

MAPEAMENTO DE ÁREAS POTENCIAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO EM MARICÁ, RJ

Julia Miguez¹

Matheus Antonio²

Felix Carriello³

Universidade Federal Fluminense - Departamento de Análise Geoambiental - Av. Litorânea, s/nº, Niterói, Brasil 1.(juliamiguez@id.uff.br); 2.(matheusrla@id.uff.br); 3.(felixcarriello@id.uff.br)

ABSTRACT

The municipality of Maricá, situated in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro, is in a moment of urban and real estate expansion, which implies a greater generation of solid waste. With the establishment of the National Solid Waste Policy, the final environmentally appropriate disposal of this waste became sanitary landfills. Considering the imminent increase in generation of waste and absence of a landfill in the municipal territory, which disposes its waste in a neighboring municipality and, in view of the importance of choosing a suitable place to implant landfills, this work aimed to evaluate the potential areas for landfill installation in the municipality of Maricá using the ArcGIS software. As a result, eight maps were produced about different variables and about the most suitable areas according to the methodology employed.

Keywords: Landfill; Solid waste management; Geoprocessing; Weighted analysis.

INTRODUÇÃO

A disposição adequada de resíduos sólidos coloca-se como um desafio para a gestão pública, especialmente no contexto municipal e em uma conjuntura de crescimento populacional e consumo. Vilhena (2018) destaca que:

as autoridades municipais são peças fundamentais no gerenciamento integrado do lixo municipal. Elas não somente têm a responsabilidade pela implementação/articulação de ações em relação ao lixo, mas também estabelecem os parâmetros para seu desenvolvimento (p. 3).

Em 2010, a partir da Lei 12.305, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). O artigo 10 da referida lei diz que “Incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios” (Brasil 2010) - sendo a gestão integrada a busca de soluções para os resíduos, que considerem as dimensões “política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (Brasil 2010).

Os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos consideram, no gerenciamento dos resíduos as etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação e disposição final ambientalmente adequada. Neste sentido, a PNRS

também decretou como a disposição final ambientalmente adequada para os resíduos sólidos os aterros sanitários¹.

O município estudado no presente trabalho é o de Maricá (Figura 1), pertencente à região metropolitana do estado do Rio de Janeiro. Em seu entorno, encontram-se as cidades de Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Tanguá e Saquarema (Costa 2019).

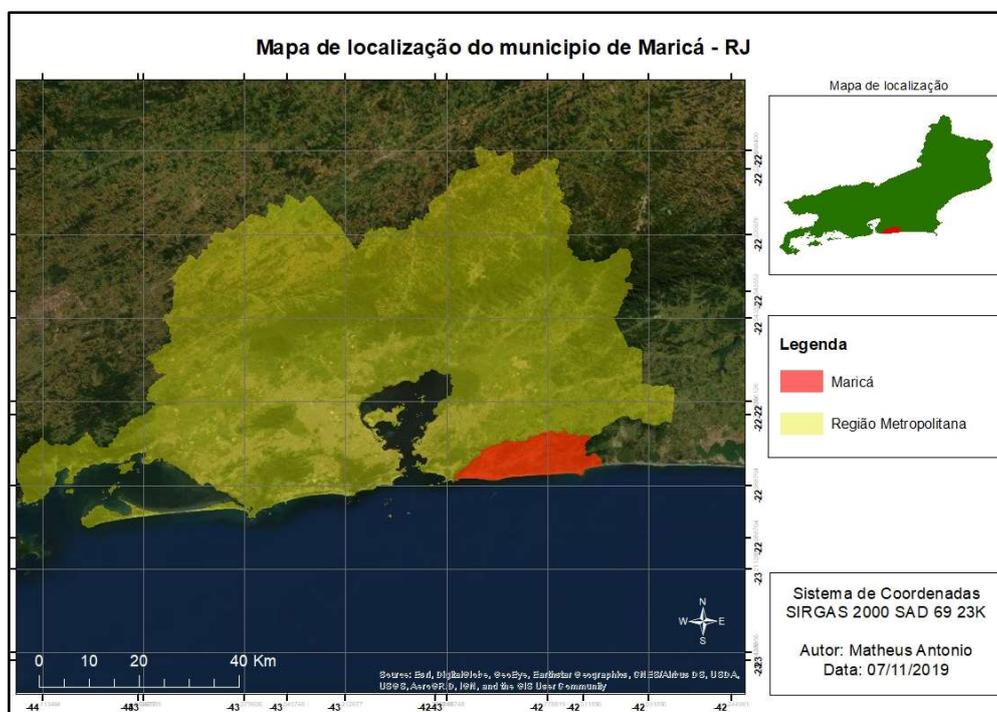


Figura 1. Mapa de Localização de Maricá (produzido pelos autores).

Até a década de 30, Maricá era, em sua maior parte uma área rural. Contudo, com a criação da ponte Rio-Niterói, na década de 80 e a duplicação da RJ-106, nos anos 2000, a cidade sofreu um *boom* imobiliário (Costa 2019), e em 30 anos a população do município quase quadruplicou, tendo hoje uma população estimada de 164.504 habitantes (IBGE 2020). Posteriormente, passando a ser considerado como parte da Zona Limítrofe do Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro (COMPERJ), o município passou a receber *royalties*, que têm sido revertidos em uma maior infraestrutura, atração de empreendimentos imobiliários e aumento do turismo (Coyunji 2009).

¹ Aterros sanitários são “Instalações para destinação final dos resíduos sólidos gerados nos serviços de limpeza pública e outros resíduos sólidos classificados como Classe II (não perigosos e não inertes)” (São Paulo 2016). De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), devido às obras de engenharia e ao seguimento de normas específicas, os aterros sanitários reduzem problemas causados por formas de disposição inadequada como vazadouros, onde os resíduos são dispostos a céu aberto. Evitam assim a proliferação de vetores de doenças e a poluição do ar, do solo e da água, por exemplo (São Paulo 2016).

De acordo com Vilhena (2018), o acentuado processo de urbanização, acompanhado do aumento do consumo de produtos não duráveis tem como consequência uma geração maior de resíduos. Com a crescente geração de resíduos sólidos e a instauração da PNRS, o lixo da cidade de Maricá passou a ser enviado para a Centro de Gerenciamento de Resíduo de Itaboraí, na cidade vizinha, pois não existe aterro sanitário no território maricaense (Maricá 2015).

Sabe-se que, historicamente, os critérios para escolher áreas para disposição dos resíduos sólidos urbanos estiveram relacionados à proximidade entre onde os resíduos são gerados e onde serão dispostos (Hammer 2003 *apud* Lino 2007). Contudo, a seleção de áreas se converteu em um processo complexo, que leva em conta aspectos socioeconômicos e biofísicos. Neste contexto, o uso de sistemas de informação geográfica (SIG) tem sido importante, pois, a partir deles, diversos fatores podem ser analisados simultaneamente (Lino 2007).

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as áreas potenciais para instalação de aterro sanitário no município de Maricá a partir do *software* ArcGIS. Como objetivos específicos, buscamos encontrar dados e informações pertinentes para a definição destas áreas e produzir mapas para espacializar essas informações, tornando-as úteis à gestão pública e tomadores de decisão.

Consideramos esta uma informação primordial para a implantação de um aterro sanitário na cidade e temos como hipótese que este empreendimento traria alguns benefícios como: geração de empregos; redução das emissões de gases de efeito estufa pelo transporte; melhorias no gerenciamento integrado dos resíduos; diminuição da quantidade de resíduos enviados para Itaboraí, aumentando a vida útil do aterro desta cidade.

Por fim, cabe dizer que este trabalho se inspirou em um artigo semelhante, que consta nos Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, onde Rezende, Leite e Carriello (2015) empregaram a mesma metodologia para avaliar áreas potenciais para instalação de aterro sanitário em Ilha Grande (RJ).

METODOLOGIA

A metodologia consistiu, basicamente, em pesquisa bibliográfica em fontes secundárias e uso do *software* ArcGis 10.1, utilizado para tratamento e manipulação de informações espaciais.

Inicialmente, foi necessário buscar dados sobre seis variáveis - uso do solo, unidades de conservação, litologia, hidrologia, rodovias e declividade - os arquivos e suas fontes estão discriminados na Tabela 1.

TABELA 1: DADOS E FONTES

Dados	Fonte
Declividade	TOPODATA/ Inpe
Unidades Federativas	USP
UCS Municipais	INEA
Zoneamento Interno UCS Estaduais	INEA
Hidrografia RJ	INEA
Uso e cobertura	INEA
Solos	EMBRAPA
Estradas	Geológica/ EPL
Geologia	CPRM

Fonte: produzido pelos autores (2019).

Após a obtenção dos dados, se fez necessário transformar todos eles para os mesmos sistemas de projeção e de coordenadas - no caso, escolhemos Sirgas 2000 UTM 23S.

Seguiram-se então uma série de procedimentos, utilizando diferentes ferramentas:

- a) *Clip* - recortou-se os dados para a área de estudo;
- b) *Multiple Ring Buffer* - estabelecemos anéis com as distâncias dos rios e rodovias;
- c) *Union* - unimos as unidades de conservação estaduais e municipais, além de unir cada *shapfile* ao do município de Maricá;
- d) Confecção de mapas - confeccionamos sete mapas, um para cada variável;
- e) *To Raster* - convertimos cada vetor em matriz, etapa necessária para o uso da ferramenta *Map algebra*, que nos daria o resultado final esperado;
- f) *Reclassify* - foram atribuídos valores de 1 a 5, sendo 5 mais adequado e 1 menos adequado para instalação de aterro sanitário.

Essa atribuição de valores é determinada de acordo com cada variável. Para as unidades de conservação, por exemplo, onde há UCs - independente de serem estaduais ou municipais, ou mesmo de sua categoria - são locais considerados inadequados, pois aterros sanitários não estão entre os usos permitidos.

Sobre as categorias “solos” e “litologia”, buscamos entender a permeabilidade dos tipos de solo e rochas. Quanto mais permeáveis fossem, menos adequados seriam para a instalação de aterro sanitário, pois aumentariam o risco de contaminação dos corpos hídricos e águas subterrâneas. Devido a dificuldade de se encontrar informações de permeabilidade de cada tipo de rocha e solo especificamente, optamos por analisar as rochas nas categorias ígnea, metamórfica e sedimentar; e os solos por sua granulometria, ou seja, se eram arenosos, argilosos, siltosos e assim por diante.

Optamos por essas classificações pois foram encontradas para elas informações sobre permeabilidade e porosidade (Figura 2).

Tipo de rocha ou solo	Porosidade máxima (%)
Solo	> 50
Areia e seixo	20 – 47
Argila	> 49
Areia cimentada	5 – 25
Arenito	10 – 15
Calcário e mármore	5
Calcário oolítico	10
Cré	até 50
Rochas ígneas	< 1,5
Rochas metamórficas	geralmente muito baixa

Figura 2. Valores de porosidade de solos e rochas (Chiossi 2013).

No que diz respeito ao uso e cobertura do solo, as categorias prioritárias para implantação de aterro sanitário são pastagem e solo exposto, enquanto vegetação e áreas urbanas recebem valores menores.

As categorias de hidrologia e rodovias estão relacionadas à proximidade: quanto mais próximo de rios e corpos d'água menos favorável, pois aumenta-se o risco de contaminação ao contrário das estradas, que devem estar próximas para favorecer o tráfego dos caminhões que levam os resíduos para os aterros.

A última variável foi a declividade, da qual a análise é bem simples: quanto mais plana a região, mais favorável para a instalação de aterro sanitário ela é considerada. As informações acerca dos valores exatos atribuídos a cada categoria se encontram na Tabela 2.

TABELA 2: VALORES ATRIBUÍDOS ÀS CATEGORIAS

Variável	Classes	Valores
Hidrografia	0	1
	50m	2
	200m	4
	500m	5
Rodovias	0-200m	5
	200 - 500m	4
	500 - 1000m	2
	> 1000m	1
Uso e Cobertura	Afloramento rochoso	1
	Agricultura	1
	Água	1

	Áreas úmidas	1
	Campo/pastagem	5
	Cordões arenosos	1
	Restinga	1
	Solo exposto	5
	Área urbana	1
	Veg. secundária em estágio inicial	1
	Veg. secundária em estágio médio/avançado	1
Unidades de conservação	Proteção integral	1
	Uso sustentável	1
	Sem UC	5
Solo	Corpos d'água	1
	Afloramento rochoso	1
	Gleissolo Háptico	3
	Argissolo Amarelo	4
	Argissolo Vermelho-Amarelo	5
Litologia	Ígnea	4
	Metamórfica	5
	Sedimentar	1
	Material superficial	1
Declividade	Plano	5
	Suave ondulado	4
	Ondulado	3
	Forte ondulado	2
	Montanhoso	1

Fonte: produzido pelos autores (2019).

Por fim, com a ferramenta *Map algebra*, foram atribuídos pesos a cada variável conforme a Tabela 3. Estes pesos foram semelhantes aos utilizados por Resende, Leite e Carriello (2015), com duas diferenças. Em seu trabalho, eles utilizaram um arquivo somente para área urbana, como no presente trabalho consideramos a área urbana apenas dentro da variável de uso e cobertura do solo, acrescentamos peso de área urbana deles na nossa variável de uso e cobertura. O mesmo ocorreu com a variável unidades de conservação, enquanto eles utilizaram um arquivo para UCs estaduais e

outro para municipais, nós preferimos unificá-las em um único *shapefile*, tendo em vista que a influência de ambas é a mesma para a análise.

TABELA 3: PESOS ATRIBUÍDOS PARA AS VARIÁVEIS

Variáveis	Pesos
Unidades de Conservação	0,075
Solos	0,1
Litologia	0,025
Uso e cobertura do solo	0,25
Hidrologia	0,2
Estradas	0,05
Declividade	0,3

Fonte: produzido pelos autores (2019).

RESULTADOS

Como resultados principais da aplicação da metodologia, tivemos a produção de oito mapas (Figuras 3, 4 e 5), sendo o último deles, aquele que apresenta as áreas mais favoráveis à implantação de aterro sanitário.

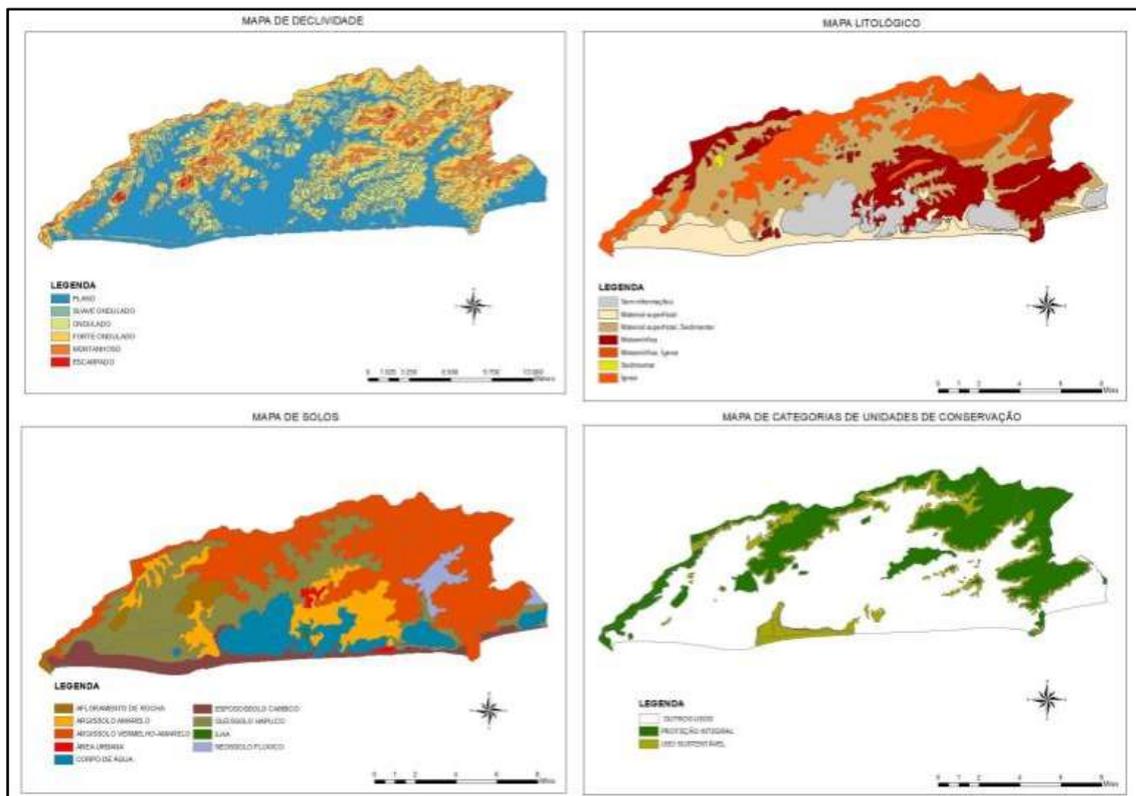


Figura 3. Mapas de declividade, litológico, de solos e unidades de conservação (Produzido pelos autores).

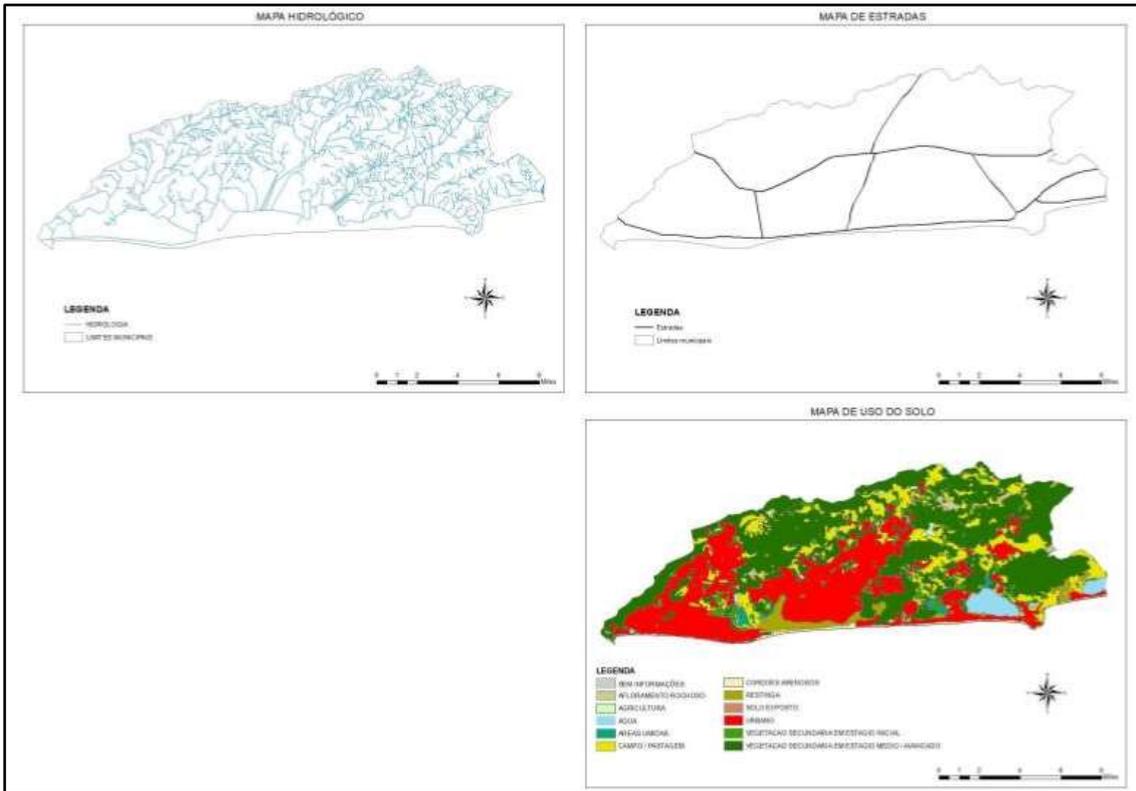


Figura 4. Mapas hidrológico, de estradas e de uso e ocupação do solo (produzido pelos autores).

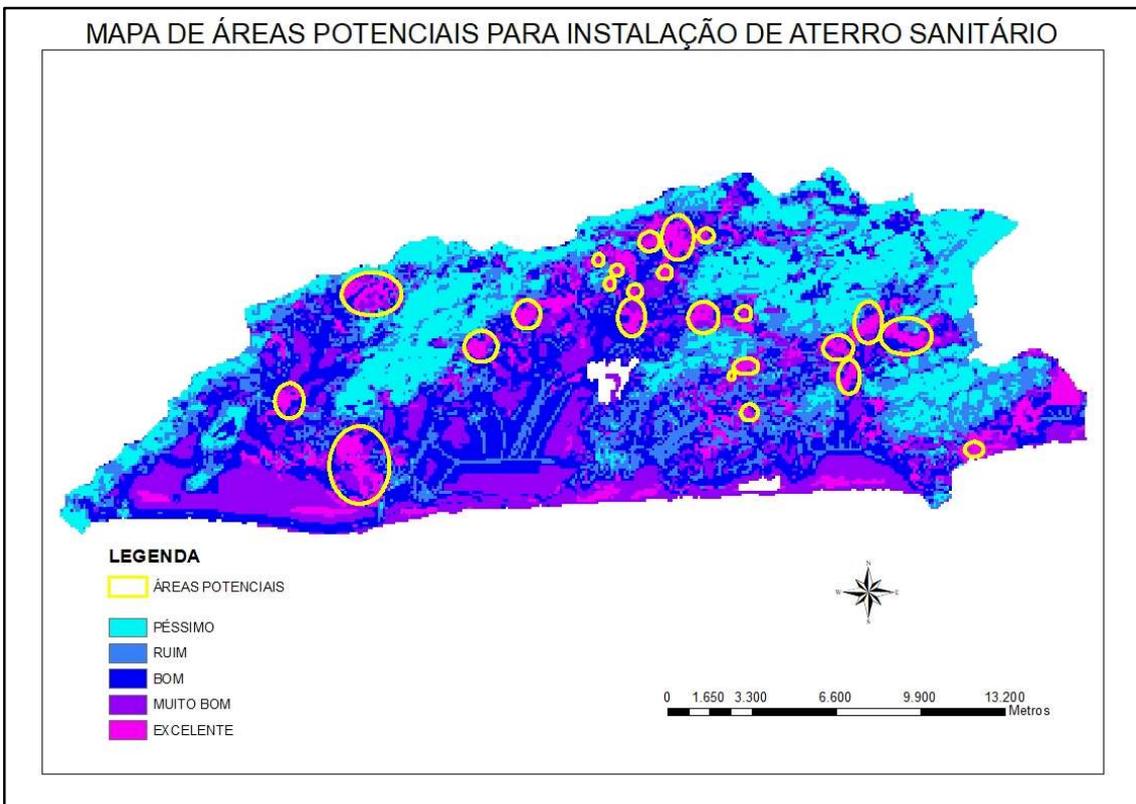


Figura 5. Mapa de áreas potenciais para instalação de aterro sanitário (produzido pelos autores).

Neste mapa, os locais em rosa representam as melhores alternativas locacionais para a construção de um aterro sanitário segundo as variáveis analisadas e a metodologia aplicada. Para ressaltar algumas das áreas identificadas pela metodologia, inserimos círculos amarelos e outras decisões serão tomadas caso a caso, como proibição de aterros próximos à praia, que não foi incluída neste estudo. Conforme afirmam Rezende, Leite e Carriello (2015), a metodologia foi satisfatória para a realização deste tipo de estudo. Percebe-se, no entanto, que há duas manchas brancas, que no ArcGIS ficaram classificadas como *nodata*. Isso se deve à falta de informação na classe de área urbana no arquivo de solos, que gerou como resultado um valor estranho quando utilizamos a ferramenta *raster calculator*, já que houve multiplicação com *nodata* (ponto sem valor). Apesar disso, ao investigarmos a área onde ocorreu o erro, notamos que as regiões estão situadas em área urbana, não sendo portanto adequadas para a implantação de aterro sanitário.

CONCLUSÕES

O geoprocessamento é uma importante ferramenta para a gestão do território. De acordo com Donha (2006) “a tecnologia SIG tem sido usada por vários setores que tratam da questão ambiental como importante ferramenta para o planejamento ambiental, pois a avaliação integrada de um grande número de variáveis se torna possível e simplificada com o uso deste sistema”. A produção de mapas, sendo um suporte para a análise espacial e banco de dados geográficos, auxilia muito neste processo, em especial na Gestão Municipal (Souza, Costa e Lima 2017), favorecendo o entendimento dos fenômenos territoriais.

Assim, proporciona-se a geração de informações intermediárias e conclusivas, em que é possível o acréscimo de novas variáveis a qualquer momento. Dessa forma, como destaca Medeiros *et al* (2012) “informações subsidiadas por técnicas de geoprocessamento e geoestatística, apresentam melhor suporte e segurança para tomadas de decisões”.

No presente trabalho, a aplicação da metodologia possibilitou reconhecer que há regiões onde se pode construir aterros sanitários na cidade de Maricá. Segundo Ferraz (2011) “ainda faltam informações que permitam a elaboração de uma diretriz para a abordagem da questão dos resíduos sólidos no município”. Consideramos assim essa informação georreferenciada essencial para embasar outros estudos que indiquem a real viabilidade deste empreendimento, assim como as decisões dos gestores municipais, técnicos e empreendedores.

Ficam como sugestões para estudos posteriores mensurar a quantidade e classificar os resíduos gerados no município; estimar o porte do aterro sanitário para suprir a

demanda; realizar estudo de impacto de vizinhança; e realizar estudo de viabilidade econômica deste empreendimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília-DF.

CHIOSSI, N. J. Propriedades índice e classificação das rochas. In: CHIOSSI, N. J. Geologia aplicada à engenharia. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 2013. p. 31-328.

COSTA, S. M. S. Conflito socioambiental no município de maricá (RJ): o caso da comunidade de pescadores de Zacarias e o projeto complexo turístico-residencial Fazenda São Bento da Lagoa. Niterói-RJ: Universidade Federal Fluminense, 2019. Dissertação de Mestrado.

COYUNJI, M. Paisagem e temporalidade: expressão natural e humana na laguna de Maricá - RJ. Niterói-RJ: Universidade Federal Fluminense, 2009. Dissertação de Mestrado.

FERRAZ, R. F. B. (coord.) Agenda 21 Maricá. Maricá-RJ: Pancrom, 2011. Disponível em: <http://agendario.org/wp-content/uploads/2016/06/Maric%C3%A1_baixa.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2020.

IBGE. Cidades e Estados: Maricá. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/marica.html>. Acesso em: 27 ago. 2020.

LINO, I. C. Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: análise comparativa de métodos. Rio Claro-SP: Universidade Estadual Paulista, 2007. Dissertação de Mestrado.

MARICÁ. Plano Municipal de Saneamento Básico. Maricá-RJ, 2015. Disponível em: <<https://www.marica.rj.gov.br/plano-municipal-de-saneamento-basico/>>. Acesso em: 25 ago. 2020.

MEDEIROS, M. C. S.; SILVA, A. L.; FREITAS, J. P.; DAMASCENO, J. D. O uso de Técnicas de Geoprocessamento e Estatística como Ferramenta para Gestão Municipal. Revista Eletrônica do Curso de Geografia. 2012, n.18, p. 39-62.

REZENDE, F.; LEITE, M.; CARRIELLO, F. Áreas potenciais para implantação de aterro sanitário em Ilha Grande - RJ. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos-SP. 2015.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Os critérios para a implantação de Aterros Sanitários. 2016. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/proclima/2016/07/14/os-criterios-para-a-implantacao-de-aterros-sanitarios/>>. Acesso em: 18 dez. 2019.

SOUZA, F. E.; COSTA, S. S.; LIMA, K. S. Geoprocessamento no planejamento de resíduos sólidos: uma ferramenta para auxílio na tomada de decisão. Anais do XVII Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis-SC. 2017.

VILHENA, André. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 4. edição. São Paulo-SP: CEMPRE, 2018.

DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2006, v. 10, n.1, p. 175-181.