

III-865 - PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICADO À GESTÃO DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE

Arthur Bernardes Barros⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitarista pelo Centro Universitário. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Gustavo Ferreira Simões⁽²⁾

Professor Associado da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Engenheiro Civil pela UFMG. Mestre e Doutor em Engenharia Civil - Geotecnia, pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Endereço⁽¹⁾: Av. Antônio Carlos, 6627, Escola de Engenharia - Bloco 1 - Sala 4527 – Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP: 31270-901- Brasil - Tel: (31) 97121-2964 - e-mail: arthur.barrosbh@gmail.com

RESUMO

Este artigo visa propor a utilização de Sistema de Informação Geográfica – SIG para determinar locais com potencial para a instalação de Pontos de Entrega Voluntária – PEVs em municípios de pequeno porte. Para tanto, foi realizado estudo de caso no município de São Gonçalo do Rio Abaixo – MG, em que foram elaborados mapas temáticos a partir de cinco variáveis relacionadas ao tráfego do caminhão de coleta e à geração de resíduos, quais sejam, topografia, declividade, densidade demográfica, renda e situação rural e urbana no município. Para cada variável foram estabelecidos critérios, sendo julgado o potencial para instalação dos PEVs e atribuídos pesos. Tais informações serviram de base para a aplicação da álgebra de mapas, resultando na determinação do potencial das áreas para instalação de PEVs. A justificativa desta pesquisa se dá pelo fato de que não há metodologia facilmente disponível que oriente a elaboração de projetos de implantação de PEVs, apesar de ser uma das modalidades de coleta seletiva frequentemente adotadas no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Entrega Voluntária, Resíduos Recicláveis, Pequeno Porte.

INTRODUÇÃO

A rápida urbanização nos países em desenvolvimento nas últimas três décadas, especialmente nos países componentes dos BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), provocou um relevante aumento na geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), tendo como principais razões a industrialização, o crescimento populacional e a melhoria, em geral, da qualidade de vida (Gonçalves et al., 2018).

De acordo com Pereira (2012), no cenário atual da gestão dos RSU pelo mundo, as metrópoles em países desenvolvidos têm empregado tecnologias avançadas, incentivos fiscais para a recuperação de material reciclável e energia, metas de sustentabilidade e teorias de crescimento econômico dissociado de degradação ambiental; enquanto as metrópoles de países em desenvolvimento têm restrições orçamentárias, dificuldade no controle da disposição inadequada de resíduos, além do crescente mercado informal.

Os municípios brasileiros possuem dificuldades na gestão dos resíduos sólidos, devido a fatores como o déficit financeiro e administrativo, a pouca capacidade técnica na gestão dos serviços de limpeza pública, coleta seletiva e tratamento dos resíduos, somados à pouca disponibilidade de áreas livres suficientes para a implantação de sistemas de destinação de resíduos, em função da existência de áreas ambientalmente protegidas e dos impactos negativos à vizinhança, decorrentes do crescente processo de urbanização (Fugii et al., 2013).

O Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019), referente ao ano de 2017, estimou a massa de resíduos domiciliares e públicos coletada em 60.6 milhões de toneladas, admitindo-se valor médio de coleta de resíduos per capita de 0.95 kg/hab.dia. Vale salientar que neste relatório não foi considerada a “geração per capita” de modo a majorar a

precisão a respeito da geração, supondo-se que esta corresponda em torno de 10% em relação à massa coletada.

Apesar da presença considerável de resíduos recicláveis em relação à massa total, aproximadamente 30% a 40% (IPEA, 2017), o referido Diagnóstico aponta a massa coletada de resíduos recicláveis no Brasil de apenas 13.7 kg/hab.ano, ou 1.5 milhão de toneladas coletadas seletivamente, significando dizer que para cada 10kg de resíduos disponíveis à coleta, apenas 400 gramas são coletados de forma seletiva. Ainda para este ano, os resultados do Diagnóstico apontam que 1254 municípios (ou 22.5% do total) declararam dispor de coleta seletiva; 2292 municípios (ou 40.6% do total) declararam a não existência da prática de coleta seletiva; e nos demais 2024 municípios (ou 36.8% do total) não há informações sobre a coleta seletiva.

Benetti (2000) aponta que a valorização dos resíduos é viabilizada pelo sistema de coleta seletiva e traz vários benefícios nas esferas ambiental, social e econômica. No entanto, observa-se baixa eficiência nos programas de coleta seletiva existentes no Brasil, que somados aos problemas advindos de ausência de planejamento, descontinuidades administrativas e diferenças culturais, culminam, inclusive, na paralisação desses programas.

Três modalidades de coleta seletiva têm sido utilizadas com maior frequência nos programas brasileiros existentes, sendo elas a coleta seletiva porta a porta; a coleta seletiva em pontos de entrega voluntária e a coleta seletiva por trabalhadores autônomos da reciclagem. Neste artigo, será focada a modalidade de coleta seletiva por meio dos pontos de entrega voluntária (PEVs). A Tabela 1 apresenta a descrição, as vantagens e as desvantagens desta modalidade de coleta seletiva.

Tabela 1: Vantagens e desvantagens da coleta seletiva por meio dos PEVs.

Modalidade	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Ponto de Entrega Voluntária (PEV)	Na coleta seletiva por meio de PEVs, o gerador deve deslocar-se até o ponto onde depositará o material reciclável em recipientes, para posterior coleta.	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilita reduzir custos de coleta e transporte com a otimização de percursos e frequência, especialmente em bairros com população esparsa; - Permite explorar o espaço para publicidade e campanhas ambientais, fortalecendo a coleta seletiva; - Geralmente, encontram-se 10% de rejeitos - percentual menor em relação às demais modalidades. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requer disponibilidade da população ao deslocamento; - Suscetível ao vandalismo; - Não possibilita a identificação dos domicílios e estabelecimentos participantes; - Dificulta a avaliação da adesão da comunidade.

Naustdalslid (2014) destaca que apesar dos enormes benefícios da reciclagem, os custos associados à gestão de resíduos recicláveis são altos, onde a coleta e transporte destes resíduos compõem a maior parte do custo total, chegando a 70% das despesas totais da gestão, que muitas vezes não são financeiramente sustentáveis, particularmente devido aos altos custos da coleta (Ferreira et al., 2014). Para reduzir estes custos, deve-se fazer análise cautelosa com relação aos projetos e equipamentos para alcançar sistemas eficientes.

Nesse contexto, esta pesquisa visa propor a utilização de Sistema de Informação Geográfica – SIG para o auxílio na determinação de áreas com potencial para instalação de PEVs em municípios de pequeno porte. Para tanto, foi realizado estudo de caso no município de São Gonçalo do Rio Abaixo – MG, localizado a 87km de Belo Horizonte, com população estimada para o ano de 2019 de 10920 habitantes, possuindo área territorial de 363.828 km² e densidade demográfica de 26.87 hab/km², de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Ainda, conforme dados do IBGE, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal é de 0.667, a renda média mensal dos trabalhadores formais é de 2.6 salários mínimos, representando 22.6% da população.

A justificativa desta pesquisa se dá pelo fato de que não há metodologia facilmente disponível que oriente a elaboração de projetos de implantação de PEVs, apesar de ser uma das modalidades de coleta seletiva frequentemente adotadas no Brasil.

Ademais, ressalta-se a importância de reunir em um documento acessível o passo a passo da aplicação de técnicas de geoprocessamento em softwares livres para auxílio na gestão dos resíduos recicláveis (produto desta pesquisa), tendo em vista a realidade de muitos municípios de pequeno porte, qual seja, de deficiência de recursos humanos capacitados e recursos financeiros.

MATERIAIS E MÉTODOS

As variáveis escolhidas para compor este estudo têm relação com as condições de tráfego do caminhão de coleta e, também, com relação à geração de resíduos recicláveis, quais sejam, a topografia, a declividade, a densidade demográfica, a renda e a situação do município. Cabe salientar que as variáveis escolhidas são indicadores indiretos, devido à dificuldade de obtenção de informações a respeito da geração de resíduos, em função da ausência de estudos mais aprofundados – o que pode representar a realidade de muitos dos municípios brasileiros de pequeno porte. A Tabela 2 apresenta a base de dados utilizadas para compor os mapas e suas respectivas fontes.

Tabela 2: Bases cartográficas componentes da álgebra de mapas.

Base cartográfica	Fonte
Topografia	Projeto Topodata – INPE (2008)
Declividade	Projeto Topodata – INPE (2008)
Densidade demográfica	Censo Demográfico – IBGE (2011a)
Renda	Censo Demográfico – IBGE (2011a)
Situação do município	Censo Demográfico – IBGE (2011a)

Em seguida, para cada variável escolhida foram atribuídos pesos, variando de 1 a 5, em que 1 corresponde ao menor peso possível (menor potencial para instalação dos PEVs e 5 corresponde ao maior peso possível (maior potencial para instalação dos PEVs). As justificativas da utilização e dos pesos atribuídos estão contempladas nos itens seguintes.

TOPOGRAFIA

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de São Gonçalo do Rio Abaixo (2018), nas regiões mais baixas do município há maior ocupação humana, onde as elevações variam de 580 a 737m de altitude.

Levando-se em consideração que o relevo pode afetar o tráfego do caminhão de coleta, onde em regiões mais baixas é facilitada a coleta, somado ao fato de maior povoamento nestas áreas, estas regiões serão priorizadas em detrimento das áreas com maiores altitudes, com relação ao potencial de instalação dos PEVs, conforme classificação dada na Tabela 3.

Tabela 3: Critérios de classificação de acordo com as faixas de altitude do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Faixas de altitude (m)	Peso	Justificativa
1100 – 1316	1	Por se tratar de áreas de maior altitude, dificultando a coleta de resíduos e por haver menor ocupação humana nestas regiões.
1000 - 1100	2	-
900 - 1000	3	-
800 – 900	4	-
580 - 800	5	Por se tratar de áreas de menor altitude, facilitando a coleta de resíduos e por haver maior ocupação humana nestas regiões.

DECLIVIDADE

A declividade é um fator relevante neste estudo, levando-se em consideração que a coleta de resíduos realizada por caminhão é dificultada ou, até mesmo, impossibilitada em áreas demasiadamente íngremes.

Conforme sugerido pela EMBRAPA (1999), as declividades podem ser classificadas de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4: Classes de declividade.

Classe de declividade	Declividade (%)
Plano	0 - 3
Suave ondulado	3 - 8
Ondulado	8 - 20
Forte ondulado	20 - 45
Montanhoso	45 - 75
Escarpado	> 75

O Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT (2010) recomenda características básicas de projeto para cada tipo de via, no sentido de orientar quando da concepção de novas vias e, também, da elaboração de programas de melhoramentos de vias existentes. A maior declividade recomendada é de 15% em vias locais – destinadas apenas ao acesso local ou a áreas restritas, a qual foi adotada nesta pesquisa.

De acordo com Lima (2019), as rampas com até 3% de declividade afetam muito pouco o movimento dos caminhões leves e rampas com inclinação superior a 7% devem ser destinadas às vias nas quais a perda de velocidade dos caminhões não provoque congestionamentos constantes.

Dessa forma, a Tabela 5 apresenta os critérios de classificação adotados nesta pesquisa com relação às faixas de declividade.

Tabela 5: Critérios de classificação quanto às faixas de declividade.

Faixas de declividade (%)	Peso	Justificativa
> 15	1	Por se tratar de áreas onde a declividade das vias está acima do limite recomendado pelo DNIT, podendo necessitar de outras estratégias para a coleta.
7 - 15	2	Por se tratar de áreas em que a velocidade do caminhão de coleta pode ser bastante afetada.
3 - 7	4	Por se tratar de áreas com relevo suave ondulado, que não prejudiquem de maneira importante o tráfego do caminhão de coleta.
0 - 3	5	Por se tratar de áreas planas, com facilidade de acesso pelo caminhão de coleta.

Ressalta-se que na pesquisa que deu origem a este artigo (Barros, 2020) foi explorada a roteirização da coleta dos resíduos pelos pontos selecionados para instalação dos PEVs, de acordo com metodologia apresentada nos itens seguintes. Para tanto, foram obtidas as declividades das vias e excluídos os trechos com declividade superior à 15%. No entanto, para a elaboração da álgebra de mapas, foram consideradas todas as declividades do município de forma a contribuir para a determinação de áreas com potencial para a instalação dos PEVs.

DENSIDADE DEMOGRÁFICA

A densidade demográfica foi considerada, de modo a permitir identificar as regiões mais povoadas do município em questão, e, por consequência, de maior potencial de geração de resíduos. Cabe salientar que as informações de densidade demográfica foram obtidas a partir dos setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Moreira et al (2019) realizaram levantamento na literatura e em Planos Diretores para identificar critérios utilizados para determinação dos níveis de densidade demográfica, sendo propostos, posteriormente, parâmetros para classificação, conforme citado na Tabela 6.

Tabela 6: Critérios de classificação de níveis de densidade demográfica.

Classificação	Habitantes/km ²
Muito baixa	≤ 1500
Baixa	$1500 < x \leq 5000$
Média	$5000 < x \leq 15000$
Alta	$15000 < x \leq 35000$
Muito alta	$x > 35000$

Assim, a classificação desse critério se deu considerando que:

- A densidade demográfica do município de São Gonçalo do Rio Abaixo é de 26.87 hab/km² de acordo com o IBGE (2011a); e
- As densidades demográficas dos setores censitários variam entre 4.77 e 2947.37 hab/km² e estariam sempre compreendidas entre “muito baixa” e “baixa”, de acordo com classificação dada por Moreira et al (2019); e
- Para melhor classificar as áreas de acordo com o potencial de geração de resíduos no que tange ao povoamento, foi escolhido o valor da mediana das densidades demográficas dos setores censitários como corte, qual seja, 24.39 hab/km², para que haja melhor estratificação dos dados, ficando estabelecidos os critérios de acordo com a classificação dada na Tabela 7.

Tabela 7: Critérios de classificação quanto às faixas de densidade demográfica.

Habitantes/km ²	Peso	Justificativa
≤ 24.39	3	Por se tratar de áreas onde há menores concentrações de pessoas no município.
$24.39 < x \leq 1500$	4	Por se tratar de áreas com ocupação de pessoas em níveis intermediários no município.
$1500 < x \leq 5000$	5	Por se tratar de áreas onde há maior concentração de pessoas em São Gonçalo do Rio Abaixo.

RENDA

Segundo Arraes et al. (2006) a relação positiva entre aumento de renda e geração de resíduos é intuitiva, significando dizer que indivíduos que possuem maior renda consomem mais e, por conseguinte, inevitavelmente geram mais resíduos. Demajorovic et al. (2012) citam que com a retração do mercado e do consumo, por consequência, resulta na redução da geração de resíduos quase que de forma imediata. Além disso, de acordo com Barros (2000), a composição dos resíduos é alterada conforme há um aumento de renda, passando de grande fração de matéria orgânica ao aumento da fração de resíduos secos e recicláveis.

Assim, tendo em vista que a composição e quantidade de resíduos gerados está relacionada ao poder aquisitivo da população, nesta pesquisa será considerado o rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares, como forma de estimar a renda média das famílias em cada setor censitário, definindo aqueles que possuem maiores concentrações de renda.

A Tabela 8 apresenta as classes de rendimento das famílias definidas pelo IBGE na Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017 – 2018 (IBGE, 2019).

Tabela 8: Classes de rendimento das famílias em função dos salários mínimos.

Salários mínimos	Reais por mês (R\$)
Até 2	Até 1996
Mais de 2 a 3	Mais de 1996 a 2994
Mais de 3 a 6	Mais de 2994 a 5988
Mais de 6 a 10	Mais de 5988 a 9980
Mais de 10 a 15	Mais de 9980 a 14970
Mais de 15 a 25	Mais de 14970 a 24950
Mais de 25	Mais de 24950

Nota: Salário mínimo de 2019 – R\$998,00.

Para a estimativa do rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares, foram obtidos os resultados das seguintes variáveis do Censo Demográfico de 2010: V1 – Domicílios particulares permanentes; V2 – Domicílios particulares improvisados; V3 – Total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares.

Assim, o total de domicílios particulares foi obtido por meio da soma de V1 e V2. Posteriormente, o rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares foi obtido por meio da divisão entre V3 e o resultado da soma supramencionada.

Dessa forma, a Tabela 9 apresenta os critérios de classificação adotados nesta pesquisa com relação ao rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares dos setores censitários do município.

Tabela 9: Critérios de classificação adotados com relação ao rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares dos setores censitários do município.

Salários mínimos	Peso	Justificativa
Até 2	3	Por se tratar de áreas com menor concentração de renda no município.
Mais de 2 a 3	4	Por se tratar de áreas com concentração de renda intermediária no município.
Mais de 3 a 6	5	Por se tratar de áreas com maior concentração de renda no município.

SITUAÇÃO URBANA E RURAL DO MUNICÍPIO

De acordo com os dados do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2012) e da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (IBGE, 2010), a população rural decresce continuamente desde 1970, chegando em 2010 a uma população inferior a 30 milhões de pessoas (ou 15,6% do total). O Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2011b) revelou que tal redução se deu majoritariamente em função das perdas populacionais rurais para áreas urbanas, sendo a Região Sudeste a que mais perdeu população rural.

Devido aos fatos apresentados, nesta pesquisa serão priorizadas as regiões em situação urbana, tendo em vista o aporte populacional, significando maior potencial na geração de resíduos. O Censo Demográfico de 2010 classificou a situação dos setores censitários de acordo com oito categorias, sendo aqui apresentadas somente três na Tabela 10, presentes no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Tabela 10: Definições das situações dos setores censitários e metodologia adotada para classificação.

Situação do setor	Definição
1 – Área urbanizada de cidade ou vila	“Setor urbano situado em áreas legalmente definidas como urbanas, caracterizadas por construções, arruamentos e intensa ocupação humana; áreas afetadas por transformações decorrentes do desenvolvimento urbano e aquelas reservadas à expansão urbana.”
5 – Aglomerado rural isolado - povoado	“Setor situado em aglomerado rural isolado sem caráter privado ou empresarial, ou seja, não vinculado a um único proprietário do solo (empresa agrícola, indústria, usina, etc.), cujos moradores exercem atividades econômicas no próprio aglomerado ou fora dele. Caracteriza-se pela existência de um número mínimo de serviços ou equipamentos para atendimento aos moradores do próprio aglomerado ou de áreas rurais próximas”.
8 – Zona rural, exclusive aglomerado rural	“Área externa ao perímetro urbano, exclusive as áreas de aglomerado rural”.

Dessa forma, baseado na metodologia exposta por Pera e Bueno (2016) para classificação quanto à situação dos setores censitários e na definição dada pelo IBGE de acordo com a Tabela 10, a Tabela 11 apresenta os critérios de classificação adotados nesta pesquisa.

Tabela 11: Critérios de classificação quanto às situações dos setores censitários.

Situação do setor	Peso	Justificativa
8 – Zona rural, exclusive aglomerado rural	1	Por se tratar de áreas que não possuem aglomerados rurais.
5 – Aglomerado rural isolado - povoado	3	Por se tratar de áreas que possuem baixa ocupação humana e em processo de decréscimo de população.
1 – Área urbanizada de cidade ou vila	5	Por se tratar de área de intensa ocupação humana e em desenvolvimento urbano.

ÁLGEBRA DE MAPAS

Por meio da álgebra de mapas, que consiste no conjunto de operações que manipulam campos geográficos, as variáveis escolhidas foram combinadas resultando na delimitação de áreas com maior potencial para instalação dos PEVs, de acordo com os critérios adotados e os pesos estabelecidos. Tal processamento foi feito por meio do software QGIS versão 3.4, cabendo ressaltar que se trata de um software livre, considerando a realidade financeira dos municípios de pequeno porte.

Finalmente, foram levantadas as coordenadas dos pontos onde estão instalados espaços públicos ou áreas comuns, como praças, igrejas, instituições públicas e escolas, com o auxílio da Prefeitura e do software Google Earth que, posteriormente, foram inseridos em mapa, no intuito de que esses pontos sejam os locais adequados à instalação dos PEVs.

RESULTADOS

A Tabela 12 mostra o percentual das áreas em relação à área total do município, referente à classificação dada para cada variável de acordo com a metodologia proposta.

A Figura 1 apresenta o mapa de situação dos setores censitários do município de São Gonçalo do Rio Abaixo. Destaca-se que apenas cerca de 2% do território do município corresponde a área urbana, de acordo com a Tabela 12, sendo que para 46.39% da área do perímetro urbano não há dados recenseados (área representada em branco no mapa). Há, ainda, um setor censitário que compreende a comunidade do Una, localizado na porção oeste do município e caracterizado como povoado em situação rural; e as demais áreas (97.87% do território) são classificadas como rural, sem a existência de aglomerados rurais, nos termos definidos na metodologia apresentada por Pera e Bueno (2016).

Com isso, observa-se que, de acordo com a classificação dada em relação ao critério quanto à situação do setor censitário, em apenas 1.11% das áreas do município espera-se que haja maior potencial de geração de resíduos, devido ao fenômeno de povoamento e expansão destas áreas.

Tabela 12: Percentual das áreas referentes às classificações dadas para cada variável.

Variável	Parâmetro	Critério	Peso	Percentual das áreas (%)
Situação dos setores censitários	Situação do setor censitário	8 – Zona rural, exclusive aglomerado rural	1	97.87
		5 – Aglomerado rural isolado - povoado	3	0.06
		1 – Área urbanizada de cidade ou vila	5	1.11
		ND ¹	-	0.96
Topografia	Faixa de altitude (m)	1100 - 1316	1	0.21
		1000 - 1100	2	1.31
		900 - 1000	3	8.06
		800 - 900	4	20.28
		580 - 800	5	70.13
Declividade	Faixa de declividade (%)	> 15	1	67.58
		7 - 15	2	24.06
		3 - 7	4	6.43
		0 - 3	5	1.93
Densidade demográfica	Habitantes/km ²	≤ 24.39	3	97.87
		24.39 < x ≤ 1500	4	0.92
		1500 < x ≤ 5000	5	0.24
		ND ¹	-	0.96
Rendimento nominal médio mensal	Salários mínimos	Até 2	3	67.14
		Mais de 2 a 3	4	30.98
		Mais de 3 a 6	5	0.92
		ND ¹	-	0.96

Nota: ¹ND: Não disponível – ausência de dados recenseados.

No que tange à variável topografia, a Figura 2 apresenta o mapa hipsométrico do município de São Gonçalo do Rio Abaixo. Ao analisar os dados da Tabela 12 e a Figura 2, é possível perceber que há um predomínio das áreas em altitude variando de 585m a 800m (aproximadamente 70% do território). Cabe ressaltar que o perímetro urbano e a área do setor censitário que corresponde ao aglomerado rural do Una estão totalmente inseridos nessa faixa de altitude, o que contribui positivamente para a coleta seletiva. Uma vez que não há grandes variações de altitude, é facilitado o tráfego do caminhão de coleta, evitando o desgaste mecânico dos veículos e mantendo a integridade física da guarnição.

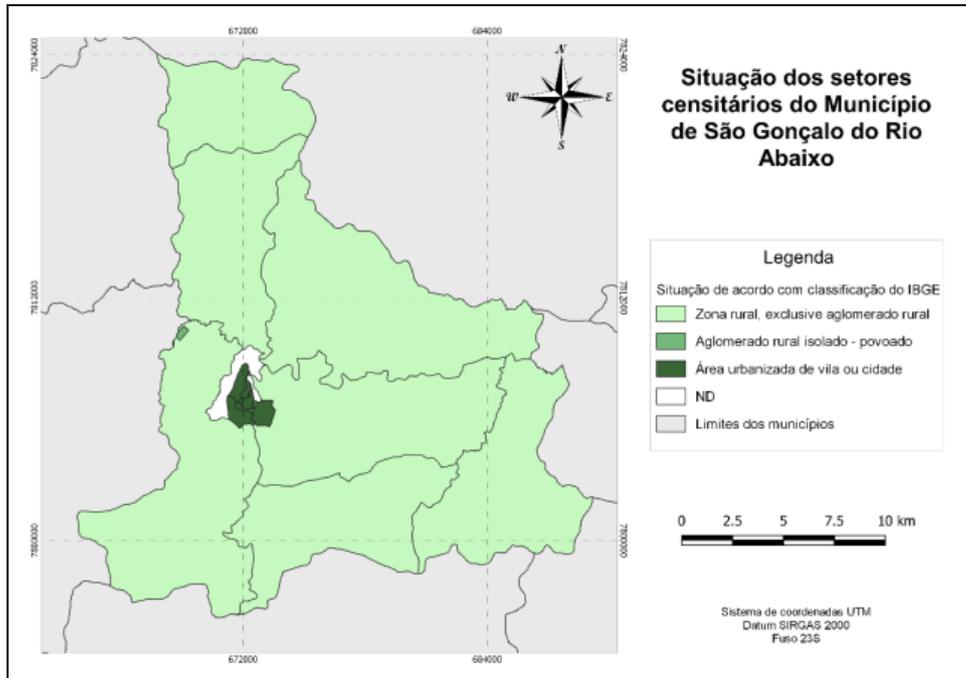


Figura 1: Situação dos setores censitários do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

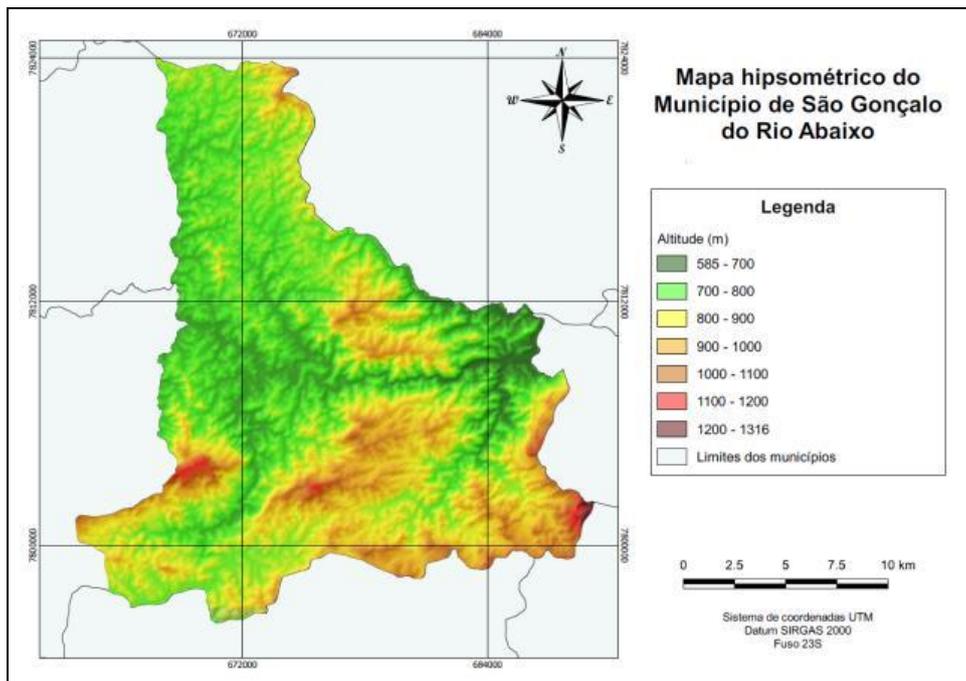


Figura 2: Mapa hipsométrico do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Com relação à declividade, a Figura 3 apresenta o mapa de declividade do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

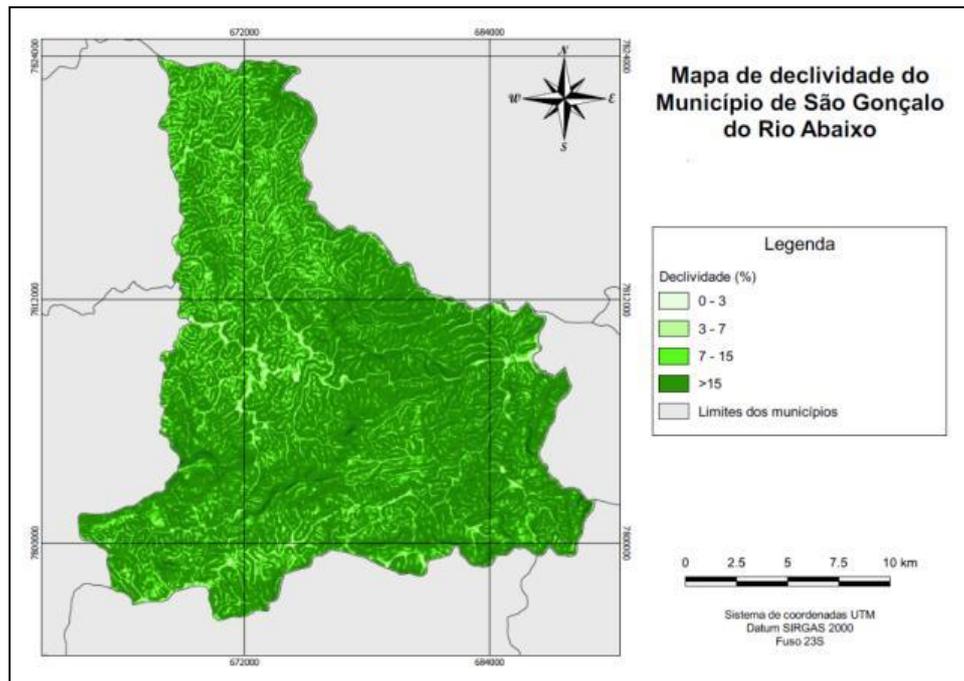


Figura 3: Mapa de declividade do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Ao observar a Tabela 12 e a Figura 3, nota-se que, em geral, boa parte do território do município (67.58% do total da área) possui declividade acima de 15%, limite superior ao recomendado pelo Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT (2010), no que diz respeito à rampa máxima para construção e melhoramento de vias.

Na área urbana, em aproximadamente 47% do território a declividade é inferior a 15%, sendo que em aproximadamente 31% das áreas, a declividade variou entre 7% e 15%, com prejuízo à velocidade do tráfego do caminhão de coleta em vias que porventura se situarem nestas regiões, mas, ainda, dentro do limite recomendado pelo DNIT. Nas áreas que compreendem a comunidade do Una, em 87.50% do território a declividade é inferior a 15%, havendo predomínio da faixa de declividade entre 7% e 15% (em 66.45% do território).

No que concerne à distribuição da população e povoamento, a Figura 4 apresenta o mapa de densidade demográfica do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Ao analisar a Tabela 13 e a Figura 4, é possível notar que 25% da população reside em uma área aproximadamente igual a 0.25% de todo o território e que tem classificação como densidade demográfica “baixa”. As demais áreas do município, ou seja, 99.75% aproximadamente, possui densidade demográfica “muito baixa” de acordo com classificação dada por Moreira et al (2019) (menor que 1500 hab/km²).

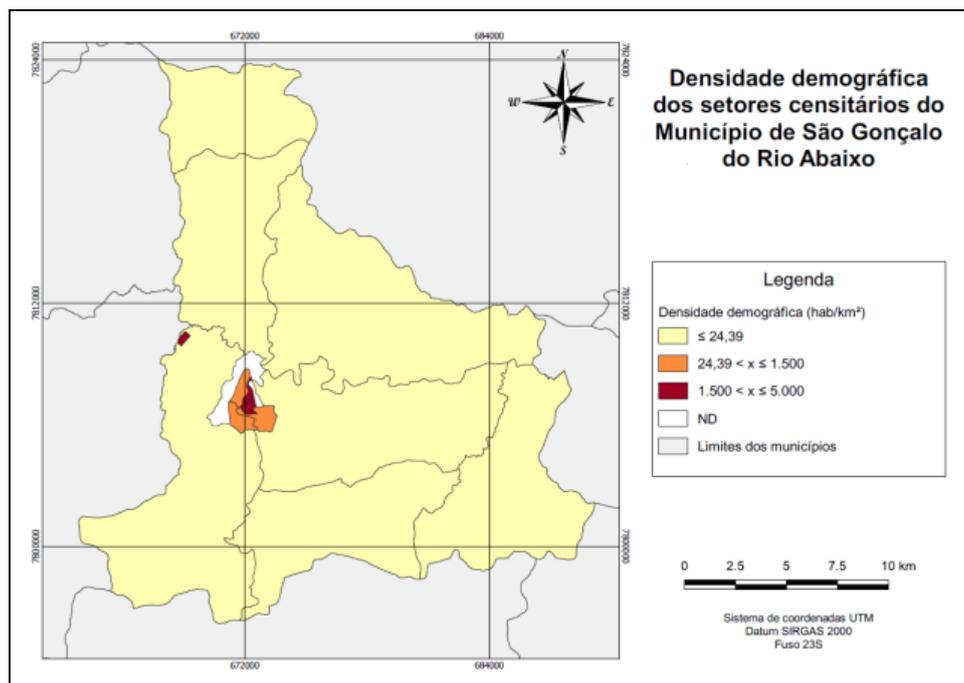


Figura 4: Densidade demográfica dos setores censitários do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Cabe destacar a grande representatividade do território em que a densidade demográfica é inferior a 24 hab/km², correspondendo a aproximadamente 98% de todo o município. A menor densidade demográfica encontrada em um dos setores censitários foi de 4.76 hab/km², onde residiam 311 moradores em uma área de aproximadamente 65km² (cerca de 18% do território).

A população notadamente urbana, que representava aproximadamente 48% da população do município no ano de 2010, ocupa uma área de 1.1% da extensão total do município. Com isso, fica evidente a concentração de pessoas em determinadas áreas do município e que, por consequência, apresentam maior potencial para geração de resíduos.

No tocante à distribuição territorial de renda da população, a Figura 5 apresenta o mapa de rendimento nominal médio mensal das famílias, por setores censitários, do município de São Gonçalo do Rio Abaixo. De acordo com a Tabela 12 e com a Figura 5, é possível verificar que grande parte do município possui rendimento nominal médio mensal abaixo de dois salários mínimos (67.14% do território). As áreas com maior concentração de renda no município equivalem a apenas 0.92% do território, onde o rendimento nominal médio mensal é da ordem de 3 a 6 salários mínimos e estão inseridos no perímetro urbano.

Com relação ao perímetro urbano, em aproximadamente 83% do território o rendimento nominal médio mensal das famílias é de 3 a 6 salários mínimos e nas demais áreas é de 2 a 3 salários mínimos. O fato das famílias com maior rendimento nominal médio mensal estarem alocadas no perímetro urbano, corrobora para a hipótese de que nestas áreas há maior geração de resíduos recicláveis e, portanto, maior potencial para instalação dos PEVs.

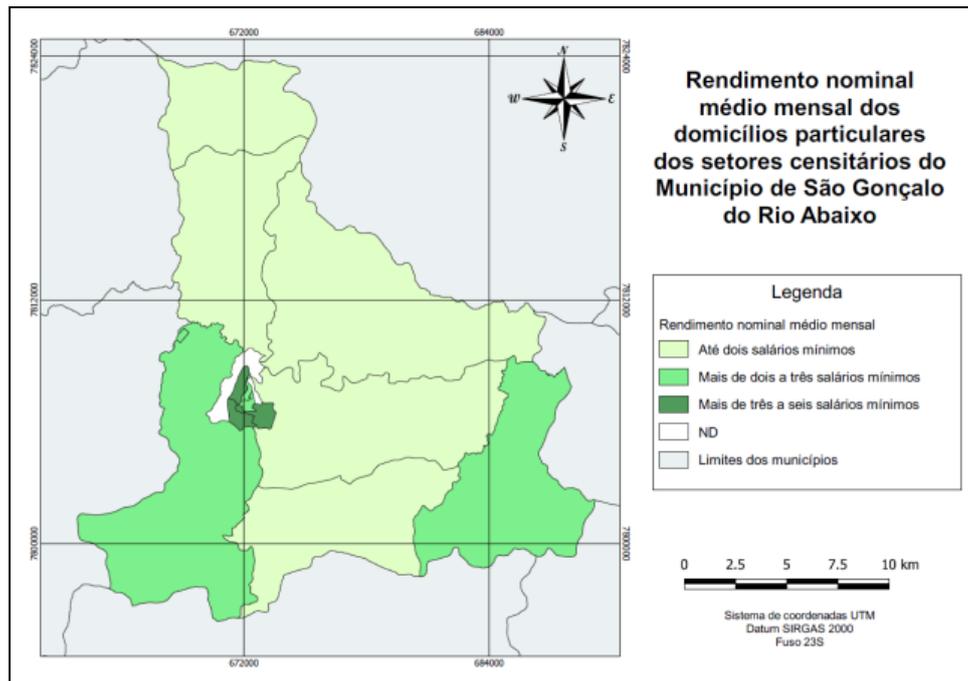


Figura 5: Rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares dos setores censitários do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

A Figura 6 apresenta o resultado da álgebra de mapas, delimitando áreas com maior potencial para a instalação dos PEVs. Os resultados da álgebra de mapas foram sistematizados em 5 classes, variando de 1 a 5, em que 1 representa o menor potencial possível e 5 representa o maior potencial possível para instalação dos PEVs em determinada área.

No geral, aproximadamente 92% do território do município apresentou baixo potencial para instalação dos PEVs, de acordo com a metodologia empregada nesta pesquisa (classes 1 e 2) e conforme pode ser observado na Figura 6. Como era esperado, as áreas de maior potencial para instalação dos PEVs foram as áreas urbanas, onde há características de maior densidade demográfica, maior concentração de renda e as melhores condições topográficas. Cabe salientar que, analisando o perímetro urbano, nas áreas onde há dados recenseados, em somente 0,63% destas áreas há baixo potencial para instalação dos PEVs (classe 2), sendo as demais de alto potencial (classes 4 e 5).

Já na área rural, observa-se que apenas uma pequena parcela do território apresenta alto potencial para instalação dos PEVs (0,08%), sendo que grande parte se dá pela contribuição da aglomeração rural de Una. A grande maioria das áreas apresenta baixo potencial (92,65% do território).

Cabe destacar que ao observar os resultados apresentados na Figura 6, além de ter a percepção das áreas onde potencial para instalação dos PEVs, é possível, também, inferir a respeito do número de PEVs necessários a serem instalados, bem como a frequência de coleta de resíduos, em função do potencial da área onde será instalado.

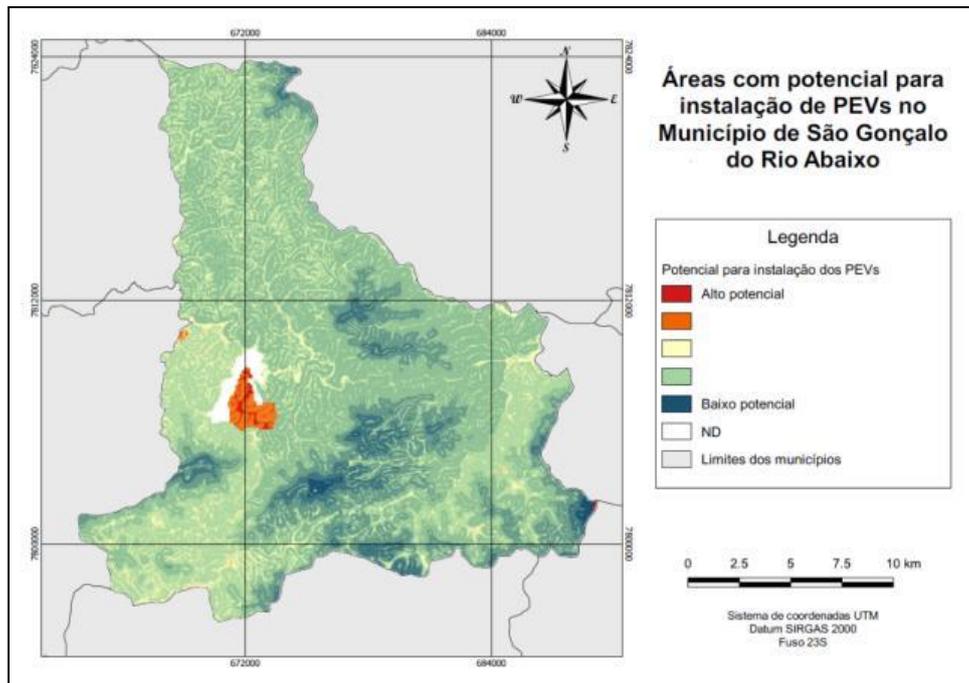


Figura 6: Áreas com potencial para instalação de PEVs no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Ainda, a respeito das áreas classificadas como "baixo potencial" de acordo com a metodologia proposta, cumpre salientar que não sugere que estas áreas não demandam soluções para os resíduos recicláveis, inclusive a instalação dos PEVs, cabendo o entendimento de que nestas áreas são necessárias soluções estratégicas e adequadas à realidade local. Além disso, esta metodologia poderá ser útil ao município que implantará o programa de coleta seletiva por meio de PEVs em etapas, auxiliando na escolha de áreas prioritárias para a instalação.

Na Figura 7 foram inseridos os pontos onde estão instalados espaços públicos ou áreas comuns, como sendo locais prováveis à instalação dos PEVs no perímetro urbano, tendo em vista que, conforme esperado, nestas áreas foi observado maior potencial conforme metodologia estabelecida. Ressalta-se que os pontos selecionados carecem de ser avaliados quanto à questão física para a alocação dos contenedores de resíduos. Além disso, deve ser avaliado, também, se há restrições com relação à instalação dos PEVs nestes locais, tanto em função do disposto em Plano Diretor, quanto no que diz respeito às áreas que são consideradas patrimônios públicos, demandando adequações ou, até mesmo, impossibilitando a instalação.

Na Figura 8 é apresentada aproximação de um dos setores censitários para melhor observação dos detalhes. A partir da análise das figuras supramencionadas, evidencia-se que áreas desabitadas foram consideradas de alto potencial para instalação dos PEVs. Isso se deve pelo fato dos setores censitários do município de São Gonçalo do Rio Abaixo representarem áreas muito grandes e com população dispersa, mostrando-se necessário, mais uma vez, confrontar os resultados obtidos na metodologia proposta, com imagens de satélite e visitas em campo.

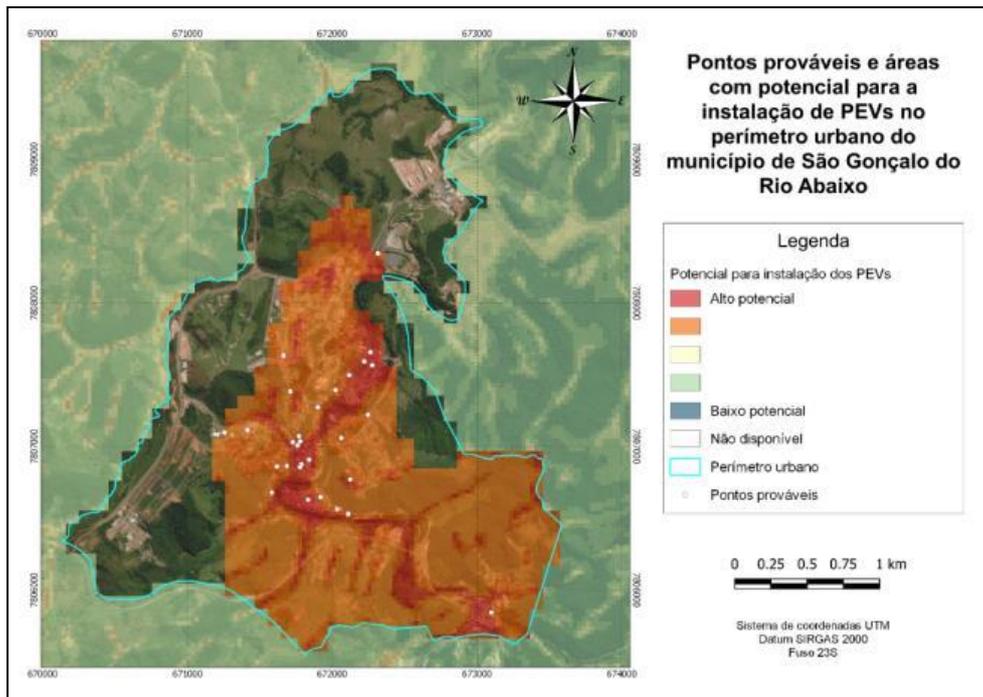


Figura 7: Pontos prováveis à instalação dos PEVs no perímetro urbano do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

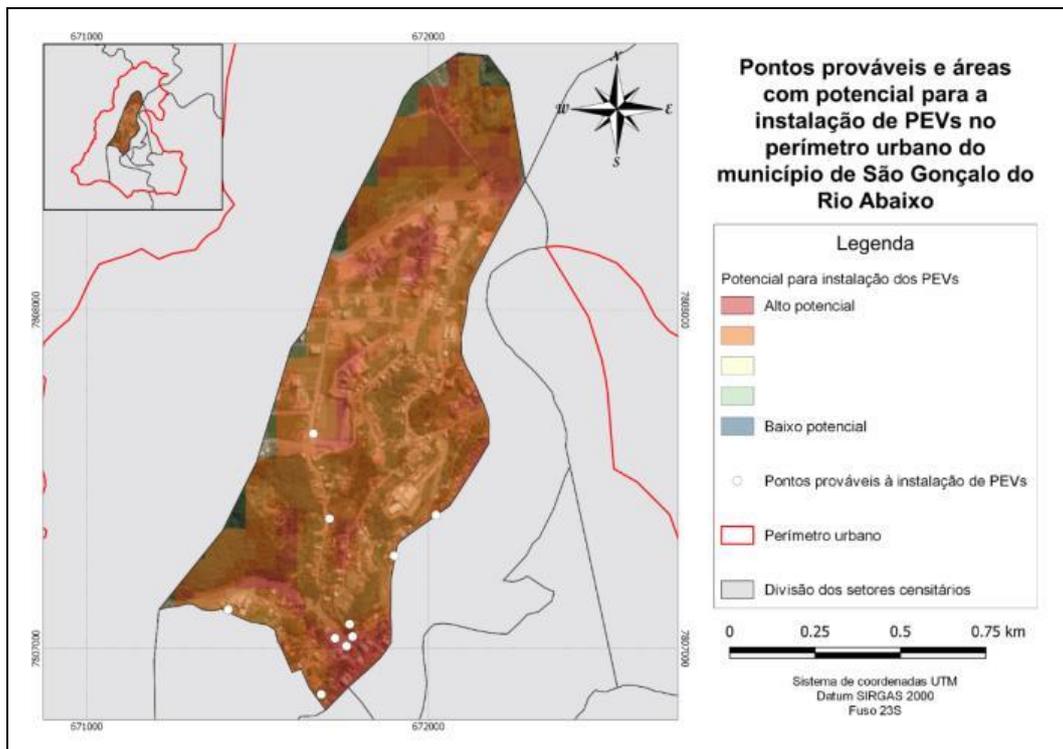


Figura 8: Pontos prováveis à instalação dos PEVs em um dos setores censitários do perímetro urbano do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

CONCLUSÕES

Por meio deste estudo, tornam-se relevantes as seguintes considerações:

- No geral, a hipótese de que na área urbana há alto potencial para instalação dos PEVs é confirmada para o município em estudo, de acordo com a metodologia proposta, podendo ser entendido como uma forma de validação desta metodologia. Desta forma, cabe salientar que esta metodologia além de indicar locais mais adequados à instalação dos PEVs, também contribui para demonstrar que as áreas determinadas como de “baixo potencial” necessitam de soluções adequadas à realidade local, inclusive com relação à otimização da frequência de coleta, resultando em redução de custos e colaborando para a sustentabilidade do programa de coleta seletiva;
- Destaca-se a importância da utilização de softwares gratuitos tendo em vista a carência de recursos financeiros enfrentada pelos municípios de pequeno porte brasileiros;
- Ademais, ressalta-se a dificuldade em obter dados relacionados à gestão de resíduos sólidos, devido à ausência de estudos ambientais aprofundados, como no caso desta pesquisa, em que foram utilizados dados indiretos para a composição da metodologia proposta. Mostra-se necessário, portanto, o desenvolvimento de metodologias que se valham dos dados existentes e que estejam prontamente disponíveis, no sentido de trazer contribuições para o planejamento de programas de coleta seletiva, visto que a ausência de estudos ambientais aprofundados é uma realidade dos municípios de pequeno porte brasileiros;
- Evidencia-se a importância da etapa de concepção dos projetos ambientais, tendo em vista que os programas de coleta seletiva no Brasil sofrem com a falta de planejamento, podendo culminar, inclusive, na paralisação destes programas; e
- Ainda com relação ao planejamento, salienta-se a necessidade de difundir metodologias simplificadas para orientar as prefeituras de municípios de pequeno porte que queiram implantar programas de coleta seletiva, em função da pouca capacidade técnica de seus recursos humanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARRAES, R. A., DINIZ, M. B., DINIZ, M. J. T. (2006) Curva ambiental de Kuznets e desenvolvimento econômico sustentável, Rev. Econ Sociol Rural, 44(3), 525-547. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032006000300008>
2. AYALA FILHO, G. G. M. (2016) Uso de plataformas livres de sistemas de informação geográfica aplicados em estudos de transportes, Monografia (Graduação em Engenharia de Transportes e Logística), Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 93p.
3. BARROS, Arthur Bernardes (2020). Aplicação de Sistema de Informação Geográfica para a coleta por Pontos de Entrega Voluntária de resíduos recicláveis em municípios de pequeno porte. Orientador: Gustavo Ferreira Simões. 2020. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, [S. l.].
4. BARROS, R. (2000) Resíduos sólidos, Belo Horizonte, 134pp.
5. BENETTI, M. (2000) Modelo metodológico para formulação e implantação de programas de coleta seletiva em municípios de pequeno porte, Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 167p.
6. BRINGHENTI, J. (2004) Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais e da participação da população, Tese (Doutorado em Saúde Ambiental), Universidade de São Paulo, São Paulo, 316p.
7. DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2010) Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas, Rio de Janeiro, 392pp.
8. DEMAJOROVIC, J., BENSEN, G. R., RATHSAM, A. A. (2012) Os desafios da gestão compartilhada de resíduos sólidos face à lógica do mercado, VI Encontro Nacional da Anppas. Belém, Brasil.
9. EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1999) Sistema brasileiro de classificação de solos, Brasília, 412pp.
10. FUGII, G. M., VASCONCELOS, M. C., BASSI, N. S., SANTOYO, A. H., DA SILVA, C. L. (2013) Comparação da gestão de resíduos sólidos urbanos entre dez capitais brasileiras: em busca de alternativas para um modelo de planejamento e gestão. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador, Brasil.

11. FERREIRA, S., CABRAL, M., DA CRUZ, N. F., MARQUES, R. C. (2014) Economic and environmental impacts of the recycling system in Portugal, *Journal Of Cleaner Production*, 79, p.219-230. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.026>
12. GONÇALVES, A. T. G., MORAES, F. T. F., MARQUES, G. L., LIMA, J. P., LIMA, R. S. (2018) Urban solid waste challenges in the BRICS countries: a systematic literature review, *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science*, 13(2). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2157>
13. IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2010) Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: Síntese de indicadores 2009, Rio de Janeiro, 289pp.
14. IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2011a) Censo Demográfico 2010: Microdados da Amostra, Rio de Janeiro.
15. IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2011b) Censo Demográfico 2010: Sinopse do Censo Demográfico, Rio de Janeiro, 261pp.
16. IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2012) Censo Agropecuário 2006: Brasil, grandes regiões e unidades da federação: segunda apuração, Rio de Janeiro, 758pp.
17. IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2019) Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017 - 2018: Primeiros resultados, Rio de Janeiro, 72pp.
18. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Projeto Topodata. 2008. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 18 setembro 2019.
19. IPEA, INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (2017) A organização coletiva de catadores de material reciclável no Brasil: Dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária, Brasília, 56pp.
20. LIMA, M. L. P. (2019) Noções de topografia para projetos rodoviários. Acesso em 17 de setembro de 2019, disponível em: <<http://www.topografiageral.com/Curso/>>.
21. MOREIRA, L. M. P. S., VIEIRA, G. C. L., HORA, K. E. R., KALLAS, L. M. E. (2019) Níveis de densidade populacional: Uma proposta de classificação para Goiânia – GO, aplicação no Setor Central, XVIII ENANPUR. Natal, Brasil.
22. NAUSTDALSLID, J. (2014) Circular economy in China – the environmental dimension of the harmonious society, *International Journal Of Sustainable Development & World Ecology*, 21(4), 303-313. <http://dx.doi.org/10.1080/13504509.2014.914599>
23. PERA, C. K. L., BUENO, L. M. M. (2016) Revendo o uso de dados do IBGE para pesquisa e planejamento territorial: reflexões quanto à classificação da situação urbana e rural, *Cadernos Metrôpole*, 18(37), 722-742. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2016-3705>
24. PEREIRA, A. (2012) Estudo Comparativo sobre o Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais e Reciclagem entre as Cidades de São Paulo e Londres. VI Encontro Nacional da Anppas. Belém, Brasil.
25. RIBEIRO, B. M. G., MENDES, C. A. B. (2018) Avaliação de parâmetros na estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos, *Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento*, 7(3), 422-443. doi: 10.3895/rbpd.v7n3.8652
26. SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (2018) Plano Municipal de Saneamento Básico, São Gonçalo do Rio Abaixo.
27. SNIS, SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (2019) Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2017, Brasília, 199pp.