

Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) na análise do entorno de aterros sanitários e a Democratização / Inclusão Geotecnológica

Geographic Information Systems (GIS) in the analysis of the surroundings of sanitary landfills and the Geo-technological Democratization / Inclusion

Sistemas de Información Geográfica (SIG's) en el analisis de los alrededores de vertederos urbanos y la Democratización / Inclusión Geoetecnológica

João Paulo Peres Bezerra

Professor Doutor, Unv. Federal Fronteira Sul-UFFS Erechim/RS, Brasil
joao.bezerra@uffs.edu.br

Antonio Cezar Leal

Professor Doutor, UNESP-FCT de Pres. Prudente/SP, Brasil
Pesquisador PQ/CNPQ
cezar.leal@unesp.br

Rafael Silva Nunes

Analista de Geoprocessamento, Tecnólogo superior em geoprocessamento FATEC, Jacareí
rafaelsilv@gmail.com

RESUMO

A elevada geração de resíduos sólidos é uma problemática crescente e faz parte dos males que incidem na crise ambiental vivenciada nos tempos atuais em todo o mundo, demandando estratégias e ferramentas de gestão de resíduos sólidos urbanos. O presente texto tem como objetivo realizar uma reflexão teórica sobre geotecnologias, sistemas de informação geográfica e geoprocessamento aplicados à gestão de resíduos sólidos urbanos. Especificamente, traz para o debate uma revisão dos fundamentos teóricos referente à geotecnologia e propõe avanços na democratização de dados e informações geoespaciais, com o escopo da democratização geotecnológica. Ainda, o texto apresenta dois estudos de análise espacial realizados por meio de procedimentos de análise de proximidade e vizinhança no entorno de locais de disposição final de resíduos sólidos, tendo como base as especificidades de normas técnicas, no que tange a proximidade destas áreas com corpos hídricos e núcleos habitacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de Informação Geográfica. Democratização Geotecnológica. Gestão de Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

The high production of solid waste is an increasing problem. It is one of the issues that lead to the worldwide environmental crisis we have today, and it is the reason why strategies and tools for managing solid waste in urban environments are needed. The scope of this paper is to conduct a discussion about geo-technologies, geographic information systems and geo-processing applied to the management of municipal solid waste. In particular, a revision of the theoretical bases of geo-technology and the proposal of advancements in the democratization of data and geo-spatial information are brought to the debate, aiming in a geo-ecological democratization. In addition, the paper brings two examples of spatial analysis conducted by analyzing the surroundings of neighborhoods in solid waste disposal areas, when it comes to their proximity to water bodies and inhabited areas, considering the technical standards.

KEYWORDS: *Geographic Information Systems (GIS). Geo-technological Democratization. Solid Waste Management.*

RESUMEM

La alta generación de residuos sólidos es un problema creciente y forma parte de los males que afectan a la crisis ambiental experimentada en los tiempos actuales, exigiendo estrategias y herramientas para la gestión de los residuos sólidos urbanos. Este texto tiene como objetivo llevar a cabo una reflexión teórica sobre las geotecnologías, sistema de información geográfica y geoprosesamiento aplicados a la gestión de residuos sólidos urbanos. Concretamente, aporta al debate una revisión de los fundamentos teóricos relacionados con la geotecnología y propone avances en la democratización de los datos e informaciones geoespaciales, con el objetivo de la democratización geoecológica. Además, el texto presenta dos ejemplos de análisis espacial realizado por medio de procedimientos de análisis de proximidad y vecindad en torno a los sitios de eliminación final de residuos sólidos, basados en las especificidades de las normas técnicas, en relación con la proximidad de estas áreas con cuerpos de agua y centros de vivienda

PALABRAS CLAVE: *Geotecnologías. Sistemas de Información Geográfica. Democratización geoecológica. Gestión de residuos sólidos*

INTRODUÇÃO

Vinte anos após a virada do milênio, a crise ambiental, tão propagada na mídia pelo viés do aquecimento global e da destruição dos biomas tropicais, torna-se Urgência Ambiental. Ampliando seu escopo de desastres ambientais, nos quais questões geopolíticas e sanitárias vem à tona, ratifica-se a necessidade de reflexão sobre o atual modelo de produção econômica. Nos tempos atuais, um dos desafios enfrentados é a dinâmica referente à elevada geração de resíduos sólidos nas cidades contemporâneas, cuja caracterização é composta por significativa carga de resíduos orgânicos, advindos, fundamentalmente, das rotinas alimentares nas comunidades aglomeradas nas cidades. Assim, a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU) enfrenta, nas últimas décadas, um processo de ampla adequação das formas de destinação final da fração orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Destinada aos aterros sanitários, aterros em vala ou lixões esta fração orgânica entra em processo de decomposição, gerando fluidos, chamados de chorume de lixo, altamente poluente por sua alta demanda bioquímica de oxigênio. Em casos de locais inadequados ou aterros com manejo irregular, o chorume pode contaminar os corpos hídricos, lençóis freáticos e causar mal odor e danos à saúde humana e animal, em caso de contato direto.

Neste contexto, é importante propor/replicar metodologias, com baixo custo financeiro e rápida assimilação pelos envolvidos na gestão, para o monitoramento das áreas de disposição final de RSU, bem como buscar a ampla divulgação das informações correlatas. Ressalta-se que, de acordo com a política nacional de resíduos sólidos, esses locais deveriam receber apenas rejeitos, mas ainda persistem, em muitos locais, a disposição de RSU, o exige um longo e permanente processo de educação ambiental e gestão participativa para sua alteração. Assim, espera-se promover a participação social e equidade entre os sujeitos e atores envolvidos, visto que se busca a não contaminação de um bem comum maior, a preservação dos solos agricultáveis e das águas. Acredita-se que as Geotecnologias (Geotec's) podem contribuir nesse processo.

Objetivos

Busca-se, nesta oportunidade, explicitar o potencial das Geotec's aplicadas à GRSU a partir de duas abordagens. A primeira, teórica e explicativa, tem como intuito ofertar aos gestores, acadêmicos e estudantes uma reflexão sobre os fundamentos teóricos do que se chama comumente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), geoprocessamento, geomática e Geotecnologias, apresentando a importância da democratização dos dados Geográficos/Geoespaciais. Tal etapa busca o fomento de uma GRSU participativa e equânime entre os sujeitos envolvidos. A segunda abordagem, metodológica e prática, apresenta um fluxo metodológico de trabalho em software aplicado, voltado para a espacialização e representação de inconformidades/conformidades de duas obrigatoriedades de ordenamento territorial em projetos e funcionamento de locais de disposição final de resíduos, ambas previstas em normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em suas Normas Regulamentadoras (NBR). Salienta-se que são as NBR's que normatizam uma série de questões sanitárias, de engenharia, sendo a base legal, em conjunto com outros textos normativos, para diversas etapas da GRSU. O foco da aplicação enquadra-se nas: ABNT NBR 13896 (1997) e ABNT NBR 15849 (2010), que, entre as determinações, normatizam as relações de proximidade e vizinhança – focos deste

estudo – especificando obrigatoriedade de distância mínima de duzentos metros para corpos hídricos e quinhentos metros para residências, a partir do limite dos locais declarados como locais de disposição final de resíduos/rejeitos sólidos urbanos.

Buscando explicitar o potencial de verificação de conformidades/inconformidades através da produção de dados geoespaciais (vetores, atributos e imagens georreferenciadas) e aplicando o procedimento metodológico de análise e operações de vizinhança e de proximidade (MIRANDA, 2015), importa esclarecer que os estudos de aplicação aqui apresentados servem como ponto de partida para demonstrar o potencial do procedimento metodológico e como ele pode ser apropriado pelos gestores, não tendo como objetivo a análise ambiental dos locais apresentados.

Metodologia e método de análise

Na elaboração da abordagem teórica, apresenta-se uma reflexão sobre termos, noções, conceitos e paradigmas da chamada Ciência da Geoinformação, a partir de um breve histórico dos sistemas de informação geográficas no Brasil, suas definições centrais e a teoria central que os explica. Tais movimentos tem origem nos últimos anos de trabalho na pesquisa acadêmica e também no exercício profissional, desenvolvido no setor de gestão de resíduos.

O caminho metodológico se inicia com um exercício de arquitetura intelectual, identificando a bibliografia básica e filtrando os trabalhos de interesse. É importante ressaltar que não se trata de apresentar o ‘estado da arte’ do tema em questão, mas sim, de explicitar os apontamentos fundamentais para as aplicações apresentadas e apontar debates necessários à comunidade interessada. Discutindo e confrontando leituras/revisões bibliográficas fundantes da trajetória acadêmica/profissional/política, executou-se a consulta em bases indexadas disponíveis na word wide web. A forma de análise da literatura específica se dá a partir da funcionalidade das argumentações no escopo de construção teórica aqui apresentada.

Para a elaboração da análise de vizinhança/proximidade, utiliza-se um fluxo metodológico, apontado por Bezerra (2015) com bases em Miranda (2014), com técnicas de locação de dados georreferenciados e de interpretação visual de imagens de satélite. A análise espacial de proximidade foi realizada com uso do software Arc Gis, Pacote ArcGis; Desktop licença ArcView número 37145844, atualizada para a versão Arc Map 10.2 (ESRI®, 2013). A locação de dados georreferenciados refere-se à identificação dos locais de Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos (DFRSU) dos municípios integrantes da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Alto Paranapanema (UGRHI-14), localizada no estado de São Paulo, Brasil.

Para tanto, foram utilizados os pares de coordenadas projetadas: UTM N; E / Fusos 22/23º S, presentes nas fichas de campo dos inventários de resíduos da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para o ano de 2013. Nesta tarefa, foi construído um shape file – *shp* de pontos, que foi sobreposto às imagens orbitais do banco de imagens on-line do Bing Maps Aerial disponível para a versão 10.2 do software utilizado, o que tornou possível a criação de um novo *shp* -polígono. Assim, partiu-se para a interpretação visual das imagens orbitais. Por meio de vetorização manual delimitou-se o perímetro identificável das áreas utilizadas na DFRSU. Nesta etapa, foi possível calcular a área (m²) destes locais, utilizando a ferramenta *Calculate Geometry*, e, ainda, inserir no banco de dados de atributos dos polígonos (áreas dos locais de DFRSU) informações secundárias, tais como a geração de RSU em Toneladas/Dia informadas pela

CETESB (2014). Criou-se, então, o arquivo *shp*. *núcleos habitacionais* a partir de interpretação visual de imagens e vetorização manual sobre imagens orbitais dos anos de 2014 e 2015. Esta tarefa teve como foco a vetorização das áreas com traços de urbanização, ou seja: áreas pavimentadas, áreas com presença de arruamento e áreas com presença de edificações em quantidade padrão de adensamento significativo.

Com as áreas de DFRSU e os núcleos habitacionais devidamente vetorizadas, partiu-se para a análise espacial dos locais de DFRSU, tendo como ponto inicial a aplicação da norma ABNT NBR 13896 (1997) e 15849 (2010), que, entre outros conteúdos, determinam as distâncias mínimas de 200 metros para corpos hídricos e 500 metros para residências ou núcleos habitacionais. Com base nas metragens previstas nas NBR's, foram criados dois novos *shp's*, ambos com a utilização da ferramenta *Analysis Tools>proximity>buffer*, tomando como ponto de partida o limite das áreas de DFRSU para gerar uma área (*buffer*) com a espessura prevista nas normas técnicas em questão.

Assim, obteve-se um *shp* com a distância de 200 metros e outro *shp* com a distância de 500 metros referentes à proximidade dos corpos hídricos e de núcleos habitacionais, respectivamente, em relação aos DFRSU. Feito isso, criou-se um novo *shp* e partiu-se para a identificação de corpos hídricos (nascentes, canais fluviais e reservatórios artificiais), novamente por meio de técnicas de interpretação visual de imagens orbitais e vetorização manual das feições hídricas no interior do *buffer* de 200 metros.

A partir da sobreposição dos *shp's*, intitulados: distância mínima de núcleos habitacionais (500 m), distância mínima de corpos hídricos (200 m), corpos hídricos, núcleos habitacionais e disposição final de RSU, através de análise visual e inferência direta, pode-se demonstrar quais locais/municípios apresentam conformidades ou inconformidades à luz da aplicação das normas ABNT NBR 13896 (1997) e 15849 (2010). Importa lembrar que os procedimentos retratam situações e dinâmicas situadas no 'passado', pois as imagens satelitais utilizadas são datadas entre 2012-2014. Além disso, este procedimento foi realizado por Bezerra (2015) em 36 municípios e aqui estão apresentados apenas dois exemplos de situações que são de fundamental importância para a GRSU e também para a gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas, especialmente no âmbito da atuação municipal.

Resultados para o debate

Democratização de dados Geoespaciais e Inclusão Geotecnológica

É fundamental refletir sobre a democratização de dados Geoespaciais. A busca pela equidade social passa pela conquista da equidade digital. Especificamente para o nicho da GRSU, a equidade entre atores/sujeitos da GRSU não acontecerá sem que se construa/possibilite a inclusão Geotecnológica e Geográfica. É tempo de internalizar o valor das informações/representações Geotecnológicas dos fatos, fenômenos e dinâmicas Geoecológicas, contidas no planejamento e GRSU desde a produção da mercadoria (gênese do ciclo de vida do produto) até a disposição final de resíduos e rejeitos.

Com este propósito, os termos: inclusão digital, Geográfica e Geotecnológica devem ser esclarecidos, pois corroboram com a teoria de representação computacional de dados geográficos/geoespaciais de Câmara (2005).

A Carta Magna, a Constituição Federal, é o norte democrático e apresenta uma série de princípios e obrigatoriedades, que estão na gênese das formas de gestão ambiental municipal brasileira, dentre elas a GRSU. Esta que pretende, em teoria, se tornar descentralizada, integrada e, para tanto, deverá ser impreterivelmente 'participativa'. A participação social é utopia e realidade concomitantemente, pois com o aumento dos níveis de conhecimento – sejam eles técnicos, informacionais ou científicos – se eleva também a qualidade da representação e representatividade social, fundamentalmente na escala dos municípios. Nesta empreita é necessário incluir e empoderar instituições, sujeitos e indivíduos envolvidos na GRSU e, para tal, a inclusão digital é imprescindível.

O tema inclusão digital é prestigiado e prestigioso. Em princípio trata-se de tornar acessível, às entidades e principalmente aos indivíduos, todo um conjunto de conceitos, métodos e técnicas associado ao processamento de dados, com forte rebatimento na comunicação, isto é, no efetivo partilhar de significados da informação veiculada (SILVA; MARINO, 2015, p. 19).

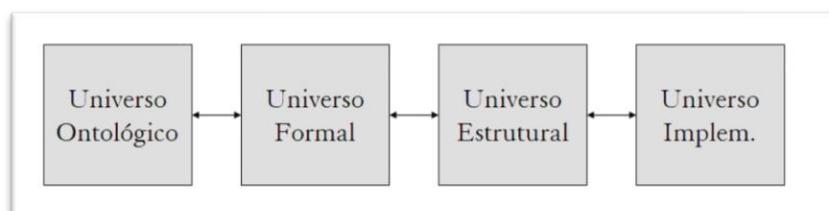
Ao pensar o termo 'Democratização Geotecnológica', deve-se elencar algumas considerações. Em uma tentativa de significação conceitual a ser construída, pode-se afirmar que a democratização geotecnológica é um processo em pleno andamento. Vejam-se os aprendizados sobre Google Earth, Bing Maps, Waze e outros aplicativos, que ocorrem no cotidiano dos munícipes de forma geral. Porém, é fundamental que se faça a efetiva articulação entre a academia e os setores da gestão ambiental municipal. Focada na ampla capacitação técnica dos envolvidos, esta articulação promove democratização, a partir do uso de softwares aplicados e da produção e divulgação de dados geoespaciais, o que alavancaria a utilização das Geotec's nos nichos específicos da gestão ambiental municipal.

A cartografia, a cartografia digital, o geoprocessamento e o sensoriamento remoto, na tradição geográfica, podem ser agrupados como Ciência da Geoinformação, cujo escopo metodológico se ancora nas Geotec's. Ressalta-se que a Geografia, ciência autônoma, pode contribuir significativamente para os processos de planejamento ↔ gestão ↔ gerenciamento de resíduos sólidos, participando da construção de uma efetiva gestão integrada de RSU (BEZERRA, 2015). A representação computacional de dados Geográficos/Geoespaciais, advinda dos estudos do professor Câmara (2005), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, é o segundo pilar teórico/metodológico. Amplamente conhecido nos nichos do tema em questão como: representação computacional de dados geográficos; e atualmente acrescenta-se o termo 'geoespaciais', acompanhando a evolução dos debates sobre o índice nacional de dados geoespaciais. Veja-se a reflexão de Câmara (2005, p 6).

Para abordar o problema fundamental da Geoinformação, que é a produção de representações computacionais do espaço geográfico, usamos o paradigma dos quatro universos, proposto inicialmente por Gomes e Velho (1995) e adaptado para a geoinformação por Câmara (1995). Este paradigma distingue quatro passos entre o mundo real e sua realização computacional.

Câmara (2005) propõe a identificação de quatro universos que contemplam o processo de 'virtualização do espaço geográfico' para que se chegue à correta representação computacional de dados geográficos/geoespaciais. Assim, tem-se uma teoria que fundamenta as estruturas centrais dos sistemas de informação geográfica, corroborando com o amplo conhecimento da cartografia sistemática e temática. Na figura 1 estão dispostos os quatro universos propostos pelo autor.

Figura 1: Universos da Teoria de Rep. Comp. De dados Geográficos



Fonte: CÂMARA (2005).

No universo ontológico, a atenção está em quais classes são necessárias para representar o objeto a ser estudado: solos, altimetria, dispersão de vírus, movimentos demográficos pendulares, entre muitas outras possibilidades. No que tange o Universo Formal, é preciso pensar em como serão feitas as abstrações 'virtualizações/digitais' através de modelos lógicos - fuzzy/booleana, análise de vizinhança por proximidade, entre outras possibilidades, viabilizadas pelas construções matemáticas da álgebra computacional, inteligência artificial e outros elementos da ciência da computação. Já, no chamado universo estrutural, encontram-se entidades dos modelos formais e são mapeadas para estruturas de dados geométricas e alfanuméricas, e é onde os algoritmos realizam operações e definem arquiteturas de representação e arquivamento, tais como, por exemplo, os modelos de dados vetoriais ou matriciais. O universo da implementação, por sua vez, vem completar os processos de representação por meio do sistema computacional. Aqui, programadores e desenvolvedores de softwares fazem escolhas como arquiteturas, linguagens e paradigmas de programação, para que só depois os usuários finais possam utilizar os 'programas de cartografia digital e oxalá os SIG's (CÂMARA, 2005). De forma sintética esta teoria explica e fundamenta os SIG's e também auxilia na compreensão de como são realizadas as análises de proximidade, como nas aplicações aqui apresentadas.

O histórico brasileiro da elaboração e utilização de sistemas de informação geográfica e geoprocessamento, remonta à Geografia carioca, mais especificamente ao interior da Universidade Federal do Rio de Janeiro, cujos trabalhos se iniciaram sob coordenação do Prof. Dr. Jorge Xavier da Silva, ainda nos anos oitenta do século XX. Tais trabalhos resultaram no Sistema de Análise Geo-Ambiental (SAGA), *software* com grande capacidade de análise geográfica e amplamente utilizado no meio acadêmico. Contemporâneos aos trabalhos cariocas, a área de pesquisa conta, no Sul do país, com os aerolevantamentos da AeroSul, elaborando um sistema de automação de processos cartográficos. Outras iniciativas importantes do setor privado são: o maxiDATA, MaxCAD e o dbMAP com foco em aplicações cadastrais. Chegando aos anos noventa, a TELEBRÁS desenvolveu o Sistema Automatizado de Gerência de Rede Externa (SAGRE) aplicado à telefonia brasileira, como bem atentam Câmara (2005).

Atualmente, quando se pensa em SIG, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, os softwares mais utilizados e consolidados no Brasil são: Arc GIS® 11. ESRI; SPRING 5.2.6 -INPE; Quantun Gis 3.-OS GEO; IDRISE® - Clark Labs; ERDAS® - Exagon Geospatial, MAP INFO® - Pitney Bowes e o Gv SIG-Conselleria d'Infraestructure i Transports (CIT - Valencia), entre outros. E, mais recentemente, a Google passou a oferecer soluções em geomática/ geoprocessamento a partir de ferramentas personalizadas. Realizadas estas considerações, parte-se para os fundamentos conceituais dos SIGs. Iniciando pelo conceito elementar de sistema de informação desenvolvido por Matias (2001), a partir de trabalhos de Star e Estes (1990). Como se observa na figura 2, um sistema de informação pressupõe etapas de planejamento, aquisição de dados e seu armazenamento para depois se fazer as manipulações que levam a resultados de interpretação por meio da saída de produtos.

Figura 2: Modelo Geral de Sistemas de Informações.



Fonte: MATIAS (2001, p. 119) adaptado de STAR e ESTES (1990).

Neste contexto, chega-se aos modelos de dados utilizados, especificamente em Geoprocessamento e suas ferramentas. Os modelos podem ser classificados como matriciais e vetoriais de representação de dados geográficos/geoespaciais. Segundo Miranda (2014), no universo de implementação, pode-se trabalhar com dados vetoriais: pontos, linhas, polígonos e multipatches (em variados formatos de arquivos digitais cad.; shp.) e dados matriciais, também chamados de dados raster's (formatos tiff, geo-tiff, jpg).

Este debate teórico inicial é importante para que se possa observar os produtos cartográficos e suas bases vetoriais quali-quantitativas com uma visão mais aprofundada o que oferta ao debate a necessária conexão entre teorias, métodos de produção cartográfica e a possível democratização de seus resultados, chegando à Democratização Geotecnológica.

Gestão pouco Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos

A promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) constituiu um marco histórico na GRSU no Brasil, não apenas por seu status de política nacional, mas fundamentalmente pelos avanços conceituais e técnicos (ainda colocados como desafios) e pelas importantes conquistas socioambientais que a PNRS representa. A PNRS tem sua base na Política Estadual de Resíduos (PERS) paulista. Aprovada no ano de 2006, a PERS traz um conjunto de avanços conceituais e técnicos que também estão presentes no corpo da PNRS. Assim, é importante que se faça uma breve revisão do conteúdo presente na Lei Estadual 12.300/2006 e em seu decreto regulamentador 54.645/2009, para que se tenha em perspectiva o escopo jurídico fundamental ao debate (BEZERRA, 2015).

A Lei Estadual 12.300/2006 tem como objetivo maior estabelecer os princípios, objetivos e instrumentos para a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos no estado de São Paulo. Ressaltam-se os princípios apresentados em seu Art. 2º: a visão sistêmica como base teórica para gestão integrada de resíduos que busca contemplar a complexidade inerente às esferas: ambientais, sociais, culturais, econômicas, tecnológicas e da saúde pública; e a cooperação entre órgãos da União, agências estaduais e entes municipais, com vistas à integração institucional para a efetiva gestão integrada de resíduos (BEZERRA, 2015). Estes preceitos remetem aos processos de integração e à democratização para prover participação social.

Nos últimos anos¹, observa-se um conjunto de significativos esforços, concentrados após a promulgação da PNRS, em 2010, que buscam cumprir as exigências da Lei Federal que impõe a elaboração do PERS como condição básica para o acesso aos recursos financeiros da União destinados à gestão integrada de resíduos sólidos. A elaboração do plano estadual de resíduos paulista também atende à Lei Complementar 760/1994 – SP, que estabelece as diretrizes para a Organização Regional do Estado de São Paulo, na qual a gestão de resíduos está inserida nas temáticas do saneamento ambiental e uso e ocupação do solo (BEZERRA, 2015).

As etapas de destinação/disposição final de rejeitos estão conectadas e devem apresentar soluções construídas a partir de uma série de critérios e princípios que vão norteá-las. Para melhor entender a questão, será realizada uma breve revisão sobre as questões centrais destas etapas da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos. A destinação final ambientalmente adequada é definida no inciso VII da Lei 12.305/2010 e inclui desde o reaproveitamento, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético e outras formas, dentre elas a disposição final de resíduos sólidos urbanos. O inciso VIII do art. 3º da PNRS rege que disposição final ambientalmente adequada é “[...] a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;” (BRASIL, 2010).

Tem-se, aqui, uma utopia a ser transformada em realidade pela gestão de resíduos em suas diversas escalas governamentais, porém as colocações da PNRSU, tendo em perspectiva um quadro operacional a ser atingido, devem ser seguidas (BEZERRA, 2015). Os detalhamentos a serem aplicados no planejamento/gestão/gerenciamento e manejo dos RSU são encontrados em centenas de normas, editadas e publicadas por instituições, conselhos e órgãos ambientalmente competentes. Pode-se citar: a ABNT e suas resoluções NBRs, notas técnicas dos órgãos ambientais competentes. Nesse amplo caleidoscópio jurídico, este estudo debruçou-se nas normas que buscam prevenir a contaminação de corpos hídricos localizados nos entornos de lixões, aterros em vala ou aterros sanitários. Apresentadas as reflexões teóricas, segue-se para a apresentação dos dois exemplos de aplicação de Geotecnologia e suas potencialidades para a redução de custos na gestão, comprovando que, quando amplamente divulgadas, promovem a integração da GRSU e da Gestão de Recursos Hídricos.

Os exemplos de Fartura e Itapeva

¹ A Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo data do ano de 2006, seu decreto regulamentador foi aprovado em 2009 e apenas em 2015 tem-se a publicação do Plano Estadual de Resíduos Sólidos em versão preliminar

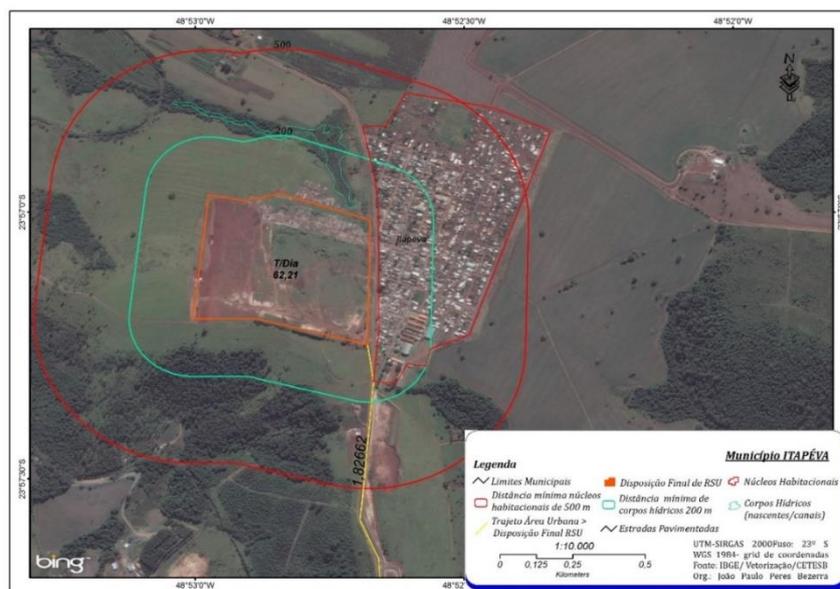
O município de Fartura está localizado na parte noroeste da UGRHI-14 e seu território compreende cerca de 429 km², com população de 15.324 habitantes. Comparando os dois últimos Censos realizados pelo IBGE, em 2000 e 2010, verifica-se que a população aumentou aproximadamente 2,9%. De acordo com a CETESB (2014), Fartura teve uma geração de 4,9 t/d de RSU, em 2011; 8,90 t/d, em 2014; 8,95 t/d, em 2018. Quanto ao Índice de Qualidade e Aterro de Resíduo (IQR), sua nota vem evoluindo desde 2009, enquadrando-se em uma situação Adequada em 2014 e a mantendo em 2018. A representação cartográfica da análise de proximidade se encontra na figura 3. O município de Itapeva está localizado na parte central da UGRHI-14, seu território compreende cerca de 1.826 Km², com população de 87.755 habitantes. Comparando os dois últimos Censos realizados pelo IBGE, em 2000 e 2010, verifica-se que a população aumentou aproximadamente 6%. De acordo com a CETESB (2011-14), Itapeva teve uma geração 29,7 t/d de RSU, em 2011; saltou para 62,21 t/d, em 2014; em 2018, 63,30 t/d. Quanto ao IQR, sua situação vem se mantendo em Inadequada e Controlada desde a implantação dessa metodologia. Em 2014, atingiu a condição Adequada, porém, em 2018, foi classificado como Inadequada (CETESB, 2018). A representação cartográfica da análise de proximidade se encontra na figura 4.

Figura 3: Carta Imagem: Município de Fartura-SP



Fonte: BEZERRA, (2015).

Figura 4: Carta Imagem: Município de Itapeva-SP



Fonte: BEZERRA, (2015).

CONCLUSÃO

Observando a reflexão teórica, ressalta-se a importância de induzir este debate aos gestores que poderão, após adequada capacitação teórica e metodológica, reproduzir a análise de proximidade aqui exemplificada nos casos dos municípios de Fartura e Itapeva. Este processo deve ser construído com participação dos envolvidos na gestão em questão e amplamente divulgado para que os munícipes possam contribuir na geração e sistematização de dados geoespaciais.

Salienta-se a importância do embasamento teórico, pois é ele que fundamenta as escolhas adequadas de estruturas e modelos de dados a serem utilizados na elaboração dos sistemas de informação geográfica aplicados à GRSU e, no caso da espacialização, o conhecimento das NBRs aqui trabalhadas. Assim, pode-se promover a integração e equidade do acesso à informação, uma vez que os dados vetoriais e matriciais produzidos podem ser amplamente divulgados para visualização e análise por meio de arquivos digitais, promovendo a democratização e inclusão geotecnológica dos gestores municipais.

Na questão dos aterros sanitários que foram utilizados para aplicação da metodologia de análise de proximidade por buffers, pode-se notar que nos dois casos observa-se a presença de corpos hídricos no interior dos duzentos metros que deveriam ser respeitados para prevenção de possível contaminação. No caso específico de Itapeva, avista-se?? a presença de núcleos habitacionais a menos de quinhentos metros dos limites do aterro, situação que deveria ser adequada pelo poder público municipal.

Acredita-se que, por meio da teoria abordada e da prática demonstrada, é evidente o potencial das Geotecnologias na elucidação de situações deste tipo. Ainda, comprova-se a possibilidade de replicação da metodologia apresentada, que pode, além dos benefícios citados, diminuir custos, na medida em que reduz o número de saídas a campo, ofertando aos gestores regionais

um melhor planejamento das visitas técnicas, focando nos locais com problemas e inconformidades frente às normas.

Outro ponto a ser considerado é a possibilidade de diálogo com a comunidade municipal/atingida, pois, uma vez divulgados os dados geoespaciais, as comunidades poderiam se apropriar dos mesmos para promover um debate melhor qualificado com autoridades competentes.

Por fim, deixa-se esta contribuição, ciente que o texto apresentado apenas busca dialogar e fomentar avanços na articulação entre a abordagem geográfica/geotecnológica advinda da ciência geográfica e a gestão de resíduos sólidos urbanos brasileira.

AGRADECIMENTO

Agradecemos aos integrantes de grupo pesquisa GADIS- Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial da UNESP- FCT de Presidente Prudente, ao CBH-Alto Paranapanema e a todas e todos trabalhadores envolvidos na gestão de resíduos sólidos brasileira, em especial os catadores e catadoras e materiais recicláveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

_____. **NBR 15849: Resíduos Sólidos Urbanos – aterros de pequeno porte – diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento**. Rio de Janeiro, 2010.

BEZERRA, J. P. P. **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: interfaces e potencialidades**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Tese de Doutorado)_- Programa de Pós-Graduação da UNESP FCT-Presidente Prudente, São Paulo, 2015.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constitucao/constitucao.htm>. Acesso em: 05 mar. 2020.

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, 3 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 02 fev. 2014.

BRASIL. Decreto Federal nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 24 dez. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm>. Acesso em: 04 jan. 2014.

CETESB. **Inventário Estadual de Resíduos Domiciliares**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://residuossolidos.cetesb.sp.gov.br/residuos-solidos/residuos-urbanos-saude-construcao-civil/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 05 set. 2014.

CETESB. **Inventário Estadual de Resíduos Domiciliares**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/residuossolidos/wp-content/uploads/sites/26/2019/06/Invent%C3%A1rio-Estadual-de-Res%C3%ADduos-S%C3%B3lidos-Urbanos-2018.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

CÂMARA, G. **Representação computacional de dados geográficos**. São José dos Campos: INPE, 2005. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/10.07.15.49/doc/cap1.pdf>>. Acesso: 21 fev. 2006.

MATIAS, L. F. **Sistema de Informações Geográficas (SIG): Teoria e Método para Representação do Espaço Geográfico.** 2001. Trabalho de Conclusão de Curso (Tese de doutoramento) – Programa de Pós-Graduação em Geografia UNICAMP-Campinas, São Paulo, 2001.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas.** 4. ed. rev. e atual. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015.

SÃO PAULO. Lei nº 12.300, de 16 de março de 2006. **Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes.** São Paulo, 2006. Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/files/2012/09/2006_Lei_12300.pdf> Acesso em: 05 out. 2014.

SILVA, J. X. da; MARINO, T. B. **Introdução. Inclusões: Digital, Social e Geográfica.** In: SILVA; J. X. da; ZAIDAN, R. T. (org.). Geoprocessamento & Meio Ambiente. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015, p. 17-31.

STAR, J.; ESTES, J. **Geographic Information Systems: an introduction.** New Jersey: Prentice Hall, 1990.