



1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

GRAMADO-RS

12 a 14 de junho de 2018

USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA DESIGNAÇÃO DE ÁREAS PROPÍCIAS À CONSTRUÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE TERESINA – PI

Abílio Gomes Figueredo Neto (*), Caio Nikolas Amorim da Silva, Grenda Juara Alves Costa, Juliana Gonçalves de Sousa, Herica Jussana Sousa de Assis

* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, abiliotleo@hotmail.com

RESUMO

Os problemas ambientais oriundos dos resíduos sólidos urbanos e seu descarte inadequado vêm se agravando gradativamente com o aumento do consumo e com o esgotamento das áreas para disposição de resíduos e também favorece a proliferação de vetores transmissores de doenças. Assim, a escolha de locais corretos para o descarte desses resíduos deve ser pautada em parâmetros econômicos, sociais e ambientais, mas para designar as melhores áreas de construção desses locais de disposição de resíduos, depende de características do meio e de disposição do uso do solo. Com o intuito de acabar com os danos econômicos, sociais e ambientais causados pela disposição incorreta de resíduos sólidos, este trabalho objetiva gerar mapas que demonstrem as áreas da cidade de Teresina – PI que são favoráveis à implantação de aterros sanitários, tendo por base a lei 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), utilizando o método matemático booleano e análise multicritério, onde foi possível realizar a seleção e classificação de terrenos a partir de técnicas de geoprocessamento pautadas em critérios geoambientais. Ao fim da pesquisa foi possível gerar um mapa final classificando as áreas favoráveis e impróprias para a construção de aterros sanitários.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos sólidos urbanos, análise multicritério, geoprocessamento, aterro sanitário.

ABSTRACT

The environmental problems arising from urban solid waste and their inadequate disposal have gradually deteriorated with increasing consumption and the depletion of waste disposal areas and consequently it favors the proliferation of vectors transmitting diseases as well. Thus, the choice of the correct disposal sites for these wastes should be based on economic, social and environmental parameters, however, to designate the best sites for the construction of these sites depends on the characteristics of the environment and the disposition of the land use. In order to overcome the economic, social and environmental damages caused by the incorrect disposition of solid wastes, this present work aims to generate maps that demonstrate the areas of the city of Teresina – PI that are favorable to the implantation of sanitary landfills, based on the law 12,305 / 2010, which instituted the National Solid Waste Policy (PNRS), using the Boolean mathematical method and multicriteria analysis, where it was possible to carry out the land selection and classification based on geoprocessing techniques ruled on geoenvironmental criteria. At the end of the research it was possible to general a final map classifying the favorable and improper areas for the construction of landfills.

KEY WORDS: urban solid waste, multicriteria analysis, geoprocessing, landfill.

INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo as cidades vão se desenvolvendo e com isso o crescimento populacional e as mudanças dos padrões de consumo também aumentam, bem como a geração de lixo ou resíduos sólidos, principalmente nos centros urbanos. Tais resíduos sólidos urbanos (RSU) causam problemas gravíssimos ao meio ambiente, sendo que a cidade de Teresina e vários outros municípios do país não estão preparados para o aumento populacional e a elevada geração de resíduos sólidos. Segundo Ferreira (2008), A crescente urbanização mundial, vem acarretando um acúmulo de lixo, gerado a partir do consumo inconsciente por parte do ser humano, ocasionando sérios problemas para o planeta. Essa disposição final dos RSU é um dos grandes transtornos que afetam as sociedades e, sobretudo devido aos grandes problemas gerados, uma das soluções mais cabíveis seria dispor corretamente os resíduos em aterros sanitários.

Dessa forma, segundo aponta CANTO (2010), em agosto de 2010, o Congresso Nacional aprovou a Lei 12.305/2010 instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que propôs a prática de hábitos de consumo sustentável, coleta seletiva e reciclagem, responsabilidade compartilhada entre o poder público, empresas e cidadãos, logística reversa envolvendo fabricantes, distribuidores e comerciantes e outras políticas a respeito dos RSU. O ponto mais importante desta lei é que todas as administrações públicas municipais deveriam encerrar as atividades de seus lixões e aterros controlados no prazo máximo de quatro anos, substituindo-os por aterros sanitários ou industriais. O prazo para

se adequarem à lei estava previsto para 2 de agosto de 2014, porém cerca de 60% dos municípios brasileiros não cumpriram a lei.

Com o intuito de obter critérios para a apresentação de projetos de aterros sanitários de RSU, a Associação Brasileira de Normas Técnicas em sua NBR 8419/1992 fixa as condições mínimas para a apresentação de aterros sanitários, traz também os documentos, as definições e as condições gerais e específicas para a construção de aterros. Além disso, essa norma também apresenta informações sobre a origem, qualidade, quantidade diária e mensal, frequência e horário de recebimento dos resíduos, dentre outros. O local a ser escolhido para a construção de um aterro passa por critérios de seleção que vão desde o zoneamento, características topográficas, geológicas, climatológicas, hidrológicas e pedológicas. De acordo com Sampaio (2016), A escolha de áreas para localização de um aterro sanitário deve seguir uma série de normativas que levam em conta parâmetros ambientais, sociais e econômicos. A observação a tais parâmetros minimizam a necessidade de possíveis ações corretivas, cumpre as exigências legais vigentes, reduz custos de construção e operação, bem como os custos ambientais relacionados ao sistema.

Assim, o uso das geotecnologias, como é caso da análise multicritério, que faz parte de geoprocessamento, foram de suma importância na definição e localização dos locais para a construção desses aterros, mostrando ser um ramo de estudo extremamente necessário para a tomada de decisões de diversas áreas de pesquisa.

Nessa perspectiva, o principal objetivo desta pesquisa é a confecção de mapas que demonstrem às áreas propícias a construção de aterro sanitário ambientalmente sustentável na cidade de Teresina – Piauí, de acordo com a lei 12.305/2010 que institui a PNRS. Esta lei estabelece os princípios, instrumentos, objetivos e diretrizes visando promover e garantir uma gestão adequada dos resíduos sólidos.

Para almejar tal pleito foram utilizadas algumas técnicas de matemática e geoprocessamento, como é o caso do método booleano e da análise multicritério, respectivamente, de acordo com as regras ambientais estabelecidas pela lei e também no diz respeito a ABNT NBR 13896:1997 e ABNT NBR 8419:1992.

OBJETIVOS

Para auxiliar na proposta apresentada pelo trabalho, foram definidos os objetivos que são estabelecer parâmetros relativos à escolha dos locais adequados à implantação de aterros sanitários e através desses parâmetros gerar mapas temáticos apontando os locais com potencial para a instalação de um aterro sanitário no município de Teresina – PI e assim, auxiliar o poder público na instalação adequada desses aterros minimizando a degradação ambiental do município.

METODOLOGIA

- **Área de Estudo**

A cidade de Teresina é a capital do estado do Piauí, localiza-se próximo à divisa com o Maranhão a oeste do estado com coordenadas geográficas de latitude de 5°5'20" sul e longitude de 42°48'07" oeste (figura 1), possui uma área total de 1 391,981 km² e tem uma população de aproximadamente 850 200 habitantes.

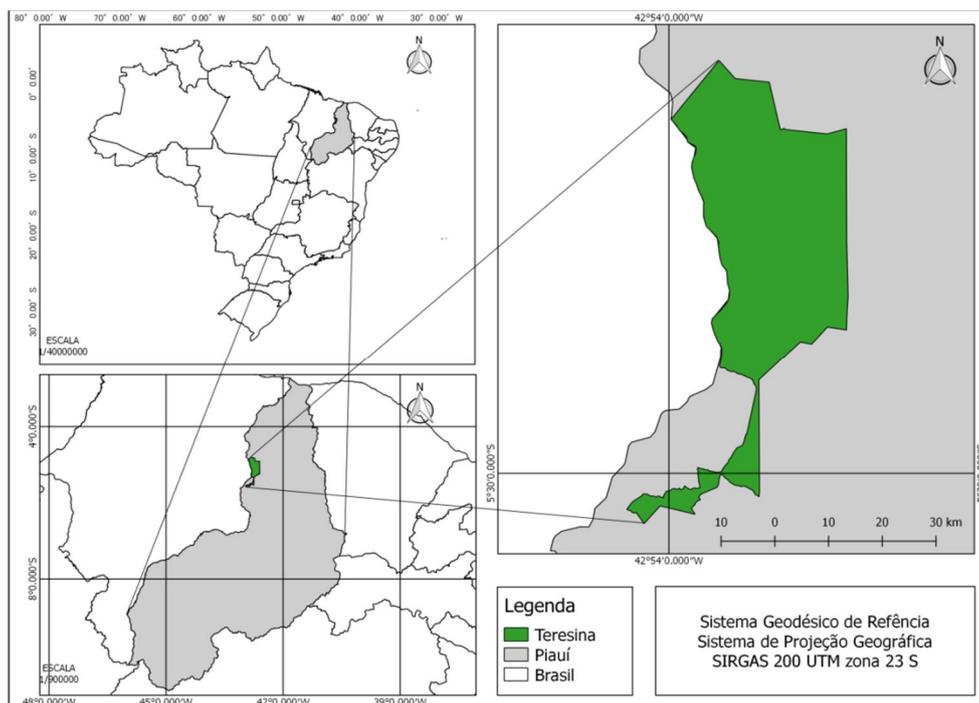


Figura 1: Mapa de localização do município de Teresina, Piauí, Brasil. Fonte: Autor do Trabalho.

• Aquisição e Manipulação de Dados

Para realizar a análise multicritério, bem como a álgebra booleana necessitou-se da aquisição de alguns dados como declividade e cursos d'água, adquiridos através do site Topodata (curvas de nível, drenagem), núcleos urbanos, imagens do Modelo Digital de Elevação – MDE, baixadas através do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e por fim, estradas e caminhos, disponíveis no site do DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

Logo após a aquisição de todos os dados, foi gerada a declividade e após ser gerada foi feita uma reclassificação dos valores do grid de acordo com os padrões da Emprada (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e com os critérios geoambientais.

As imagens da área de estudos adquiridas foram usadas para gerar as redes de drenagem, para posteriormente serem feitos os buffers de 200 metros, sendo que todos os esses passos foram feitos a partir dos comandos do *Taudem* disponível no SIG QGIS.

Segundo Pampolini et al (2017), Os critérios ambientais utilizados para classificação de áreas viáveis à implantação de um aterro sanitário referem-se às variáveis geotécnicas e pedológicas que classificam os terrenos quanto à Declividade, Espessura e Permeabilidade do solo. Os critérios de uso e ocupação do solo correspondem ao ordenamento, parcelamento, uso e ocupação do solo, que dizem respeito à Titulação da Área, Distância de Núcleos Populacionais, Distância de Vias, hidrografia, Vias de Acesso e tamanho da Área Disponível (Vida Útil).

No que diz respeito ao método booleano, este tem a utilidade de classificar os locais favoráveis à construção de aterros realizando a multiplicação dos mapas gerados com o auxílio de técnicas de geoprocessamento e através dos dados adquiridos, possibilitando a utilização da análise multicritério por meio deste método.

Pampolini et al (2017) menciona que a análise de multicritérios é uma técnica que surgiu na década de 1960, sendo utilizada para auxiliar na tomada de decisões. É empregada como instrumento de estudo que verifica, a partir de distintos critérios selecionados, os diferentes cenários e potenciais resultados. No caso deste estudo serão abordados os aspectos ambientais e os socioeconômicos.

Ramos (2000) apud Zambon (2005), diz que a partir da estruturação do modelo, considerando o objetivo a ser alcançado e definidos os critérios necessários para a solução do problema, é possível utilizar as técnicas de decisão multicritério para sua resolução. Os passos podem ser assim resumidos: definição de pesos para os critérios, normalização e combinação dos critérios.

Alguns indicadores técnicos e ambientais foram selecionados, no qual depois de selecionados foram estabelecidos critérios de pontuação e ponderação da importância relativa de cada indicador.

Por exemplo, esses indicadores receberam pontuações variantes entre 0 e 1, ou seja, quando a pontuação for 1, mais propício será a área para a construção do aterro sanitário e quando for 0, será menos favorável para a construção.

Após a coleta dos dados, estabelecer os indicadores e suas pontuações, bem como os critérios adotados, foi feita a soma das pontuações de todas as áreas selecionadas e assim as que apontarem maiores pontuações, conseqüentemente, apresentarão maior condição de implantação de aterro.

Os cálculos dos pesos dos indicadores e manipulação de todos os dados que possibilitaram a geração de mapas temáticos, a combinação dos mesmos pela lógica booleana e a geração do mapa final foram realizados através do software QGIS 2.18.13.

RESULTADOS

Como já dito anteriormente as análises aqui feitas são do tipo booleano, segundo os critérios analisados e multicritério, sendo que esses resultados remetem aos produtos cartográficos produzidos em função da utilização de técnicas de geoprocessamento.

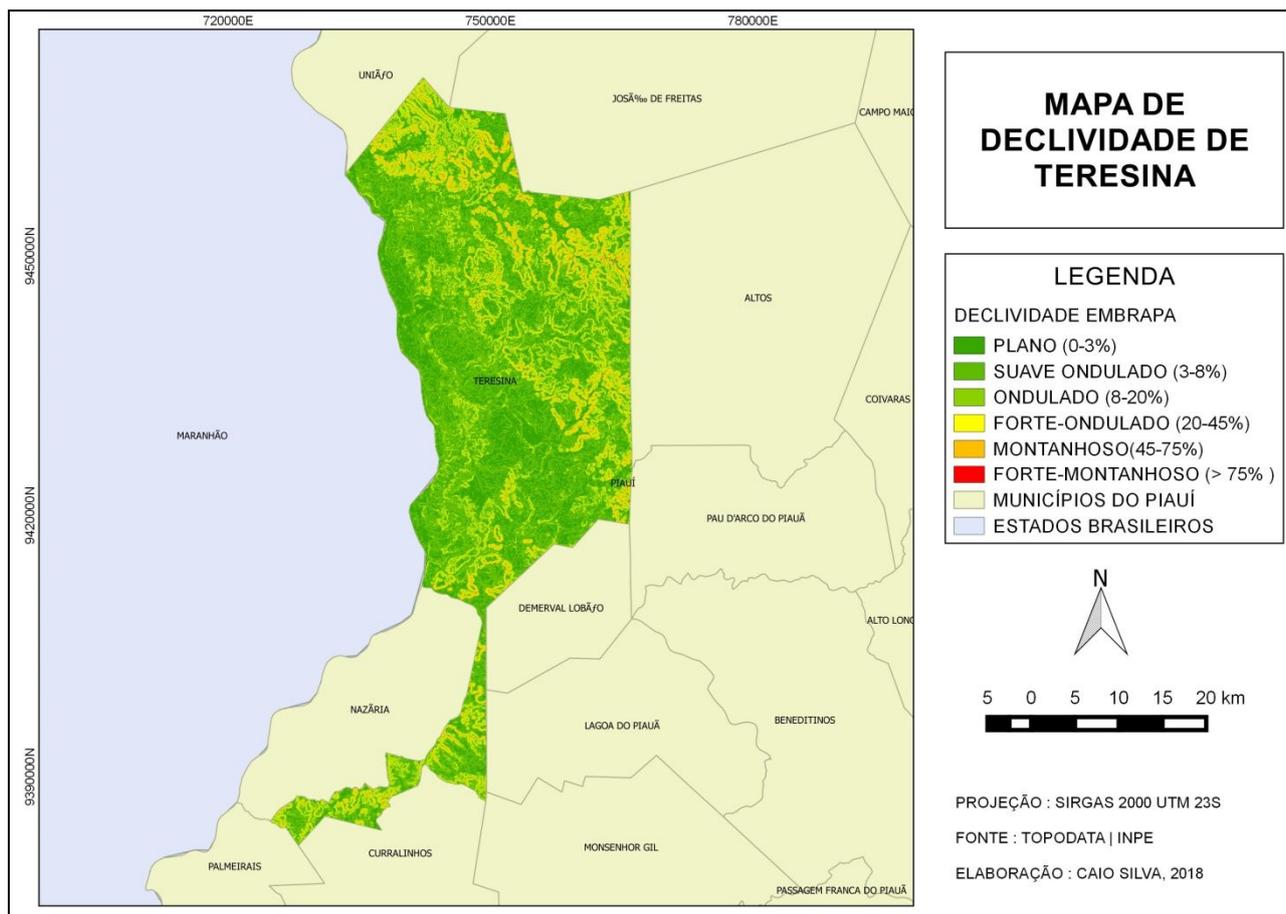


Figura 2: Mapa de Declividade de Teresina. Fonte: Autor do Trabalho.

A Figura 2 apresenta o mapa de declividade de Teresina segundo os critérios da Embrapa. A capital apresenta em grande parte de seu território sendo plano e suavemente ondulado em algumas regiões.

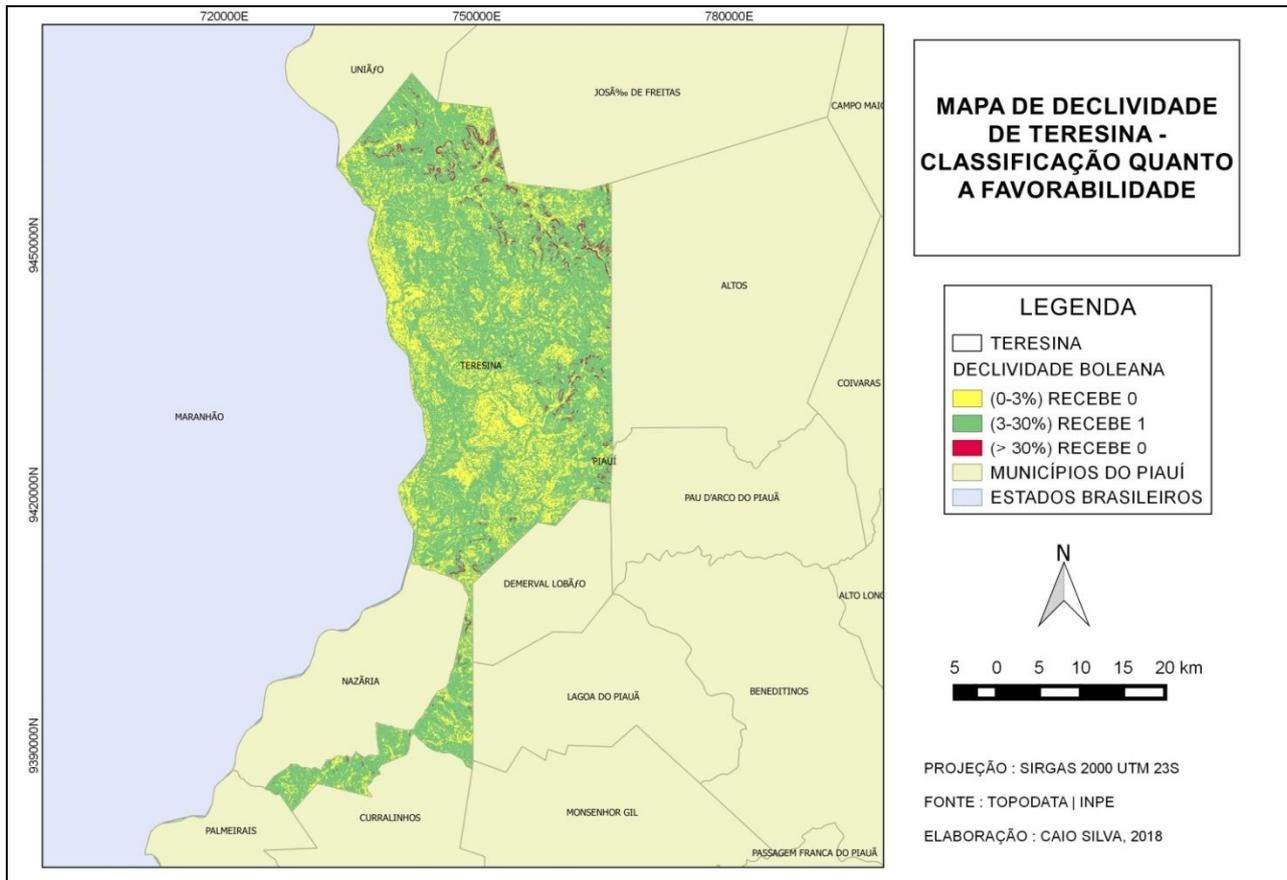


Figura 3: Mapa de Declividade seguindo os critérios de favorabilidade. Fonte: Autor do Trabalho.

A Figura 4 ilustra o mapa de declividade de Teresina. Os locais com declividade menor que 3% (amarelo) e maior que 30% (vermelho) receberam nota 0 e foram considerados como inaptos à construção do aterro sanitário. Os locais com declividade entre 3 a 30% (verde) receberam nota 1 e foram selecionados para classificação quanto a favorabilidade.

Baixas declividades favorecem a movimentação gradacional de resíduos e materiais para forração, além de oferecerem facilidades aos sistemas de drenagem de líquidos e gases (SILVA, 2011).

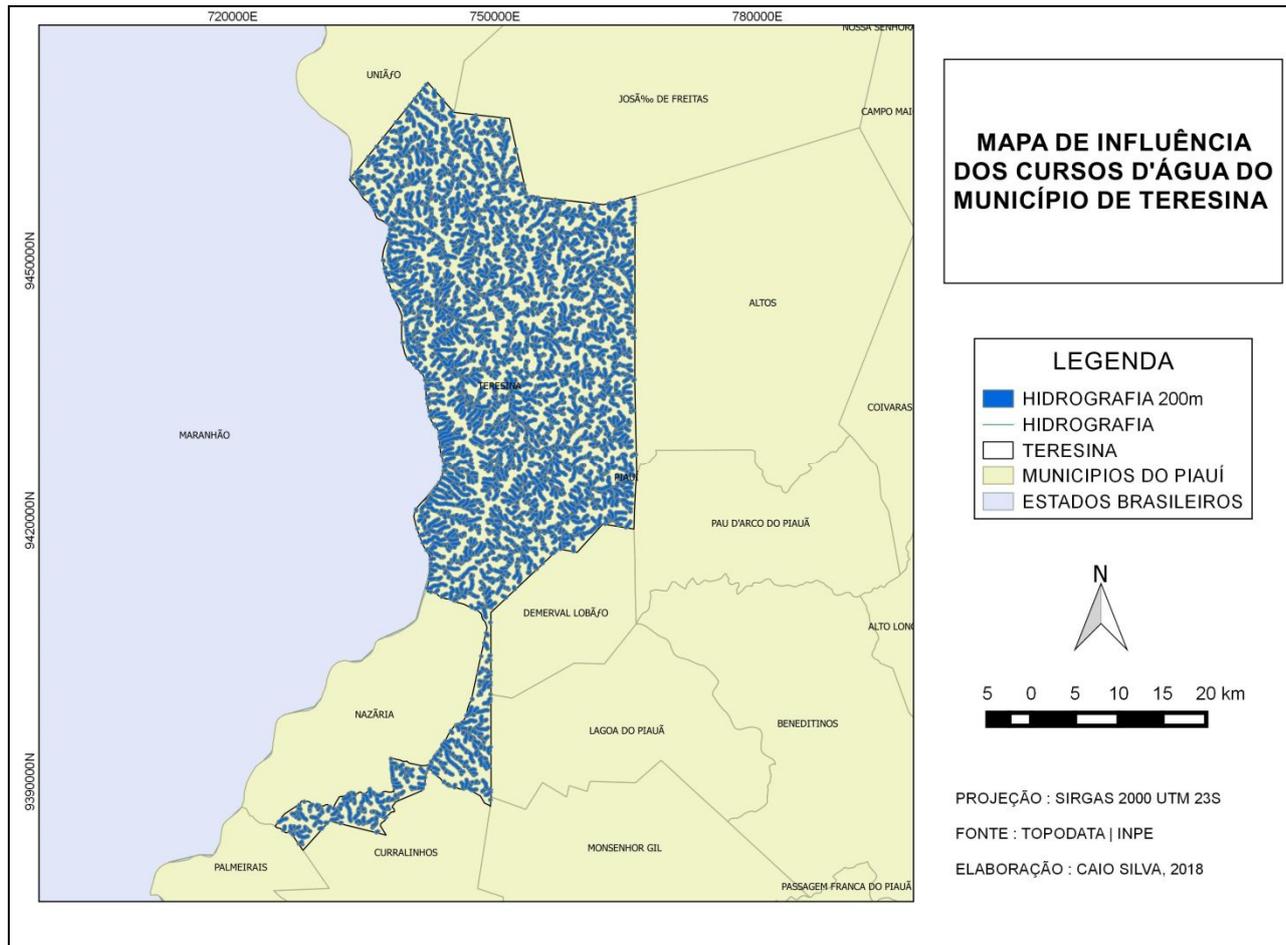


Figura 4: Mapa de influência dos cursos d'água. Fonte: Autor do Trabalho.

A figura 4 mostra as redes de drenagem e influência dos cursos d'água, as áreas dentro de um raio de 200 metros receberam nota 0 e foram classificadas como áreas inaptas e as demais áreas receberam nota 1 e foram selecionadas para a classificação quanto a favorabilidade. Pois segundo a norma ABNT NBR 13896:1997, será utilizado a distância mínima de 200 metros de qualquer curso d'água. No local onde será implantado o aterro sanitário é imprescindível que haja a impermeabilização do solo e implantação de sistemas de drenagem para todos os líquidos gerados, evitando assim possíveis contaminações e informando a distância mínima de recursos hídricos, a serem observados quanto à construção de aterro sanitário.

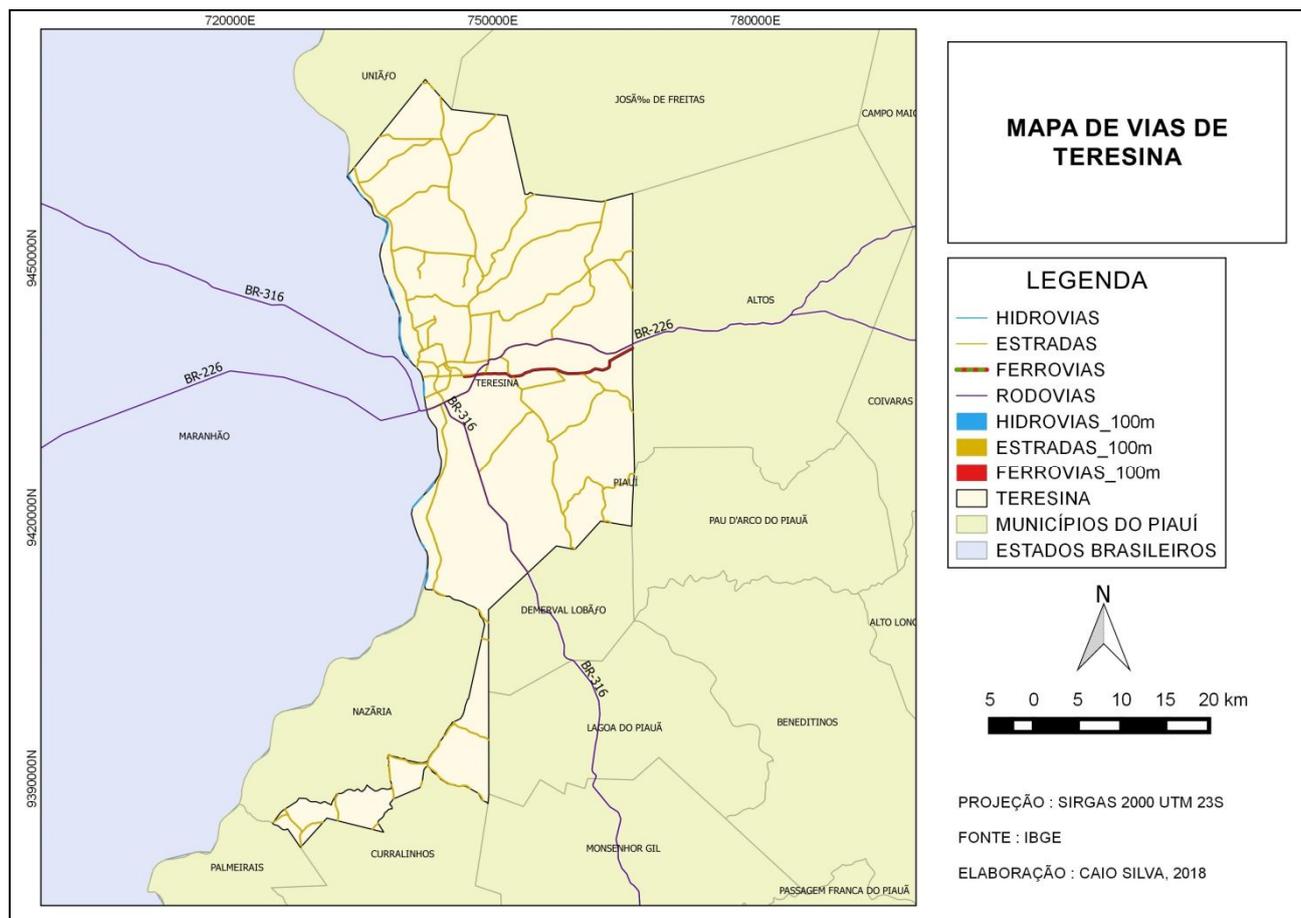


Figura 5: Mapa de vias de acesso de Teresina. Fonte: Autor do Trabalho.

A figura 5 ilustra as vias da capital, suas hidroviias, Ferrovias, rodovias e estradas, para todas foi feita um buffer de 100m e essas áreas foram classificadas como áreas inaptas e receberam nota 0, as demais recebem nota 1 e foram classificadas quanto a favorabilidade.

Silva (2011) aponta que se deve respeitar uma distância mínima de 100 metros de rodovias e estradas para a implantação de um aterro sanitário para a disposição de RSU.

Segundo a norma ABNT NBR 13.896:1997, a condição das vias de acesso é um fator de evidente importância em um projeto de aterro. É necessário que haja boa condição de tráfego com vias de acesso pavimentadas e bem sinalizadas assegurando segurança no transporte dos resíduos durante toda sua operação.

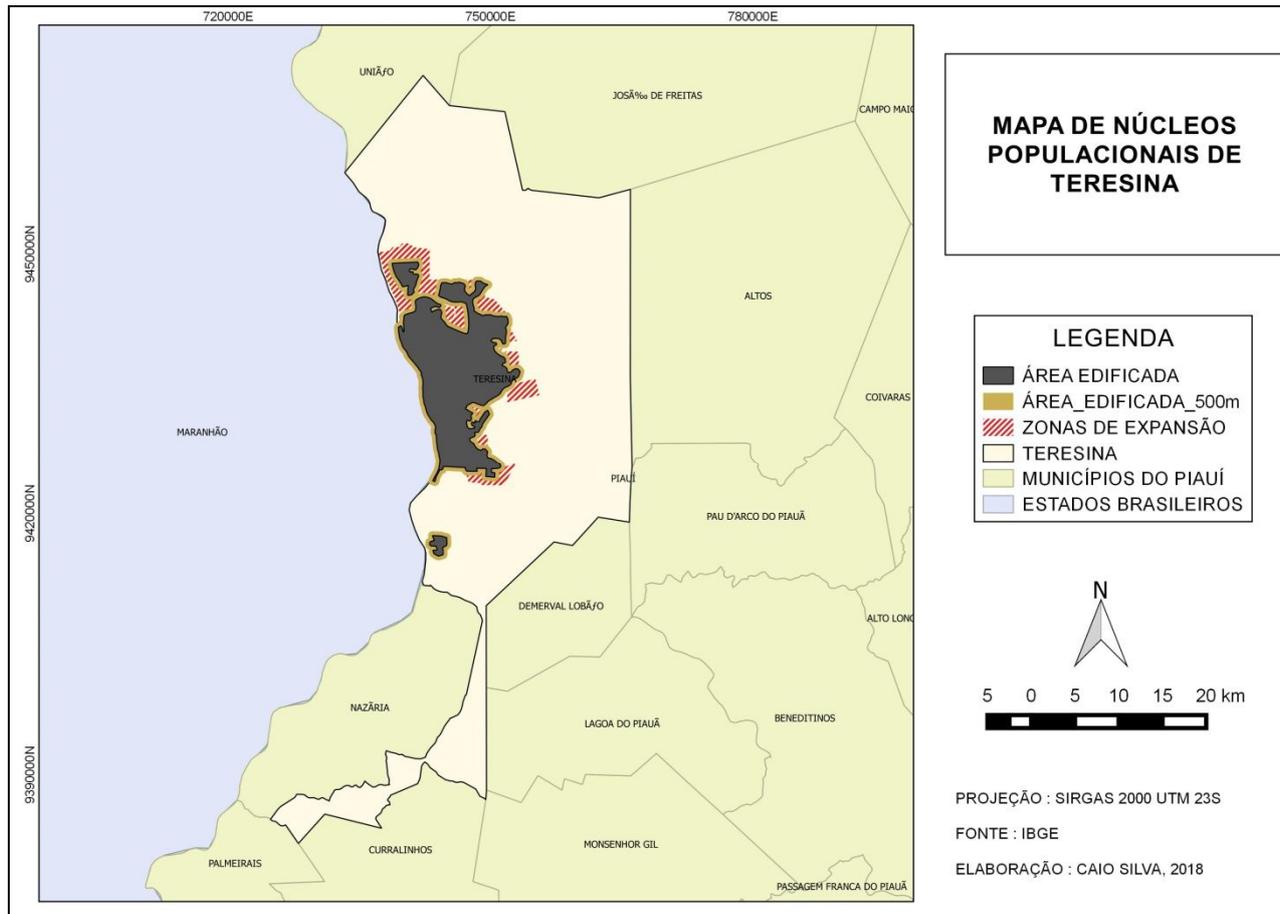


Figura 6: Mapa de núcleos populacionais de Teresina. Fonte: Autor do Trabalho.

A figura 6 apresenta as áreas edificadas e as zonas de expansão de Teresina, sendo que as áreas edificadas são demonstradas na cor cinza e recebem nota 0, a cor laranja representa o buffer de 500m da área edificada e também recebe nota 0, sendo classificada como área inapta, as zonas de expansão ilustradas com listras vermelhas também são classificadas como áreas inaptas, as demais áreas receberam nota 1 e foram classificadas quanto a favorabilidade.

Em seguida, para a geração do mapa final foram combinadas todas as classificações que obtiveram nota 1 (método booleano), as regiões que possuem em todas as classificações nota 1, receberam a classificação como áreas favoráveis a implantação do aterro, as demais áreas que receberam nota 0 em uma ou mais classificações foram classificadas como áreas inaptas a implantação do aterro sanitário.

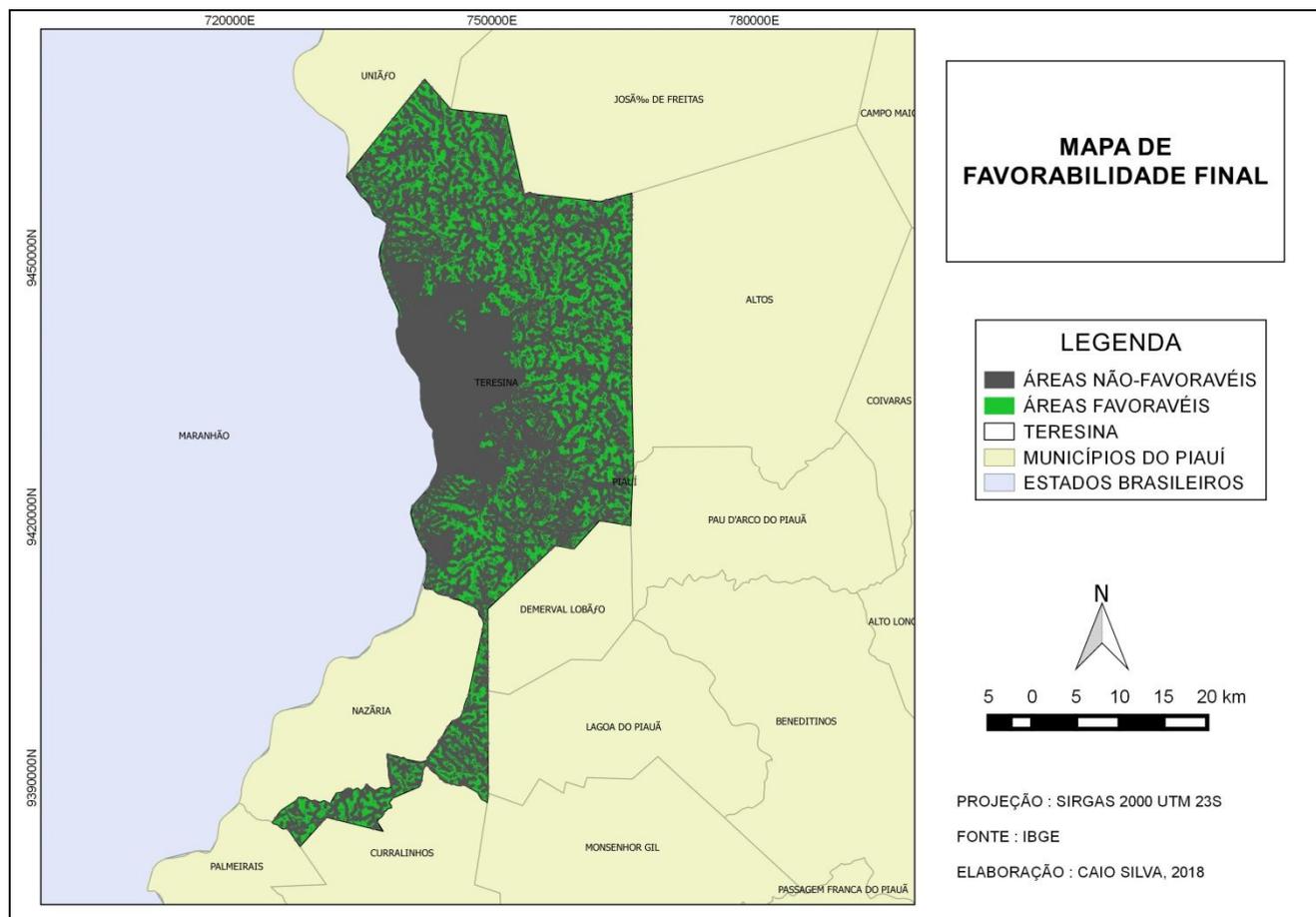


Figura 7: Mapa de favorabilidade final. Fonte: Autor do Trabalho.

A figura 7 ilustra o mapa final, denominado nesse trabalho como Mapa de Favorabilidade final para fins de locação ou implantação de um aterro sanitário. As áreas favoráveis à implantação do aterro estão sendo visualizadas na cor verde e receberam nota 1, as áreas que obtiveram classificação como áreas inaptas estão na cor cinza e receberam nota 0.

CONCLUSÕES

Ao fim de todo o processo de coleta de dados, bem como todas as etapas já realizadas nesta pesquisa, espera-se produzir mapas que apontem todas as regiões da cidade de Teresina com possibilidade de implantação de pelo menos um aterro sanitário sustentável de acordo com a lei 12.305/2010, ABNT NBR 13896:1997 e ABNT NBR 8419:1992, apresentando os terrenos aptos e inaptos, de acordo com cada pontuação, para a criação desses aterros, ajudando a diminuir o número de descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos na capital piauiense e contribuir para o desenvolvimento sustentável do município.

Por tanto se vê o quão é importante o uso de ferramentas de geoprocessamento que auxiliam no estudo não só no que diz respeito aos resíduos sólidos, mas também em qualquer outra pesquisa de cunho ambiental, bem como de outras áreas, tendo em vista que Teresina necessita da implantação de aterros sustentáveis, onde trariam benefícios ao meio ambiente e a população da cidade.

A criação desses mapas seria de grande ajuda para o poder público, pois além de conscientizá-los de que existem lugares mais adequados para o despejo de impurezas, tornaria o trabalho de construção desses aterros bem mais rápido e prático, denegrindo de forma amena o planeta e diminuindo o despejo de lixo feito de forma inadequada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419: **apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos** – procedimento. Rio de Janeiro, 1992.
2. ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13896: **aterros de resíduos não perigosos** – critérios para projeto, implantação e operação – procedimento. Rio de Janeiro, 1997.
3. CANTO, R. **Lei de resíduos sólidos não foi cumprida. E agora?** Carta Capital, São Paulo: Editora Confiança, 15 agosto de 2014.
4. FERREIRA, Juliana Martins de Bessa. **A sociedade da informação e o desafio da sucata eletrônica**. Revista de Ciências Exatas e Tecnologia, vol III, nº 3, 2008.
5. Pampolini, D. G., & Eduardo Lana, C. (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).
6. Ramos, R.A.R. (2000). Localização Industrial – Um Modelo Espacial para o Noroeste de Portugal. Braga – Portugal. 299p. Tese (Doutorado), Universidade do Minho.
7. SAMPAIO, Felipe Lischka et al. **Pré-seleção de áreas adequadas à implantação de aterro sanitário na região da AMVALI-Associação dos Municípios do Vale do Itapocu-SC a partir do uso do geoprocessamento**. 2016.
8. 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, 2011.
9. Zambon, Kátia Livia et al. (2005). Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoeletricas utilizando SIG. Pesquisa Operacional, v. 25, n. 2, p. 183-199.