) e a outra pelos valores do intervalo de 0 a 1. Os valores determinados como 0 representam os lugares onde a implantação do aterro sanitário é inviável, ou melhor dizendo, remetem aos lugares proibidos por lei para a construção desse tipo de empreendimento, pois correspondem aos pontos limitantes para instalação, em consequência de promover e desencadear danos ao meio ambiente, além de comprometer bens públicos que precisam ser preservados, como a água. No entanto, o intervalo correspondente aos valores entre 0 e 1 representam lugares onde a legislação não concede nenhum tipo de restrição quanto ao princípio “distância”, entretanto, existem outros critérios, como a pedologia, declividade, características climáticas, por exemplo, que precisam ser observados e estudados no momento da escolha da área para a instalação do aterro sanitário.

Destaca-se que é necessário levar em consideração a soma de “n” critérios quando se trata da construção desse empreendimento, pois a área adequada resultará do olhar para diferentes pontos e fatores, estando a importância dos critérios que envolvem o fator distâncias não menos ou mais importante que os demais, ambos apresentam e contribuem com determinado grau de significação e ponderação para a escolha da área, conforme pesos definidos na AHP. Daí a importância da integração do SIG com a técnica AHP, que representa uma metodologia de apoio à decisão com importantes recursos de visualização e mapeamento (SPIGOLON et al., 2015).

FIGURA 10.3 – Máscara contemplando as áreas restritas pela legislação.



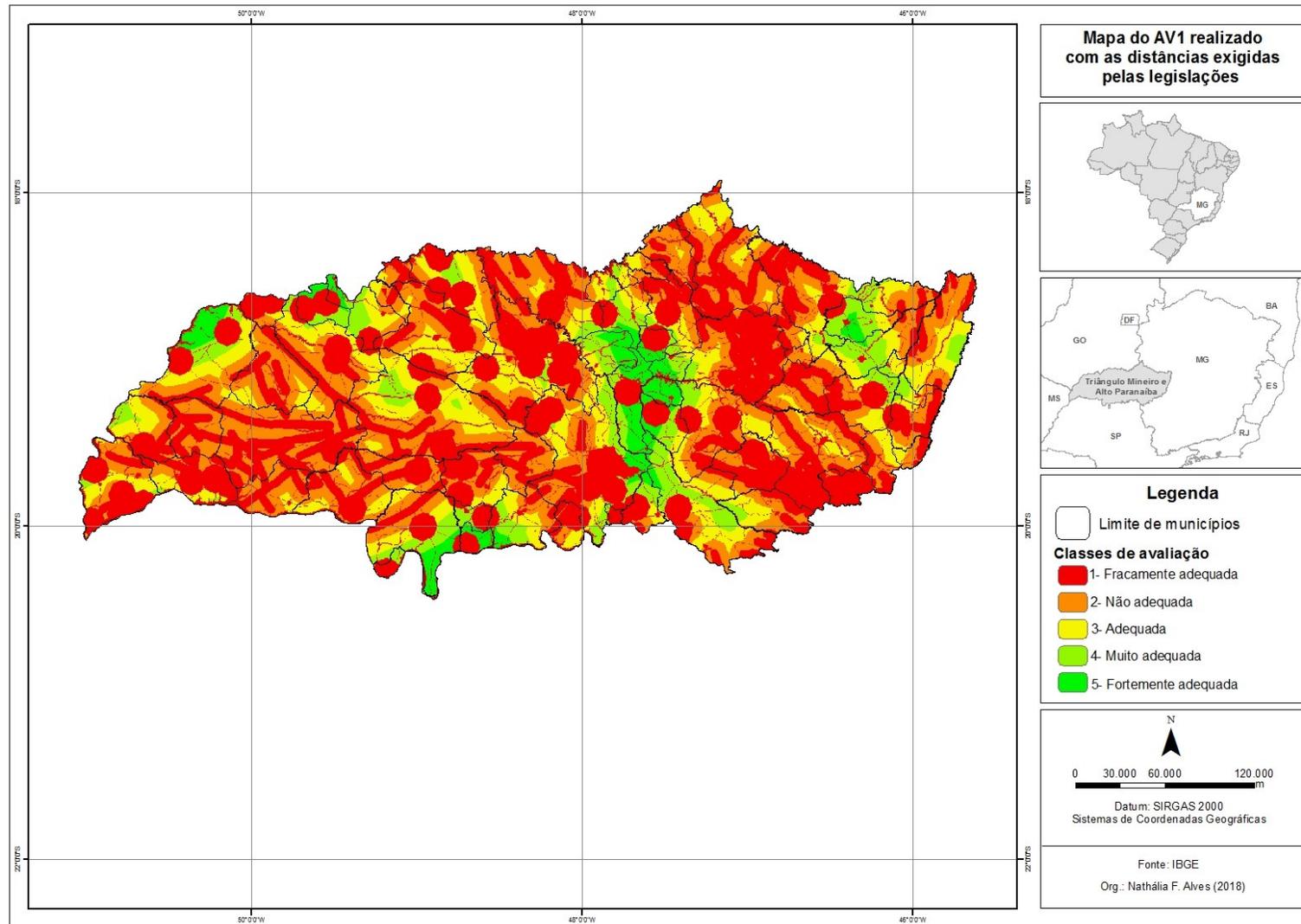
Fonte: A autora (2018).

Na sequência, seguem apresentados os mapas resultantes da avaliação realizada de cada avaliador (AV1 e AV6) sobrepostos à máscara/buffers de restrições legais. Monteiro e Zveibil (2001) definem que a área selecionada para a implantação do aterro sanitário deve ser aquela que atende a maior parte dos critérios estabelecidos de acordo com a legislação ambiental e os critérios específicos das normas técnicas da NBR 13.896, que retrata os parâmetros para os empreendimentos de aterro sanitário. O mapa ilustrado na Figura 10.4 está de acordo com essa afirmativa, uma vez que foram eliminadas as áreas de restrições legais e as demais ponderadas de acordo com a influência de cada critério presente localmente.

Os mapas apresentados abaixo (Figura 10.4 e Figura 10.5) proporcionam uma visão ampla da classificação de toda a mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, ou seja, como essa região se encontra diante dos termos de aptidão para a implantação de aterro sanitário. As diferenças aqui encontradas continuam mínimas, assim como aquelas mencionadas nos mapas anteriores ao processo do *buffer*, estando essa diferença também justificada pelos mesmos princípios em função dos valores do RC, como também dos pesos ponderados por cada avaliador. Lembrando que o RC corresponde ao fator da razão da consistência usado para analisar os julgamentos realizados pelos avaliadores.

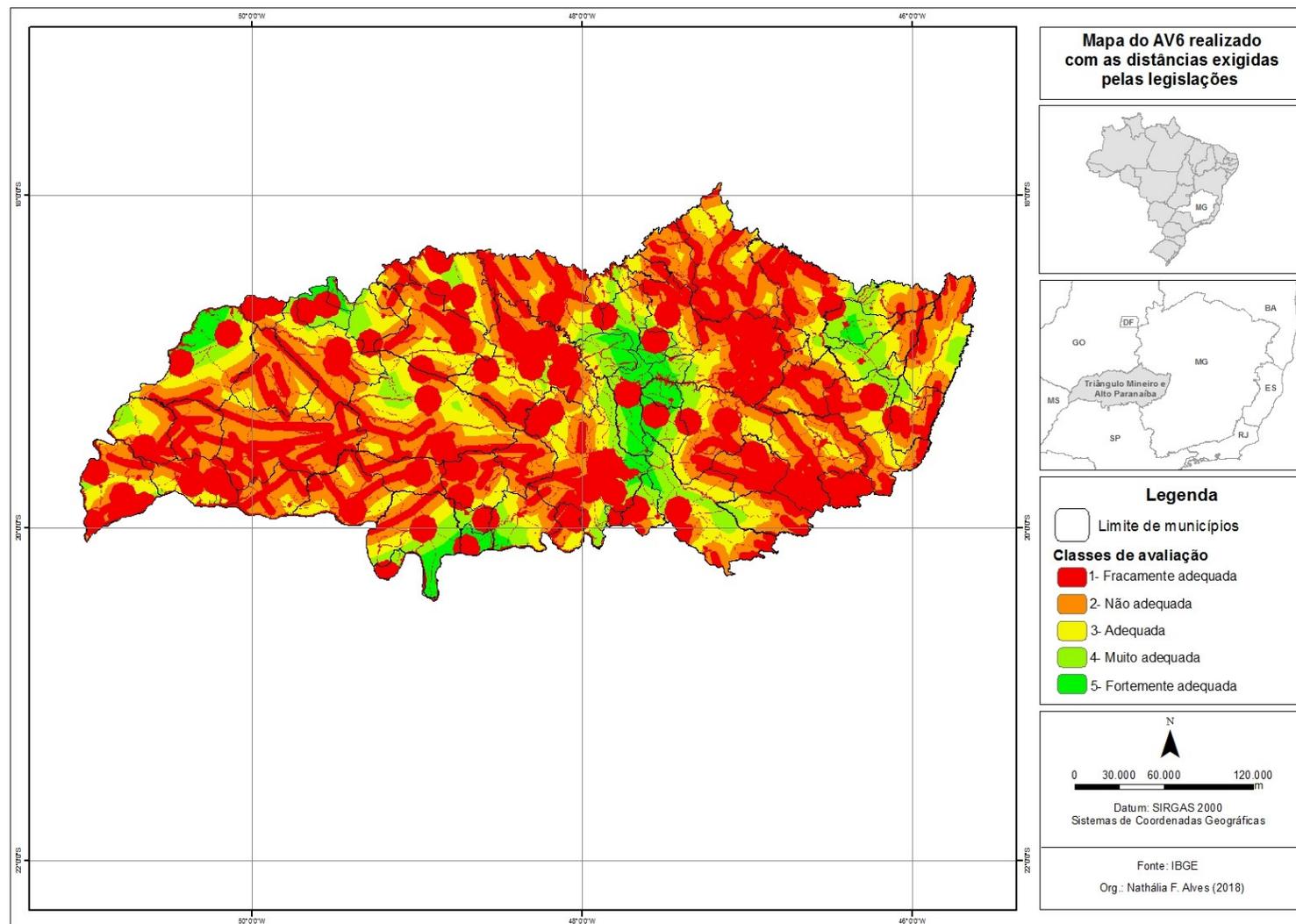
A grande diferença ilustrada nesses mapas consta realmente da inserção das áreas restritas por lei, mostrando de forma bem evidente a distância devida dos critérios de distância de núcleos urbanos, e distância de aeródromos, os quais são representados em formato de “círculos”, como também os critérios de distâncias de recursos hídricos e distância de rodovias, representados por formas lineares (Figura 10.4 e 10.5). Para Moda (2017), o critério distância de cursos d’água é o critério mais limitante para o local de construção e operação desse empreendimento.

FIGURA 10.4 - Mapa final do avaliador 1 atrelado às exigências da legislação.



Fonte: A autora (2018).

FIGURA 10.5 - Mapa final do avaliador 6 atrelado às exigências da legislação.



Fonte: A autora (2018).

Analisando a Tabela 10.4, é possível perceber, em números, a diferença mínima entre a avaliação feita pelos avaliadores. A maior discrepância (0,07%) das áreas é obtida na classe 2, sendo que, essa corresponde a classe com maior representatividade nos mapas, totalizando cerca de 34,84 % da área de acordo com o AV1 e 34,91% segundo o AV6. A classe 1, apresenta a segunda maior discrepância, seguidas respectivamente pelas classes 3, 4 e 5, onde a classe 5 condiz àquela menos representada nos mapas.

Em função da análise desempenhada pelo AV1, 61,45% das áreas são consideradas como não aptas à implantação de aterro sanitário, correspondendo às áreas as quais se encontram pertencendo as classes 1 e 2, restando 38,55% das áreas aptas para implantação do mesmo, ou seja, representam áreas agrupadas dentro das classes 3, 4, e 5. Não muito diferente desses valores, o AV6, designou 61,36% das áreas como não aptas e 38,64% classificadas como aptas para o referido empreendimento.

TABELA 10.4 – Caracterização da quantidade de área dentro de cada classe.

Classe	Aptidão	Área (ha)		Discrepância
		AV1	AV6	(ha)
1	Fracamente adequada	1795081,25	1784366,50	-10714,8
2	Não adequada	2350408,75	2355301,00	4892,25
3	Adequada	1500542,00	1504090,50	3548,5
4	Muito adequada	760473,25	761805,50	1332,25
5	Fortemente adequada	339877,75	340819,50	941,75

Fonte: A autora (2018).

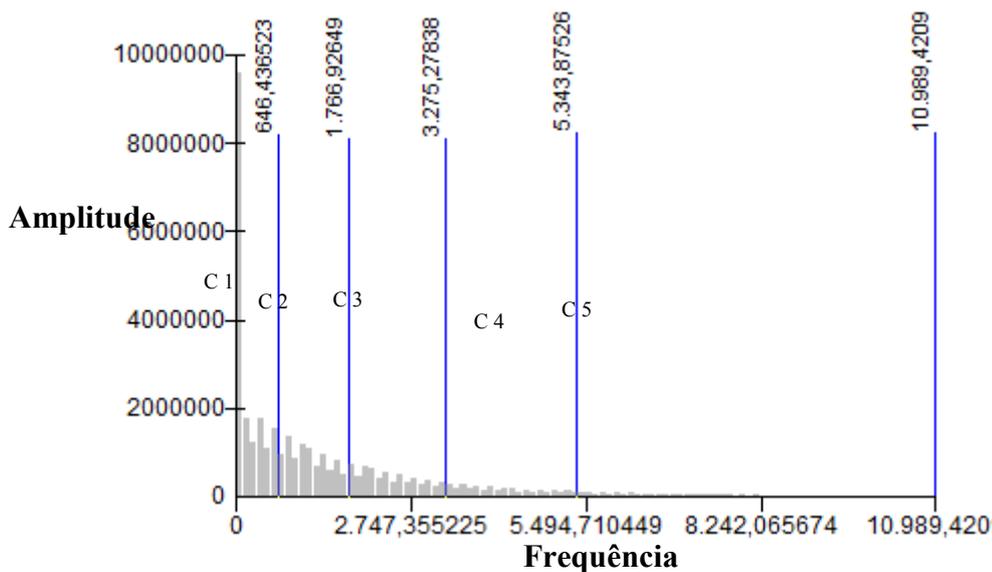
O produto gerado permite definir as áreas adequadas para alocação do aterro sanitário. Conforme as Figuras 10.6 e 10.7, é visto que as áreas classificadas como 1 - fracamente adequada, apresentaram como uma das classes com menores frequências dentro da região de estudo, constituindo com maior amplitude de valores distribuídos dentro da classe em relação as demais.

Em seguida, as classes “2 - não adequada” e “3 – adequada”, seguem apresentando representatividade similares quanto aos valores de frequência, havendo na classe “2 - não adequada”, maior amplitude dos dados, porém com menor frequência quanto a classe 3. A classe “4 – muito adequada”, apresenta frequência maior que as classes anteriores e amplitude um pouco menor que as mesmas. Por fim, a classe “5 – fortemente adequada” conta com a menor amplitude dos dados, sendo pouco representada no mapa mesmo havendo uma frequência de dados bem maior que as demais, representando cerca de 50% dos dados do mapa. Essas áreas encontram-se localizadas mais especificamente na região central, e nas

extremidades da região Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, com maior ocorrência no sentido leste, oeste e ao sul (Figura 10.4 e 10.5).

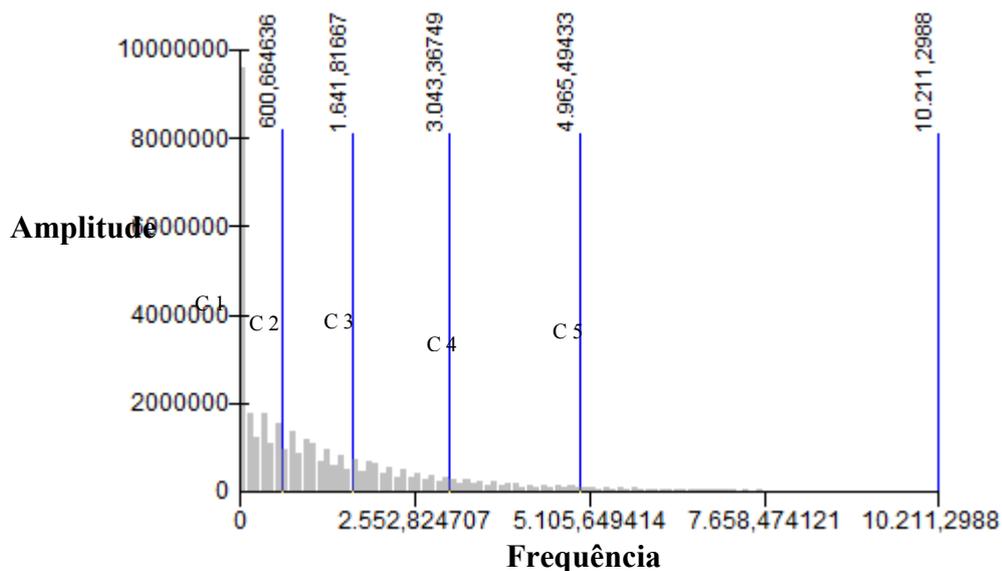
Para Esri (2005), o método de classificação utilizado reconhece os pontos de quebra entre os valores com maior similaridade nos grupos de variáveis, com intuito de logo em seguida maximizar a diferença entre as classes, além de apresentar significativos resultados no mapeamento de valores que não possuem uma distribuição uniforme.

FIGURA 10.6 – Histograma resultante da avaliação realizada pelo AV1.



Fonte: A autora (2018).
 Legenda: C: Classe.

FIGURA 10.7 - Histograma resultante da avaliação realizada pelo AV6.



Fonte: A autora (2018).
 Legenda: C: Classe.

Com a caracterização da região de estudo é possível optar pela escolha das áreas mais adequadas para a construção do aterro sanitário, ou seja, realizar uma hierarquização das áreas, com o objetivo de escolher e priorizar as áreas adequadas para a implantação do aterro sanitário, isolando ou ignorando as áreas não adequadas. Porém, é interessante reforçar que, no momento da tomada de decisão, para a construção desse empreendimento, é necessário e indispensável um levantamento *in loco* atrelado a um estudo mais detalhado da área, em maiores escalas; afinal, alguns dos critérios estabelecidos para a escolha da área são passíveis de serem alterados com o tempo, como exemplo algumas características de solos e também a aproximação com os núcleos urbanos, clima, etc.

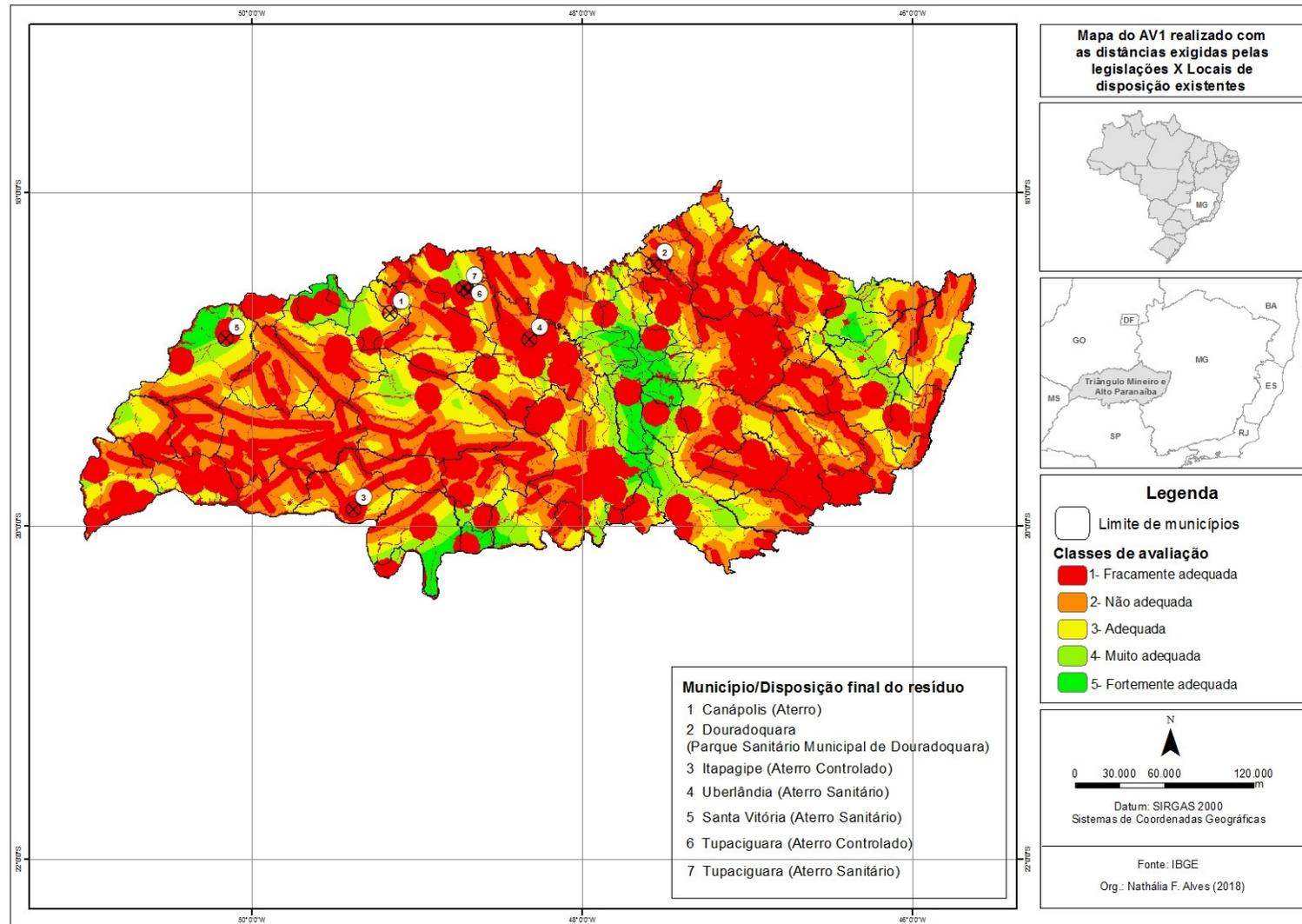
Enfim, como os aterros sanitários são uma exigência imposta pela PNRS, a técnica proposta nesse estudo permite proceder de forma eficaz e de baixo custo, possibilitando reduzir ao máximo os efeitos causados ao meio ambiente (GOEZ, 2015).

10.3 Análise dos resultados com base na localização de deposição de resíduos existentes na região

As Figuras 10.8 e 10.9 representam os mapas de aptidões à implantação de aterro sanitário atrelado aos eventuais pontos informados pelas prefeituras municipais como sendo os locais representantes das áreas de disposição final dos resíduos. O município de Tupaciguara relatou que possui um aterro controlado em atividade, mas que também tem um projeto de construção do aterro sanitário em andamento.

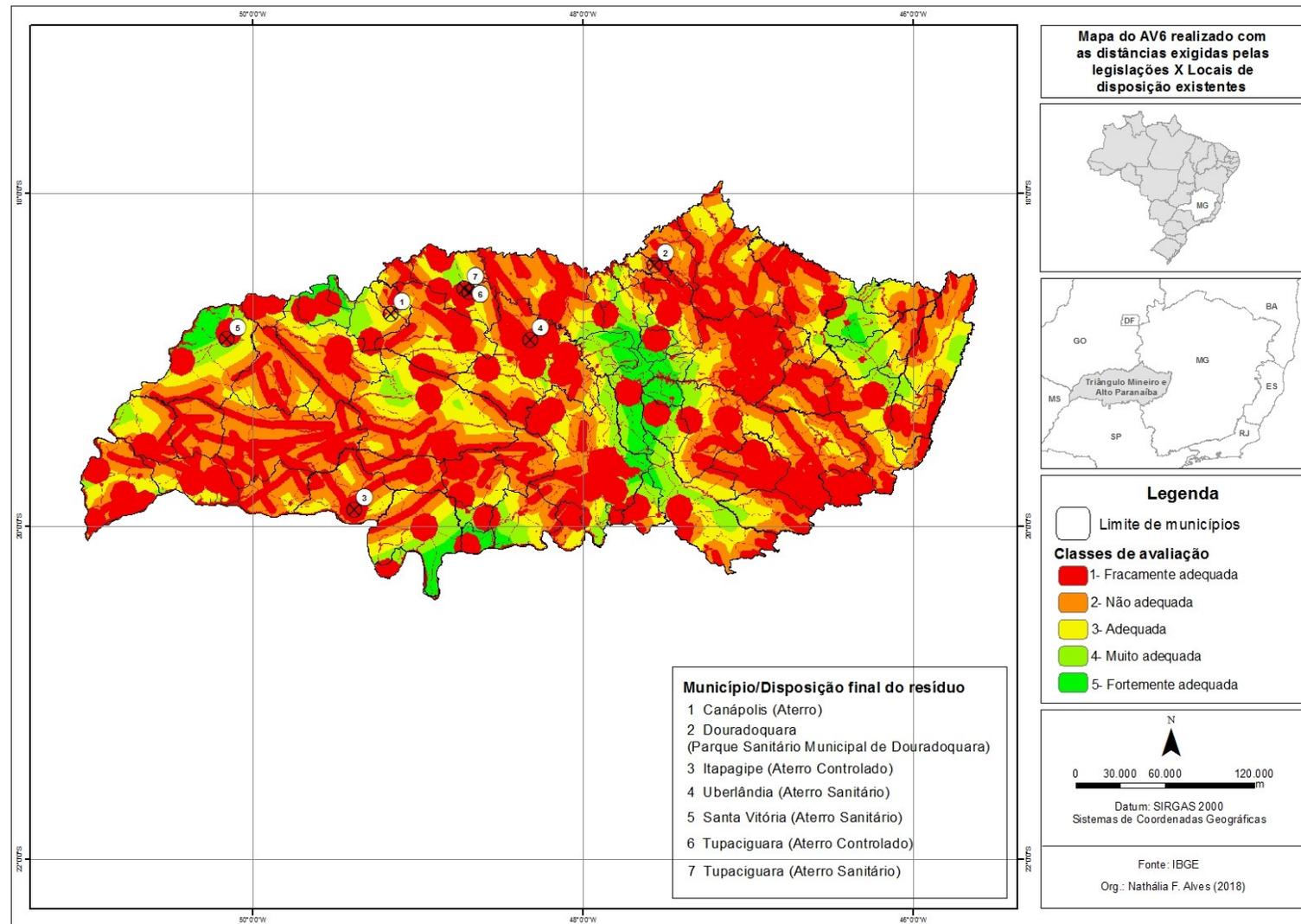
Os pontos de amostragem de aterros/lixões concedidos pelos municípios foram sobrepostos aos mapas temáticos finais para comparação com a classificação automática fornecida pela AHP. As informações adquiridas evidenciam perceber que as áreas já existentes de disposição de resíduo estão localizadas de forma mais recorrente na porção norte, noroeste da mesorregião de estudo, porém existe a presença de um local na porção sudoeste (Figura 10.8 e 10.9).

FIGURA 10.8 - Mapa oriundo da análise realizada pelo avaliador 1 associado aos locais de disposição dos resíduos.



Fonte: A autora (2018).

FIGURA 10.9 – Mapa oriundo da análise realizada pelo avaliador 6 associado aos locais de disposição dos resíduos.

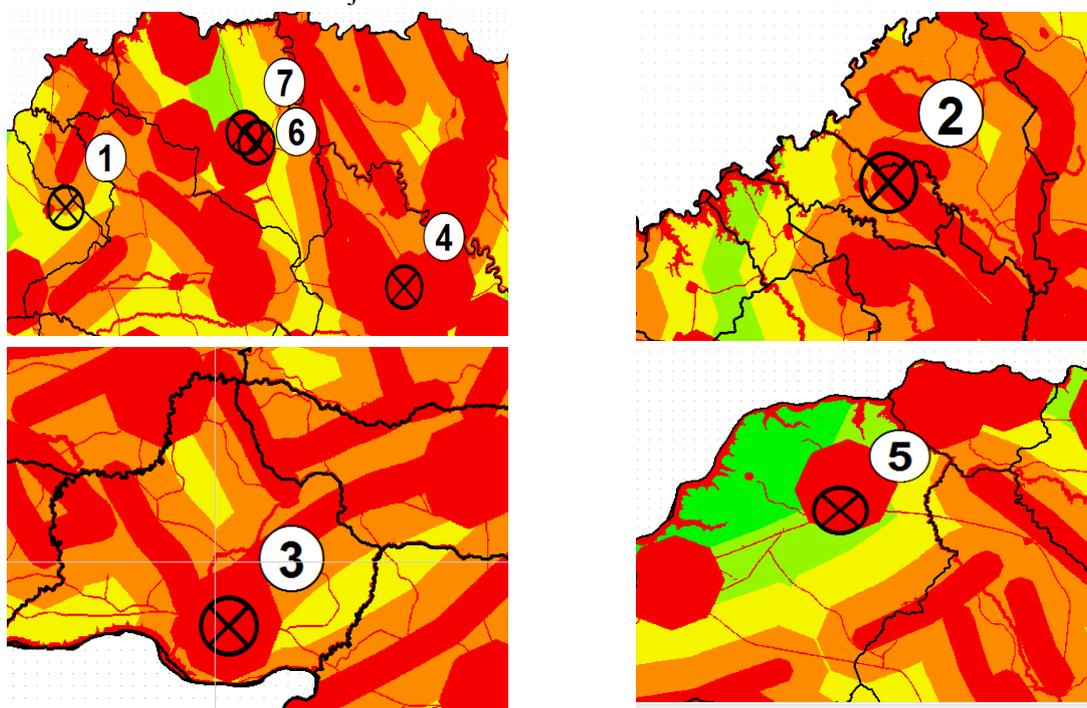


Fonte: A autora (2018).

Diante desses dados, é possível visualizar nos recortes dos mapas a seguir (Figura 10.10 e 10.11) a representação de cerca de 9% dos pontos de disposição de resíduo existentes em toda a mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Em ambos os mapas, os pontos de disposição de resíduos pertencem as mesmas classes de aptidão.

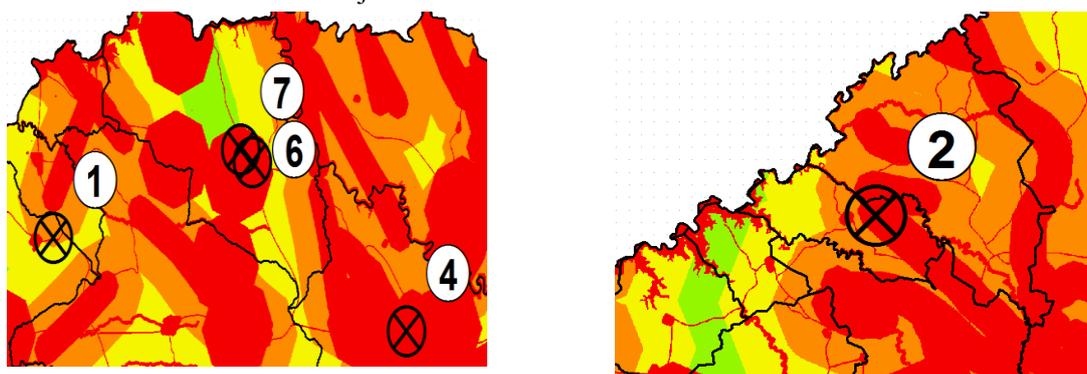
Perante aos municípios citados, é visto que 2 (dois) deles relataram possuir como área de disposição o aterro sanitário e 1 (um) outro município o qual não se manifestou em relatar se o aterro é controlado ou sanitário. Restando 2 (dois) municípios que apresentam aterro controlado, porém, um deles com projeto e local já definido para construção do aterro sanitário e, o outro, apresenta área de disposição em um “parque sanitário”.

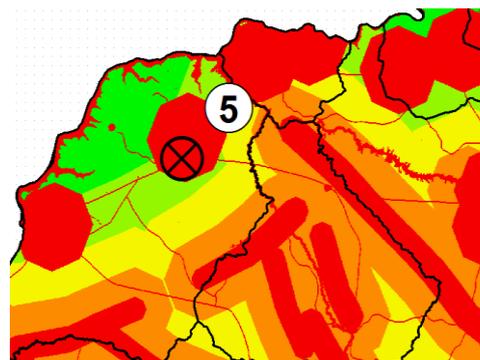
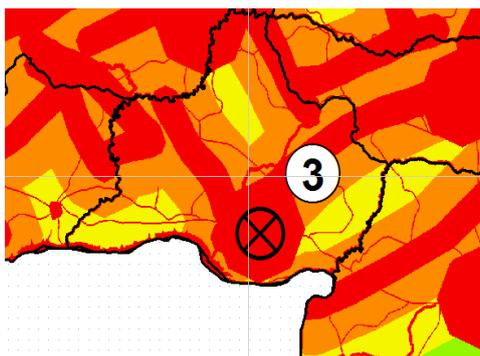
FIGURA 10.10. Proximidade das áreas já existente de acordo com a análise do AV1.



Fonte: A autora (2018).

FIGURA 10.11 - Proximidade das áreas já existente de acordo com a análise do AV6.





Fonte: A autora (2018).

O município 1 possui seu mencionado aterro localizado no limiar das classes “1 – fracamente” e “2 - não adequada”. É evidenciado como fator que corrobora para esse resultado o fato de o aterro encontrar-se nas margens de uma rodovia, não respeitando o limite mínimo exigido pela legislação que é de 100 metros. O município 2 apresenta o “parque sanitário” dentro da classe 1 - fracamente adequada, onde pretende-se implantar o aterro sanitário, destacando que os principais fatores que contribuíram para esse diagnóstico correspondem ao fato de o local então escolhido não respeitar as distâncias mínimas exigidas por lei para os critérios de distância de rodovias (Figura 10.10 e 10.11). A distância mínima das rodovias é norteada por lei e devem ser respeitadas objetivando preservar as áreas de transmissão do impacto visual provocado pelo aterro. Porém, é necessário que essa área também seja próxima, dentro dos padrões exigidos pela lei, promovendo menores gastos financeiros com transporte (WEBER; HASENACK, 2000).

O município 3, assim como o município 2, encontra dentro da classe “1 - fracamente adequada”, em consequência de apresentar o local de aterro controlado negligenciando os critérios de distâncias de aeródromos e distância de núcleos urbanos. Para Born (2013), as áreas urbanas, do ponto de vista econômico, caracterizam-se também como ponto importante de análise; por outro lado, estão envolvendo questões atreladas a relação aterro sanitário e saúde pública, bem como a distância entre o ponto de coleta e a destinação final dos resíduos. Gregorio et al. (2013) consideram que quanto maior a distância da mancha urbana para com o aterro, mais apta estará a área para a implantação do mesmo, pois a população estará distante de problemas como: odores, insetos, e demais vetores de doenças. Porém, Weber e Hasenack (2000), visando a economicidade do processo operacional do aterro sanitário, declaram que quanto mais próxima a área urbana estiver da área do empreendimento, mais apta a mesma será para a implantação de um aterro, pois o trajeto dos caminhos será menor.

De acordo com o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – CENIPA, o crescimento da população brasileira atrelado à ocupação desordenada do solo urbano, aos sistemas de coleta pouco eficientes, à demanda por locais para destinação de resíduos sólidos e às condições ainda inadequadas de saneamento básico são, geralmente as condições encontradas, nos municípios brasileiros (BRASIL, 2019). Segundo o Anuário de Risco da Fauna do ano de 2015, foram registradas 58 (cinquenta e oito) colisões de aeronaves com o urubu-de-cabeça-preta no Brasil (OLIVEIRA et al., 2015).

O município 4, também segue apresentando seu aterro sanitário em área classificada como “1 - fracamente adequada”, sendo esse resultado justificado diante de duas possibilidades, sendo uma em função da soma de várias exigidas e estabelecidas pelos critérios, não sendo devido ao fato de encontrar-se em áreas não permitidas por lei como os casos anteriores, ou em função do mapa não conseguir representar ao certo a aferição desse ponto. Do mesmo fato, essas atribuições se aplicam para o município 5, assim como o 4, o qual também apresenta seu aterro sanitário na classe “1 - fracamente adequada” diante dos mesmos motivos aplicados ao município 4. Assim, nesses casos é considerado indispensável a visita *in loco* para avaliar a metodologia ao usar SIG e uma escala de mapeamento maior dessas informações, pois, o resultado apontado pelo mapa aponta que essas áreas são consideradas inadequadas para a implantação do aterro sanitário, porém em analogia com as imagens de satélite não foi possível constatar se as mesmas se encontram limitadas por aqueles critérios de distâncias exigidos pela legislação. Assim, considera-se que esses 2 (dois) pontos estejam em área inadequada diante do somatório dos outros critérios estabelecidos pelo estudo, sendo então ideal a aferição dessas informações a campo.

Goez (2015) apresenta a necessidade de estudos complementares, como: visitas às áreas para análise do campo por meio de levantamento planialtimétrico para a caracterização topográfica, e caracterização geotécnica e climatológica. Born (2013) também relata que as atividades *in loco* são fundamentais para a avaliação das condições reais da área, pois visa obter as características do local certificando a metodologia utilizada e, assim, analisar a aptidão da área para a instalação do aterro sanitário.

E, por fim, o município 6 que possui dois pontos mencionados, segue apresentando ambos os pontos em áreas classificadas como “1 - fracamente adequadas”, sendo a área onde está localizado o aterro controlado passível de ser justificada a classificação inadequada devido aos critérios de distância de rodovias e distância de núcleos urbanos, e a outra área onde encontra-se o projeto para a possível instalação também devido o motivo de se encontrar muita

próxima a rodovia, não respeitando o exigido pela legislação. Para Gregório et al. (2013), a distância das estradas busca preservar além do impacto visual, o odor causado pelos resíduos sólidos, como também evitar o transporte para outras localidades por meio de veículos locomotores que trafegam perto ao aterro.

Como mencionado acima, os mapas apresentam a classificação gerada de forma contínua, evidenciando os lugares que mostram uma superfície de aptidão na qual todos os pixels possuem uma nota de 0 (menos apto) a valor máximo (mais apto), sucedendo na avaliação de cada critério e de sua análise ponderada, que mostra a aptidão específica a finalidade esperada.

Foi verificado que todos os locais apontados acima, como pontos de disposição já existentes, não seriam áreas aptas para a implantação de aterro sanitário dentro de sua área municipal. Por esse motivo, a escolha definitiva de uma área para implantação de aterro sanitário deve contar com um levantamento preliminar regional, com a realização de estudos mais detalhados dos locais previamente estabelecidos. Obviamente que o resultado encontrado é uma diretriz para iniciar os estudos de implantação de aterro sanitário, sendo recomendado a distribuição dos atributos em sucessivas fases de um projeto, com estudo de viabilização, projeto básico e estudos específicos *in loco* (COLLARES, RODRIGUES, PARREIRA, 2004).

Diante da análise realizada de forma pontual nos mapas amostrados acima (Figura 10.8. 10.9), foi possível conceber que apenas dois municípios, União de Minas e Pratinha, não apresentam áreas aptas dentro da extensão municipal, uma medida para tentar atender a construção em áreas adequadas para ambos os municípios seria a construção de um consorcio intermunicipal, porém a distância existente entre os municípios corresponde aproximadamente 415 quilômetros, assim é necessário estudos de viabilidade financeira e locacional para verificar se essa alternativa poderia ser viável.

Goez (2015) observou que a partir das análises realizadas nesses empreendimentos, os parâmetros legais e técnicos são de extrema importância para a efetivação de um aterro sanitário. Vários critérios básicos devem ser empregados, pois fazem toda a diferença no momento de execução da destinação de resíduos sólidos urbanos. Sendo constatado que recursos utilizados na elaboração de estudos de impactos ambientais quando adaptados a avaliação de áreas conseguem demonstrar de forma prática, econômica e confiável a seleção de áreas mais adequadas à instalação de aterro sanitário, por agregar uma série de componentes de mapas temáticos e suas sobreposições e matrizes de interações de critérios.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os mapas foram originados a partir da análise incorporada a cada critério estabelecido para a escolha da área adequada para implantação de aterro sanitário. Os critérios atribuídos foram baseados em normas, legislações e trabalhos relacionados. Os pesos concedidos aos critérios foram atribuídos de acordo com as avaliações estabelecidas por avaliadores de áreas relacionadas. Foram gerados dois mapas finais em função da análise realizada por dois avaliadores, onde foi atribuído pesos diferentes, porém, o resultado final dos mapas temáticos foi muito similar, estando a área (há) encontrada dentro de cada classe muito semelhante.

Para validar o mapa temático final obtido nesse estudo foram selecionadas algumas áreas de locais de disposição de resíduos já instaladas, onde estas foram analisadas e comparadas com os mapas finais obtidos. Resultando mencionar a conformidade em cerca de 71% dos pontos com as áreas definidas por esse trabalho, em função da análise realizada por meio das coordenadas disponibilizadas pelos seis municípios pertencentes a mesorregião. Havendo então a necessidade de estudos mais detalhados nessas áreas onde os pontos não foram representados de acordo com os resultados amostrados desse trabalho.

Todos os mapas foram classificados em classes como: fracamente adequada, não adequada, adequada, muito adequada e fortemente adequada para implantação de aterro sanitário. Foi evidenciado que os mapas finais apresentaram maiores distribuição de valores e representatividade dentro da classe 2, ou seja, não adequada para a implantação de aterro sanitário. Apesar que grande parte dos municípios, ou seja, aproximadamente 97 % constituírem de áreas dentro dos limites territoriais com classificação variando de adequada a fortemente adequada, gerando oportunidade de escolha de área adequada ou com melhor aptidão dentro de cada município. Restando apenas 3% com áreas variando de fracamente adequada a não adequada para a instalação de aterro sanitário.

Os métodos/técnicas de geoprocessamento pelo SIG, bem como a matriz de hierarquização de critérios utilizados neste trabalho, foram estudos relativamente rápidos e de baixo custo para se localizar áreas adequadas à implantação de aterros sanitários, podendo vir a ser aplicada em outras regiões e contribuir e servir de subsídio em várias ações que demandam tomada de decisão urgente.

Os resultados fornecem informações relevantes que podem auxiliar e orientar a administração pública municipal de todos os municípios integrantes da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, quanto a dados para à implantação de um aterro sanitário,

visto que as informações deste trabalho foram processadas com objetividade e em conformidade com os critérios técnicos específicos assim como com leis ambientais.

O processo de ponderação dos critérios, por meio da compensação de um critério pelo outro, promove a geração de outros cenários para o mesmo objetivo, através da modificação dos pesos ou da inclusão ou exclusão de critérios.

A utilização da análise aplicada da metodologia da AHP, proporcionou atingir como resultado final um mapa que indica a distribuição de áreas de aptidão para instalação de aterro de resíduos sólidos na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Cada pixel que compõe essa superfície constitui a representatividade do produto obtido através da combinação de todos os critérios e os pesos atribuídos na análise conjunta, excluídas as restrições citadas na legislação.

Assim, considerando as limitações em função da escala adotada para o resultado final, assim como a escala empregada de alguns banco de dados utilizados para retratar as informações de determinados critérios, como também o tamanho e detalhamento necessário da área à ser representada, os mapas finais produzidos encontram-se bem apresentados e podem ser utilizados para fins de planejamento e gestão ambiental.

Por fim, este estudo não tem a pretensão de estagnar a busca referente a essa temática referente a escolha de áreas para instalação de aterro sanitário na mesorregião do TMAP, mas sim de gerar um produto indicativo de áreas com potenciais para esse fim. Assim como também, apresentar a metodologia e técnicas que podem subsidiar tecnicamente a busca por áreas mais adequadas para a implantação de aterro sanitário.

12 TRABALHOS FUTUROS

Realizar visitas em “N” pontos, coletando suas coordenadas geográficas centrais e as principais características ambientais do local e confrontar com o resultado obtido diante dos estudos dessa pesquisa.

Considerar critérios como umidade do ar, radiação solar e evapotranspiração.

Levantar informações sobre as áreas públicas, se existe dados que considerem as áreas públicas estaduais e/ou municipais.

Identificar características da estrada ser ou não pavimentada, no sentido de não influenciar o transporte dos resíduos em períodos chuvosos, caso a estrada não possua suporte para esse trânsito.

Descobrir o sentido das fraturas geológicas, classe textural dos solos e profundidade do lençol freático.

Padronização de apenas um software para manipulação dos dados.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. B. Resíduos sólidos. **Independente**: Leme, 2011.

AMARAL, D. G. P.; LANA, C. E. Uso de geoprocessamento para indicação de áreas favoráveis à construção de aterro sanitário no município de Ouro Preto (MG). **Caderno de Geografia**, [S.I.], v. 27, n. 49, p. 368-382, 2017.
<https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2017v27n49p368>

AMANCIO, R. C.; OLIVEIRA, H. L. P. R.; Análise Da Disposição Dos Resíduos Sólidos No Município De Canápolis - MG. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. **FÓRUM**, Porto Alegre: Instituto Venturi, p. 2–9, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 8419**: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13896**: aterros de resíduos não perigosos - critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO MULTISSETORIAL DE USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARAGUARI. **Plano De Gerenciamento Integrado De Resíduos Sólidos Do Consórcio 4 Ambiental - Consórcio Intermunicipal Para O Desenvolvimento Ambiental Sustentável**: Araguari: ABHA, 2013.

ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DA MICRORREGIÃO DO VALE DO RIO GRANDE. **Encontro Em Uberaba Debate Parceria Público-Privada De Resíduos Sólidos**. Uberaba: AMVALE, 2017. Disponível em: <<http://www.amvale.org.br/site/noticias/encontro-em-uberaba-debate-parceria-publico-privada-de-residuos-solidos-6432.html>>. Acesso em: 20 out. 2018.

BANCO DE DADOS GEOMORFOMÉTRICOS DO BRASIL. **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. TOPODATA, 2018. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/documentos.php>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

BARBOSA, C. C. et al. Operadores Zonais em Álgebra de Mapas e Sua Aplicação a Zoneamento Ecológico- Econômico. **Anais...** Santos, p. 487-500, set. 1998.

BARSI, J. A. et al. The spectral response of the landsat-8 operational land imager. **Remote Sensing**, Basel, v. 6, p. 10232-10251, 2014.
<https://doi.org/10.3390/rs61010232>

BASTIANI, F. **Avaliação da Influência de Elementos Meteorológicos na Vazão do Lixiviado gerado no aterro sanitário do município de Lajeados/RS**. 2011. 86 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2011.

BATISTELA, T. S. **Zoneamento Ambiental e o desafio da construção da Gestão Ambiental Urbana**. 2007. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

BEZERRA, J. P. P. Gestão De Resíduos Sólidos E Geotecnologias: Considerações Elementares. **Anais...** p. 75-91, 2014.

BOLTON, K. F.; CURTIS, F. A. An Environmental Assessment Procedure for Siting Solid Waste Disposal Sites. **Environmental Impact Assessment Review**, vol. 10, n. 3, 1990. [https://doi.org/10.1016/0195-9255\(90\)90043-Y](https://doi.org/10.1016/0195-9255(90)90043-Y)

BORN, V. **Avaliação da aptidão de áreas para a instalação de aterro sanitário com o uso de ferramentas de apoio à decisão por múltiplos critérios**. 2013. 103 f. Monografia - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2013.

BORTOLATTO, G. R.; AHLERT, S. Geotecnologias para a escolha de um local para possível construção de um aterro sanitário em Bento Gonçalves, RS. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 3., 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: [s.n.], 2012.

BRAGA, F. L.; PEREIRA, S. C. M. I-018 – Escolha De Áreas Potenciais Para Implantação De Aterro Sanitário Utilizando Sig: Estudo De Caso. In: XI SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. **Anais...** Brasília: ABES, p. 1-8, 2014.

BRASIL. Decreto nº 24.713, de 27 de agosto de 1946. Promulga a Convenção sobre Aviação Civil Internacional, concluída em Chicago a 7 de dezembro de 1944 e firmado pelo Brasil, em Washington, a 29 de maio de 1945. **Diário oficial (da República Federativa do Brasil)**, Brasília, DF, p. 12715, 12 set. 1946.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário oficial (da República Federativa do Brasil)**. Brasília, DF, 1981.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário oficial (da República Federativa do Brasil)**, Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Decreto Nº 4.297, de 10 de julho de 2002. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. O Conselho Nacional do Meio Ambiente - Ibama, no Uso das Atribuições Que Lhe Confere O Artigo 48 do Decreto Nº 88.351, de 1º de Junho de 1983, Para Efetivo Exercício das Responsabilidades Que Lhe São Atribuídas Pelo Artigo 18 do Mesmo Decreto, e Considerando A Necessidade de Se Estabelecerem As Definições, As Responsabilidades, Os Critérios Básicos e As Diretrizes Gerais Para Uso e Implementação da Avaliação de Impacto Ambiental Como Um dos Instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário oficial (da República Federativa do Brasil)**, Brasília, DF, 10 jul. 2002.

BRASIL, Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências; regulamentada pelo Decreto no 6.017, de 17 de janeiro de 2007. **Diário oficial (da República Federativa do Brasil)**, Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Resolução nº 404, de 11 de novembro de 2008. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Resolução Conama no 404, de 11 de novembro de 2008 Publicada no Dou N° 220, de 12 de novembro de 2008, Seção 1, Página 93. **Diário oficial (da República Federativa do Brasil)**, Brasília, DF, 12 nov. 2008a.

BRASIL. Constituição (2008). Deliberativa normativa nº 118, de 27 de julho de 2008. Altera os artigos 2º, 3º e 4º da Deliberação Normativa 52/2001, estabelece novas diretrizes para adequação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado, e dá outras providências. **Diário oficial (da República Federativa do Brasil)**, Belo horizonte, MG, 2008b.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui A Política Nacional de Resíduos Sólidos; Altera A Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e Dá Outras Providências. **Diário oficial (da República Federativa do Brasil)**, Brasília, DF, 2010a.

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente. **Sistematização Dos Custos Operacionais, Administrativos e Financeiros Em Consórcios Públicos De Resíduos Sólidos Urbanos – Estado De Minas Gerais**. Brasília, DF, 2010b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente Urbano. **Guia para a elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, 2011a.

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

BRASIL. **Política de Resíduos Sólidos apresenta resultados em 4 anos**: O governo federal tem linhas de crédito para investimento na área de resíduos sólidos?. 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/10272-pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos-apresenta-resultados-em-4-anos>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

BRASIL. Projeto de Lei nº 7962, de 2017. Dá nova redação aos arts. 54 e 55 da Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecendo novos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos e para a elaboração de planos estaduais de resíduos sólidos e de planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos: Carlos Henrique Gaguim. **Diário oficial (da República Federativa do Brasil)**, Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Planos Estaduais de Resíduos Sólidos**. 2018a. Disponível em: <www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/instrumentos-da-politica-de-residuos/item/10611>. Acesso em: 08 set. 2018.

BRASIL. **Zoneamento Ambiental chega aos municípios**. 2018b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/14642-noticia-acom-2018-03-2868.html>>. Acesso em: 27 out. 2018.

BRASIL. Governo do Distrito Federal. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, Assessoria de Gerenciamento de Risco Aviário. **Perigo aviário e fauna: uma questão permanente**. 2019. Disponível em: <http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/artigos/184-risco-da-fauna-uma-questao-permanente>. Acesso em 8 jan. 2019.

CABRAL, A. V. **Análise Multicritério Em Sistemas De Informação Geográfica Para A Localização De Aterros Sanitários**. 2012. 133 f. Dissertação (Mestrado), Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

CALIJURI, M. L.; MELO, A. L. O. Identificação de Áreas para Implantação de Aterros Sanitários com Uso de Análise Estratégica de Decisão. **Informática Pública**, [S.I.], v. 4, n. 2, p. 231-250, dez. 2002.

CÂMARA, G. et al. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001.

CARMO, L. P. C.; MARTINS, C. **Consórcio Público Intermunicipal De Desenvolvimento Sustentável Do Triângulo Mineiro E Alto Paranaíba – CIDES**. 2. ed. Uberlândia: Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos do Consórcio Público Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – CIDES, 2015.

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). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.I.], v. 23, n. 1, p. 201-206, fev. 2018. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522018142980>

CARVALHO, L. M. T.; LOUZADA, J. N. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais: Abordagem metodológica para caracterização da componente flora. 8., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, p. 3789–3796, 2007.

CARVALHO, D. F.; BARATA, A. J. S. S.; ALVES, R. R. Logística reversa de lixo eletrônico nas organizações públicas. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 862-872, ago. 2016. <https://doi.org/10.5902/2179460X21874>

CERSÓSIMO, N. B. V. Identificação de áreas aptas à implantação de equipamentos urbanos causadores de impacto ambiental. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1., 2006, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, p. 585-592, 2006.

CHAN, A. H. S., KWOK W.Y., DUFFY V. G. Using AHP for determining priority in a safety management system. **Industrial Management e Data Systems**, v. 104, n. 5, p 430–445, 2004. <https://doi.org/10.1108/02635570410537516>

COLLARES, E. G.; RODRIGUES, M. T.; PARREIRA, R. Proposta para a qualificação de áreas em estudos de viabilidade locacional para implantação de aterro sanitário em municípios de pequeno e médio portes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA E TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2004, Costão do Santinho. **Anais...** Costão do Santinho, 2004.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais**. Escala 1:1.000.000. Brasília: CPRM, 2003.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. **Mapa Geodiversidade do Brasil**. Escala 1:2.500.000. Legenda expandida. Brasília: CPRM, 68 f. 2006.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Departamento de Gestão Territorial – DEGET. **Solos**. Escala 1:2.500.000. Brasília: CPRM, 2009.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. **Observatório dos Lixões**. Brasília: CNM, 2018. Disponível em: <<http://www.lixoes.cnm.org.br/>>. Acesso em: 07 set. 2018.

COSTA, F. H. S.; PETTA, R. A.; LIMA, R. F. S.; MEDEIROS, C. N. Determinação da Vulnerabilidade Ambiental na Bacia Potiguar, região de Macau (RN), Utilizando Sistemas de Informações Geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, p. 119-127, ago. 2006.

COSTA, B. S.; RIBEIRO, J. C. J. Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: direitos e deveres. **Lumen Juris**: Rio de Janeiro, 2013.

DALMAS, F. B. **Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos na UBRHI-11-Ribeira De Iguape E Litoral Sul**. 2008. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Minerais e Meio Ambiente, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

DOMINGOS, L. G.; BRITO, L. P. Utilização De Sig e AHP Na Seleção De Área Para Aterro Sanitário Em Alguns Municípios Do Oeste Do Estado Do Rio Grande Do Norte. VII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. **Anais...** Porto Alegre, maio 2010.

EGENHOFER, M. “**Spatial SQL: A Query and Presentation Language**”. IEEE transactions on knowledge and data engineering, p. 86-95, 1994.
<https://doi.org/10.1109/69.273029>

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. EMBRAPA-SPI: Brasília , 2018.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI. **Raster Data in ArcSDE**. Redlands: ESRI, 2005.

FARACO, M. A. et al. Seleção de modelos de variabilidade espacial para elaboração de mapas temáticos de atributos físicos do solo e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 463-476, 2008.
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200001>

FELICORI, T. C. et al. Identificação de áreas adequadas para a construção de aterros sanitários e usinas de triagem e compostagem na mesorregião da Zona da Mata, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21, n.3, p. 547-560, set. 2016.
<https://doi.org/10.1590/S1413-41522016146258>

FERREIRA, A. G. **Estudo dos Lixiviados das frações do aterro sanitário de São Carlos - SP por meio da caracterização físico-química**. 2010. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

FIGUEREDO NETO, A. G. et al. Uso De Geotecnologias Para Designação De Áreas Propícias À Construção De Aterro Sanitário No Município De Teresina – PI. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE. **Anais...** Gramado: IBEAS, p. 1-10, 2018. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2018/XI-016.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

FONTANIVE, F. et al. Aplicação do Método de Análise Multicriterial AHP como Ferramenta de Apoio a Tomada de Decisão. **Espacios**, [S. I.], v. 38, n. 19, 2016.

FREIRE, G. J. M. **Análise de Municípios Mineiros quanto à Situação de seus Lixões**. 2009. 104 f. (Dissertação de Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais). Departamento de Cartografia - Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Método de seleção de áreas para aterro sanitário**. Relatório Técnico. Porto Alegre, p. 12, jul. 1989.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE- FEAM. **Orientações Técnicas: para atendimento à deliberação normativa 118/2008 do conselho estadual de política ambiental**. Belo Horizonte: FEAM, 2008.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - FEAM. **Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no Estado de Minas Gerais em 2014**. Belo Horizonte: FEAM, 2015.

GOEZ, L. L. **Avaliação De Áreas Para A Implantação De Aterro Sanitário No Município De Senador Canedo Em Goiás**. 2015. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais e Saúde, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2015.

GOMES, L. P. et al. Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 449-462, set. 2015.
<https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000120751>

GRANDZOL, J. R. Improving the faculty selection process in higher education: A case for the analytic hierarchy process. **IR Applications**, v. 6, n. 24, 2005.

GREGÓRIO, B. S. et al. Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário no município de Barreiras, Bahia. **Anais...** Foz do Iguaçu: Inpe: p. 1-8, abr. 2013. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.49.39/doc/p1407.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

IBGE. **Divisão Do Brasil Em Mesorregiões E Microrregiões Geográficas**. Vol 1, Rio de Janeiro, 1990. 137 p.

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2009. 182 p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 5).

IBGE. **Área e Densidade Demográfica da Unidade Territorial: Mesorregião Geográfica - Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG)**. 2010a. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1301#resultado>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

IBGE. **CENSO DEMOGRÁFICO 2010**. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro, 2010b.

IBGE. **Manuais Técnicos em Geociências**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013.

IBGE. **Geociências**. 2017. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_top.php>. Acesso em: 19 jun. 2018.

IBGE. **Mapeamento de Recursos Naturais do Brasil**. 2018. Disponível em: https://geofp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/vetores/brasil_5000_mil/>. Acesso em: 16 jun. 2018a.

IBGE. **Unidades Territoriais do Nível Município**. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/territorio#/N6/IN%20N8%203105>>. Acesso em: 13 jul. 2018b.

IEF. **Georreferenciamento De Unidades De Conservação**. 2018. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/geoprocessamento/georeferenciamento-de-unidades-de-conservacao>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

INMET. **Estações Automáticas**. 2018. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

LIMA, J. D. **Mudanças ambientais na bacia hidrográfica do rio piedade triângulo mineiro**. 2007. 174 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação Em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

LOPES, L. H.; LOPES, E. A. Mapas temáticos. Expressão gráfica para análise de resultados de pesquisas envolvendo espaço e tempo. **Graphica**, [S.I.], Curitiba, 2007.

LOPES, H. R. R. Avaliação Da Política Nacional De Resíduos Sólidos E Modelagem De Um Processo Para Elaboração De Planos Municipais Simplificados De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos. Brasília: **IPEA**, 2016.

MAGALHÃES, R. A.; RIBEIRO, K. A. S. Política estadual de gestão de resíduos: uma análise do programa “Minas sem lixões”. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, Caxias do Sul, v. 7, n. 1, p. 34-61, 2017.

MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R. Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, p. 793-804, 2011.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i4.232714>

MARTINS, F. G.; COELHO, L. S. Aplicação do método de análise hierárquica do processo para o planejamento de ordens de manutenção em dutovias. **GEPROS**, p. 65-80, mar. 2012.

MATOS, F.; DIAS, R. A gestão de resíduos sólidos e a formação de consórcios intermunicipais. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v. 4, n. 3, p.501-519, set/dez. 2011.

MELO, A. L. O. **Avaliação E Seleção De Áreas Para Implantação De Aterro Sanitário Utilizando Lógica Fuzzy E Análise Multi-Critério: Uma Proposta Metodológica. Aplicação Ao Município De Cachoeiro De Itapemirim- ES.** 2001. 168 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

MENESES, P. R.; ALMEIDA T. **Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento Remoto.** Universidade de Brasília – UNB. Brasília. 2012.

MODA, R. F. **Identificação De Áreas Potenciais Para Implantação De Aterro Sanitário Na Região Metropolitana De Londrina/PR.** 2017. 76 f. Monografia - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

MONTEIRO, J. H. P.; ZVEIBIL, V. Z. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MONTAÑO, Marcelo et al. O zoneamento ambiental e a sua importância para a localização de atividades. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, Itajubá, n. 6, p. 49-64, jun. 2007.

MOREIRA, L. L. et al. SIG Aplicado à seleção de áreas potenciais para instalação de aterro sanitário no município de serra – ES. **Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 531-541, 2016.

NOVAIS, G. T. **Caracterização Climática da Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e do Entorno da Serra da Canastra.** 2011. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

OBSERVATÓRIO DOS CONSÓRCIOS PÚBLICOS E DO FEDERALISMO. OCPF, 2018 Disponível em: <<http://www.ocpf.org.br/consorcio/consorcio-publico-de-gestao-de-residuos-solidos-cpgrs/>>. Acesso em: 20 out. 2018.

OFFICE. Arcgis Maps For. **Métodos de classificação:** Quebras Naturais (Jenks). 2018. Disponível em: <<https://doc.arcgis.com/pt-br/maps-for-office/design-and-use/classification-methods.htm>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

OLIVEIRA, U. **Geoprocessamento aplicado a Biologia.** 2013. 216 f. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Ubirajara_Oliveira2/publication/266138864_Geoprocessamento_aplicado_a_Biologia/links/542615a50cf2e4ce9406faab/Geoprocessamento-aplicado-a-Biologia.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2019.

OLIVEIRA, H. R. B. et al. **Anuário de Risco de Fauna 2015**. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Brasília, 2015.

ORNELAS, A. R. **Aplicação De Métodos De Análise Espacial Na Gestão Dos Resíduos Sólidos Urbanos**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais., Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

PASSOS, A. C.; SOUZA, R. C. **Definição De Um Índice De Qualidade Para Distribuidoras De Energia Elétrica Utilizando O Apoio Multicritério À Decisão E Análise De Séries Temporais**. 2011. 15 f. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

PAULINO, H. V. **Zoneamento Ambiental: uma visão panorâmica**. 2010. 459 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Direitos Difusos e Coletivos, Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

PORTELLA, M. O.; RIBEIRO, J. C. J. Aterros sanitários: aspectos gerais e destino final dos resíduos. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, Caxias do Sul, v. 4, n. 1, p.115-134, 2014.

PRINA, B. Z. **Geotecnologias Aplicadas No Mapeamento Das Áreas De Inundação Do Perímetro Urbano De Jaguari/RS**. 2015. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

RAFFO, J. G. G. O Processo Analítico Hierárquico E Seu Uso Na Modelagem Do Espaço Geográfico. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, São Paulo, p. 26-37, 2012. <https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0112.0002>

RAMPAZZO, S. E.; SANTOS, J. E.; PIRES, J. S. R. Proposta De Zoneamento Ambiental Para O Município De Erechim (Rs): Contribuição Ao Desenvolvimento Regional. In: Seminário Internacional Sobre Desenvolvimento Regional Programa De Pós-Graduação Em Desenvolvimento Regional Mestrado E Doutorado, 2., 2004, Santa Cruz do Sul. **Desenvolvimento Regional**. Santa Cruz do Sul: UNISC, p. 1– 24, 2004.

RAMOS, A. P. M. et al. Avaliação Qualitativa E Quantitativa De Métodos De Classificação De Dados Para O Mapeamento Coroplético. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 3, n. 68, p.1-21, set. 2016.

RAUEN, V. A. B. et al. Geotecnologias Na Determinação Da Vulnerabilidade À Ocorrência De Vazamentos Em Redes De Abastecimento De Água. **Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 414-425, 2016.

REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL. 2008. **Resíduos Sólidos. Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários. Guia do profissional em treinamento - Nível 2**. Organização de Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Belo Horizonte: RECESA, 112 f, 2008.

RESENDE, T. M.; ROSOLEN, V. Impactos da conversão de uso e manejo do solo do cerrado utilizando dados de carbono total e isotópico. **Geosp – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 33, p. 39-52, jan. 2013.

<https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2013.74300>

REZENDE, F. S.; LEITE, M. B. A.; CARRIELLO, Felix. Áreas potenciais para implantação de aterro sanitário em Ilha Grande – RJ. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR. **Anais...** João Pessoa: INPE, p. 4754–4761, 2015,

ROSA, R. **Geotecnologias na Geografia aplicada**. Universidade de São Paulo - Sistema Integrado de Bibliotecas. [S.I.], p.81-90, 2005.

<https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0009>

SAATY, T. L. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, p. 9-26, 1970.

[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)

SAATY, T. L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. **Journal of Math. Psychology**, p. 234-281, 1977.

[https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)

SAATY, T. L., "The Analytic Hierarchy Process in Conflict Management". **International Journal of Conflict Management**, v. 1, p. 47-68, 1990.

<https://doi.org/10.1108/eb022672>

SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. Makron Books do Brasil Editora LTDA., 1991.

SANGI, L.; RABELO, M.; ANDRADE, S. **IDHM dos municípios de MG**. 2014. Disponível em <<http://labcon.fafich.ufmg.br/idh-m-dos-municipios-de-mg/>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

SANTOS, J. S.; GIRARDI, A. G. Utilização de geoprocessamento para localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegrete-RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Florianópolis: INPE, p. 5491-5498, 2007.

SANTOS, V. M. N. Uso Escolar do Sensoriamento como recurso didático pedagógico no estudo do meio ambiente. **INPE**. Divisão de Sensoriamento Remoto – DGI. 2012.

SANTOS, M. R. R.; RANIERI, V. E. L. Critérios Para Análise Do Zoneamento Ambiental Como Instrumento De Planejamento E Ordenamento Territorial. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 16, n. 4, p.43-62, dez. 2013.

<https://doi.org/10.1590/S1414-753X2013000400004>

SANTOS, A.; OSCO, L. P.; RAMOS, A. P. M. Geotecnologias Aplicadas Na Avaliação Da Adequabilidade Da Área De Aterro Sanitário: Um Estudo No Município De Presidente Bernardes – SP. **Colloquium Exactarum**, v. 8, n. 3, p.44-55, set. 2016.

<https://doi.org/10.5747/ce.2016.v08.n3.e165>

SANTOS, J. G.; FERREIRA, V. O. A variabilidade pluviométrica na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. **Geotextos**, p. 233-265. jun. 2016.
<https://doi.org/10.9771/1984-5537geo.v12i1.15791>

SAMIZAVA, T. M. et al. SIG Aplicado À Escolha De Áreas Potenciais Para Instalação De Aterros Sanitários No Município De Presidente Prudente – SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 1, n. 60, p.43-55, abr. 2008.

SIDDIQUI, M.Z., EVERETT, J.W., VIEUX, B.E."Landfill siting using geographic information systems: a demonstration". **Journal of Environmental Engineering**, p. 515–523, 1996.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1996\)122:6\(515\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(1996)122:6(515))

SILVA, D. M. R. **Aplicação do Método AHP para Avaliação de Projetos Industriais**. 2007. 00 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

SILVA, C. F. **Análise Do Inventário De Resíduos Sólidos Urbanos De Minas Gerais**. 2009. 91 f. Monografia - Curso de Administração Pública, Fundação João Pinheiro Escola de Governo Professor Paulo Neves de Carvalho, Belo Horizonte, 2009.

SILVA, J. C. B. Os instrumentos jurídico-econômicos conciliadores do conflito entre o desenvolvimento econômico e o meio ambiente ecologicamente equilibrado. **Jus Navigandi**, Teresina, n. 2419, 14 fev. 2010.

SILVA, C. R. **Áreas potenciais para o aterro de resíduos sólidos industriais classe II A: o caso do município de Osório/RS**. 2011. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011a.

SILVA, N. L. S. **Aterro Sanitário para resíduos sólidos urbanos RSU - Matriz para Seleção da Área de Implantação**. 2011. 57p. (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Feira de Santana, 2011b.

SILVA, W. M. F. **Consórcios Públicos Na Gestão De Resíduos Sólidos Urbanos No Brasil**. 2015. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão Econômica do Meio Ambiente do Programa de Pós-graduação em Economia do Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

SILVA JUNIOR, C. H. L. Lógica Fuzzy e Processo Analítico Hierárquico (AHP) aplicados ao Zoneamento de Áreas Suscetíveis a Deslizamentos: Uma Revisão. **REMOA**, Santa Maria, v. 14, n.3, p. 42-58, dez. 2015.

SPIGOLON, L. M. G. et al. Seleção de áreas adequadas para a instalação de aterro sanitário utilizando SIG e análise multicritério - estudo de caso: UGRHI 5 (Piracicaba/Capivari/Jundiá). **Anais...** João Pessoa: INPE, p. 1-8, abr. 2015.

SOUZA, C. S. O Papel Do Zoneamento Ambiental No Planejamento Municipal. **Pidcc**, Aracaju, p. 154-175, out. 2013.
<https://doi.org/10.16928/2316-8080.V4N1p.154-175>

TADA, A. M. et al. Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte”. **Rima Artes e Textos**: São Paulo: 2009.

THOMAS, H. J. R. **Seleção de Empregados em Indústria de Petróleo: Uma Análise pelo Método AHP**. Dissertação de Mestrado Profissionalizante. Faculdades IBMEC, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

THOMAZ JÚNIOR, A. O agrohidronegócio no centro das disputas territoriais e de classe no Brasil do século XXI. **Campo-Território**: revista de Geografia Agrária, v. 5, n. 10, p. 92-122, 2010.

THOMÉ, R. Manual de Direito Ambiental. 4. ed. **Juspodivm**: Salvador, 2014.

TOMLIN, D. Geographic information systems and Cartographic Modeling. **Prentice Hall**: New York, 1990.

TORRES, M. A. Estatuto da cidade: sua interface no meio ambiente. **Revista de Direito Ambiental**. São Paulo, n. 45, ano 12, p. 196-212, mar. 2007.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **EarthExplorer - Home**. -USGS, 2018. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 14 dez. 2018.

WEBER, E.; HASENACK, H. **Avaliação de Áreas Para Instalações de Aterro Sanitário Através de Análises em SIG com Classificação Continua Dos Dados**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

ADÊNDICES

APÊNDICE A - Informações sobre a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

MUNICÍPIO	PLANO MUNICIPAL				DESTINAÇÃO FINAL DO LIXO			TIPO DE DISPOSIÇÃO DO LIXO				PARTICIPAÇÃO EM CONSORCIO			
	Não informado	Em Elaboração	Finalizado	Não iniciado	Não informado	No próprio município	Em outro município	Não informado	Aterro Sanitário	Lixão/Aterro controlado	Outro	SI M	NÃO	Em Processo	Não informado
Abadia dos Dourados															
Água Comprida															
Araguari															
Araporã															
Arapuá															
Araxá															
Cachoeira Dourada															
Campina Verde															
Campo Florido															
Campos Altos															
Canápolis															
Capinópolis															
Carmo do Paranaíba															
Carneirinho															
Cascalho Rico															
Centralina															
Comendador Gomes															
Conceição das Alagoas															
Conquista															

Coromandel															
Cruzeiro da Fortaleza															
Delta															
Douradoquar a															
Estrela do Sul															
Fronteira															
Frutal															
Grupiara															
Guimarânia															
Gurinhata															
Ibiá															
Indianópolis															
Ipiacu															
Iraí de Minas															
Itapagipe															
Ituiutaba															
Iturama															
Lagoa Formosa															
Limeira do Oeste															
Matutina															
Monte Alegre de Minas															
Monte Carmelo															
Nova Ponte															
Patos de Minas															

Patrocínio															
Pedrinópolis															
Perdizes															
Pirajuba															
Planura															
Prata															
Pratinha															
Rio Paranaíba															
Romaria															
Sacramento															
Santa Juliana															
Santa Rosa da Serra															
Santa Vitória															
São Francisco de Sales															
São Gotardo															
Serra do Salitre															
Tapira															
Tiros															
Tupaciguara															
Uberaba															
Uberlândia															
União de Minas															
Veríssimo															

Fonte: A autora (2018)

APÊNDICE B - Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba: relação das microrregiões geográficas e municípios – 1990.

Microrregiões Geográficas						
ARAXÁ	FRUTAL	ITUIUTUBA	PATROCÍNIO	PATOS DE MINAS	UBERABA	UBERLÂNDIA
Araxá	Frutal	Ituiutaba	Patrocínio	Patos de Minas	Uberaba	Uberlândia
Tapira	Fronteira	Gurinhata	Serra do Salitre	Guimarânia	Veríssimo	Prata
Sacramento	Pirajuba	Santa Vitória	Cruzeiro da Fortaleza	Lagoa Formosa	Conceição das Alagoas	Araguari
Pratinha	Planura	Ipiacu	Coromandel	Carmo do Paranaíba	Campo Florido	Canápolis
Campos Altos	Comendador Gomes	Capinópolis	Abadia dos Dourados	Tiros	Água Comprida	Centralina
Ibiá	Itapagipe	Cachoeira Dourada	Douradoquara	Arapuá	Conquista	Araporã
Perdizes	Campina Verde		Grupiara	Matutina	Delta	Monte Alegre de Minas Gerais
Santa Juliana	S. Francisco Sales		Estrela do Sul	São Gotardo		Tupaciguara
Pedrinópolis	Iturama		Romaria	Santa Rosa da Serra		Cascalho Rico
Nova Ponte	Limeira do Oeste		Irai de Minas	Rio Paranaíba		Indianópolis
	Carneirinho		Monte Carmelo			
	União de Minas					

Fonte: Elaborado pela Autora com base no IBGE (2018b).

APÊNDICE C - Classificação do Sistema de Classificação da Vegetação do IBGE.

1	1Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial
2	1Fm - Floresta Estacional Semidecidual Montana
3	1Fs - Floresta Estacional Semidecidual Submontana
4	1Pa - Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre
5	1Pahs - Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre herbácea sem palmeiras
6	1Saf - Savana Arborizada com floresta-de-galeria
7	1Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria
8	1Sd - Savana Florestada
9	1Sg - Savana Gramíneo-Lenhosa
10	1Sgf - Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta-de-galeria
11	1Sgs - Savana Gramíneo-Lenhosa sem floresta-de-galeria
12	1Spf - Savana Parque com floresta-de-galeria
13	2Cm - Floresta Estacional Decidual Montana
14	2Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial
15	2Fm - Floresta Estacional Semidecidual Montana
16	2Fs - Floresta Estacional Semidecidual Submontana
17	2Sa - Savana Arborizada
18	2Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria
19	2Sd - Savana Florestada
20	2Sg - Savana Gramíneo-Lenhosa
21	2Sgf - Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta-de-galeria
22	2Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria
23	3Ac - Agricultura
24	3Acc - Agricultura com Culturas Cíclicas
25	3Acp - Agricultura com Culturas Permanentes
26	3Ag - Agropecuária
27	3Ap - Pecuária (pastagens)
28	3Iu - Influência urbana
29	3R - Florestamento/Reflorestamento
30	3Re - Florestamento/Reflorestamento com Eucaliptos
31	3Rp - Florestamento/Reflorestamento com Pinus
32	3Vs - Vegetação Secundária
33	3Vsp - Vegetação Secundária com palmeiras
34	3Vss - Vegetação Secundária sem palmeiras
35	4Ac - Agricultura
36	4Acc - Agricultura com Culturas Cíclicas
37	4Acp - Agricultura com Culturas Permanentes
38	4Ag - Agropecuária
39	4Ap - Pecuária (pastagens)
40	4Iu - Influência urbana
41	4Re - Florestamento/Reflorestamento com Eucaliptos
42	4Rs - Florestamento/Reflorestamento com Seringueiras
43	4Vsp - Vegetação Secundária com palmeiras
44	4Vss - Vegetação Secundária sem palmeiras
45	5Corpo d'água continental

APÊNDICE D – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO

A discente Nathália Ferreira Alves é matriculada no mestrado do programa de pós-graduação em Qualidade Ambiental, da Universidade Federal de Uberlândia, e desenvolve seu projeto de dissertação que aborda como tema básico a identificação de áreas adequadas para a implantação de aterro sanitário na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Como parte da metodologia será utilizada a função da calculadora AHP (*Analytic Hierarchy Process*), que segundo Saaty (1991) constitui de uma análise hierárquica, com método fundamentado na decomposição e síntese das relações entre os critérios até que se chegue a uma priorização dos seus indicadores, aproximando-se de uma melhor resposta de medição única de desempenho.

A ideia central da teoria da AHP introduzida por Saaty é a redução do estudo de sistemas a uma sequência de comparações aos pares. Assim, nesse estudo, será realizado a comparação por pares de parâmetros tidos como básicos/necessários para a implantação de um aterro sanitário. Essa comparação por pares é realizada na forma de matricial (Quadro 1D), onde as linhas e colunas representam os parâmetros analisados.

QUADRO 1D – Matriz de comparação pareada

PARÂMETROS	Litologia	Vegetação	Fraturas Geológicas
Litologia	1		
Vegetação	1/7	1	
Fraturas Geológicas	5	9	1

Assim, o objetivo desse documento é que pessoas com concepções/formações distintas preencham essa matriz com pesos (entre pares de parâmetros) que entendam ser corretos de acordo com seus conhecimentos/expertise. Os pesos serão atribuídos aos parâmetros pareados de acordo com o Quadro 2D.

QUADRO 2D - Valores de ponderação por pares propostos por Saaty (1977).

Peso	Importância
1/9.	Extremamente menos importante que
1/7.	Muito menos importante que
1/5.	Fortemente menos importante que
1/3.	Moderadamente menos importante que
1	Igualmente importante a
3	Moderadamente mais importante que
5	Fortemente mais importante que
7	Muito mais importante que

9	Extremamente mais importante que
---	----------------------------------

Com base nos Quadros 1D e 2D, percebe-se que o parâmetro (por exemplo a litologia) com ele mesmo recebe peso igual a 1 (um), sendo então igualmente importante para a implantação do aterro sanitário.

A “vegetação” é “muito menos importante” (peso=1/7) para a implantação de um aterro sanitário, quando comparado com a “litologia”, dado que o material geológico é fator preponderante no processo de infiltração de chorume, evitando atingir/poluir os lençóis freáticos.

Por outro lado, a “fratura geológica” é “fortemente mais importante” (peso=5) que a “litologia”, pois um material geológico ainda que de pouca porosidade, se ele estiver fraturado, facilitará a infiltração de chorume.

Por fim, a “fratura geológica” é “extremamente mais importante” (peso=9) que a “vegetação”, porque a mudança do tipo de vegetação não trará tanto problema o quanto a fratura geológica, em um aterro sanitário.

Dessa forma, é solicitado o preenchimento da matriz abaixo, tendo em vista a importância de todos os 13 parâmetros para o processo de implantação de um aterro sanitário (Figura 1D).

FIGURA 1D - Matriz de comparações de pares.

PARÂMETROS	Litologia	Pedologia	Fraturas Geológicas	Declividade	Vegetação	Unidade de Conservação	Hidrografia	Núcleos Populacionais	Área de Posse pública	Rodovias	Aeródromos	Temperatura	Precipitação
Litologia	1												
Pedologia		1											
Fraturas Geológicas			1										
Declividade				1									
Vegetação					1								
Unidade de Conservação						1							
Hidrografia							1						
Núcleos Populacionais								1					
Área de Posse pública									1				
Rodovias										1			
Aeródromos											1		
Temperatura												1	
Precipitação													1

Fonte: A autora (2018).

