



**Uso de Geotecnologias e AHP na  
Identificação de Áreas Propícias à Implantação de Aterro Sanitário**  
Use of Geotechnologies and AHP in the  
Identification of Areas Owing the Implantation of Sanitary Land

Nathália Ferreira Alves<sup>1</sup>; Claudionor Ribeiro da Silva<sup>2</sup> & Maria Rita Raimundo e Almeida<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias,  
Campus Glória, Bloco ICCG, 38410-337, Uberlândia, Minas Gerais

<sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Avenida João Naves de Ávila, 38408-100, Uberlândia, Minas Gerais

<sup>3</sup>Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Recursos Naturais, Av. B P S, 37500-015, Itajubá, Minas Gerais

E-mails: [nathalia\\_engflorestal@yahoo.com](mailto:nathalia_engflorestal@yahoo.com); [crs.educ@gmail.com](mailto:crs.educ@gmail.com); [maria.rita.ralmeida@gmail.com](mailto:maria.rita.ralmeida@gmail.com)

Recebido em: 09/08/2019 Aprovado em: 21/11/2019

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2020\\_1\\_218\\_227](http://dx.doi.org/10.11137/2020_1_218_227)

## Resumo

O objetivo dessa pesquisa é identificar áreas adequadas para a construção de aterro sanitário, usando geotecnologias, buscando eliminar/minimizar os problemas ambientais deles decorrentes. Para tanto, foram considerados os parâmetros de restrições associadas aos critérios ambiental, operacional e socioeconômico, correspondentes à mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, em Minas Gerais. Cada parâmetro, obtido a partir de revisão de literatura, foi espacializado na forma de mapa digital, sendo todos ajustados a um mesmo sistema de referência (SIRGAS 2000) e a uma mesma escala numérica (1:250.000). A espacialização das áreas adequadas e inadequadas foi gerada pelo Processo de Análise Hierárquica (AHP), usando ferramentas implementadas nos softwares Excel e ENVI 5.1. Para um melhor entendimento da espacialização, cada mapa temático foi dividido em cinco classes de aptidão à implantação de aterro sanitário: 1 - fracamente adequada; 2 - não adequada; 3 - adequada; 4 - muito adequada e 5 - fortemente adequada. Considerando todas as planilhas testadas, apenas duas apresentaram Razão de Consistência (RC) satisfatória, de 0,094 e 0,098, possibilitando a geração de dois mapas temáticos. Foram obtidas, nos dois mapas temáticos (mapa 1: RC=0,094 e mapa 2: RC=0,098), as cinco classes de aptidão com as respectivas porcentagens: 27%, 35%, 22%, 11% e 5% no mapa 1 e 26%, 35%, 22%, 11% e 5% no mapa 2. Espera-se que os resultados apresentados possam ajudar na seleção de áreas para a implantação de aterros sanitários na região estudada e a metodologia possa servir de referência para outras áreas.

**Palavras-chaves:** Sustentabilidade; processamento de dados; mapas temáticos

## Abstract

The objective of this research is to identify suitable areas for the construction of landfill, using geotechnologies, seeking to eliminate or minimize the environmental problems arising from them. For that, the parameters of constraints associated to the environmental, operational and socioeconomic criteria, corresponding to the mesoregion of the Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba, in Minas Gerais, were considered. Each parameter, based on literature, was spatialized in the form of digital map, all being adjusted to the same reference system (SIRGAS 2000) and to the same numerical scale (1:250,000). The spatialization of appropriate and inadequate areas was generated by the Hierarchical Analysis Process (AHP), using tools implemented in Excel and ENVI 5.1 software. For a better understanding of specialization, each thematic map was divided into five classes of aptitude for the implantation of sanitary landfill: 1 - poorly adequate; 2 - not adequate; 3 - suitable; 4 - very suitable and 5 - strongly adequate. Considering all the worksheets tested, only two presented satisfactory Consistency Ratio (RC) of 0.094 and 0.098, allowing the generation of two thematic maps. In the two thematic maps (map 1: RC = 0.094 and map 2: RC = 0.098), the five fitness classes with respective percentages were obtained: 27%, 35%, 22%, 11% and 5% on map 1 and 26%, 35%, 22%, 11% and 5% on the map 2. We hope that the results presented may help in areas selection for landfill in the studied region and the methodology could serve as a reference for other areas.

**Keywords:** Sustainability; data processing; thematic maps

## 1 Introdução

A coleta, o transporte e o descarte final dos resíduos, em condições que não tragam inconvenientes 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.

Uma das formas de dispor os resíduos de modo adequado é o aterro sanitário. O emprego de aterros sanitários é o método mais usual e adequado 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, por exemplo, a definição do local adequado para instalação do empreendimento (Moreira *et al.*, 2016).

Segundo a FEAM (2015), a população urbana atendida pela Superintendência Regional de Meio Ambiente – SUPRAM da regional do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – TMAP, dispõe 13,5% de seus RSUs em lixões, 10,9% em aterros controlados, 75,2% em destinação regularizada e 0,4% em situação não regularizada. Do total regularizado, 70,3% correspondem à porcentagem de 10 municípios, que são atendidos por 8 aterros sanitários, 4,2% referem-se às Usinas de Triagem e Compostagem (UTCs) e 0,8% obtiveram Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF) pela SUPRAM. Dos 823 lixões que existiam no estado de Minas Gerais em 2001, 589 foram encerrados até 2014.

As geotecnologias podem ser uma ferramenta útil na definição do local de implantação do aterro sanitário, pois são comprovadamente importantes no mapeamento temático de feições, na análise da paisagem, na classificação dos aspectos morfoestruturais do relevo e na agregação de informações conhecidas. Uma das principais fontes de dados da geotecnologia é o sensoriamento remoto, com a geração de imagens digitais (Lopes & Lopes, 2007; IBGE, 2009).

Desta forma, esta pesquisa fundamenta-se na análise de mapas temáticos gerados a partir de ima-

gens de satélite e de dados cartográficos existentes, de modo a auxiliar na tomada de decisão sobre os locais mais adequados para a construção de aterros sanitários, focando na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

## 2 Metodologia

### 2.1 Caracterização da Área de Estudo

A região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba é tida como uma mesorregião geográfica (IBGE, 1990), localizada 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 1). Constitui de sessenta e seis municípios, área de unidade territorial de 90540,6 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010a) e população residente de 2.144.482 habitantes (IBGE, 2010b). O clima da região apresenta duas estações bem definidas, um inverno seco e verão chuvoso. A distribuição de temperatura é marcada fortemente pelo relevo, contendo médias anuais de 25,7°C no extremo pontal do Triângulo (Novais, 2011), e precipitação média de 1480 mm anuais (Santos & Ferreira, 2016).

### 2.2 Definição dos Critérios

Para definição dos critérios a serem empregados foram usadas as seguintes referências: CIEN-TEC (1989), ABNT (1992), ABNT (1997), Brasil (2000), Santos & Girardi (2007), Brasil (2008), Minas Gerais (2008), Dalmas (2008), FEAM (2008), Brasil (2011), Felicori *et al.* (2016), Moreira *et al.* (2016), Santos *et al.* (2016) e Amaral & Lana (2017). A partir delas, foram determinados 13 (treze) critérios/parâmetros para serem utilizados como princípio desse estudo. O critério climatológico usado engloba dois parâmetros: temperatura e precipitação. Foram usados mapas temáticos de feições relacionadas às distâncias de: Recursos hídricos, Fraturas geológicas, Aeródromos, Rodovias, e Núcleos urbanos. Somam-se, ainda, os parâmetros correspondentes à: Unidade de conservação, Litologia, Pedologia, Vegetação, Declividade e Área de posse pública.

São necessários alguns esclarecimentos sobre como alguns critérios foram utilizados. Os valores

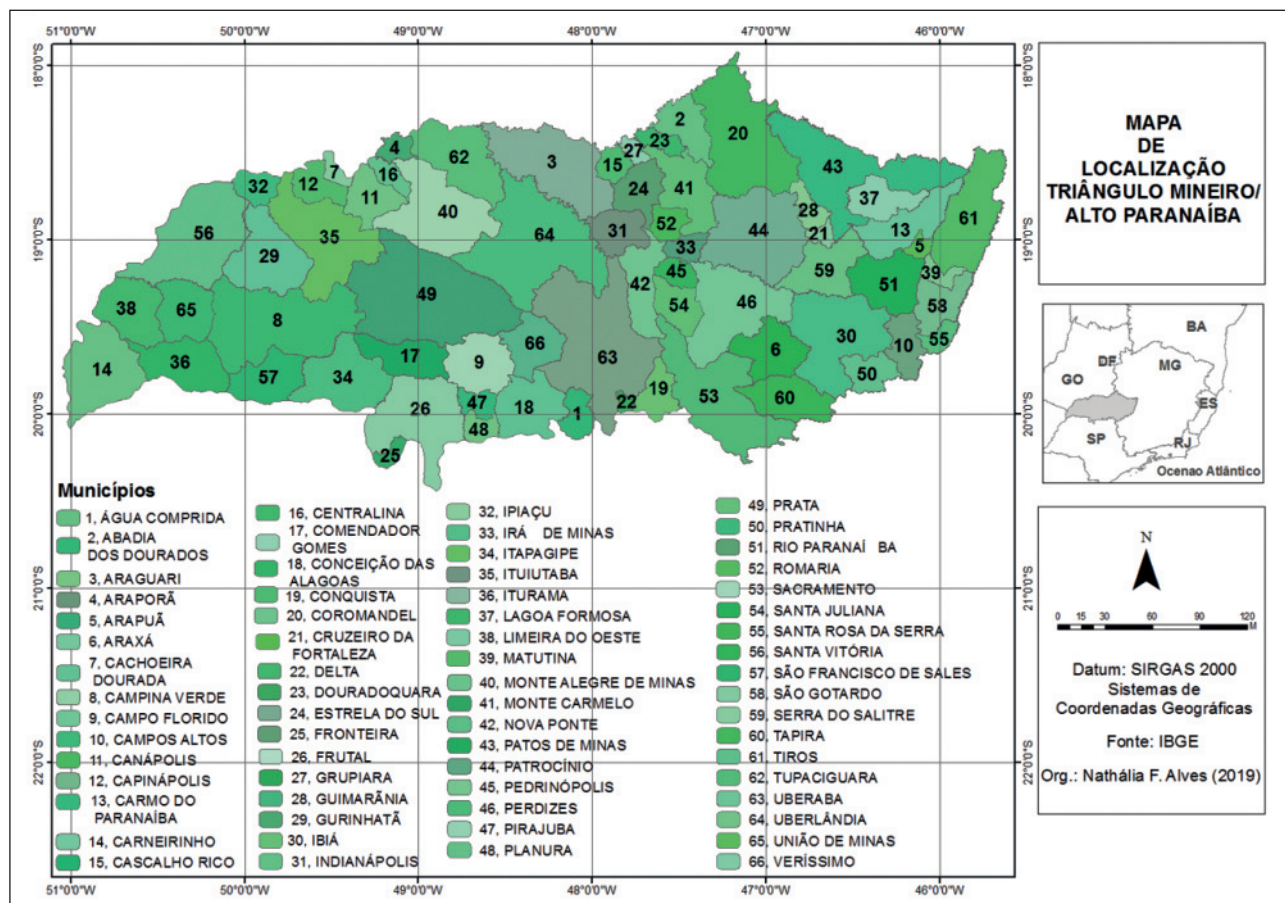


Figura 1 Localização da região de estudo, mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba

de precipitação foram empregados de forma inversa, no sentido de que quanto maior a precipitação maior a probabilidade de o 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 à 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 *et*

*al.*, 2015). Os outros critérios foram mantidos com os valores originais.

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.

### 2.3 Aquisição dos Dados

Foram utilizados nesse estudo imagens digitais e mapas digitalizados. As imagens digitais foram

coletadas gratuitamente no website da USGS, e referem-se ao satélite *Landsat 8*, sensor OLI (*Operational Land Imager*). Foram escolhidas as 7 primeiras bandas espectrais, todas com resolução espacial de 30 metros. As cenas foram obtidas no período de setembro a outubro de 2017, nas órbitas 219, 220, 221 e 222 e nos pontos 72, 73 e 74. Os mapas digitais foram obtidos de variadas fontes e escalas. Todos os produtos foram ajustados no sistema de referência SIRGAS 2000 e articulação compatível com a escala 1:250.000.

O processamento digital dos dados para preparação dos mapas temáticos foi realizado com os softwares QGIS 2.18.5 (software livre) e ENVI 5.1 (licença pertencente à Universidade Federal de Uberlândia).

## 2.4 Método

O método foi segmentado em 3 (três) etapas. A primeira etapa consistiu na produção dos mapas temáticos que caracterizam os critérios/parâmetros. A segunda etapa compreendeu a aplicação de um questionário relacionado com o preenchimento da planilha de pesos da AHP (*Analytic Hierarchy Pro-*

*cess*), por meio de comparações por pares dos parâmetros analisados, sendo avaliada a consistência dos pesos aplicados e utilizados aqueles considerados consistentes. Por fim, a terceira etapa correspondeu ao processamento dos critérios/parâmetros na calculadora AHP. A técnica da AHP foi implementada no software Microsoft Office Excel, permitindo a geração dos pesos e demais dados advindos da aplicação do método. Os mapas temáticos finais foram obtidos a partir de operações aritméticas de multiplicação dos mapas referentes aos 13 (treze) critérios utilizados na pesquisa, onde cada mapa possui sua particularidade em função dos pesos diferentes atribuídos pelos profissionais. Cada mapa temático foi dividido em cinco classes de aptidão à implantação de aterro sanitário: 1 - fracamente adequada; 2 - não adequada; 3 - adequada; 4 - muito adequada e 5 - fortemente adequada. A Figura 2 apresenta o fluxograma do método proposto.

Por fim, foi realizada uma comparação entre as cidades em que já existem aterros sanitários na região de estudo, segundo o levantamento realizado pela CNM (2018) e os mapas produzidos.

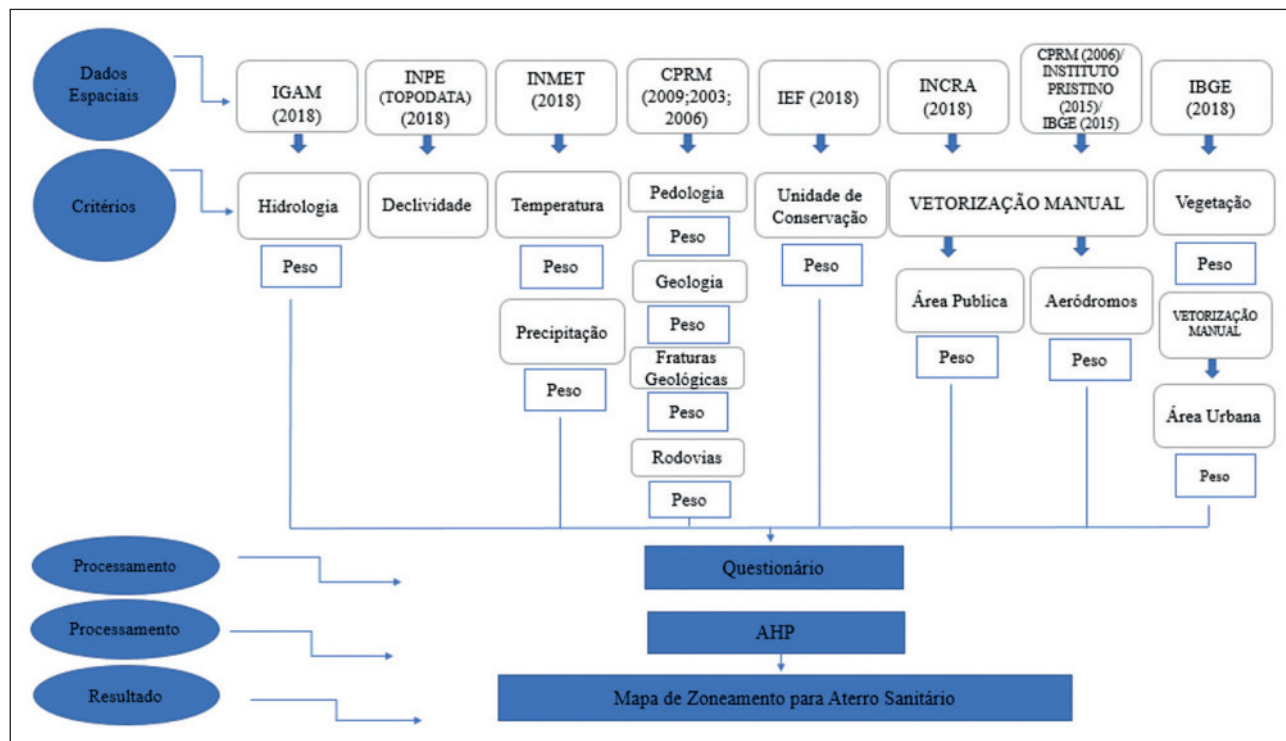


Figura 2 Fluxo metodológico empregado na pesquisa.

### 3 Resultados e Discussão

A seguir são apresentados os resultados da pesquisa, bem como os mapas produzidos e suas análises.

#### 3.1 Matriz de Comparação

Após a aplicação dos questionários aos avaliadores (sete profissionais de variadas formações), foi aplicada a metodologia AHP, mas, previamente, foram avaliadas as razões de consistências de cada matriz gerada por esses profissionais. Cada avaliador proporcionou a ponderação de pares de critérios, comparados dentro da matriz/planilha.

Dentro das avaliações realizadas, houve como resposta o fato da matriz ser ou não ser consistente. A Tabela 1 evidencia a razão da consistência referente a cada avaliador, bem a área de atuação/pesquisa/afinidade desse profissional.

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

Tabela 1 Pesos ponderados da matriz de comparação analisada pelos avaliadores.

Para que o resultado da AHP seja consistente, a RC deve ser inferior a 0,1. Observando a Tabela 1, é visto que os resultados da maior parte dos avaliadores apresentaram matrizes inconsistentes, sendo que apenas dois avaliadores proporcionaram resultados matrizes consistentes (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. Embora as inconsistências façam parte dos julgamentos humanos, sendo frequentes nos modelos de ensaio de decisão, elas apresentam desvantagens ao processo (Passos & Souza, 2011). Assim, para a concretização dos resultados, na montagem dos mapas temáticos finais, foram utilizados os dados preenchidos pelos avaliadores AV1 e AV6, os quais apresentaram resultados consistentes, conforme exigência do método AHP.

Finalmente, 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 (um para cada avaliador), indicando as possíveis áreas adequadas para implantação de aterro sanitário.

#### 3.2 Mapa Contendo as Distâncias Exigidas pela Legislação

Para representar as exigências impostas pelas legislações quanto as distâncias que seguem determinadas em cada critério, foi criada uma máscara, constituída apenas dessas restrições legais. Essa máscara foi sobreposta aos mapas resultantes das análises do AV1 e AV6 e, assim, foram obtidos os mapas finais, integrando os resultados da AHP e restrições legais. As cinco classes de aptidão com as respectivas porcentagens são: 27%, 35%, 22%, 11% e 5% no caso do AV1 (Figura 3) e 26%, 35%, 22%, 11% e 5% no caso do AV6 (Figura 4). Percebe-se uma diferença muito pequena nas porcentagens de cada classe.

Ainda, as Figuras 3 e 4 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 seis municípios analisados (Canápolis; Douradoquara; Itapegipe; Uberlândia; Santa

Vitória; Tupaciguara) 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 recorrentes na porção norte, noroeste da mesorregião de estudo, porém existe a presença de um local na porção sudoeste (Figura 3 e 4).

Diante desses dados, é possível visualizar nos mapas amostrados acima 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 os municípios referenciados no mapa, é visto que 2 (dois) (Uberlândia e Santa Vitória) deles relataram possuir como área de disposição o

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

O município 1 (Canápolis) possui seu mencionado aterro localizado no limiar das classes “1 – fracamente adequada” 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 (Douradoquara) apresenta o “parque sanitário” dentro da classe 1 - fracamente adequada, onde pretende-se implantar o aterro sanitário, destacando que os

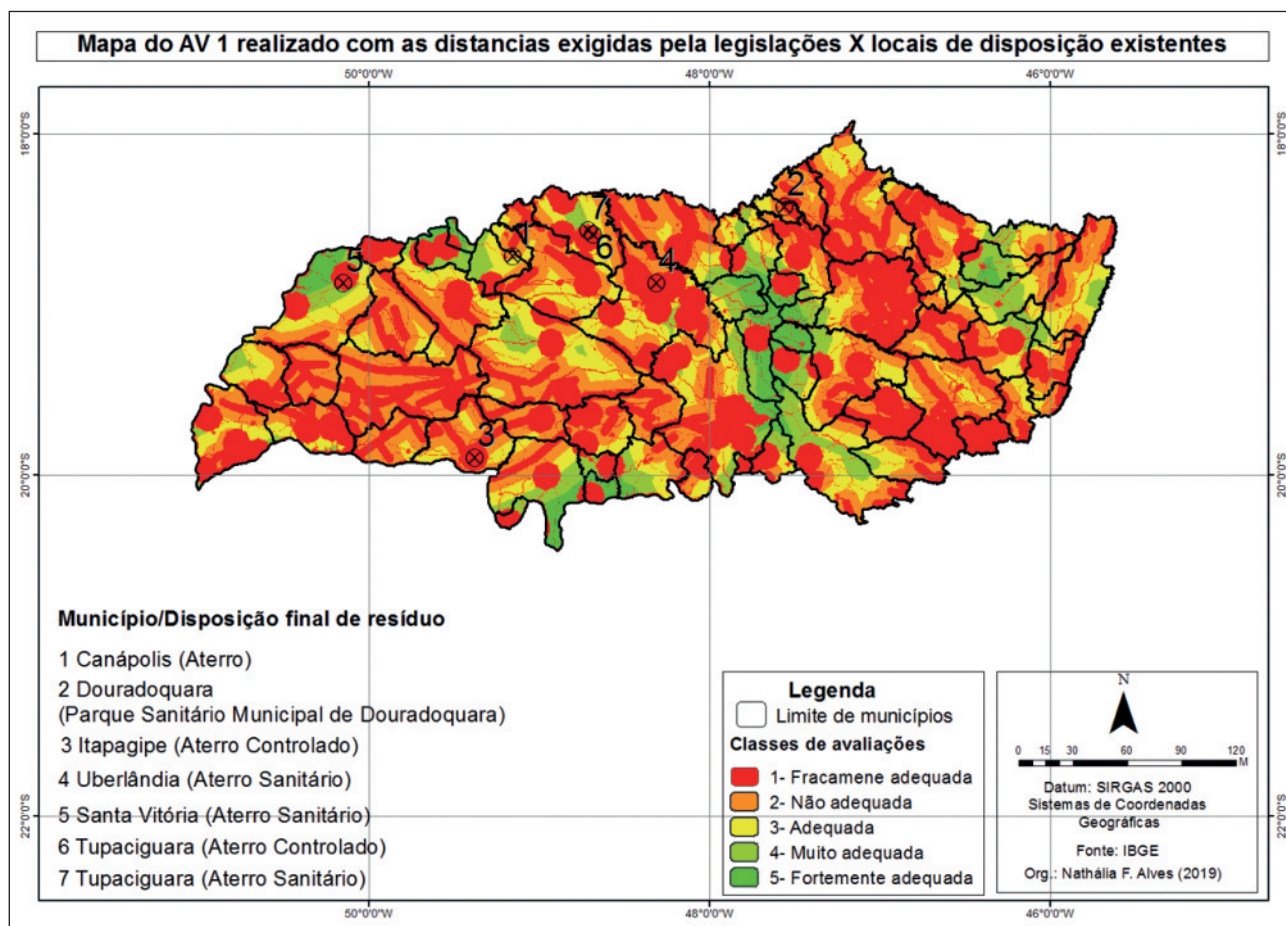


Figura 3 Mapa oriundo da análise realizada pelo avaliador 1 associado aos locais de disposição dos resíduos.

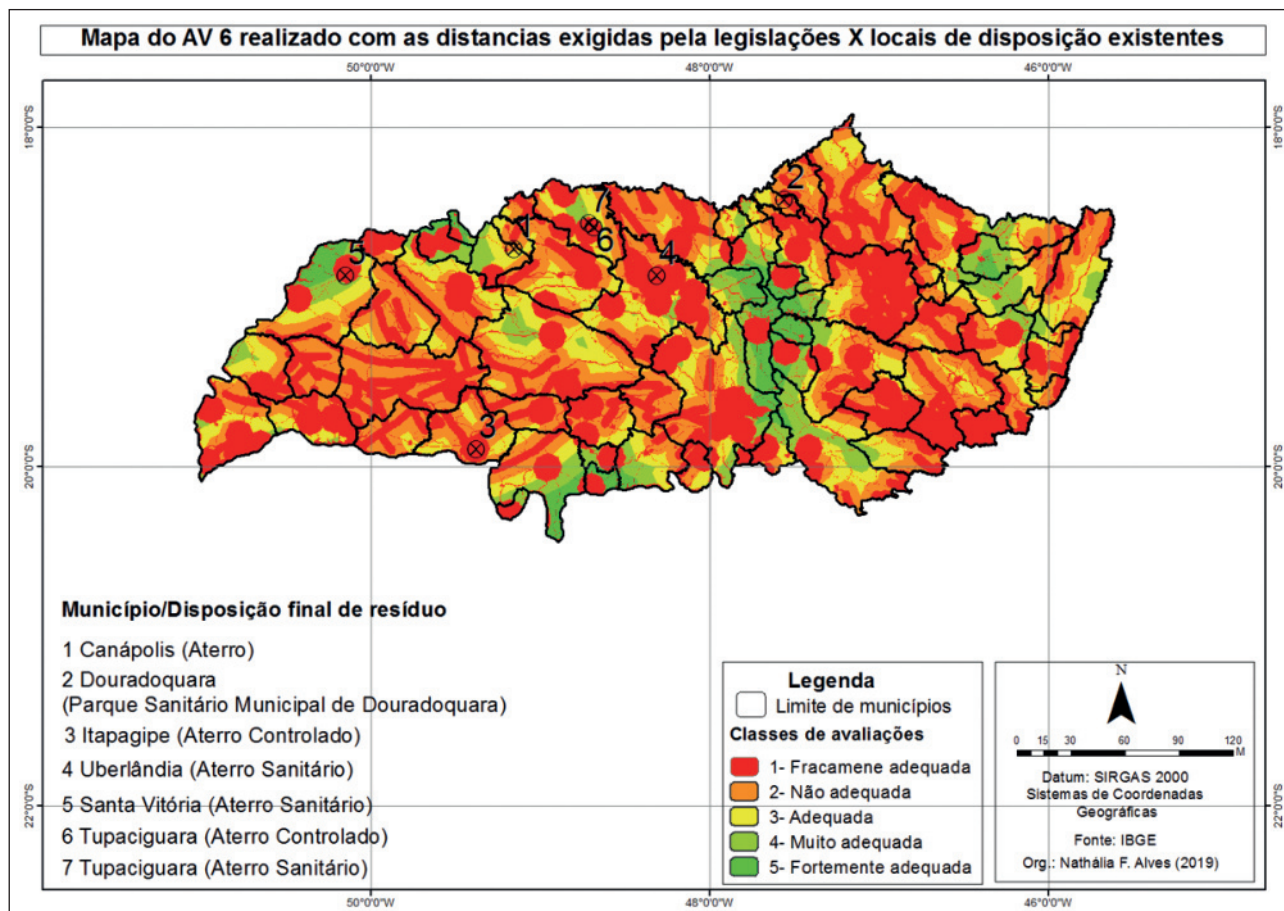


Figura 4 Mapa oriundo da análise realizada pelo avaliador 6 associado aos locais de disposição dos resíduos.

principais fatores que contribuiriam 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. A distância mínima das rodovias é norteadora por lei e deve ser respeitada 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 (Itapagipe), assim como o município 2, encontra-se 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 à 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 & 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 ocu-

pação 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 urubude-cabeça-preta no Brasil (Oliveira *et al.*, 2016).

O município 4 (Uberlândia) 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 exigências 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. Essas atribuições também se aplicam para o município 5 (Santa Vitória), o qual também apresenta seu aterro sanitário na classe “1 - fracamente adequada” diante dos mesmos motivos aplicados ao município 4 (Uberlândia). 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 mostra 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 em 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 (Tupaciguara) 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 se encontra o projeto para a possível instalação também devido o motivo de se encontrar muito 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. Por esse motivo, a escolha definitiva de uma área para implantação de aterro sanitário deve contar com um levantamento preliminar regional e, posteriormente, 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 *et al.*, 2004).

Diante da análise, foi possível conceber que apenas dois municípios, União de Minas e Pratinha, as quais não estão ilustrados nos mapas, não apresentam na sua extensão territorial áreas aptas. Neste caso, uma medida para tentar atender a construção em áreas adequadas para ambos os municípios seria a construção de um consórcio intermunicipal.



pal, porém, a distância existente entre os municípios corresponde aproximadamente 415 quilômetros; assim, são necessários 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.

#### 4 Conclusões

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. 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, por meio da modificação dos pesos ou da inclusão ou exclusão de critérios.

A utilização da análise aplicada da metodologia da AHP indica a distribuição de áreas de aptidão para instalação de aterro de resíduos sólidos na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.

Mesmo com a limitação de ser uma avaliação preliminar e que precisa de confirmações *in loco*, espera-se que os resultados apresentados possam ajudar na seleção de áreas para a implantação de aterros sanitários na região estudada e a metodologia possa servir de referência para outras áreas.

#### 5 Referências

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992. *NBR 8419*: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, ABNT.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1997. *NBR 13896*: aterros de resíduos não perigosos - critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, ABNT.
- Amaral, D. G. P. & Lana, C. E. 2017. Uso de geoprocessamento para indicação de áreas favoráveis à construção de aterro sanitário no município de Ouro Preto (MG). *Caderno de Geografia*, 27(49): 368-382.
- Bastiani, F. 2011. *Avaliação da Influência de Elementos Meteorológicos na Vazão do Lixiviado gerado no aterro sanitário do município de Lajeados/RS*. Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Vale do Taquari, Monografia de Especialização, 86f.
- Born, V. 2013. *Avaliação da aptidão de áreas para a instalação de aterro sanitário com o uso de ferramentas de apoio à decisão por múltiplos critérios*. Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário Univates, Monografia, 103f.
- Brasil. 2000. 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 União*, Brasília.
- Brasil. 2008. Resolução Conama 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. *Diário Oficial da União*, Brasília.
- Brasil. 2011. Portaria Ministério da Defesa 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 União*, Brasília.
- Brasil. 2019. 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*. Disponível em: <http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/artigos/184-risco-da-fauna-uma-questao-permanente>. Acesso em: 8 jan. 2019.
- CIENTEC - Fundação de Ciência e Tecnologia. 1989. *Método de seleção de áreas para aterro sanitário*. Porto Alegre, Relatório Técnico. 12p.
- CNM - Confederação Nacional de Municípios. 2018. *Observatório dos Lixões*. Brasília. Acesso em: 07 set. 2018.
- Collares, E. G.; Rodrigues, M. T. & Parreira, R. 2004. 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, Costão do Santinho, 2004. Trabalhos completos, Costão do Santinho, ICTR, p.5065-5075.
- Dalmas, F. B. 2008. *Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos na UBRHI-11- Ribeira de Iguape e Litoral Sul*. Programa de Pós-graduação em Recursos Minerais e Meio Ambiente, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 177p.
- FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2008. *Orientações Técnicas: para atendimento à Deliberação Normativa nº 118/2008 do Conselho Estadual de Política Ambiental*. Belo Horizonte, FEAM, 46p.
- FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2015. *Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no Estado de Minas Gerais em 2014*. Belo Horizonte, FEAM, 63p.

- Felicori, T. C.; Marques, E. G. E.; Silva, T. Q.; Porto, B. B.; Bravin, T. C. & Santos, K. M. C. 2016. 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*, 21(3): 547-560.
- GIA. 2019. Gemological Institute of America. Disponível em: <<https://www.gia.edu/>>. Acesso em: novembro de 2019.
- Goez, L. L. 2015. *Avaliação de áreas para a implantação de aterro sanitário no Município de Senador Canedo em Goiás*. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Saúde, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Dissertação de Mestrado, 169p.
- Gregório, B. S.; Azevedo, G.M.; Souza, J.L. & Santos, P.S. 2013. Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário no município de Barreiras, Bahia. In: ANAIS XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, Foz do Iguaçu, 2013. Trabalhos completos, Foz do Iguaçu, INPE, p.1-8.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1990. *Divisão do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas*. Rio de Janeiro, IBGE, 137p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. *Manual Técnico de Geomorfologia* (Manuais Técnicos em Geociências, n. 5). 2. ed. Rio de Janeiro, IBGE, 182p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010a. *Área e densidade demográfica da unidade territorial: Mesorregião Geográfica - Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG)*. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1301#resultado>>. Acesso em: 17 jun. 2018.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010b. *Características da população e dos domicílios: resultados do universo*. Rio de Janeiro, Censo Demográfico.
- Lopes, L. H. & Lopes, E. A. 2007. *Mapas temáticos. Expressão gráfica para análise de resultados de pesquisas envolvendo espaço e tempo*. Disponível em: <[http://www.exatas.ufpr.br/portal/docs\\_degraf/artigos\\_graphica/MAPAS.pdf](http://www.exatas.ufpr.br/portal/docs_degraf/artigos_graphica/MAPAS.pdf)>. Acesso em: 17 dez. 2019.
- Minas Gerais. 2008. Deliberativa Normativa Copam 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*, Belo Horizonte.
- Moreira, L. L.; Schwaback, D.; Corrêa, N.R. & Coelho, A.L.N. 2016. SIG Aplicado à seleção de áreas potenciais para instalação de aterro sanitário no município de serra – ES. *Geociências*, 35(4): 531-541.
- Novais, G. T. 2011. *Caracterização Climática da Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e do Entorno da Serra da Canastra*. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Dissertação de Mestrado, 124p.
- Oliveira, H. R. B.; Santos, L. C. B.; Oliveira, C. M. & Silva, J. P. 2016. *Anuário de Risco de Fauna 2015*. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Brasília.
- Passos, A. C.; Souza, R. C. 2011. *Definição de um índice de qualidade para distribuidoras de energia elétrica utilizando o apoio multicritério à decisão e análise de séries temporais*. Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 101p.
- Rezende, F. S.; Leite, M. B. A. & Carriello, F. 2015. Áreas potenciais para implantação de aterro sanitário em Ilha Grande – RJ. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, João Pessoa, 2015. Trabalhos completos, João Pessoa, INPE, p. 4754-4761.
- Santos, J. G. & Ferreira, V. O. 2016. A variabilidade pluviométrica na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. *Geotextos*, 12(1): 233-265.
- Santos, A.; Osco, L. P. & Ramos, A. P. M. 2016. Geotecnologias aplicadas na avaliação da adequabilidade da área de aterro sanitário: um estudo no município de Presidente Bernardes – SP. *Colloquium Exactarum*, 8(3): 44-55.
- Santos, J. S. & Girardi, A. G. Utilização de geoprocessamento para localização de áreas para aterro sanitário no município de Alegrete-RS. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO– SBSR, Florianópolis, 2007. Trabalhos completos, Florianópolis, INPE, p.5491-5498.
- Weber, E. & Hasenack, H. 2000. Avaliação de áreas para instalações de aterro sanitário através de análises em SIG com classificação contínua dos dados. Disponível em: <[http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/Publicacoes/Congressos/2000/Weber\\_&\\_Hasenack\\_2000\\_Avaliacao\\_areas\\_aterro\\_sanitario\\_SIG.pdf](http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/Publicacoes/Congressos/2000/Weber_&_Hasenack_2000_Avaliacao_areas_aterro_sanitario_SIG.pdf)>. Acesso em: 17 dez. 2019.