

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos
Hídricos

Arthur Bernardes Barros

APLICAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA A COLETA
POR PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS EM
MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE

Belo Horizonte

2020

Arthur Bernardes Barros

**APLICAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA A COLETA
POR PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS EM
MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE**

Versão final

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Orientador: Gustavo Ferreira Simões

Belo Horizonte

2020

B277a Barros, Arthur Bernardes.
Aplicação de sistema de informação geográfica para a coleta por pontos de entrega voluntária de resíduos recicláveis em municípios de pequeno porte [recurso eletrônico] / Arthur Bernardes Barros. – 2020.
1 recurso online (109 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Gustavo Ferreira Simões.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Apêndices: f. 83-109.
Bibliografia: f. 75-82.
Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Engenharia sanitária - Teses. 2. Saneamento - Teses.
3. Economia Ambiental – Teses. 4. Resíduos – Teses.
5. Sistemas de informação geográfica – Teses. I. Simões, Gustavo Ferreira. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia.
III. Título.

CDU: 628(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Avenida Antônio Carlos, 6627 - 4º andar - 31270-901 - Belo Horizonte – BRASIL
Telefax: 55 (31) 3409-1882 - posgrad@desa.ufmg.br
<http://www.smarh.eng.ufmg.br>

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aplicação de sistema de informação geográfica para a coleta por pontos de entrega voluntária de resíduos recicláveis em municípios de pequeno porte.

ARTHUR BERNARDES BARROS

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:

Prof. GUSTAVO FERREIRA SIMÕES

Profa. LISÉTE CELINA LANGE

Prof. ARMANDO BORGES DE CASTILHOS JÚNIOR

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH

Versão Final aprovada por

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH

Prof. Antonio Teixeira de Matos
Coordenador

Prof. Gustavo Ferreira Simões
Orientador

Belo Horizonte, 28 de fevereiro de 2020.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Gustavo Ferreira Simões pela orientação;

À Secretaria Municipal de Meio Ambiente de São Gonçalo do Rio Abaixo – MG, em especial ao Secretário Mário Alves de Andrade Neto, pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa;

Aos professores e funcionários do DESA;

Aos colegas do programa pela convivência e aprendizado em conjunto;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsa; e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES);

Aos membros da banca pelas valiosas contribuições;

Aos familiares e amigos por me prestarem todo apoio e compartilharem das minhas dificuldades e superações;

A todos que contribuíram positivamente para mais esta etapa de minha vida, o meu muito obrigado!

RESUMO

Esta pesquisa visa propor a utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para o auxílio na determinação de áreas com potencial para instalação de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) e para o estabelecimento de rotas de coleta, em municípios de pequeno porte. Para tanto, foi realizado estudo de caso no município de São Gonçalo do Rio Abaixo – MG, sendo elaborados mapas temáticos a partir de cinco variáveis relacionadas às condições de 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 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. 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. Desta forma, cabe salientar que esta metodologia mostrou-se adequada na identificação de locais mais propícios à instalação dos PEVs. Além disso, deve ser ressaltado que as áreas determinadas como de “baixo potencial”, podem ter seu status alterado, com a adoção de soluções adequadas à realidade local, inclusive com relação à otimização da frequência de coleta, o que poderá resultar em redução de custos e colaborando para a sustentabilidade do programa de coleta seletiva. Embora os custos da coleta seletiva, em geral, representem maiores custos em relação à coleta convencional, fica evidente o potencial de arrecadação com a venda de materiais recicláveis, estimado em R\$500.346,30 ± R\$105.934,20, bem como o ganho ambiental, evitando que sejam dispostos em aterro sanitário 524,91t ± 132,21t de resíduos ao ano. Por se tratar da coleta seletiva por meio dos PEVs, em que há a possibilidade de reduzir custos otimizando rotas, ressalta-se a importância da etapa de planejamento.

Palavras-chave: Pontos de entrega voluntária, Sistema de Informação Geográfica, municípios de pequeno porte, resíduos recicláveis, roteirização.

ABSTRACT

This research aims to propose the use of Geographic Information System (GIS) to assist in the determination of areas with potential for the installation of Voluntary Delivery Points (PEVs) and for the establishment of collection routes in small municipalities. To this end, a case study was conducted in the city of São Gonçalo do Rio Abaixo – MG, and thematic maps were prepared from five variables related to the traffic conditions of the collection truck and waste generation, namely, topography, slope, demographic density, income and rural and urban situation in the municipality. Criteria and weighting were established for each variable. Such information served as the basis for the application of map algebra, resulting in the determination of the potential areas for installation of PEVs. This research is justified by the fact that there is no easily available methodology to guide the elaboration of PEVs implantation projects, despite being one of the selective collection modalities frequently adopted in Brazil. Overall, the hypothesis that there is a high potential for the installation of PEVs in the urban area is confirmed for the municipality under study, according to the proposed methodology. Thus, it is worth noting that this method proved to be adequate in identifying places that are more conducive to the installation of the PEVs. In addition, it should be emphasized that the areas determined as “low potential”, may have their status changed, with the adoption of appropriate solutions to the local reality, including with regard to the optimization of the collection frequency, which may result in a reduction of and contributing to the sustainability of the selective collection program. Although the costs of selective collection generally represent higher costs than conventional collection, it is evident the potential for revenues from the sale of recyclable materials, estimated in R\$ 500,346.30 ± R\$ 105,934.20, as well as the environmental gain, avoiding the disposal of 524.91t ± 132.21t of waste per year in the landfill. As it is the selective collection through the PEVs, where there is the possibility of reducing costs by optimizing routes, the importance of the planning stage is emphasized.

Key-words: Voluntary Delivery Points, Geographic Information System, small municipalities, recyclable waste, routing.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 - Taxas de reciclagem de resíduos em diversos países.	20
FIGURA 5.1 - Situação dos setores censitários do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.	41
FIGURA 5.2 - Mapa hipsométrico do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.	43
FIGURA 5.3 - Mapa de declividade do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.	45
FIGURA 5.4 – Densidade demográfica dos setores censitários do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.	47
FIGURA 5.5 - Rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares dos setores censitários do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.	49
FIGURA 5.6 – Áreas com potencial para instalação de PEVs no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.	51
FIGURA 5.7 – Pontos prováveis à instalação dos PEVs no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.	54
FIGURA 5.8 – Pontos prováveis à instalação dos PEVs no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.	55
FIGURA 5.9 – Pontos prováveis à instalação dos PEVs no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.	56
FIGURA 5.10 – Pontos prováveis à instalação dos PEVs no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.	57
FIGURA 5.11 – Pontos prováveis à instalação dos PEVs no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.	58
FIGURA 5.12 – Pontos inicial e final da coleta de resíduos recicláveis e vias urbanas com declividade inferior a 15% no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.	60
FIGURA 5.13 – Pontos isolados devido à exclusão de vias com declividade superior a 15%.	61
FIGURA 5.14 – Rota de coleta de resíduos – ponto inicial ao ponto 6.	62
FIGURA 5.15 – Rota de coleta de resíduos – ponto 6 ao ponto 13.	63
FIGURA 5.16 – Rota de coleta de resíduos – ponto 13 ao ponto 18.	64
FIGURA 5.17 – Rota de coleta de resíduos – ponto 18 ao ponto 19.	65
FIGURA 5.18 – Rota de coleta de resíduos – ponto 19 ao ponto 26.	66
FIGURA 5.19 – Rota de coleta de resíduos – ponto 26 ao ponto final.	67
FIGURA 5.20 – Área de influência dos PEVs no perímetro urbano do município de São Gonçalo do Rio Abaixo – MG.	70
FIGURA 5.21 – Velocidade máximas permitidas nos trechos da coleta de resíduos recicláveis.	71

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 - Composição gravimétrica de RSU realizada em municípios mineiros.....	19
TABELA 4.1 - Nível de escolaridade da população de São Gonçalo do Rio Abaixo, nos anos de 1991, 2000 e 2010.....	29
TABELA 5.1 - Percentual das áreas referentes às classificações dadas para cada variável. ...	40
TABELA 5.2 - Percentual médio da amostra de dados da composição gravimétrica de resíduos recicláveis de municípios mineiros de pequeno porte.	68
TABELA 5.3 – Geração média diária de resíduos no município de São Gonçalo do Rio Abaixo - MG.	68
TABELA 5.4 – Estimativa da arrecadação potencial a partir da venda de resíduos recicláveis coletados seletivamente por meio de PEVs no perímetro urbano do município de São Gonçalo do Rio Abaixo - MG.....	69

LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1 - Modalidades de coleta seletiva frequentemente adotadas no Brasil e respectivas vantagens e desvantagens.	23
QUADRO 4.1 - Dados gerais da destinação por tipo de resíduo após separação na central de triagem do município de São Gonçalo do Rio Abaixo – MG.	31
QUADRO 4.2 - Bases cartográficas componentes da álgebra de mapas.	32
QUADRO 4.3 - Critérios de classificação de acordo com as faixas de altitude do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.	33
QUADRO 4.4 - Classes de declividade.	33
QUADRO 4.5 - Critérios de classificação quanto às faixas de declividade.	34
QUADRO 4.6 - Critérios de classificação de níveis de densidade demográfica.	34
QUADRO 4.7 - Critérios de classificação quanto às faixas de densidade demográfica.	35
QUADRO 4.8 - Classes de rendimento das famílias em função dos salários mínimos.	36
QUADRO 4.9 - Critérios de classificação adotados com relação ao rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares dos setores censitários do município.	36
QUADRO 4.10 - Definições das situações dos setores censitários e metodologia adotada para classificação.	37
QUADRO 4.11 - Critérios de classificação quanto às situações dos setores censitários.	37
QUADRO 4.12 – Tipos de vias e respectivas velocidades máximas permitidas.	39
QUADRO 5.1 - Identificação dos espaços públicos/áreas comuns pré-selecionados para a instalação dos PEVs, no perímetro urbano do município de São Gonçalo do Rio Abaixo – MG.	53

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ATT – Áreas de triagem e transbordo

BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul

CE – Comunidade Europeia

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPA – *Environmental Protection Agency*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBOPE – Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística

IDH-M – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano

LEV – Local de entrega voluntária

MG – Minas Gerais

ND – Não disponível

PEV – Ponto de Entrega Voluntária

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RCC – Resíduos de construção civil

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SIG-T – Sistema de Informações Geográficas aplicadas ao transporte

SLU – Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte

SMMA – Secretaria Municipal de Meio Ambiente

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

VMP – Velocidade máxima permitida

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral	15
2.1 Objetivos específicos	15
3 REVISÃO DA LITERATURA	16
3.1 Políticas sobre resíduos no mundo.....	16
3.2 A reciclagem no Brasil.....	18
3.3 Fatores relacionados à geração de resíduos sólidos e sua composição.....	21
3.4 Experiências de coleta seletiva na modalidade de pontos de entrega voluntária (PEVs) 22	
3.5 SIGs e suas aplicações em resíduos sólidos	26
4 MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 Caracterização da área de estudo.....	29
4.2 Definição das áreas com maior potencial para instalação dos PEVs.....	31
4.2.1 Topografia.....	32
4.2.2 Declividade	33
4.2.3 Densidade demográfica.....	34
4.2.4 Renda	35
4.2.5 Situação urbana e rural do município	36
4.2.6 Álgebra de mapas.....	37
4.3 Definição das rotas de coleta.....	38
4.4 Elaboração do manual.....	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1 Definição das áreas com potencial para instalação dos PEVs	40
5.2 Definição da rota de coleta.....	59
6 CONCLUSÃO.....	72
7 RECOMENDAÇÕES.....	74
REFERÊNCIAS	75
APÊNDICE A	83

1 INTRODUÇÃO

No século XVIII, os resíduos acumulados nas ruas e imediações das cidades provocaram epidemias, causando a morte de milhares de pessoas. Naquele momento, portanto, era suficiente a solução de afastar os resíduos, descartando-os em áreas mais distantes dos centros urbanos; cenário diferente aos dias de hoje que devido às mudanças de hábitos de consumo da população em função do avanço mundial da indústria, a geração de resíduos sólidos se tornou expressiva em termos de quantidade e diversidade (RIBEIRO; MENDES, 2018).

A rápida urbanização nos países em desenvolvimento nas últimas três décadas, especialmente nos países componentes ao 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 ausência 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).

Em especial, os municípios de pequeno porte brasileiros, ditos àqueles com população inferior a 20.000 habitantes, permanecem estagnados economicamente (salvo poucas exceções), em função da maior dependência financeira dos governos federal e estadual, encontrando dificuldades para assegurar o atendimento qualificado e, até mesmo, o cumprimento de políticas públicas com vistas aos serviços de saneamento (PERALTA e ANTONELLO, 2015).

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 (BENETTI, 2000).

Rada, Ragazzi e Fedrizzi (2013) destacam que há uma nova filosofia que enfoca o cuidado futuro com as questões ambientais, devendo-se manter o equilíbrio entre o progresso, a qualidade de vida e o meio ambiente, não sendo mais aceitável que a gestão de RSU seja embasada no descarte a baixo custo e, por consequência, de baixo controle.

De acordo com Bringhenti (2004), a coleta realizada por meio de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) é uma das modalidades frequentemente adotadas nos programas de coleta seletiva no país, na qual o próprio gerador deve deslocar-se até esses pontos e depositar seus resíduos previamente triados em recipientes diferenciados por tipos de materiais.

A autora ressalta que uma das principais vantagens desta modalidade é a possibilidade de redução de custos de coleta e transporte em decorrência da otimização dos percursos e da frequência. No entanto, salienta, ainda, que uma das maiores desvantagens é requerer a disponibilidade da população para se deslocar para a entrega de seus resíduos, evidenciando a necessidade de planejamento estratégico quanto à localização desses pontos (BRINGHENTI, 2004).

Dessa forma, a utilização de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) se torna ferramenta importante para auxílio e estudo dos critérios para determinação de áreas propensas à instalação dos PEVs, tendo em vista que são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, “dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la” (COSTA *et al.*, 2013).

Nesse contexto, esta pesquisa visa propor a utilização de SIG para o auxílio na determinação de áreas com potencial para instalação de PEVs e para o estabelecimento de rotas de coleta, em municípios de pequeno porte. Para tanto, foi realizado estudo de caso no município de São Gonçalo do Rio Abaixo – MG.

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.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é propor a utilização de Sistema de Informação Geográfica – SIG para o auxílio na determinação de áreas com potencial para instalação de PEVs e para o estabelecimento de rotas de coleta, em municípios de pequeno porte.

2.1 Objetivos específicos

- Elaborar mapas temáticos referentes ao município de São Gonçalo do Rio Abaixo, contendo informações que servirão de base para a aplicação das ferramentas de geoprocessamento;
- Aplicar técnicas de geoprocessamento para determinação de áreas com potencial para instalação de PEVs e de rotas de coleta no município de São Gonçalo do Rio Abaixo;
- Elaborar manual contendo o passo a passo da utilização das ferramentas do SIG para determinação de áreas com potencial para instalação de PEVs, no intuito de orientar a aplicação da metodologia proposta nesta pesquisa em municípios de pequeno porte.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Políticas sobre resíduos no mundo

A economia linear é um modelo estruturado básico que depende da extração de matérias-primas e seu processamento em produtos que, depois de usados, são tratados como resíduos e principalmente dispostos em aterros sanitários. Durante as últimas décadas, esse modelo foi considerado um modelo de sucesso, levando muitos produtos a preços muito baixos, impulsionando as economias dos países industrializados desenvolvidos e incentivando o consumo. No entanto, esse modelo resultou em um aumento maciço de resíduos produzidos, no uso extensivo de matérias-primas não-renováveis e no surgimento de problemas ambientais inerentes, apontando rapidamente para práticas de economia circular, onde novos produtos deveriam ser gerados por meio da reutilização, recuperação e reciclagem de materiais, para um número infinito de ciclos (FERREIRA *et al.*, 2017).

É possível perceber que desde a Diretiva Europeia 75/442/CE, de 15 de julho de 1975, vislumbrava-se a adoção de medidas para promover a prevenção ou a redução da geração e da nocividade dos resíduos, seguida da reutilização e reciclagem e, por fim, a utilização dos resíduos para recuperação de energia, dispondo em seu artigo 4º que os Estados-Membros deveriam tomar medidas necessárias à garantia de que os resíduos fossem aproveitados ou eliminados sem comprometer a saúde humana e o meio ambiente.

No ano de 2008, entrou em vigor a Diretiva Europeia 2008/98/CE que introduziu a hierarquia dos resíduos como princípio geral da legislação e da política de prevenção e gestão dos resíduos. Assim, estabeleceu-se a prevenção como sendo as medidas tomadas antes que uma substância, material ou produto se torne resíduo, a fim de reduzir quantidades através da reutilização ou de prolongamento da vida útil, reduzir o teor de substâncias nocivas nos materiais e produtos, e reduzir os impactos no meio ambiente e na saúde humana decorrente dos resíduos.

Em seguida, a respectiva Diretiva trata da preparação para reutilização, que consiste no controle, limpeza ou reparação, nos quais os produtos que se tornaram resíduos são preparados para serem reutilizados sem qualquer outro tipo de processamento. Logo após, trata da reciclagem, na qual transforma os resíduos para o seu fim original ou para outros fins, não se incluindo a valorização energética, que está abarcada no próximo nível da hierarquia, conhecido como “outros tipos de valorização” e, finalmente, a eliminação que se define em qualquer tipo de operação que não se constitua em valorização.

Nos Estados Unidos, no ano de 1965 foi promulgada a Lei de Disposição de Resíduos Sólidos (*Federal Solid Waste Disposal Act*), complementada pela Lei de Conservação e Recuperação de Recursos (*Resource Conservation and Recovery Act*), de forma a lidar com enormes volumes de resíduos gerados no país. Por meio desta Lei, a Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency – EPA*) se tornou responsável por determinar os padrões nacionais para a gestão dos resíduos sólidos, a qual recomenda a adoção de sistemas de “manejo integrado de resíduos” – referindo-se ao uso de uma variedade de práticas de manejo de resíduos, seguras e efetivas.

Cabe ressaltar que a Lei de Disposição de Resíduos Sólidos estabelece diretrizes nacionais mínimas em relação aos resíduos perigosos, porém, com relação aos resíduos não perigosos, há apenas recomendações aos municípios por parte da EPA, na qual estimula a hierarquia de prioridade na gestão de resíduos, sendo ela a redução na fonte (tanto do volume, quanto da toxicidade e aumento da vida útil de produtos); reciclagem; e, por fim, a incineração ou a disposição final (JURAS, 2012).

No Brasil, somente em 2010 foi sancionada a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), na qual considera resíduos sólidos como sendo

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, n.p).

Uma das importantes contribuições dessa Lei no enfrentamento dos impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos foi a distinção dos conceitos de resíduos e rejeitos, obedecendo na gestão e gerenciamento a ordem de prioridade de não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, ou seja, contribuindo para que os resíduos ganhem novas rotas, incluindo a reciclagem, desfavorecendo as técnicas de fim de tubo, consoante com as legislações ambientais dos países da União Europeia e Estados Unidos.

Cabe salientar que a referida Lei instituiu que metas para a coleta seletiva devem estar contidas nos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos e, quando estabelecida, os consumidores são obrigados a acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos gerados, além de disponibilizá-los para a coleta ou devolução (BRASIL, 2010). No entanto, é

notória a necessidade de investimentos em medidas estruturais e de conscientização ambiental relacionadas à gestão dos resíduos sólidos no Brasil.

3.2 A reciclagem no Brasil

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 nesse relatório não foi considerada a “geração *per capita*” de modo a majorar a precisão a respeito da geração, supondo-se que esta gire em torno de 10% em relação à massa coletada.

A Tabela 3.1 apresenta a composição gravimétrica de estudos realizados em municípios de pequeno porte de Minas Gerais, destacando-se o entendimento de “resíduos orgânicos” aqueles correspondentes aos restos de alimentos e das atividades de poda; “resíduos perigosos” tais como lâmpadas, pilhas, baterias, embalagens de óleos lubrificantes etc.; e “diversos” como sendo resíduos não passíveis de separação, resíduos de varrição, trapos etc.

Ressalta-se que os municípios são de pequeno porte em relação à população e estão enquadrados no nível médio do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), que mede o progresso do município em relação aos pilares saúde, educação e renda. De modo geral, ficam evidenciadas as expressivas contribuições dos resíduos orgânicos e resíduos “diversos” (inclusive de materiais não passíveis de separação) na massa total de resíduos, que somados à presença de resíduos perigosos, podem inviabilizar a reciclagem dos resíduos com potencial de serem reciclados. Dessa forma, para obter um substrato de alta qualidade para a reciclagem, é necessário estar equipado com um sistema funcional e eficiente de coleta seletiva, bem como difundir critérios transparentes para a segregação por parte da população (LEWANDOWSKA; SZYMANSKA, 2019).

Apesar da presença considerável de resíduos recicláveis em relação à massa total, conforme observado na Tabela 3.1, o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (SNIS, 2019) 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. Os resultados do Diagnóstico apontam ainda que 1.254 municípios (ou 22,5% do total) declararam dispor de coleta seletiva; 2.292 municípios (ou 40,6% do total) declararam a não existência da prática de

coleta seletiva; e nos demais 2.024 municípios (ou 36,8% do total) não há informações sobre a coleta seletiva.

TABELA 3.1 - Composição gravimétrica de RSU realizada em municípios mineiros.

Município	Dados do município			Composição gravimétrica (% em massa)						
	População (2016)	IDH (2010)	Nível IDH	Papel/Papelão	Plástico	Metal	Vidro	Orgânico	Perigosos	Diversos
Maria da Fé	14095	0,702	Médio	11,1	12,2	5,6	2,8	55,6	0	12,7
Nova Ponte	15545	0,701	Médio	8,81	10,73	0,76	1,11	40,54	0	38,05
Bandeira	4795	0,599	Médio	9,8	5,9	1,2	4	46,8	0,1	32,3
Divisópolis	11019	0,609	Médio	7,3	10,8	0,7	1	56,1	0,5	23,7
Felisburgo	7457	0,583	Médio	5,7	13,8	3,6	2,4	50,3	0,2	24,1
Jacinto	12326	0,62	Médio	12,4	10,5	1,9	1,5	40,4	0,5	32,8
Joáima	15432	0,587	Médio	8,7	8,7	1	2	45,4	0,1	34,1
Jordânia	10812	0,628	Médio	9	13,1	1,3	4,3	49,4	0,1	22,7
Mata Verde	8586	0,581	Médio	6,5	10,5	1,4	3	62,2	0,1	16,4
Monte Formoso	4906	0,541	Médio	9,2	7,9	1,1	1,5	42,3	0,5	37,5
Palmópolis	5507	0,565	Médio	9,4	7,4	1,8	0,6	44,9	0,6	35,3
Rio do Prado	5150	0,605	Médio	7,8	8,6	1	1,8	55	0	25,8
Rubim	10241	0,609	Médio	7,9	9,2	1,3	1,1	51,6	0,5	28,5
Salto da Divisa	7009	0,608	Médio	9,8	11,4	2	2	52,1	0,8	21,9
Santa Maria do Salto	5232	0,613	Médio	4,5	11,2	3,1	0,7	50	0,5	30,1
Santo Antônio do Jacinto	11640	0,574	Médio	6,6	11	1,4	2,5	53,6	0,2	24,7

ND: Não disponível.

Fonte: Adaptado de Soares (2013); Soares (2014); Maia (2015); Siqueira *et al.* (2016); Alkmin e Ribeiro Junior (2017).

Wilson, Velis e Cheeseman (2006) ressaltam que a taxa de reciclagem depende, dentre outros fatores, da existência de mercados locais, da demanda de matérias-primas secundárias e do nível de intervenção regulatória do governo. Ribeiro e Lima (2000) reforçam que uma substância somente deixará de ser considerada resíduo se houver um mercado comprador, que viabilizará a reciclagem desde que haja quantidade e qualidade suficientes.

A Figura 3.1 apresenta as taxas de reciclagem de resíduos em diversos países do mundo. Enquanto os países europeus citados superaram ou estavam próximos de atingir a meta de reciclar 50% dos resíduos sólidos municipais até o ano de 2020, estabelecida pela Diretiva Europeia 2008/98/CE, países em desenvolvimento têm grandes dificuldades na reciclagem dos resíduos, como é o caso do México que recicla menos de 10%.

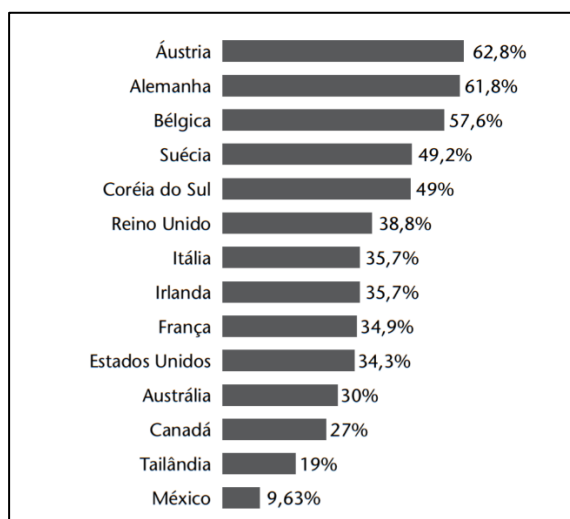


FIGURA 3.1 - Taxas de reciclagem de resíduos em diversos países.

Fonte: Adaptado de Compromisso Empresarial para a Reciclagem (2018).

A maioria dos sistemas de gestão de resíduos das cidades brasileiras que possuem coleta seletiva segregam resíduos recicláveis (resíduos secos) e resíduos orgânicos (resíduos úmidos). Em relação aos resíduos recicláveis, os municípios empregam um sistema de coleta combinado com coleta porta a porta e em PEVs. Em ambos os casos, percebe-se a presença de catadores formais e informais (Tirado-Soto; Zamberlan, 2013). Em função da ampla diversidade de níveis socioeconômicos, tendo como realidade várias cidades que sequer têm organizações de catadores, enquanto em outras, essas organizações podem ser consideradas embrionárias, é notória a falta de investimento na gestão municipal de resíduos sólidos e nas políticas públicas com foco na reciclagem de resíduos (DUTRA; YAMANE; SIMAN, 2018).

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 e eficazes.

Para criar um mercado rentável de reciclados no Brasil, faz-se necessária a adoção de incentivos fiscais. Medina (2007) cita que na opinião de proprietários de recicladoras, os principais entraves para o desenvolvimento deste mercado no Brasil são a carga tributária excessiva e a ausência de incentivos para pequenas e médias empresas do ramo.

Outros fatores determinantes para o sucesso da coleta seletiva e da reciclagem é a adesão social e o conhecimento da população acerca do tema. Em pesquisa do Instituto Brasileiro de Opinião

Pública e Estatística (IBOPE, 2018), realizada no ano de 2018 com 1.816 entrevistados de todos os Estados e Distrito Federal a respeito da percepção da população em relação aos resíduos, os resultados apontaram que apesar de 94% das pessoas concordarem que devem separar os materiais, 66% afirmam saber pouco ou nada a respeito de coleta seletiva e 75% não fazem a separação dos resíduos recicláveis gerados nos domicílios.

A pesquisa revelou que há também pouco conhecimento sobre os materiais que podem ser reciclados, como por exemplo as embalagens cartonadas e as garrafas PET, onde os entrevistados têm conhecimento da reciclagem destes materiais em 4% e 40%, respectivamente, tornando evidente a necessidade de campanhas ambientais no intuito de instruir a população (IBOPE, 2018).

3.3 Fatores relacionados à geração de resíduos sólidos e sua composição

A quantidade de resíduos gerados depende de vários fatores, sendo a renda um dos mais relevantes, em que possui correlação positiva, ou seja, seu aumento acarreta maior geração de resíduos (GIACOMINI FILHO, 2008).

De acordo com Lima (2004), quando ocorrem variações na economia, são imediatamente percebidos reflexos nos locais de tratamento e disposição de resíduos, sendo o fator “econômico” um dos fatores de maior influência na sua geração e composição. Para o autor, deve ser considerada, ainda, a flutuação populacional, como é o caso do período de férias de inverno e verão; além de épocas especiais que podem contribuir para a oscilação na geração de resíduos, como por exemplo o 13º salário no final do ano, quando são injetados bilhões de reais na economia. Pasquali (2012) afirma que a maior geração de resíduos ocorre no mês de dezembro, estando relacionada com as festas de fim de ano, época em que as famílias consomem maior quantidade de produtos de gêneros alimentícios, de higiene e limpeza, bebidas e presentes.

Franco (2012) evidencia a importância do fator densidade demográfica em relação à geração de resíduos, indicando que há uma tendência de que a geração diária *per capita* aumenta à medida que há aumento do número de habitantes numa cidade. Ainda de acordo com a autora, locais onde há maior renda e maior concentração de população apresentam indicadores de geração *per capita* de resíduos sólidos superiores aos locais de renda e população inferiores.

Outro fator importante a ser considerado com relação à geração de resíduos é o processo de urbanização. Oliveira (2010) destaca que no Brasil há um processo de expansão das cidades,

enquanto a ocupação das áreas rurais está reduzindo e, quase sempre, o ritmo de crescimento da população é mais rápido do que a ampliação da infraestrutura urbana. Tal situação impacta diretamente nos serviços de limpeza urbana, provocando problemas típicos, dentre eles os depósitos clandestinos de resíduos localizados, principalmente, nas áreas mais pobres, com conseqüente agravamento na saúde pública.

Salienta-se que a composição dos resíduos tem relação com fatores socioeconômicos. Gil (2016) analisou a relação estabelecida entre a geração dos resíduos sólidos domiciliares e fatores socioeconômicos de dois bairros predominantemente residenciais do município de Vacaria-RS. Os resultados apontaram para variações significativas no descarte de resíduos eletrônicos, de medicamentos e de vidros pelo bairro de alto poder aquisitivo; e no bairro de baixo poder aquisitivo a presença de materiais têxteis, couro e borracha foram expressivos. A parcela de resíduos orgânicos foi significativa em ambos os bairros. A geração *per capita* dos resíduos da população de poder aquisitivo maior é de 1,428 kg/hab.dia; enquanto no de baixo poder aquisitivo é de 0,212 kg/hab.dia. Fica, portanto, evidenciada a relação entre os fatores socioeconômicos e a quantidade e composição dos resíduos sólidos urbanos.

Outros fatores citados na literatura que têm relação com a geração de resíduos são a distribuição espacial da população e as atividades econômicas desenvolvidas (GALLARDO et al., 2014); o nível de escolaridade, as faixas etárias e a estrutura e composição familiar (SILVA, BARBIERI e MONT-MÓR, 2012).

3.4 Experiências de coleta seletiva na modalidade de pontos de entrega voluntária (PEVs)

No Brasil, três modalidades de coleta seletiva têm sido utilizadas com maior frequência nos programas 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 trabalho, será focada a modalidade de coleta seletiva por meio dos PEVs. O Quadro 3.1 apresenta a descrição, as vantagens e as desvantagens de cada tipo de coleta.

QUADRO 3.1 - Modalidades de coleta seletiva frequentemente adotadas no Brasil e respectivas vantagens e desvantagens.

Modalidade	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Porta a Porta	Na coleta seletiva porta a porta, o material segregado previamente por tipo (ou não) é coletado na porta da residência do munícipe.	<ul style="list-style-type: none"> - Dispensa o deslocamento do cidadão até um ponto de entrega, contribuindo para a participação na coleta seletiva; - Facilita mensurar a participação da população, identificando domicílios e estabelecimentos participantes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exige maior infraestrutura de coleta (frota de veículos e recursos humanos); - Tende a apresentar custos mais altos de coleta e transporte; - Atrai a presença de catadores na região implantada (questão social). - Geralmente, encontram-se 30% de rejeitos.
Ponto de Entrega Voluntária (PEV)	Na coleta seletiva em pontos de entrega voluntária (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. 	<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.
Trabalhadores Autônomos da Reciclagem	Coleta na qual um grupo de trabalhadores autônomos, em geral apoiado e/ou gerenciado por alguma organização de caráter social, com ou sem apoio do poder público, recolhe o material disponível em via pública, normalmente utilizando carrinhos de tração manual.	<ul style="list-style-type: none"> - Promove a inclusão social; - Gera emprego e renda; - Reduz o custo de coleta, transporte, triagem e destinação final para a administração municipal; - Apresenta maior independência e menor vulnerabilidade às discontinuidades das administrações municipais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresenta elevado risco de acidentes, principalmente com a atuação de trabalhadores sem sinalização de trânsito e equipamentos de proteção individual; - Dificulta a mensuração da participação da população; - Contribui negativamente para a manutenção da limpeza urbana, uma vez que são danificados sacos de lixo para a remoção do material reciclável; - Ocorrência em alguns casos de exploração da mão-de-obra e/ou trabalho infantil.

Fonte: Adaptado de Bringhenti (2004).

A Suécia, país desenvolvido, tem uma geração relativamente alta de resíduos (1,6 kg/hab.dia). Por isso, a gestão de resíduos sólidos vem sendo considerada, há décadas, como prioridade das autoridades. Na capital Estocolmo, a população paga pelo peso do resíduo coletado (resíduo orgânico e rejeitos). Já os resíduos recicláveis não são taxados, desde que dispostos adequadamente nos postos de coleta. Esta é uma forma de incentivar a segregação dos resíduos recicláveis nas residências e sua destinação aos centros de reciclagem (STOCKHOLM VATTEN OCH AVFALL, 2017).

As residências são atendidas pelo sistema *Envac* que dispõe de lixeiras disponíveis durante todo o dia e são conectadas a uma rede de tubos que conduzem os resíduos por vácuo a uma área de coleta. Somente quando os contêineres de 15 a 30m³ se enchem, um caminhão os leva para a usina de reciclagem. As vantagens são evidentes: os diferentes tipos de resíduos não são misturados durante a coleta; o número de caminhões de coleta em circulação é menor; a poluição sonora e atmosférica é reduzida; e, finalmente, há uma economia de 30% a 40% dos gastos municipais com o serviço de coleta (AVFALL SVERIGE, 2018).

Para superar as dificuldades relacionadas à gestão de resíduos em áreas de alta densidade populacional, no ano de 2006 foram implantados contêineres subterrâneos na Ilha de França, região onde está inserida Paris, como um projeto piloto. Para cada local, três contêineres são instalados, sendo um para rejeitos (5 m³); um para materiais mistos como papel e papelão, plásticos e embalagens (4 a 5 m³) e outro para vidros (3 m³), sendo as frequências de coleta dependentes da taxa de preenchimento. Após o sucesso desta ação, houve uma demanda crescente no território, sendo que até o final de 2012, cerca de 850 contêineres foram instalados (OBSERVATOIRE RÉGIONAL DES DÉCHETS D'ILE-DE-FRANCE, 2014).

Os contêineres subterrâneos são vistos como uma solução interessante nestes locais para superar as dificuldades relacionadas à implementação da coleta seletiva em áreas densas e de moradias verticais. Como vantagens, citam-se a menor necessidade de manuseio dos resíduos, a menor necessidade de espaço, a melhor integração com a paisagem, a menor emissão de odores etc. O investimento é de cerca de 11.000€ por contêiner, sendo metade do custo para o equipamento e a outra metade para obras. O custo de operação é avaliado entre 60 e 100€ por contêiner por ano, principalmente para fins de esvaziamento e limpeza. A manutenção técnica é feita uma vez por ano e consiste principalmente em bombear a água da chuva para limpar os contêineres (OBSERVATOIRE RÉGIONAL DES DÉCHETS D'ILE-DE-FRANCE, 2014).

Verificou-se que as quantidades coletadas aumentaram de quase nada para cerca de 75 kg/hab.ano de material misturado e para 20 kg/hab.ano de vidro. A implementação de contêineres é concomitante com um aumento de 7,5% da taxa de reciclagem e uma ligeira diminuição de rejeitos, de 20% em 2009 para 17,7% em 2012. Além disso, em função da rota da coleta ter sido encurtada, os custos diminuíram em 30% (OBSERVATOIRE RÉGIONAL DES DÉCHETS D'ILE-DE-FRANCE, 2014).

Em Belo Horizonte, os primeiros Locais de Entrega Voluntária – LEVs foram instalados no hipercentro da cidade no ano de 1994. O sistema era composto por contêineres metálicos do mesmo tamanho, para coletar papéis, plásticos, metais e vidros, sendo a coleta feita por catadores. No entanto, houve necessidade de alteração dos contêineres, uma vez que não considerou as características específicas de cada material e, em função da semelhança aos modelos de lixeiras comuns, facilitava a mistura de resíduos (SUPERINTENDÊNCIA DE LIMPEZA URBANA, 2016).

Em 1997, foram desenvolvidos contêineres confeccionados em cantoneiras e tela de arame galvanizado, conhecidos como “gaiola”, que apresentaram custo relativamente baixo e se mostraram adequados para receber os materiais recicláveis; contudo, novamente, houve dificuldade em dimensionar os contêineres para os diferentes tipos de materiais, de pesos específicos diferenciados, para serem coletados pelo mesmo veículo, com a mesma frequência e mesma destinação (cooperativas de catadores) (SUPERINTENDÊNCIA DE LIMPEZA URBANA, 2016).

Dentre as fragilidades citadas pela Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte – SLU, destacam-se a deposição de outros tipos de resíduos nos contêineres, além da deposição de resíduos no entorno, o que provoca rejeição por parte da população; bem como o aumento do número de catadores informais diante à crise econômica, que passaram a retirar materiais recicláveis dos contêineres, reduzindo a quantidade a ser coletada e contribuindo para a desordem na área de entorno. Com isso, o número de LEVs diminuiu, passando de 122 em 2009 para 87 em 2014 (SUPERINTENDÊNCIA DE LIMPEZA URBANA, 2016). Ainda assim, de acordo com o Relatório Anual de Atividades da Limpeza Urbana da SLU, foram coletadas 1.637,52 toneladas de materiais recicláveis por meio dos LEVs no ano de 2018, o que representou 26% do total de resíduos recicláveis coletados naquele ano, denotando a importância desta modalidade de coleta seletiva na gestão dos resíduos de Belo Horizonte (SUPERINTENDÊNCIA DE LIMPEZA URBANA, 2018).

De acordo com Sidique, Lupi e Joshi (2010), o sucesso de um programa de reciclagem depende em grande parte da participação das famílias e das atividades de triagem. Esses autores analisaram a influência de fatores socioeconômicos, demográficos e comportamentais para a entrega voluntária de resíduos. Os resultados do estudo sugerem que a localização desempenha um papel crucial, onde os geradores provavelmente usarão um local de entrega com maior frequência se a distância de viagem de casa para o local for menor. Variáveis socioeconômicas, como tamanho e renda domiciliar, que são altamente correlacionadas com o consumo das famílias (e, portanto, com a geração de resíduos), são bons preditores do comportamento de reciclagem, em comparação ao sexo e estado civil. A população tende a utilizar os locais de entrega voluntária quando sentem que a reciclagem é uma atividade conveniente e estão familiarizados com as instalações de reciclagem disponíveis, podendo os esforços de comunicação e educação voltados para a conscientização sobre instalações de reciclagem e conveniência de reciclagem serem eficazes na promoção de visitas a estes locais.

3.5 SIGs e suas aplicações em resíduos sólidos

Os sistemas de informações geográficas – SIGs são *softwares* que integram dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido (FITZ, 2008). Refere-se, portanto, ao tratamento computacional de dados geográficos que contêm informações com características alfanuméricas associadas à sua localização espacial, ou seja, em pontos localizados na superfície terrestre e representados em projeção cartográfica (CÂMARA e MEDEIROS, 2003).

Diversas áreas utilizam SIGs para analisar, interpretar e representar o mundo geográfico e para compreender o comportamento espacial, tendo amplas aplicações e funcionalidades que lhes conferem grande influência no processo de tomada de decisões. As principais aplicações dos SIGs são em serviços públicos e ações governamentais; planejamento de comércios e serviços; logística e transporte; e meio ambiente. No que tange aos usos dos SIGs para estudos ambientais, cita-se a aplicação desta ferramenta para planejamento na gestão de resíduos sólidos (BIJU, 2015).

Lúcio (2013) propôs metodologia para indicar áreas mais propensas à instalação de áreas de triagem e transbordo (ATT) de forma a facilitar a logística e redução de custos com o transporte dos resíduos de construção civil – RCC, com aplicação no município de Belo Horizonte. A

autora concluiu que a metodologia proposta foi considerada satisfatória, ressaltando como vantagens o fato de ser expedita e replicável em outras áreas.

Alvarenga (2015) analisou a distribuição espacial dos PEVs no município de Viçosa-MG, com o intuito de identificar os locais de sucesso e insucesso operacional. O autor concluiu que os resultados obtidos por meio da aplicação das técnicas de geoprocessamento são condizentes com a realidade verificada *in loco*, de forma que tal ferramenta se mostrou eficaz para políticas de planejamento urbano relacionadas às áreas de influência dos PEVs.

Paula, Barros e Souza (2019) utilizaram técnicas de análise espacial e geoprocessamento com o objetivo de identificar áreas com potencial para instalação de Locais de Entrega Voluntária (LEV) de resíduos recicláveis no município de Belo Horizonte – MG. Concluiu-se, por meio da manipulação de dados georreferenciados, que há um enorme potencial de reciclagem vinculado à implantação dos LEVs no município em questão.

Ainda no âmbito da gestão de resíduos sólidos, cabe ressaltar a aplicação de SIGs para a roteirização da coleta dos resíduos, de modo a solucionar problemas logísticos, de operação e de transporte. De acordo com Castro (2006) um SIG-T (Sistema de Informação Geográfica Aplicado ao Transporte) simula cenários para estudos de redes (comprimento, custo, velocidade de fluxo etc.), planejamento de frota de veículos (viagens alocadas, distribuição da demanda, modelagens de decisão multimodal), problemas de roteirização (entrega ou coleta de produtos, coleta de resíduos etc.).

Ayala (2016) afirma que os SIG-T são uma classe especial dos SIGs, aplicados particularmente na área de planejamento e operação de transportes. No entanto, o autor salienta que o acesso a essa ferramenta é oneroso, uma vez que o preço anual da licença destes *softwares* é elevado, além de que SIGs com acesso livre podem ser adaptados para diferentes fins, incluindo rotinas específicas para o estudo de transportes.

Para definição do itinerário da coleta de resíduos, os SIGs devem auxiliar na escolha do trajeto que o veículo coletor deve percorrer dentro de um mesmo setor, num mesmo período, transportando o máximo de resíduos e com o menor desgaste possível para a guarnição e o veículo (PAES, 2004).

A importância do planejamento para a coleta de resíduos se dá, principalmente, pelo fato de que a otimização das rotas pode reduzir significativamente o tempo do percurso e proporcionar

a redução de custos relacionados ao trabalho da guarnição, combustível e manutenção do veículo. Um adequado planejamento de rotas leva em consideração, por exemplo, a distância de um depósito, o número de veículos e a mão-de-obra de modo a evitar futuras dificuldades ou excesso de oferta, que agregam ainda mais custos (VARANDA, 2015). Dessa forma, o planejamento contribui para a sustentabilidade dos programas de coleta seletiva.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

O município de São Gonçalo do Rio Abaixo está inserido no Colar Metropolitano de Belo Horizonte, conforme definido pela Lei Complementar Estadual nº 89, de 12 de janeiro de 2006, como sendo um dos municípios atingidos pelo processo de metropolização, estando localizado a 87km da capital mineira. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população estimada para o ano de 2019 foi de 10.920 habitantes, possuindo área territorial de 363,828 km² e densidade demográfica de 26,87 hab/km², com média de número de moradores por domicílio variando entre 3 e 4 habitantes. 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.

O Índice de Gini aponta diferenças entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos, em uma escala numérica que varia de 0 a 1, em que 0 representa a situação de total igualdade e 1 significa completa desigualdade de renda, ou seja, apenas uma pessoa detém toda a renda. No ano de 2010, o Índice de Gini calculado para o município de São Gonçalo do Rio Abaixo foi de 0,49 – situação mais favorável que o índice nacional (0,515) apontado no Relatório de Desenvolvimento Humano de 2016 (UNDP, 2016).

A Tabela 4.1 apresenta a evolução do nível de escolaridade da população de idade igual ou superior a 25 anos, para os anos de 1991, 2000 e 2010, demonstrando melhoria no decorrer desses 20 anos e que grande parte da população (54,6) possuía, em 2010, alfabetização e/ou ensino fundamental incompleto.

TABELA 4.1 - Nível de escolaridade da população de São Gonçalo do Rio Abaixo, nos anos de 1991, 2000 e 2010.

Ano	Analfabeto (%)	Alfabetizado e/ou Fundamental incompleto (%)	Fundamental completo e/ou médio incompleto (%)	Médio completo e/ou superior incompleto (%)	Superior completo (%)
1991	31,1	58,9	5,6	4,1	0,3
2000	20,1	63,4	9,1	6,7	0,7
2010	14,8	54,6	10,4	16,0	4,3

Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de São Gonçalo do Rio Abaixo (2018).

De acordo com dados censitários do ano de 2010, havia 3.751 domicílios recenseados, sendo sete coletivos (orfanatos, asilos, conventos, hotéis etc.) e três agências bancárias. No mesmo

ano, havia 1.275 vias pavimentadas e 41 vias não pavimentadas. Os domicílios e estabelecimentos comerciais concentram-se na região central do município, onde se localiza a sede urbana, evitando a necessidade de grandes deslocamentos da população para ter acesso a bens e serviços.

De acordo com dados do Plano Municipal de Saneamento Básico de São Gonçalo do Rio Abaixo, são gerados no município aproximadamente 8.500 kg/dia de RSU, o que corresponde a uma geração *per capita* de 0,79 kg/hab.dia, sendo que em dados da composição gravimétrica realizada no ano de 2010, 40,1% da massa total de resíduos correspondiam aos resíduos recicláveis. No entanto, de acordo com dados do SNIS, referente ao ano de 2017, foram coletadas apenas 170 toneladas de resíduos recicláveis e recuperadas 162 toneladas destes materiais, representando 4,2% de taxa de reciclagem no município para aquele ano. Há coleta seletiva na modalidade porta a porta implantada desde o ano de 2009, além de uma central de triagem localizada nas dependências do aterro sanitário municipal (SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO, 2018).

A coleta seletiva porta a porta é realizada por meio de um caminhão baú, com capacidade nominal de 4t e equipe de funcionários composta por dois motoristas e quatro operários na guarnição que se revezam em escala 12x36 horas. A frequência de coleta é de duas vezes por semana na área urbana e semanal na área rural, sendo recolhidos resíduos de papel e papelão, plásticos, vidros e metais, com taxa de cobertura do serviço de aproximadamente 80%. A coleta de resíduos eletrônicos, volumosos e resíduos recicláveis em grandes volumes deve ser previamente agendada na Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA).

Os resíduos são descarregados na central de triagem e a separação por tipo de material é feita manualmente por seis operários. Após a separação, os resíduos são prensados, enfardados e armazenados no galpão até a comercialização. O Quadro 4.1 apresenta dados gerais a respeito da destinação por tipo de material.

QUADRO 4.1 - Dados gerais da destinação por tipo de resíduo após separação na central de triagem do município de São Gonçalo do Rio Abaixo – MG.

Tipo de resíduo	É comercializado?	Valor de venda (R\$/kg)	Local de destino
Papel e papelão	Sim	0,93	Associação dos Trabalhadores de Limpeza e Materiais Recicláveis de João Monlevade
Embalagens cartonadas	Sim	0,20	
Plásticos	Sim	No geral: 1,22 Aparas de PVC: 0,10	
Vidros	Não	Os vidros são doados	
Metais	Sim	0,59	

Cabe salientar que no município não há associação e cooperativa de catadores de materiais recicláveis e que não há conhecimento por parte da SMMA de catadores informais atuando no município, o que justifica a comercialização dos materiais recicláveis para a associação de catadores de João Monlevade – MG, município vizinho. O valor arrecadado pela venda dos materiais recicláveis é empregado em demandas da SMMA. Materiais como roupas, madeiras, espumas de colchão etc. são considerados rejeitos, correspondendo ao total de 2% da massa total de resíduos recebidos na central de triagem – número bastante inferior ao citado por Bringhenti (2004), qual seja, aproximadamente 30% de rejeitos na modalidade porta a porta.

A Prefeitura declarou ao SNIS, no ano de 2017, a realização da cobrança pelos serviços de coleta regular, transporte e destinação final de RSU por meio de tarifa no Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU, não sendo informado o valor arrecadado. A despesa corrente com os serviços de manejo de RSU para o referido ano foi de R\$2.241.585,12, representando cerca de 1,6% da despesa total do município.

Há campanhas ambientais no município fundamentadas na instrução e conscientização da população a respeito da coleta seletiva, sendo feita panfletagem porta a porta e ações de comunicação em escolas municipais e estadual, como forma de sensibilizar a população, dado que a falta de conscientização e de participação foram citados como as maiores dificuldades enfrentadas pelo município com relação à coleta seletiva.

4.2 Definição das áreas com maior potencial para instalação dos PEVs

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 de pequeno porte. O Quadro 4.2 apresenta a base de dados utilizadas para compor os mapas e suas respectivas fontes.

QUADRO 4.2 - 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 urbana e rural do município	Censo Demográfico – IBGE (2011a)

Em seguida, para cada variável escolhida foram atribuídos critérios de classificação e 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). Cabe destacar que as variáveis possuem o mesmo peso entre si, por apresentarem princípios diferentes na análise do potencial para a instalação dos PEVs, seja com relação à geração de resíduos ou quanto à sua localização. As justificativas da utilização e dos pesos atribuídos estão contempladas nos itens posteriores.

4.2.1 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 no Quadro 4.3.

QUADRO 4.3 - 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.

4.2.2 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 o Quadro 4.4.

QUADRO 4.4 - 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

Fonte: EMBRAPA (1999).

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 será 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, o Quadro 4.5 apresenta os critérios de classificação adotados nesta pesquisa com relação às faixas de declividade.

QUADRO 4.5 - 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.

4.2.3 Densidade demográfica

A densidade demográfica será 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 por meio dos setores censitários do 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 apresentado no Quadro 4.6.

QUADRO 4.6 - Critérios de classificação de níveis de densidade demográfica.

Classificação	Habitantes/km ²
Muito baixa	≤ 1.500
Baixa	$1.500 < x \leq 5.000$
Média	$5.000 < x \leq 15.000$
Alta	$15.000 < x \leq 35.000$
Muito alta	$x > 35.000$

Fonte: Moreira *et al.* (2019).

Assim, a classificação deste 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 no Quadro 4.7.

QUADRO 4.7 - Critérios de classificação quanto às faixas de densidade demográfica.

Habitantes/km ²	Peso	Justificativa
$\leq 24,39$	3	Por se tratar de áreas onde há menores concentrações de pessoas no município.
$24,39 < x \leq 1.500$	4	Por se tratar de áreas com ocupação de pessoas em níveis intermediários no município.
$1.500 < x \leq 5.000$	5	Por se tratar de áreas onde há maior concentração de pessoas em São Gonçalo do Rio Abaixo.

4.2.4 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) cita 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.

O Quadro 4.8 apresenta as classes de rendimento das famílias definidas pelo IBGE por meio da Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017 – 2018 (IBGE, 2019).

QUADRO 4.8 - Classes de rendimento das famílias em função dos salários mínimos.

Salários mínimos ¹	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

Fonte: IBGE (2019).

Nota: ¹Salário mínimo de 2019 – R\$998,00.

Para a estimativa do rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares, foram avaliados 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, o Quadro 4.9 apresenta os critérios de classificação adotados nesta pesquisa com relação ao rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares dos setores censitários do município.

QUADRO 4.9 - 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.

4.2.5 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 brasileira 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 no Quadro 4.10, presentes no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

QUADRO 4.10 - 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”.

Fonte: Adaptado de IBGE (2011b).

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 o Quadro 4.10, o Quadro 4.11 apresenta os critérios de classificação adotados nesta pesquisa.

QUADRO 4.11 - 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.

4.2.6 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 com o *software QGIS* versão 3.4, cabendo ressaltar que se trata de um *software* livre, considerando a realidade financeira dos municípios de pequeno porte. Os resultados reportados foram divididos em cinco classes, variando de baixo a alto potencial para instalação dos PEVs, de modo a concordar com os pesos de 1 a 5 atribuídos à cada variável.

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, considerando que esses pontos sejam os locais adequados à instalação dos PEVs.

4.3 Definição das rotas de coleta

Levando em consideração a premissa da utilização de *softwares* livres nesta pesquisa, foi utilizado o *QGIS* para a definição das rotas de coleta, seguindo os preceitos relacionados abaixo:

- O início da coleta deve ocorrer o mais próximo possível à garagem;
- O fim da coleta deve ser o mais próximo possível à área de triagem;
- A coleta deve ocorrer no sentido descendente em vias íngremes, de forma a poupar o motor do veículo e a integridade física da guarnição, bem como os trechos de declividade mais acentuada, devem ser percorridos no início da coleta, de modo que o caminhão esteja mais vazio.

Ainda, conforme recomendação do DNIT citada anteriormente, os trechos onde a declividade supera 15% foram desconsiderados. A obtenção da declividade foi possibilitada por meio da coleta dos dados de altitude dos vértices de cada trecho das linhas que representam as vias, bem como o comprimento de cada trecho. Assim, de posse das vias com declividade inferior a 15%, foi utilizado o recurso “Caminho mais curto” para determinação da rota entre os pontos.

Para o cálculo do tempo do percurso de coleta, as vias foram classificadas de acordo com a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997), na qual são estabelecidas as velocidades máximas em função do tipo de via. O Quadro 4.12 apresenta os tipos de via e suas respectivas velocidades máximas permitidas.

QUADRO 4.12 – Tipos de vias e respectivas velocidades máximas permitidas.

Tipo de via	Velocidade máxima permitida (VMP)
Via de trânsito rápido	80 km/h
Via arterial	60 km/h
Via coletora	40 km/h
Via local	30 km/h
Rodovia de pista simples	100 km/h para automóveis, camionetas e motocicletas 90 km/h para os demais veículos
Rodovia de pista dupla	110 km/h para automóveis, camionetas e motocicletas 90 km/h para os demais veículos
Estrada rural	60 km/h

Fonte: Brasil (1997).

Ressalta-se que o veículo de coleta adotado nesta pesquisa é um caminhão baú e para o cálculo do tempo de percurso foi considerada a VMP de cada tipo de via. O tempo de coleta assumido em cada PEV foi de cinco minutos, de acordo com metodologia proposta por Mendes (2018).

4.4 Elaboração do manual

Finalmente, foi elaborado manual contendo o passo a passo dos itens a seguir:

- Download e instalação do *software QGIS*;
- Configuração do ambiente de trabalho no *QGIS*;
- Obtenção das bases cartográficas;
- Elaboração de mapas temáticos;
- Álgebra de mapas;
- Análise de rede – Caminho mais curto.

Para a elaboração do manual foi realizado levantamento bibliográfico, consultas a profissionais de geoprocessamento ou áreas correlatas e acesso a tutoriais em sítios eletrônicos especializados em geoprocessamento. Este manual se destina aos técnicos de prefeituras de municípios de pequeno porte que queiram implantar a coleta seletiva por meio de PEVs. O referido manual está disponível no Apêndice A desta pesquisa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Definição das áreas com potencial para instalação dos PEVs

A Tabela 5.1 apresenta o percentual das áreas em relação à área total do município, referente à classificação dada para cada variável de acordo com a metodologia proposta.

TABELA 5.1 - 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 ≤ 1.500	4	0,92
		1.500 < x ≤ 5.000	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.

A Figura 5.1 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 5.1, 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).

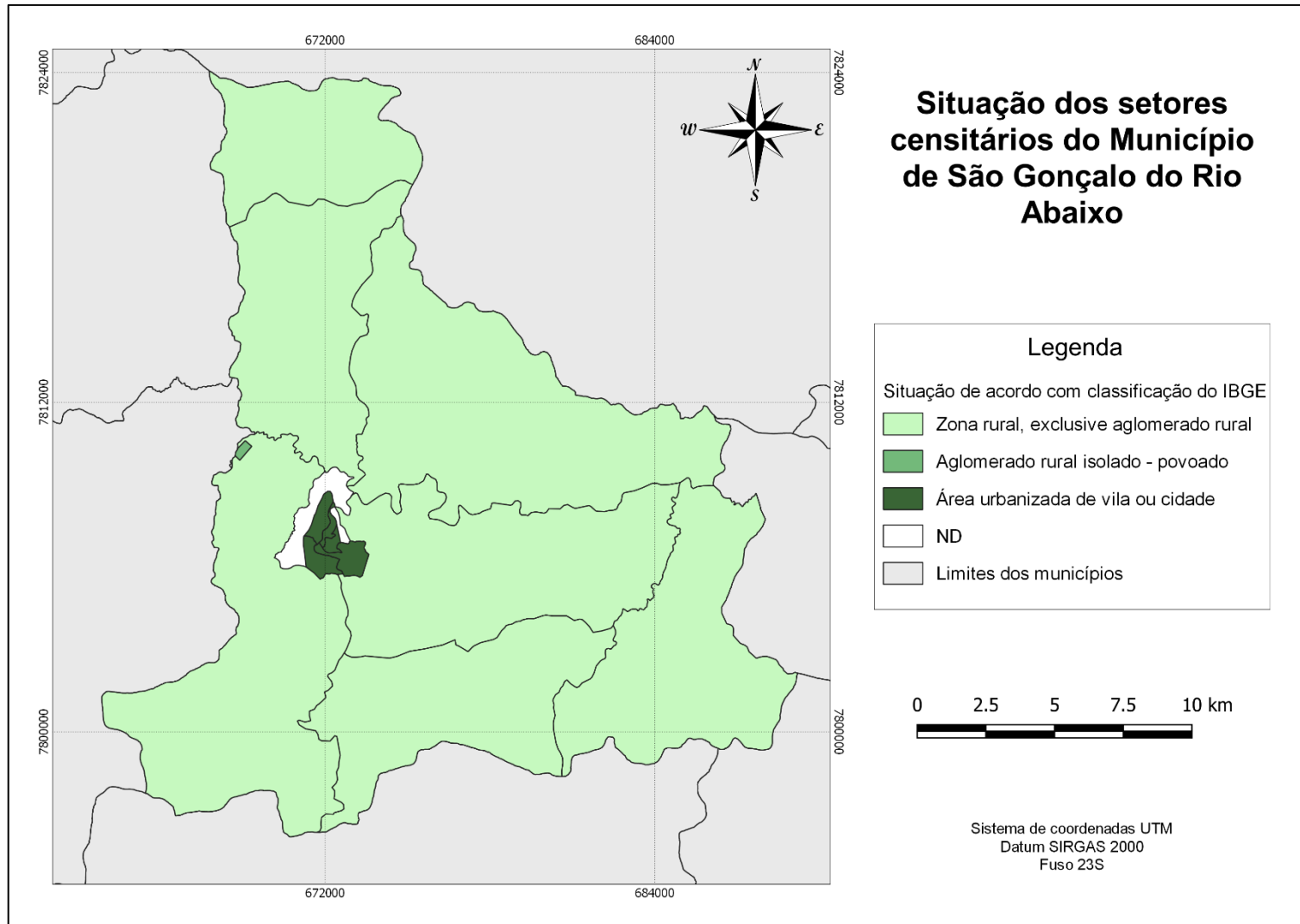


FIGURA 5.1 - Situação dos setores censitários do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a).

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.

No que tange à variável topografia, a Figura 5.2 apresenta o mapa hipsométrico do município de São Gonçalo do Rio Abaixo. Ao analisar os dados da Tabela 5.1 e a Figura 5.2, 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 correspondem 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 do motor e mantendo a integridade física da guarnição.

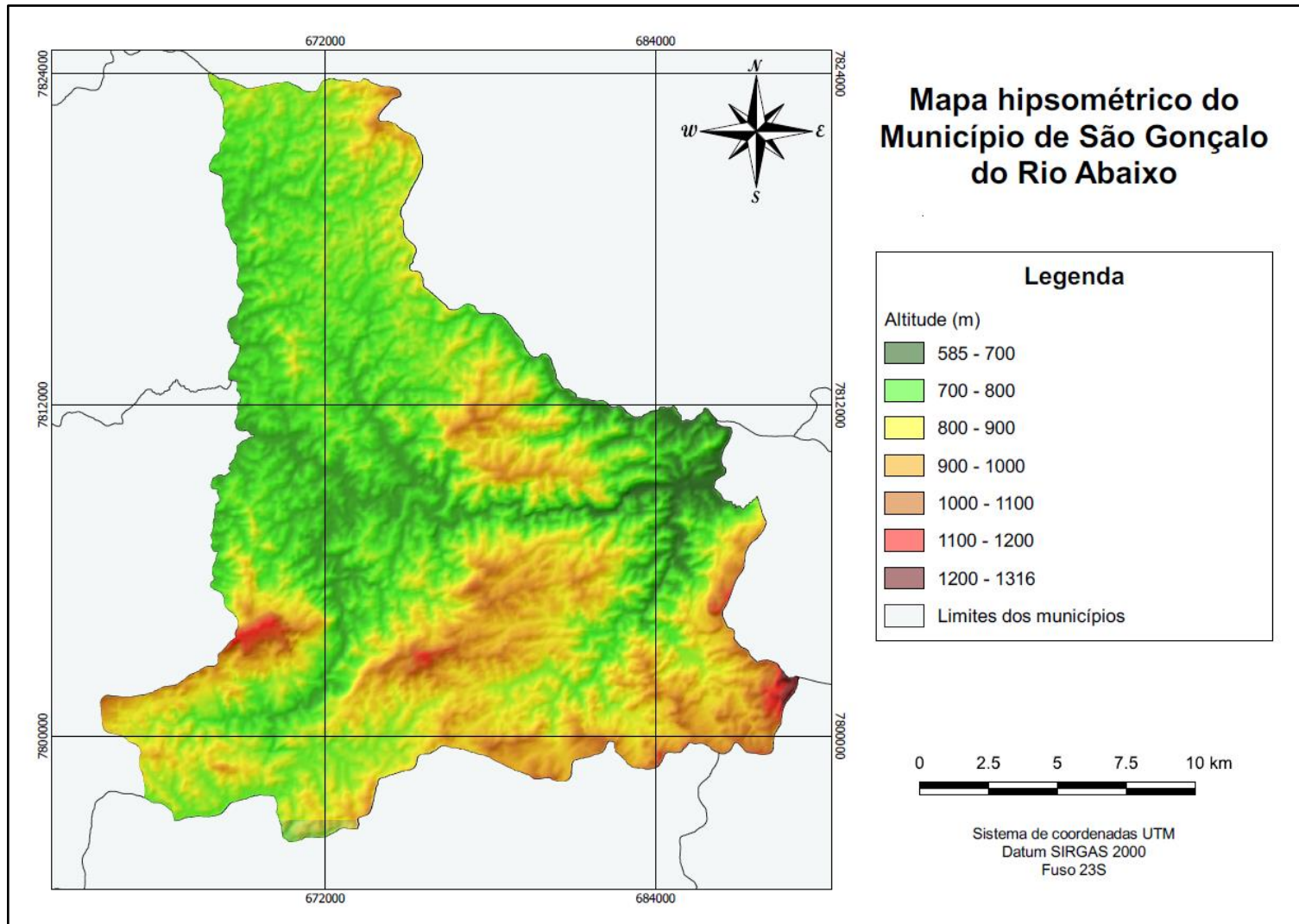


FIGURA 5.2 - Mapa hipsométrico do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Fonte: Autor. Base cartográfica: Topodata.

Com relação à declividade, a Figura 5.3 apresenta o mapa de declividade do município de São Gonçalo do Rio Abaixo. Ao observar a Tabela 5.1 e a Figura 5.3, 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).

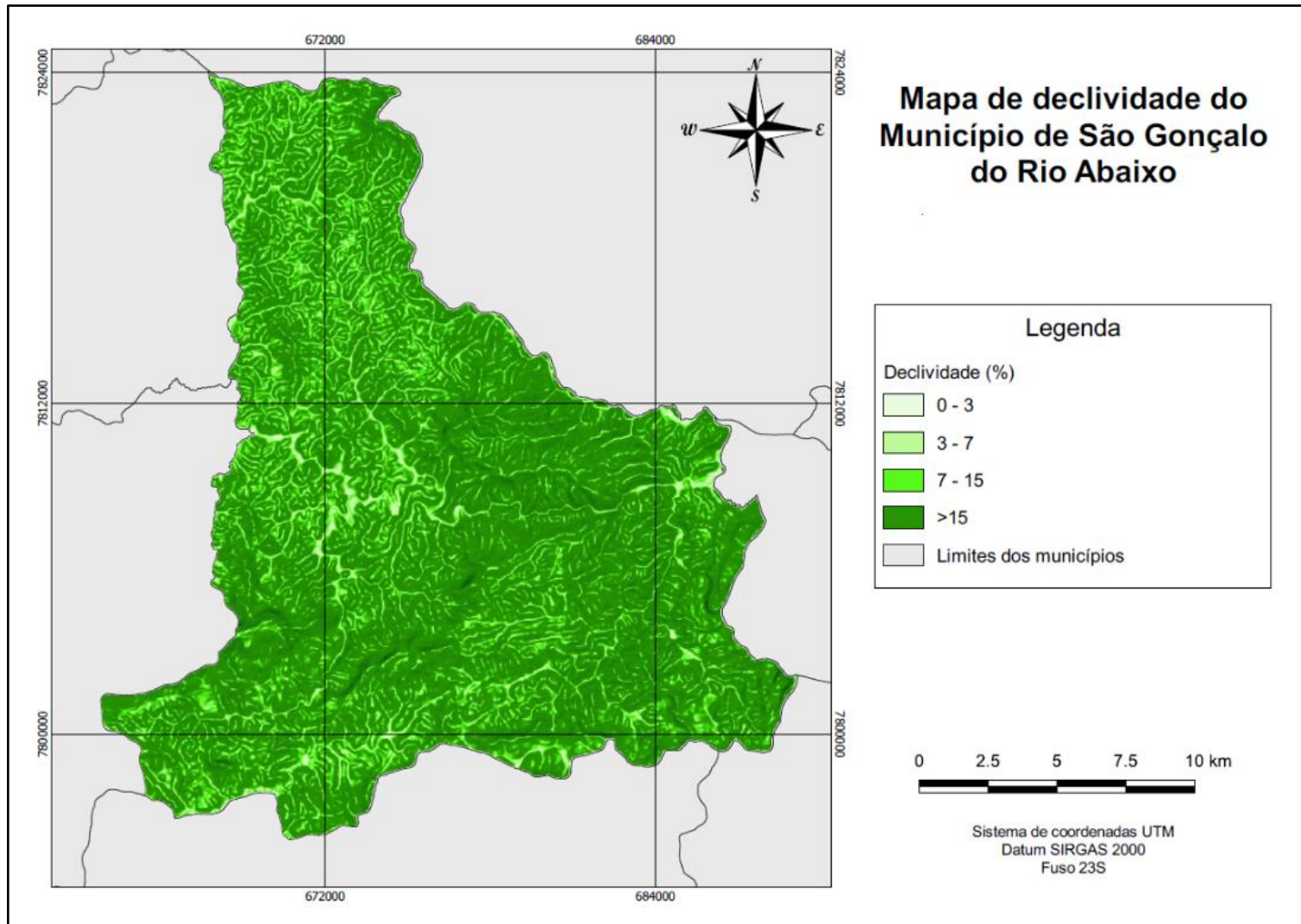


FIGURA 5.3 - Mapa de declividade do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a).

No que concerne à distribuição da população e povoamento, a Figura 5.4 apresenta o mapa de densidade demográfica do município de São Gonçalo do Rio Abaixo. Ao analisar a Tabela 5.1 e a Figura 5.4, 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).

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.

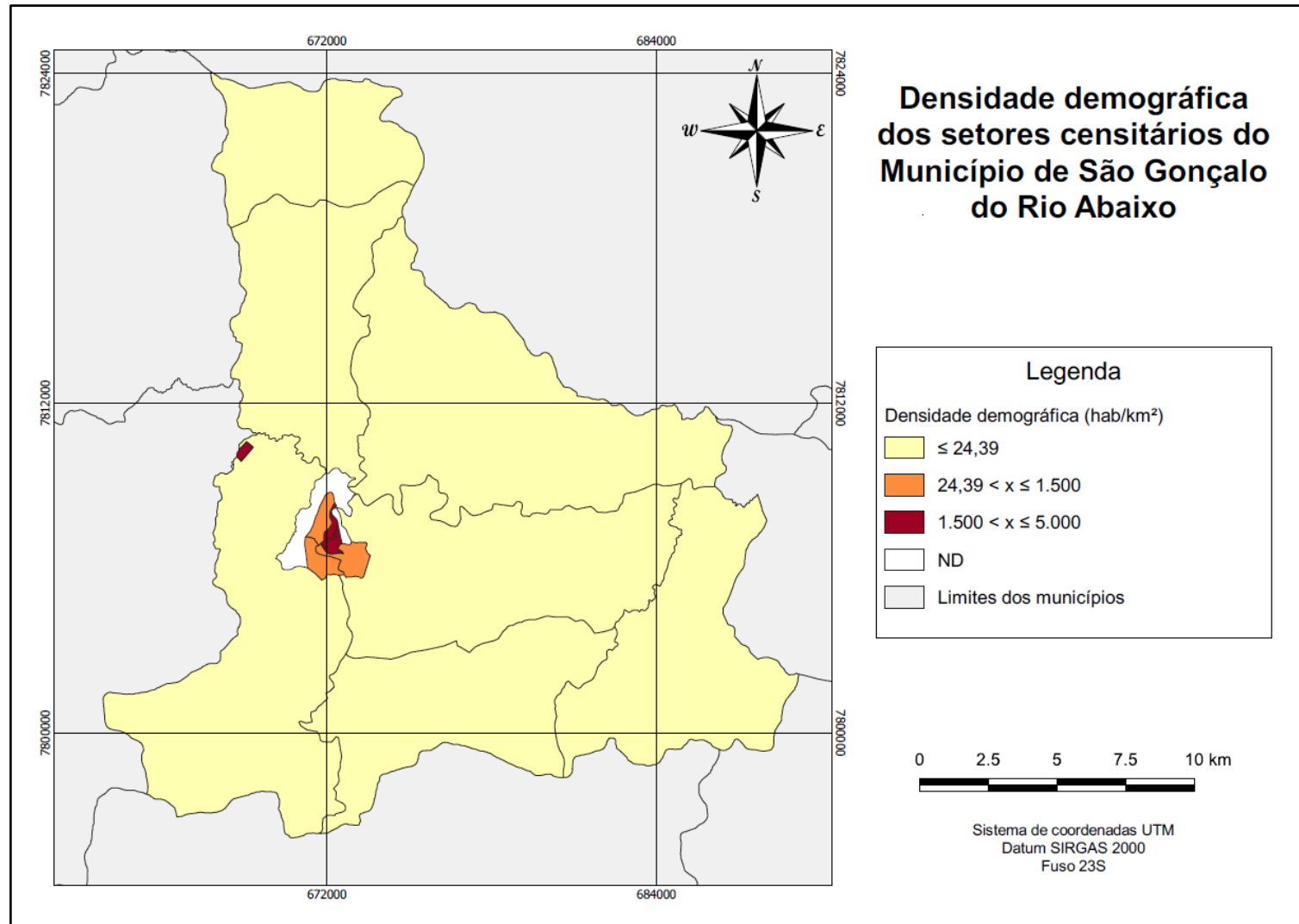


FIGURA 5.4 – Densidade demográfica dos setores censitários do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a).

No tocante à distribuição territorial de renda da população, a Figura 5.5 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 5.1 e com a Figura 5.5, 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.

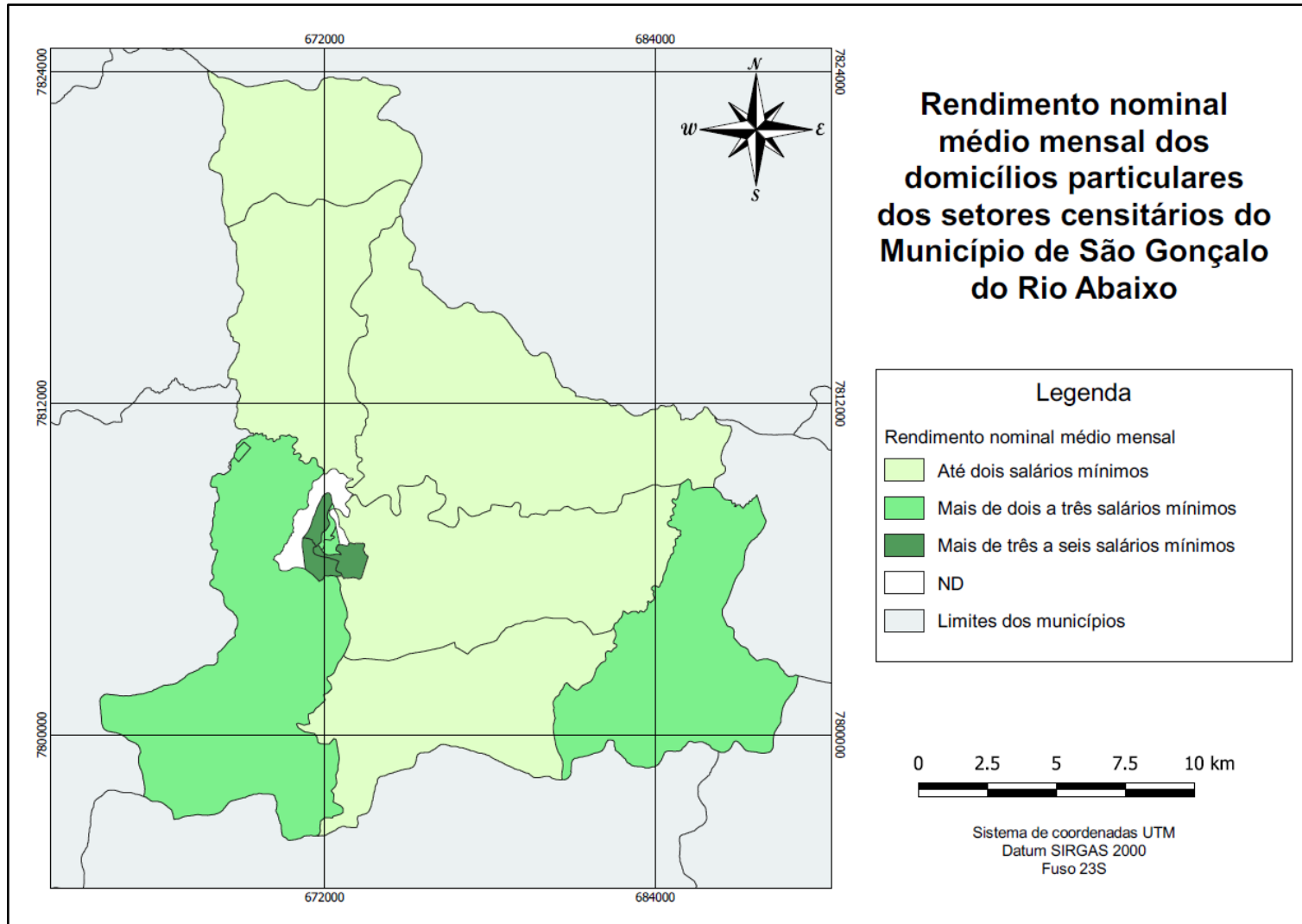


FIGURA 5.5 - Rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares dos setores censitários do município de São Gonçalo do Rio Abaixo. Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a).

A Figura 5.6 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 5.6, além de ter a percepção das áreas com 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.

Ainda, a respeito das áreas classificadas como "baixo potencial" de acordo com a metodologia proposta, cumpre salientar que não se sugere que estas áreas não demandam de 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, a metodologia proposta 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.

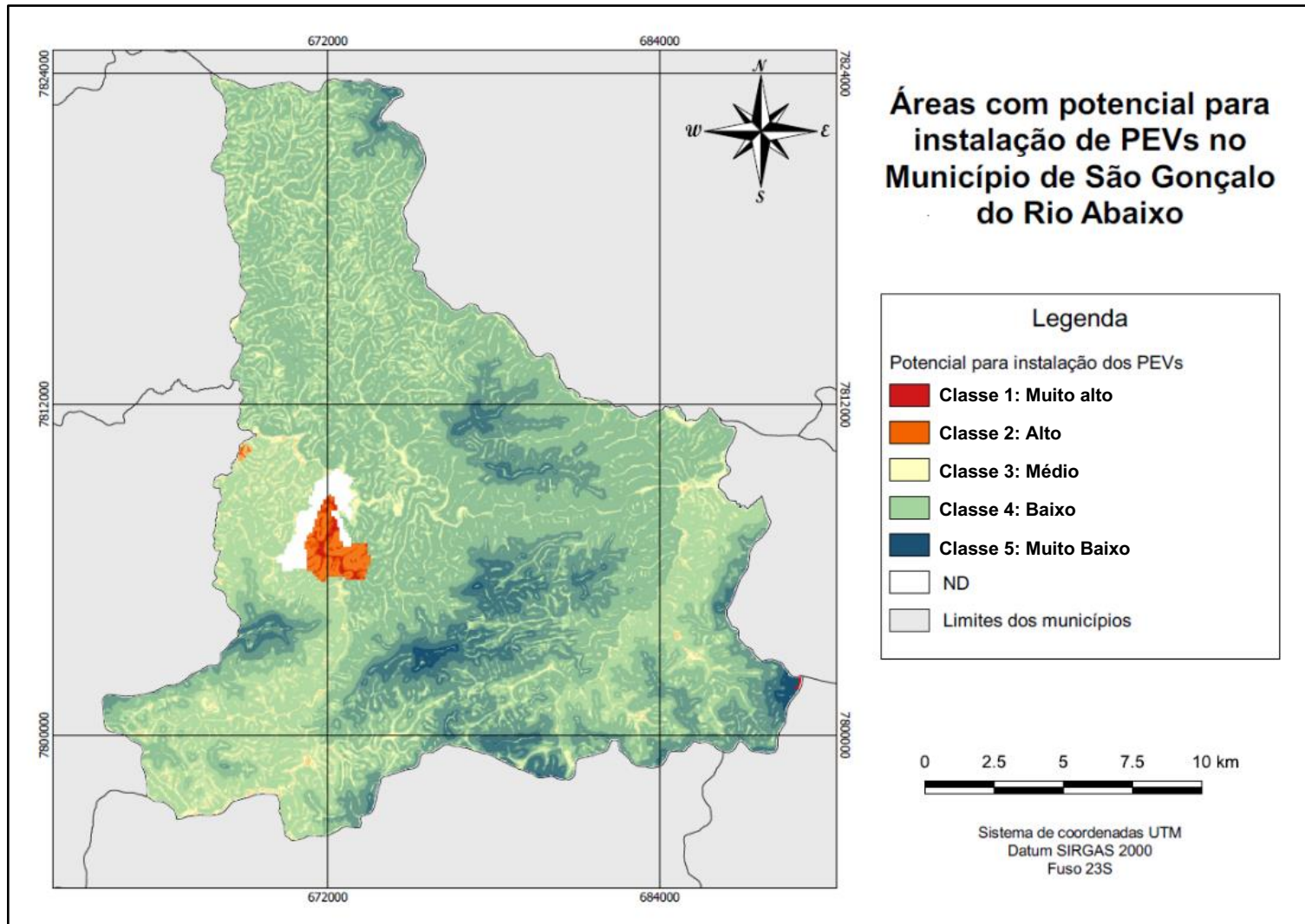


FIGURA 5.6 – Áreas com potencial para instalação de PEVs no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a) e Topodata.

Por fim, nas Figuras 5.7 a 5.11 são apresentados os pontos onde estão instalados espaços públicos ou áreas comuns no perímetro urbano (área em que era esperado maior potencial e assim foi confirmado mediante metodologia apresentada), divididos por setores censitários, como sendo locais prováveis à instalação dos PEVs.

Ressalta-se que os pontos pré-selecionados nas Figuras 5.7 a 5.11 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.

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.

O Quadro 5.1 enumera os pontos pré-selecionados, de modo a auxiliar na identificação e localização das áreas comuns ou espaços públicos.

QUADRO 5.1 - Identificação dos espaços públicos/áreas comuns pré-selecionados para a instalação dos PEVs, no perímetro urbano do município de São Gonçalo do Rio Abaixo – MG.

Espaço público/área comum	Número de identificação
Escola Municipal do Recreio	1
Secretaria de Obras	2
Secretaria de Agricultura	3
Câmara Municipal	4
Secretaria de Cultura	5
Secretaria de Saúde	6
Escola Estadual Desembargador Moreira Santos	7
Prefeitura	8
Igreja Nossa Senhora do Rosário	9
Secretaria de Serviços Urbanos	10
Centro Educacional Roberto Porto	11
Escola Municipal Manoel Gonçalves Moreira	12
Campo de futebol 1	13
Centro Educacional de São Gonçalo do Rio Abaixo	14
Escola Municipal Maria de Lourdes Duarte Moreira dos Santos	15
Centro Municipal de Educação Infantil de São Gonçalo do Rio Abaixo	16
Igreja Matriz	17
Ouvidoria	18
Igreja Cristã Maranata	19
Igreja de Santa Efigênia	20
Primeira Igreja Batista	21
Igreja Batista Nacional Vida Nova	22
Comunidade Cristã Alfa e Ômega	23
Campo de futebol 2	24
Igreja Assembleia de Deus	25
SENAI	26
Parque de Exposições	27
Praça da estátua do Padre João	28
Secretaria de Meio Ambiente	29

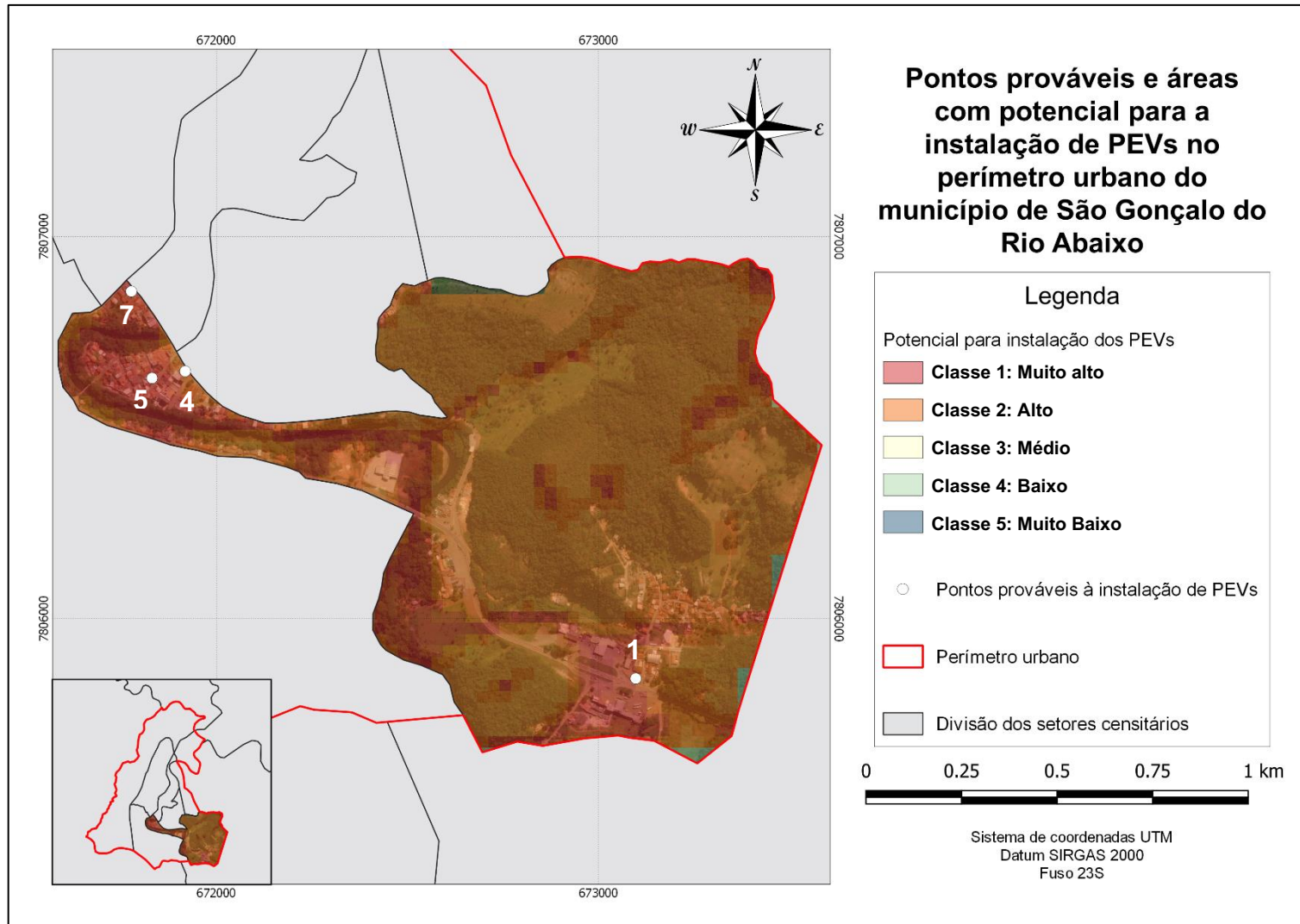


FIGURA 5.7 – Pontos prováveis à instalação dos PEVs no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a) e Topodata.

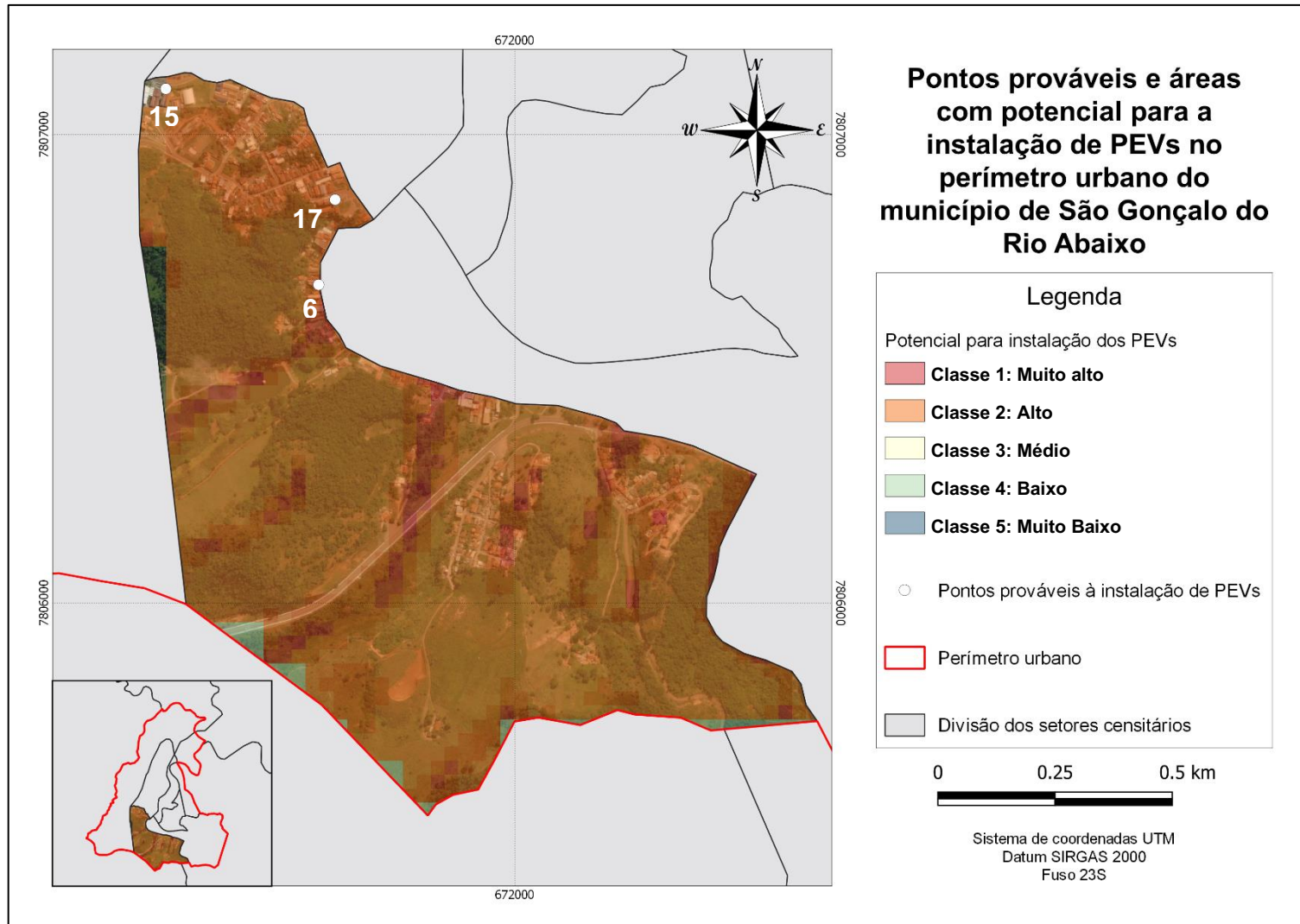


FIGURA 5.8 – Pontos prováveis à instalação dos PEVs no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a) e Topodata.

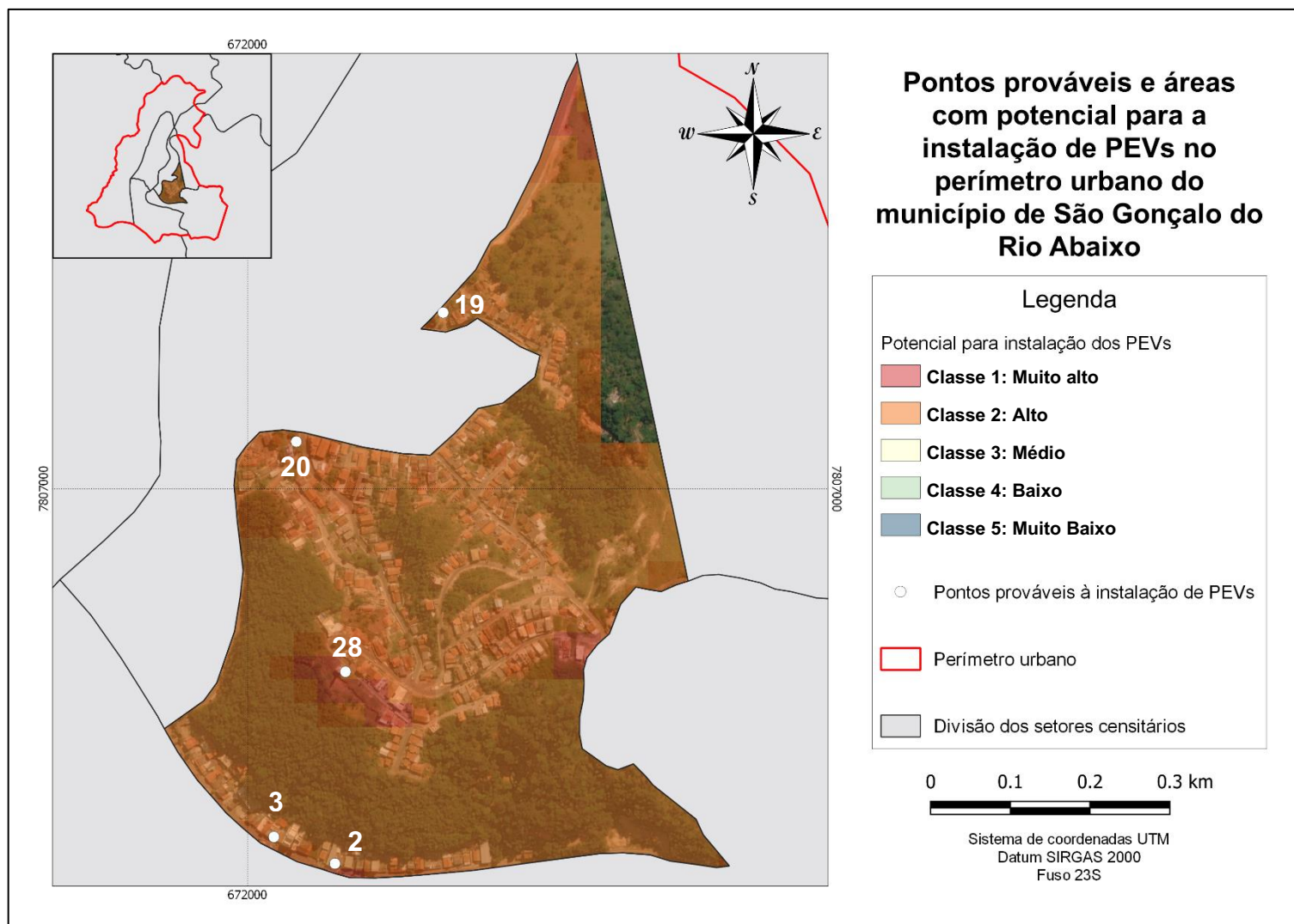


FIGURA 5.9 – Pontos prováveis à instalação dos PEVs no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a) e Topodata.

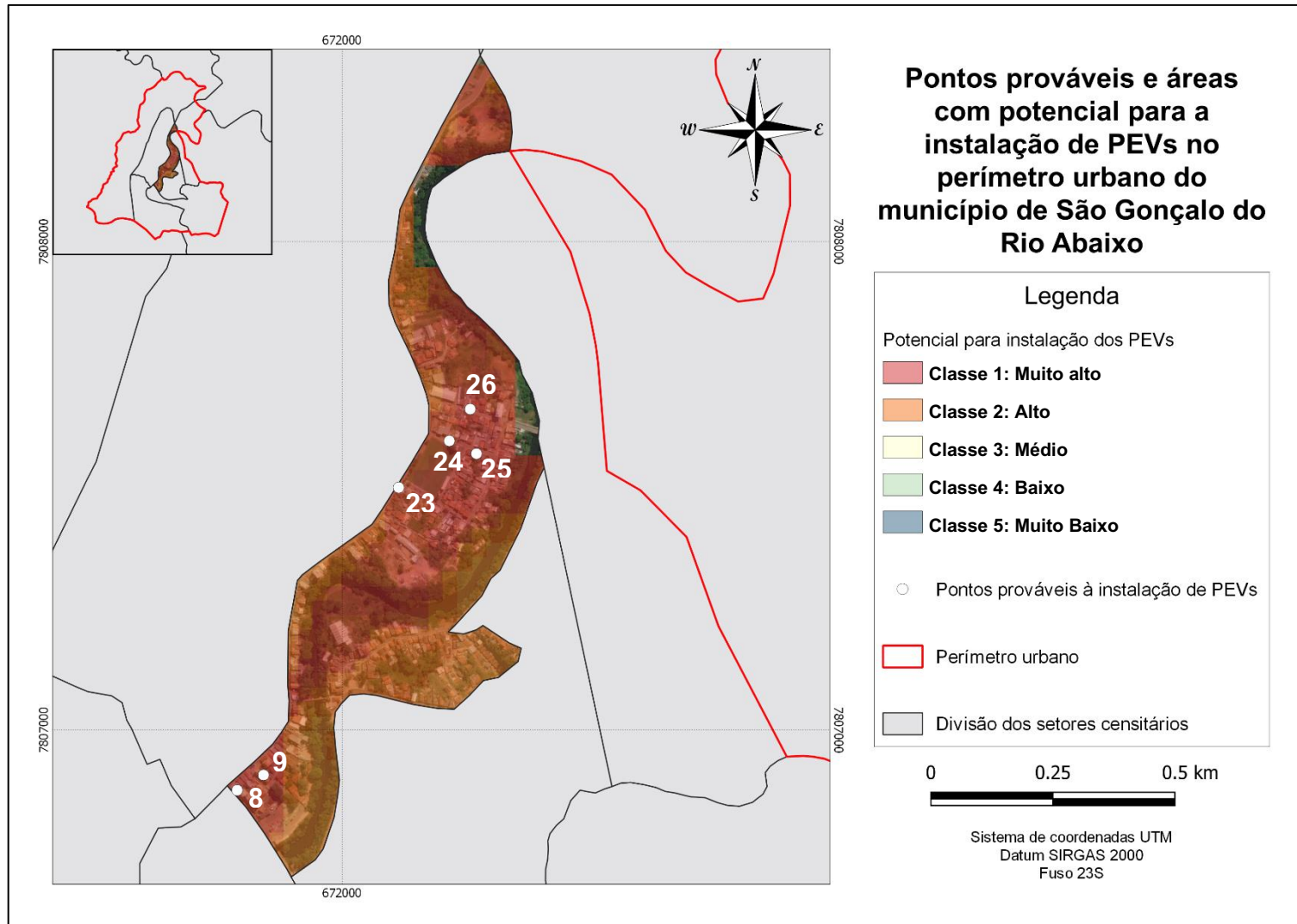


FIGURA 5.10 – Pontos prováveis à instalação dos PEVs no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a) e Topodata.

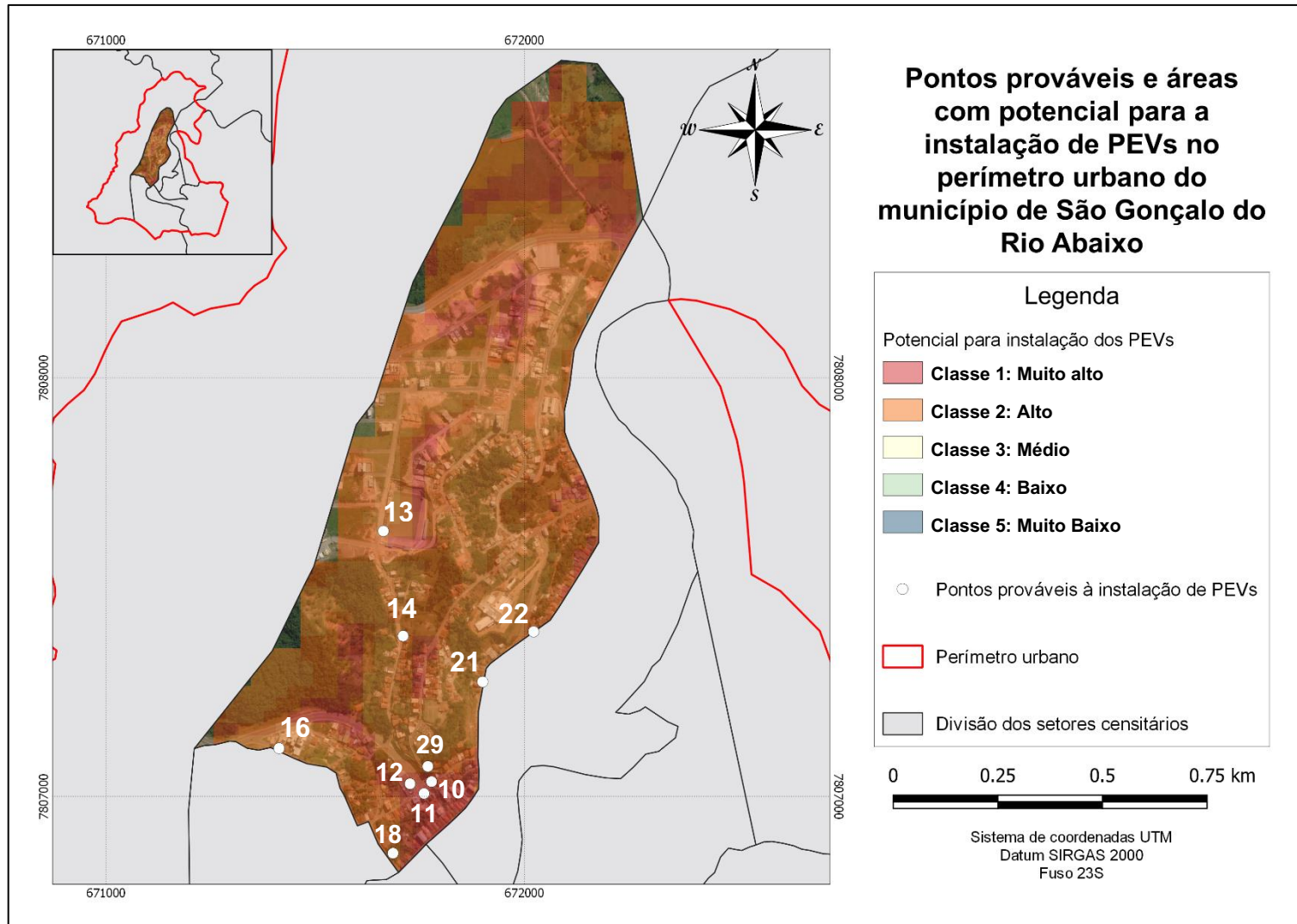


FIGURA 5.11 – Pontos prováveis à instalação dos PEVs no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a) e Topodata.

5.2 Definição da rota de coleta

A Figura 5.12 apresenta os pontos de início e fim da coleta, quais sejam, respectivamente, a garagem do caminhão de coleta e a área de triagem do município de São Gonçalo do Rio Abaixo, bem como o resultado das vias que possuem declividade inferior a 15%, conforme recomendação do DNIT para as rampas máximas.

Devido à exclusão dos trechos das vias que apresentaram declividade superior a 15%, dois pontos pré-selecionados para a instalação dos PEVs tornaram-se isolados (a praça onde está instalada a estátua do Padre João e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente – pontos de número 28 e 29 do Quadro 5.1), sendo excluídos do montante e apresentados na Figura 5.13.

Cabe destacar que todos os demais pontos foram aqui considerados para a realização da coleta seletiva, devido ao fato de que todos estão em área de alto potencial para a instalação de PEVs, de acordo com a metodologia proposta e mesmo que em certos casos alguns pontos estejam muito próximos, optou-se em mantê-los devido à relevante contribuição no que tange à sua área de influência, devendo ser avaliado na prática a sua viabilidade quanto às questões financeiras e de sua efetiva utilização, para que não se tornem obsoletos.

Ainda, conforme comentado anteriormente, ressalta-se a necessidade de avaliar quanto às possíveis interferências dispostas em Plano Diretor ou com relação à instalação em áreas que pertençam ao patrimônio público, estando sujeitos a adequações ou, até mesmo, sendo impossibilitada a instalação.

As Figuras 5.14 a 5.19 apresentam a rota definida entre os pontos, tendo em vista o caminho mais curto e considerando as premissas estabelecidas para a coleta de resíduos, sendo iniciada no ponto mais próximo à garagem; percorrendo, em seguida, a porção mais ao oeste do perímetro urbano devido às maiores altitudes; e finalizando no ponto mais próximo à área de triagem.

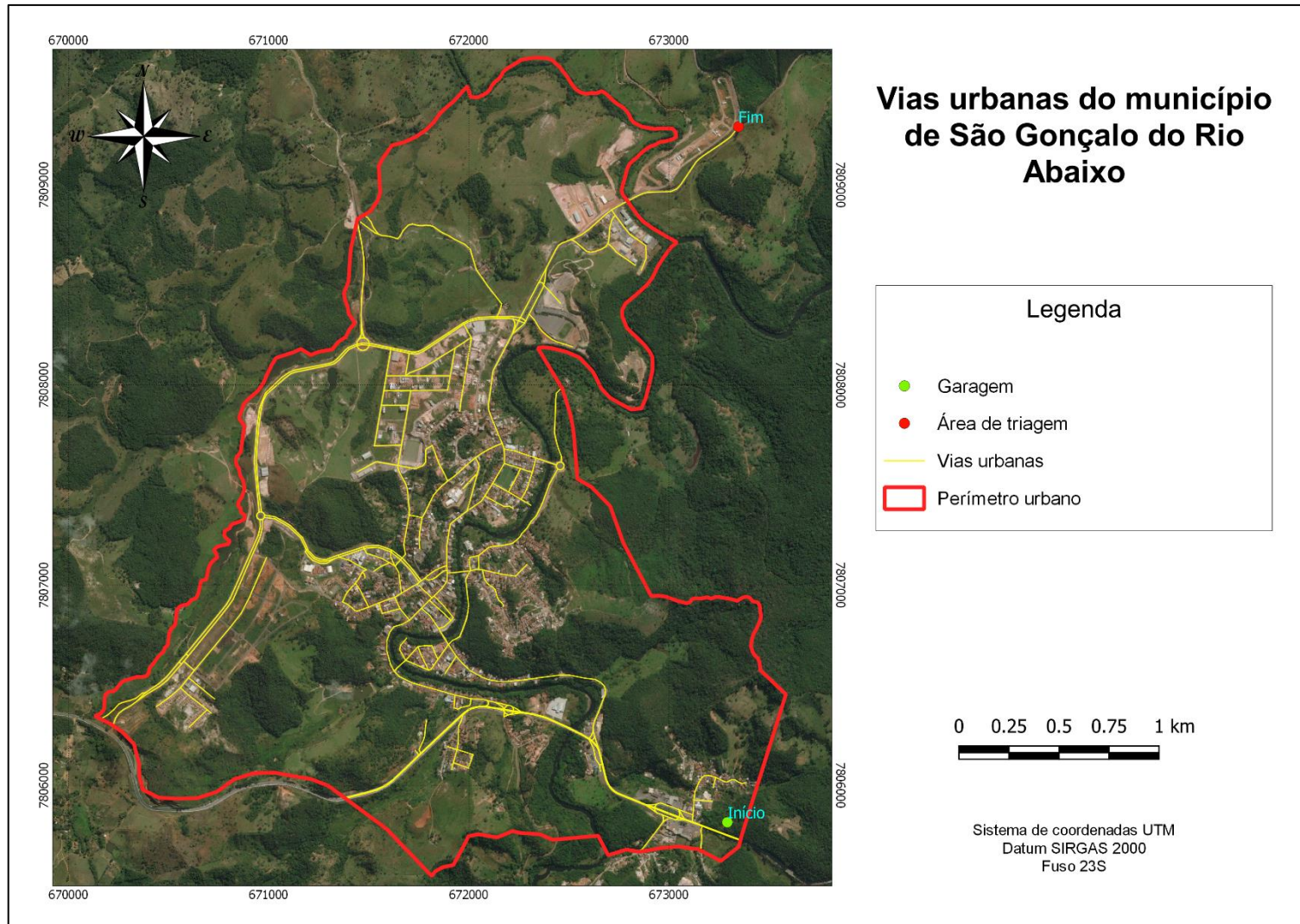


FIGURA 5.12 – Pontos inicial e final da coleta de resíduos recicláveis e vias urbanas com declividade inferior a 15% no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a) e *Google Earth*.

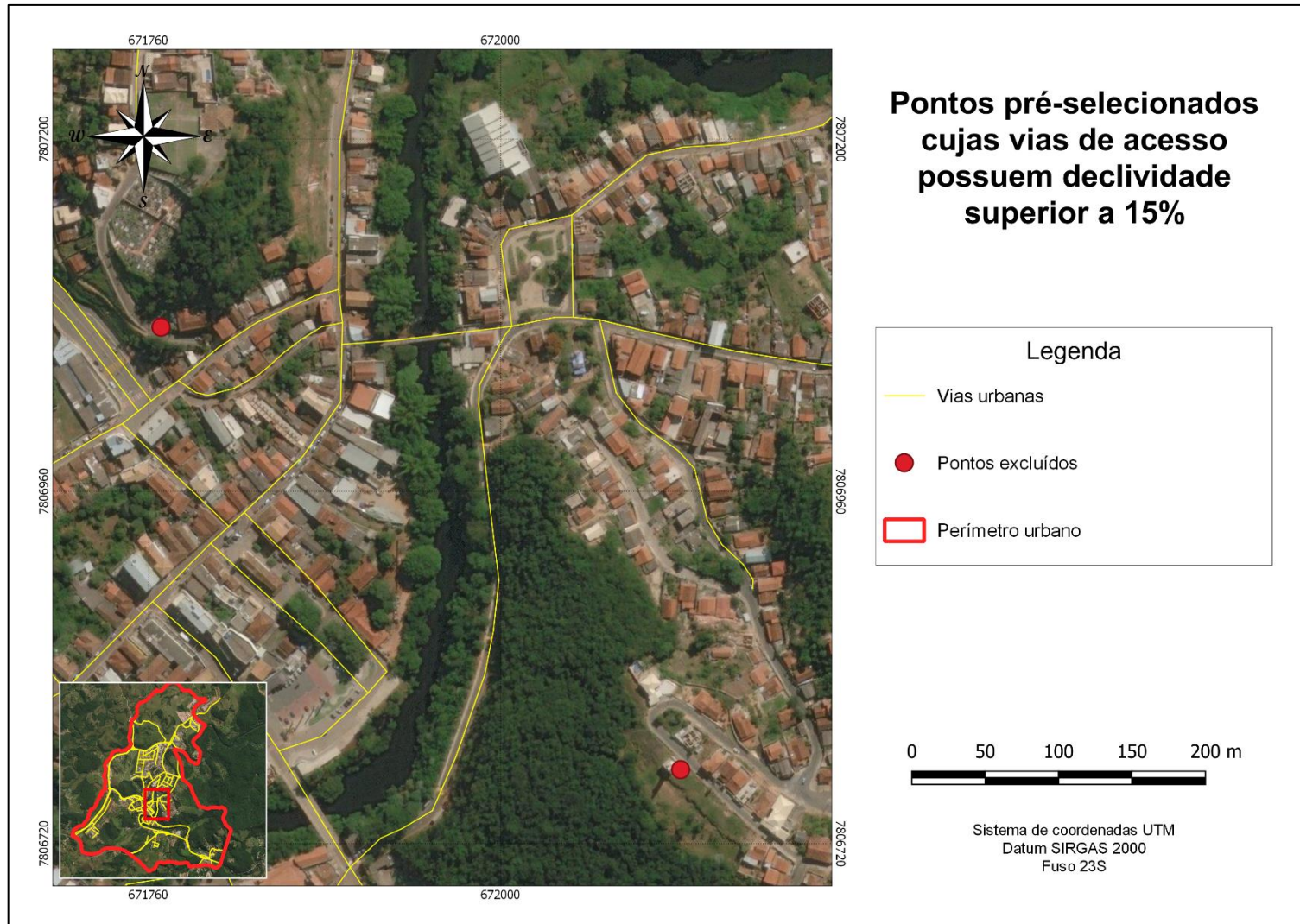


FIGURA 5.13 – Pontos isolados devido à exclusão de vias com declividade superior a 15%.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a) e *Google Earth*.

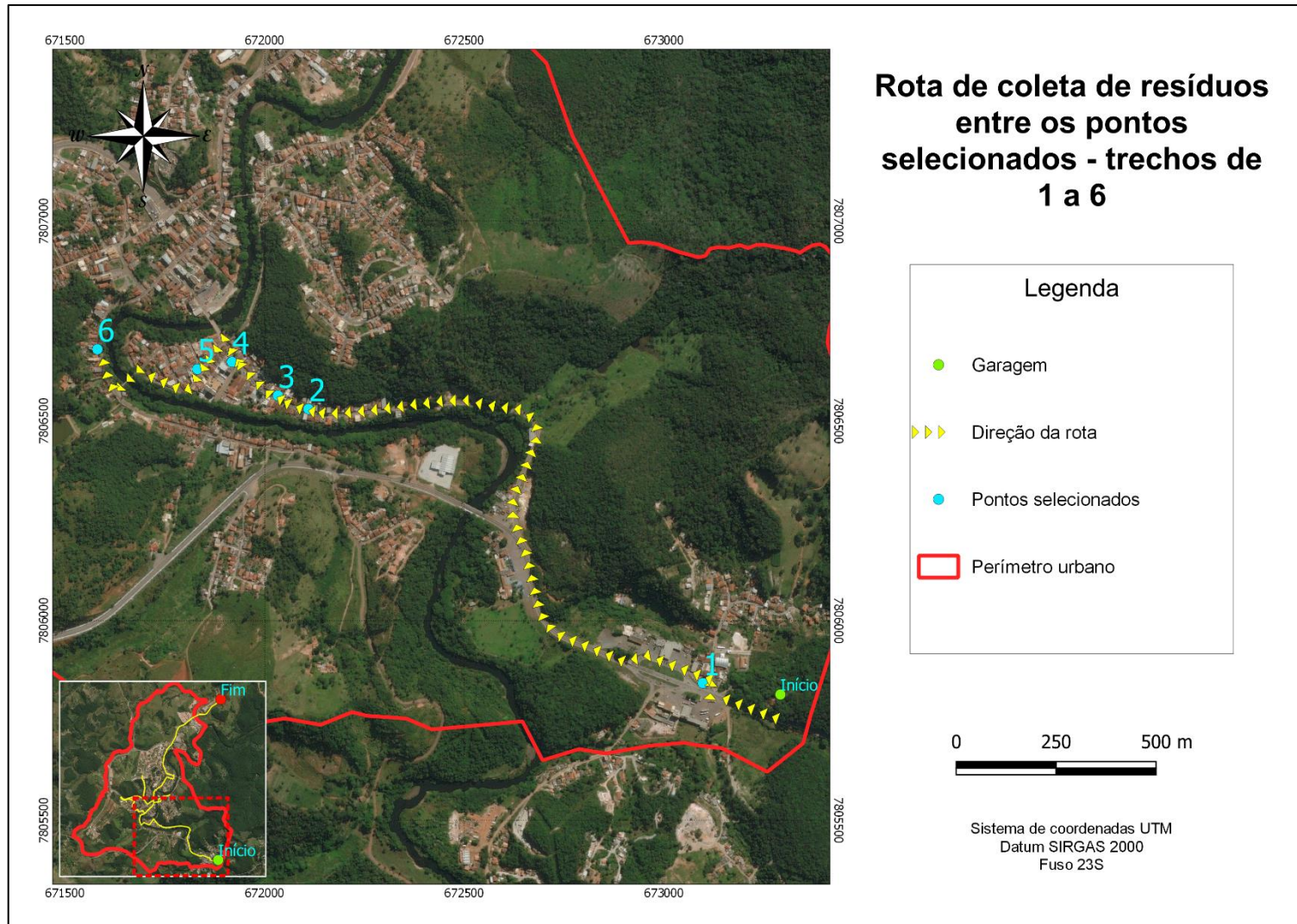


FIGURA 5.14 – Rota de coleta de resíduos – ponto inicial ao ponto 6.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a) e *Google Earth*.

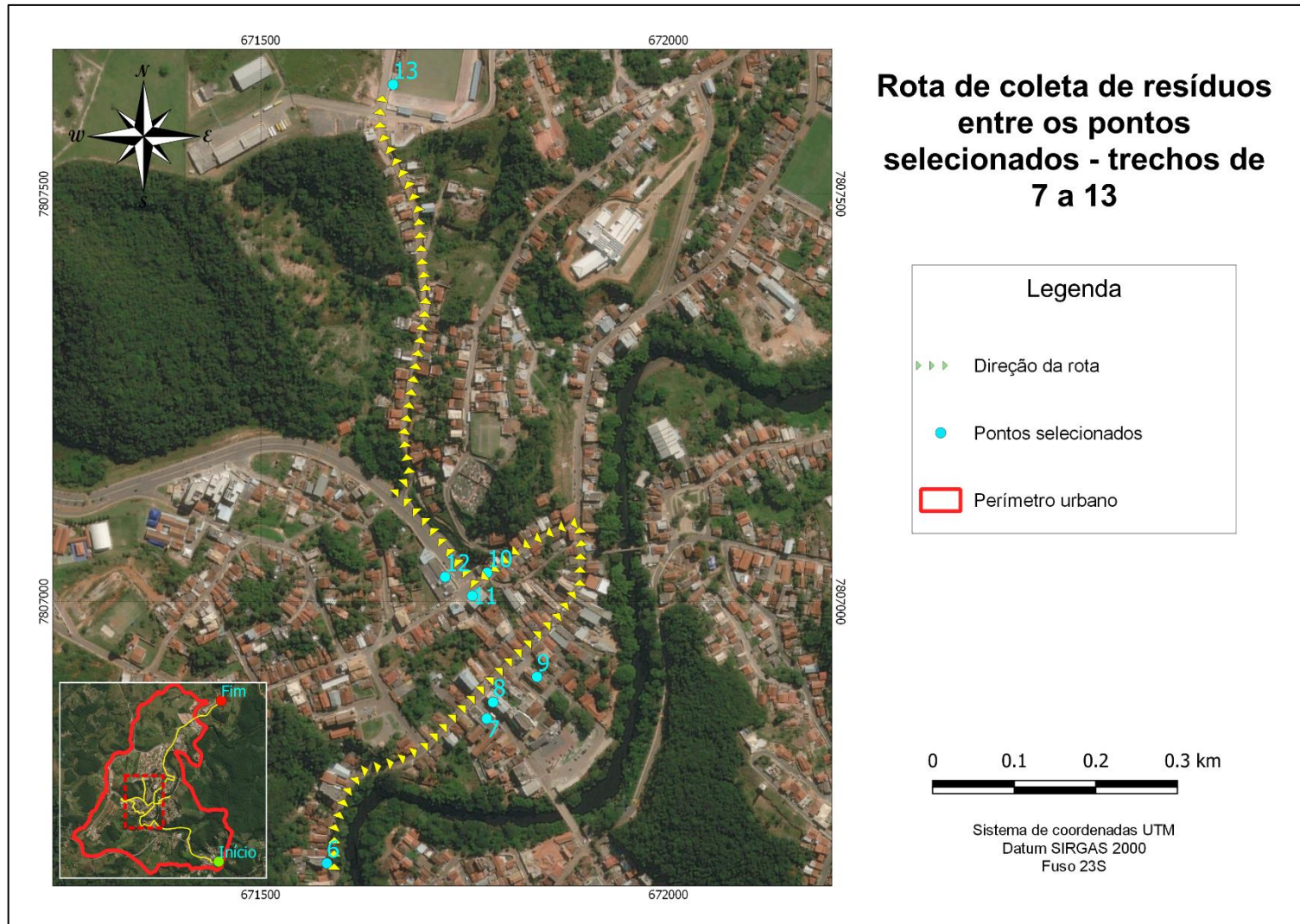


FIGURA 5.15 – Rota de coleta de resíduos – ponto 6 ao ponto 13.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a) e *Google Earth*.

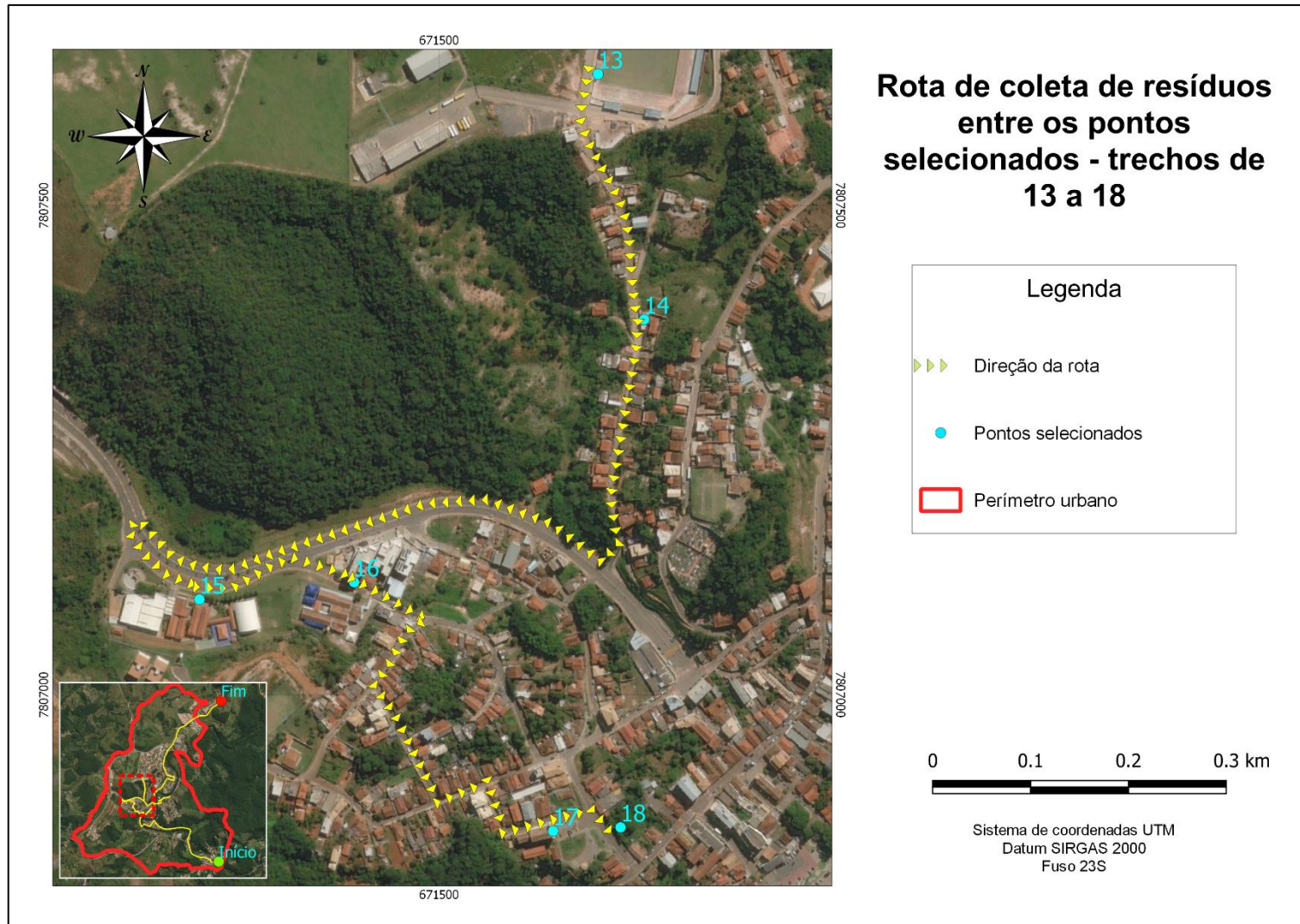


FIGURA 5.16 – Rota de coleta de resíduos – ponto 13 ao ponto 18.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a) e *Google Earth*.

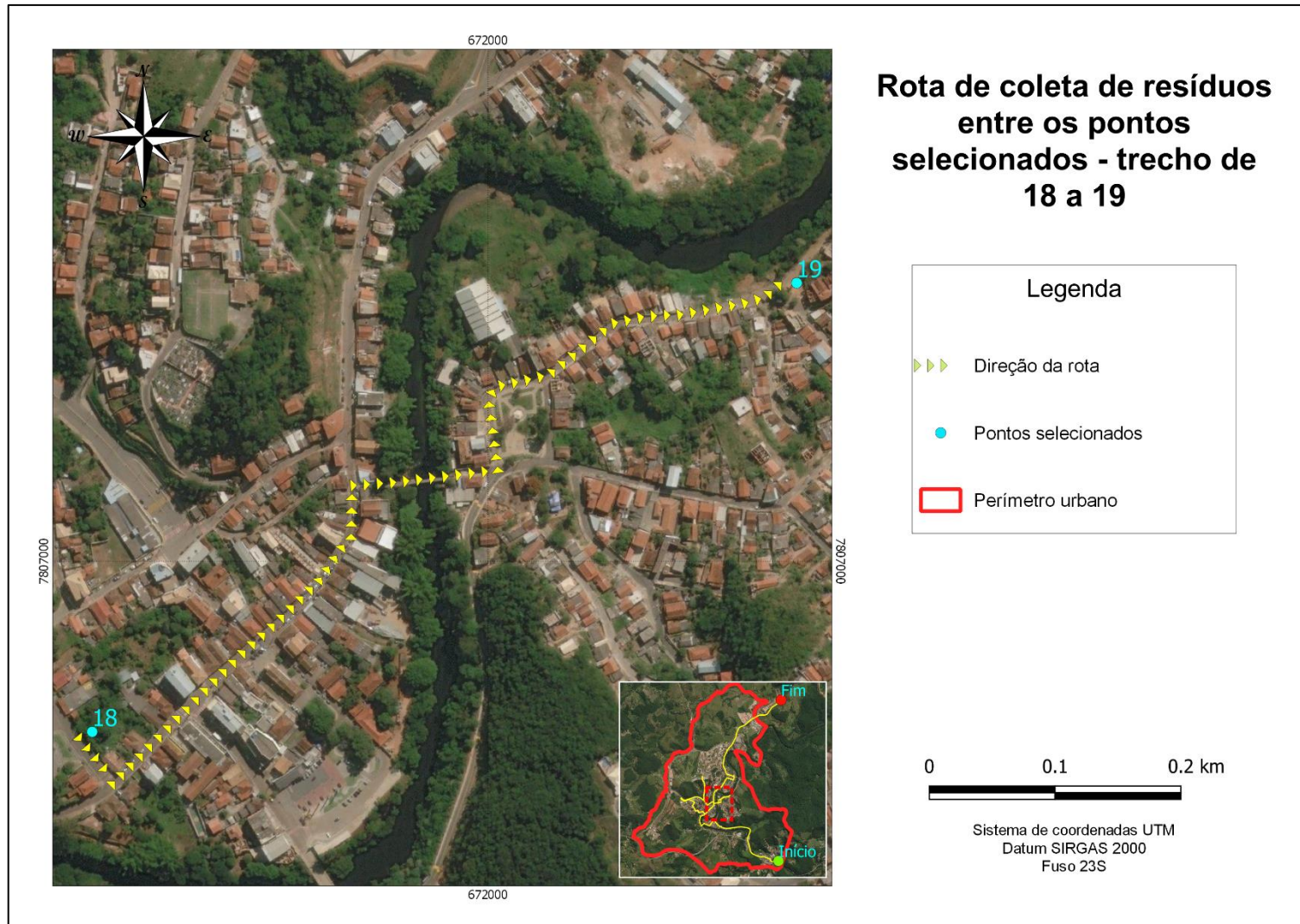


FIGURA 5.17 – Rota de coleta de resíduos – ponto 18 ao ponto 19.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a) e *Google Earth*.

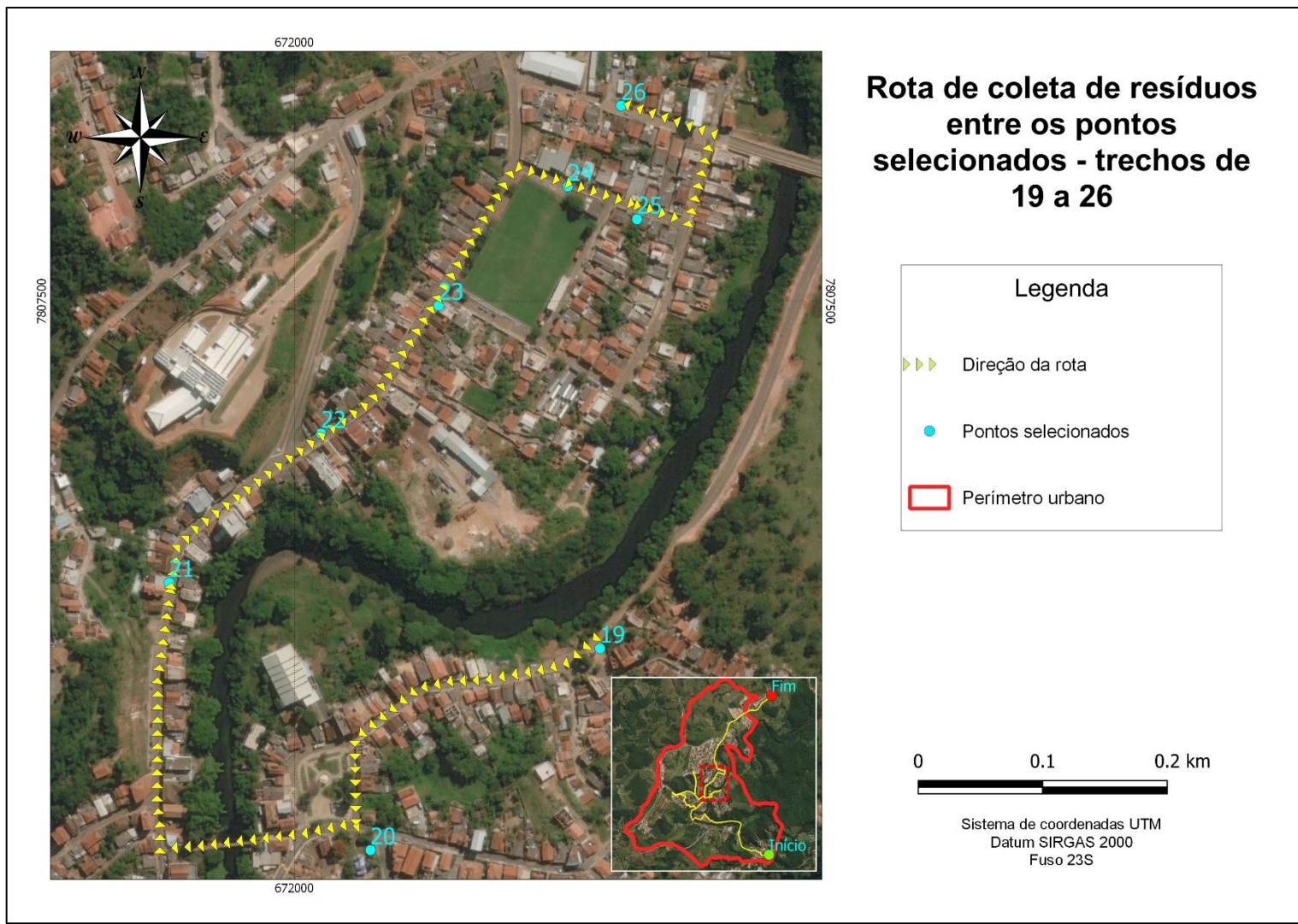


FIGURA 5.18 – Rota de coleta de resíduos – ponto 19 ao ponto 26.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a) e *Google Earth*.

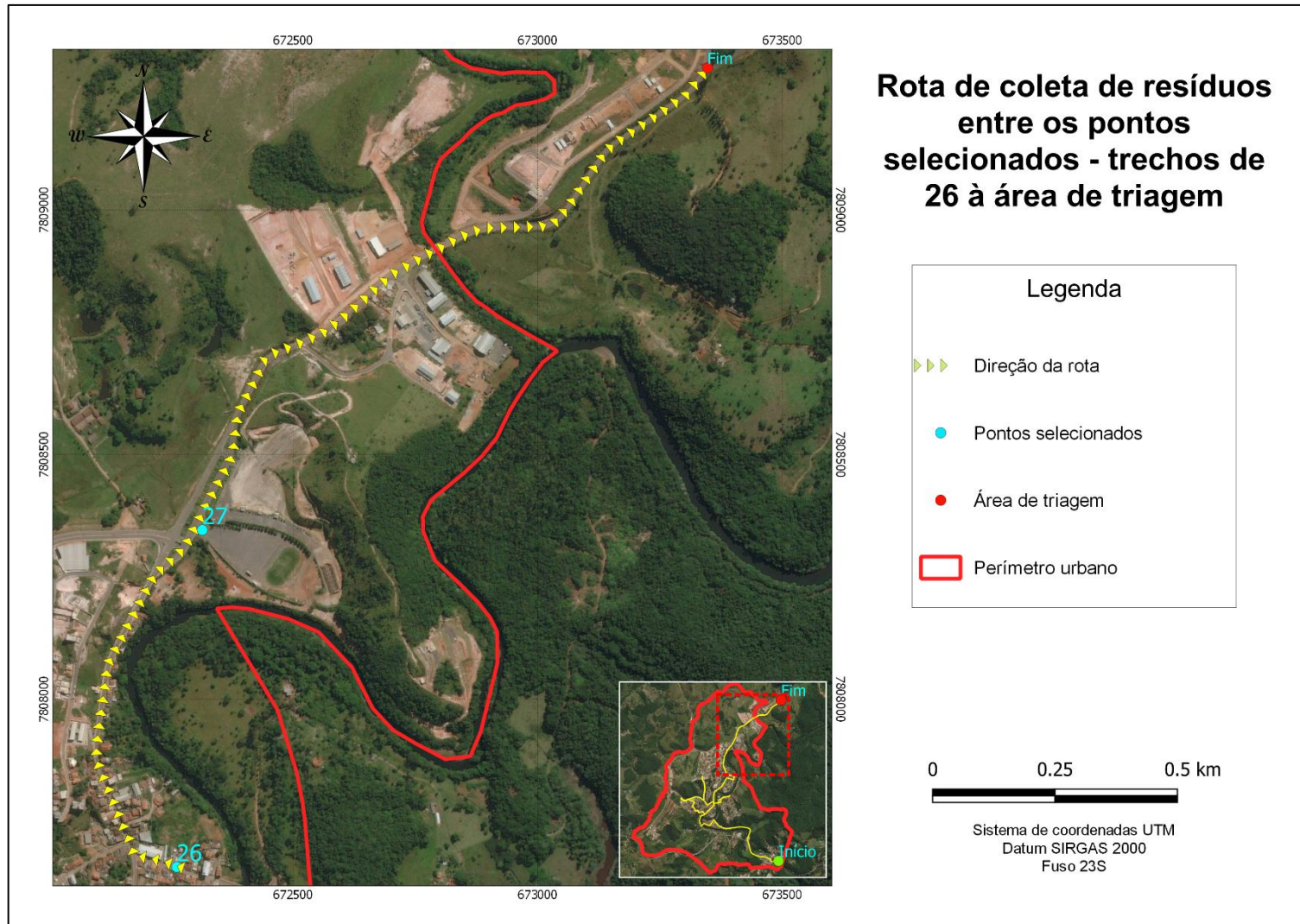


FIGURA 5.19 – Rota de coleta de resíduos – ponto 26 ao ponto final.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a) e *Google Earth*.

Com vistas a estimar o potencial de coleta de resíduos recicláveis e de arrecadação com a sua venda por parte do município de São Gonçalo do Rio Abaixo, foi determinada a área de influência dos PEVs, conforme demonstrado na Figura 5.20, considerando que, de acordo com Bringhenti (2004), um cidadão deve se deslocar no máximo 500 m para a entrega voluntária, visando a participação popular.

Dessa forma, a área de cobertura dos PEVs na área habitada do perímetro urbano é de aproximadamente 1,923 km², correspondendo a uma taxa de cobertura de 96,20% deste território, estando em conformidade com a representação na Figura 5.20, em que praticamente toda a área habitada do perímetro urbano estaria inserida na área de influência dos PEVs.

Para o cálculo da população atendida na área de influência dos PEVs, foram calculadas as densidades demográficas de cada setor censitário, sendo desconsideradas as áreas desabitadas. A população atendida resultou em 4.540 habitantes. Conforme dados do Plano Municipal de Saneamento de São Gonçalo do Rio Abaixo (2018), cada munícipe gera 0,79 kg/dia de resíduos; e a composição gravimétrica apontou que da massa total de resíduos, 40,1% corresponde aos resíduos recicláveis. Logo, estima-se que são gerados 3.586,60 kg de resíduos por dia, sendo 1.438,23 kg de resíduos recicláveis.

A Tabela 5.2 apresenta o percentual médio e o desvio padrão da amostra de dados por tipo de resíduo, referente à composição gravimétrica de municípios mineiros com população e IDH-M próximos ao município de São Gonçalo do Rio Abaixo, descritos na Tabela 3.1.

TABELA 5.2 - Percentual médio da amostra de dados da composição gravimétrica de resíduos recicláveis de municípios mineiros de pequeno porte.

Papel/papelão (%)	Plástico (%)	Metal (%)	Vidro (%)
37,77 ± 8,26	45,55 ± 7,46	7,82 ± 4,32	8,85 ± 4,45

Fonte: Adaptado de Soares (2013); Soares (2014); Maia (2015); Siqueira et al. (2016); Alkmin e Ribeiro Junior (2017).

Os dados da Tabela 3.1 foram extrapolados para o município de São Gonçalo do Rio Abaixo e os resultados para geração média diária de cada tipo de resíduo são apresentados na Tabela 5.3.

TABELA 5.3 – Geração média diária de resíduos no município de São Gonçalo do Rio Abaixo - MG.

Papel/papelão (kg/dia)	Plástico (kg/dia)	Metal (kg/dia)	Vidro (kg/dia)
543,22 ± 118,80	655,11 ± 107,29	112,47 ± 62,13	127,28 ± 64,00

Dessa forma, a estimativa do potencial de arrecadação anual com a venda de resíduos recicláveis coletados seletivamente por meio dos PEVs no perímetro urbano do município de São Gonçalo do Rio Abaixo é apresentada na Tabela 5.4.

TABELA 5.4 – Estimativa da arrecadação potencial a partir da venda de resíduos recicláveis coletados seletivamente por meio de PEVs no perímetro urbano do município de São Gonçalo do Rio Abaixo - MG.

	Papel/papelão	Plástico	Metal	Vidro
Geração média (t/ano)	198,28 ± 43,36	239,12 ± 42,81	41,05 ± 22,68	46,46 ± 23,36
Valor médio de venda (R\$/kg)	0,93	1,22	0,59	Destinado à doação
Potencial de arrecadação médio (R\$/ano)	184.400,40 ± 40.324,80	291.726,40 ± 52.228,20	24.219,50 ± 13.381,20	-

Portanto, o potencial de arrecadação médio anual estimado com a venda dos resíduos recicláveis coletados seletivamente por meio de PEVs no perímetro urbano do município em questão é de R\$500.346,30 ± R\$105.934,20, evitando que sejam dispostos em aterro sanitário 524,91t ± 132,21t de resíduos ao ano.

Cabe ressaltar que o volume dos recipientes dos PEVs deve ser determinado por meio de estudo detalhado contendo a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos de cada setor censitário e o respectivo peso específico aparente. A configuração dos contenedores deve ser adequada ao espaço em que serão instalados, bem como devem ser idealizados de modo a incentivar a participação popular, conforme reportado no item 3.4 desta pesquisa, no exemplo da experiência com os PEVs em Belo Horizonte - MG (SUPERINTENDÊNCIA DE LIMPEZA URBANA, 2016).

No que tange à estimativa do tempo necessário à realização da coleta no perímetro urbano, a Figura 5.21 apresenta as velocidades máximas permitidas de cada trecho. Ressalta-se que o percurso tem aproximadamente 10,3 km de extensão e que foi considerado o tempo de 5 minutos para a coleta em cada PEV, resultando em um tempo estimado de 2 horas, 27 minutos e 09 segundos. Cabe destacar, ainda, que não foram levados em consideração redutores de velocidade e semáforos nesta pesquisa.

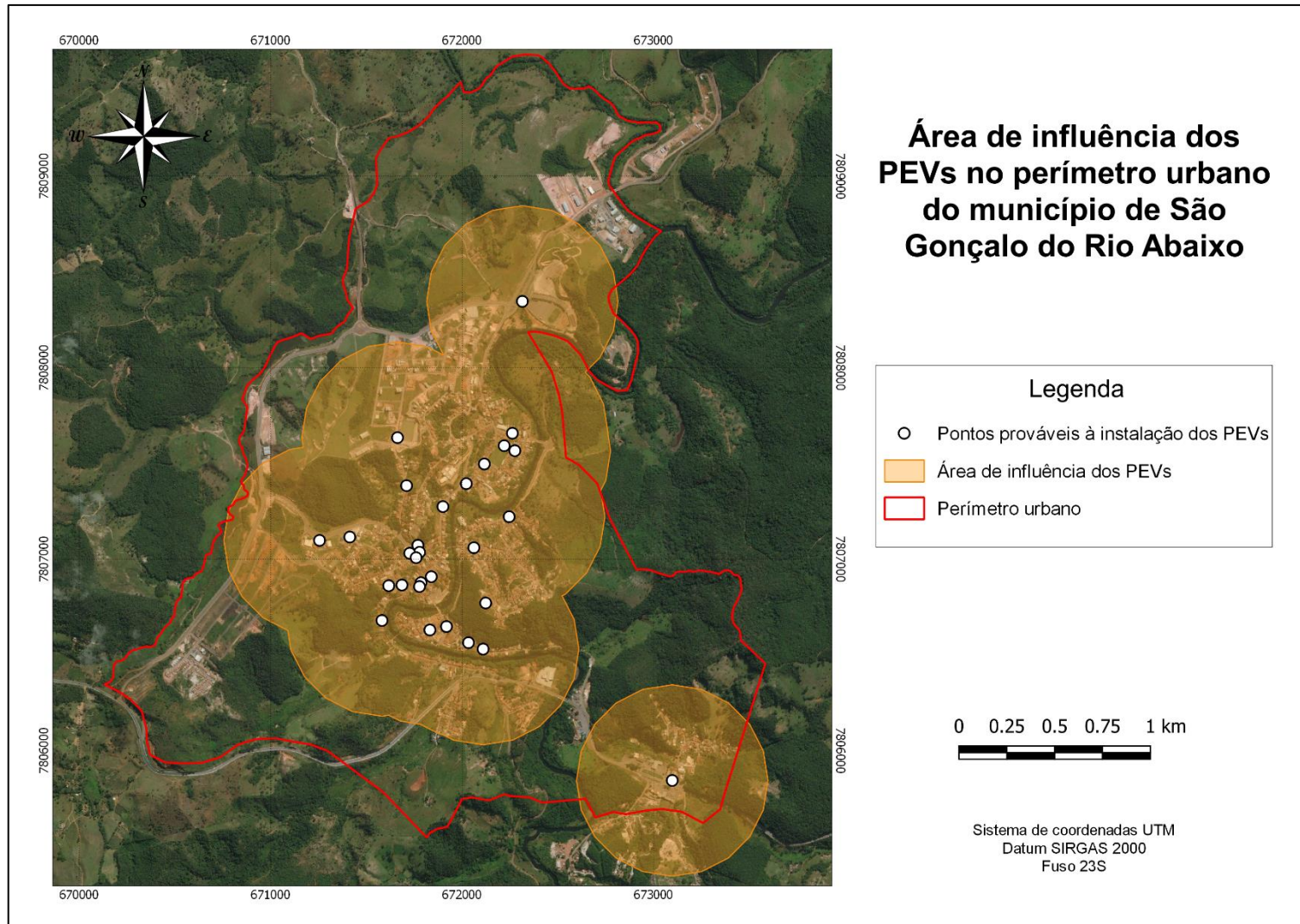


FIGURA 5.20 – Área de influência dos PEVs no perímetro urbano do município de São Gonçalo do Rio Abaixo – MG.
Fonte: Autor. Base cartográfica: *Google Earth*.

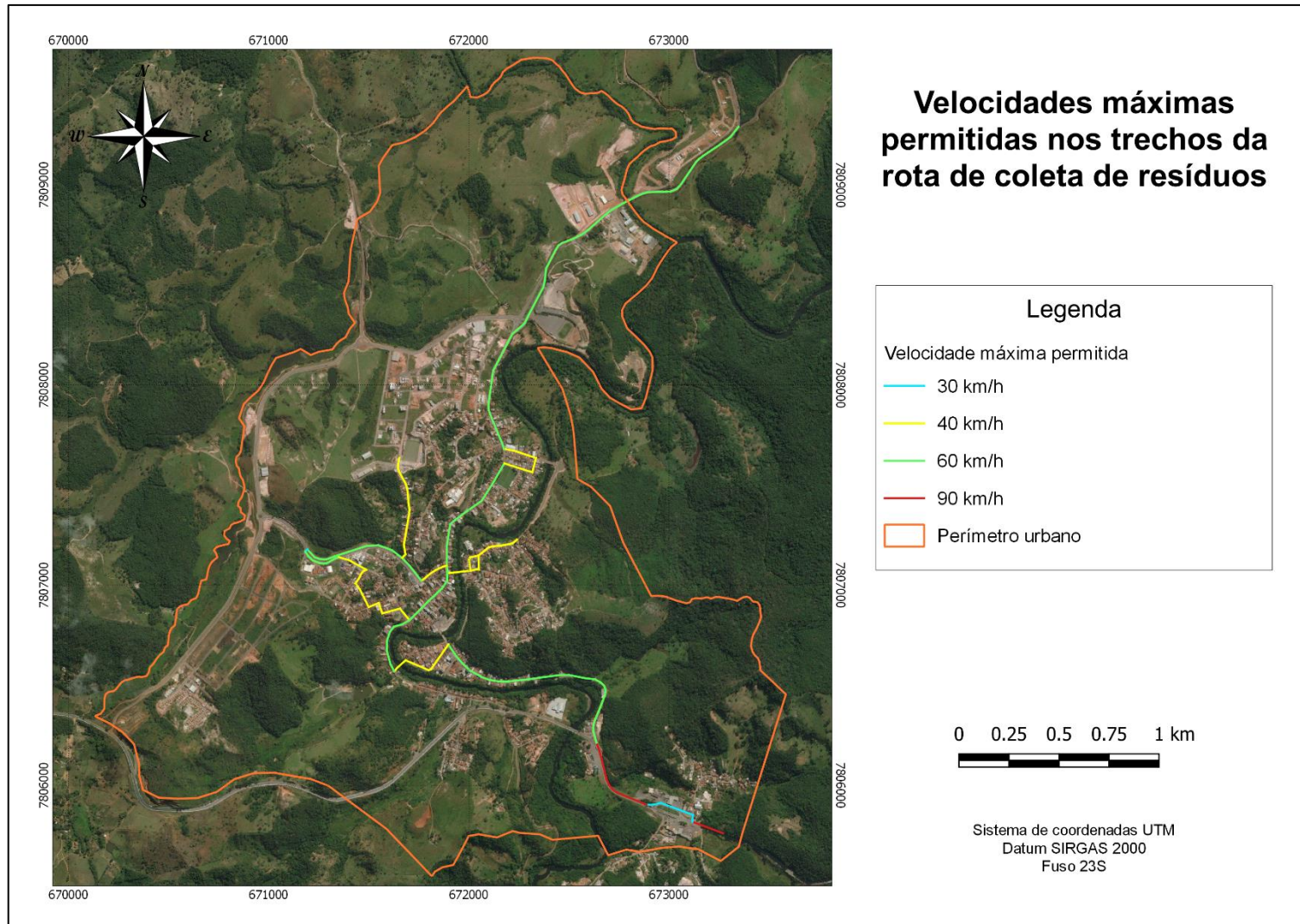


FIGURA 5.21 – Velocidade máximas permitidas nos trechos da coleta de resíduos recicláveis.

Fonte: Autor. Base cartográfica: IBGE (2011a) e *Google Earth*.

6 CONCLUSÃO

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 mostrou-se adequada na identificação de locais mais propícios à instalação dos PEVs. Além disso, deve ser ressaltado que as áreas determinadas como de “baixo potencial”, podem ter seu status alterado, com a adoção de soluções adequadas à realidade local, inclusive com relação à otimização da frequência de coleta, o que poderá resultar 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;
- 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;
- Embora os custos da coleta seletiva, em geral, representem maiores custos em relação à coleta convencional, fica evidente o potencial de arrecadação com a venda de materiais recicláveis, bem como o ganho ambiental, refletidos no valor estimado em R\$500.346,30 ± R\$105.934,20, com relação à venda dos resíduos coletados no perímetro urbano do município de São Gonçalo do Rio Abaixo – MG, evitando que sejam dispostos em aterro sanitário 524,91t ± 132,21t de resíduos ao ano. Por se tratar da coleta seletiva por meio dos PEVs, em que há a

possibilidade de reduzir custos otimizando rotas, ressalta-se, mais uma vez, a importância da etapa de planejamento;

- Cabe destacar a necessidade de promover a participação social, por meio de boas práticas em comunicação e educação ambiental, de modo a fortalecer o programa de coleta seletiva por meio de PEVs, uma vez que, conforme citado no Plano Municipal de Saneamento Básico de São Gonçalo do Rio Abaixo, a falta de conscientização e de participação foram citados como as maiores dificuldades enfrentadas com relação à coleta seletiva porta a porta existente no município, sendo a coleta ponto a ponto ainda mais dependente da disponibilidade da população.

7 RECOMENDAÇÕES

Sugere-se as seguintes pesquisas como trabalhos futuros relacionados ao tema desta dissertação:

- Análise dos custos da implantação e operação da coleta seletiva por meio de PEVs seguindo a metodologia proposta nesta pesquisa, de modo a verificar a sustentabilidade do programa;
- Definição de soluções estratégicas para implantação de PEVs em áreas rurais de municípios de pequeno porte, com vistas ao atendimento satisfatório da população e à otimização dos custos da coleta;
- Adaptar a metodologia utilizada nesta pesquisa para outros tipos de serviços de limpeza urbana, como por exemplo, coleta de outros tipos de resíduos, incluindo os decorrentes dos serviços de varrição.

REFERÊNCIAS

ALKMIN, D. V.; RIBEIRO JUNIOR, L. U. Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) do lixão do município de Maria da Fé, Estado de Minas Gerais. *Revista Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 18, n. 61, p. 65-80, 2017.

ALVARENGA, J. C. F. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos: uma análise da distribuição espacial dos pontos de entrega voluntária de material reciclável em Viçosa/MG. *Revista Políticas Públicas & Cidades*, [s.l.], v. 2, n. 1, 2015.

ARRAES, R. A.; DINIZ, M. B.; DINIZ, M. J. T. Curva ambiental de Kuznets e desenvolvimento econômico sustentável. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. v. 44, n. 3, p. 525-547, 2006.

Avfall Sverige. *Swedish waste management*. Estocolmo: [s.n.], 2018.

AYALA FILHO, German Gregório Monterrosa. *Uso de plataformas livres de sistemas de informação geográfica aplicados em estudos de transportes*. 2016. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Transportes e Logística, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016.

BARROS, R. *Resíduos sólidos*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental / UFMG, Belo Horizonte (MG), 2000. 134 p. (mimeo)

BENETTI, Mônica. *Modelo metodológico para formulação e implantação de programas de coleta seletiva em municípios de pequeno porte*. 2000. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

BIJU, Bárbara Pavani. *Utilização de sistema de informação geográfica (SIG) na indicação de possíveis áreas aptas à disposição de resíduos de construção e de demolição*. 2015. 114 p. Dissertação – Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

BRASIL. Lei 9.503, de 23 de setembro de 1997. *Código de Trânsito Brasileiro*. Diário Oficial da União, Brasília, 24 set. 1997. Acesso em: 02 setembro 2019.

_____. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. *Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Diário Oficial da União, Brasília, 03 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 13 maio 2019.

BRINGHENTI, Jacqueline. *Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais e da participação da população*. 2004. 316 f. Tese (Doutorado), Departamento de Saúde Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios Básicos em Geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO E. E. *Sistema de Informações geográficas: aplicações na agricultura*. 2. ed. Brasília: EMPRAPA – SPI; EMBRAPA-CPAC, 2003. p. 3-11.

CASTRO, Leonardo Borges. *Avaliação do serviço de coleta de resíduos domiciliares em cidade de médio porte utilizando sistemas de informações geográficas e receptores do sistema de posicionamento por satélite*. 2006. 157 p. Dissertação – Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE). *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*. 4. ed. São Paulo: 2018. 316 p.

COSTA, E. S.; OLIVEIRA, N. F.; REIS, P. A.; SCHMIDT, M. A. R. Utilização de um sistema de informação geográfica no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município de Uberlândia-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4., 2013, Salvador. *Anais...* Bauru: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2013.

DEMAJOROVIC, J.; BENSON, G.R.; RATHSAM, A. A. *Os desafios da gestão compartilhada de resíduos sólidos face à lógica do mercado*. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT11/jacuques_demajorovic.pdf>. Acesso em 02 setembro. 2019.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). *Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas*. Rio de Janeiro: 2010. 392 p.

DUTRA, R. M. S.; YAMANE, L. H.; SIMAN, R. R. Influence of the expansion of the selective collection in the sorting infrastructure of waste pickers' organizations: A case study of 16 Brazilian cities. *Waste Management*, [s.l.], v. 77, p.50-58, 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.009>.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, Serviço de Produção de Informação, 1999. 412p.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Lei 89-272. Solid Waste Disposal Act. Out 1965. Disponível em: <<https://legcounsel.house.gov/Comps/Solid%20Waste%20Disposal> Acesso em: 20Act.pdf>. Acesso em: 13 maio 2019.

_____. Lei 94-580. Resource Conservation and Recovery Act. Out 1976. Disponível em: <<https://www.govinfo.gov/content/pkg/STATUTE-90/pdf/STATUTE-90-Pg2795.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2019.

EUROPA. EUR-Lex. Acesso ao direito da União Europeia. Directiva 75/442/CEE do Conselho, de 15 de Julho de 1975, relativa aos resíduos. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9a09e84c-9005-4bed-ae42-8d1638b55d9f.0010.02/DOC_79&format=PDF>. Acesso em: 13 maio 2019.

_____. Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008, relativa aos resíduos e que revoga certas directivas. Disponível em: <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:PT:PDF>>. Acesso em: 13 maio 2019.

FERREIRA, F.; AVELINO, C.; BENTES, I.; MATOS, C.; TEIXEIRA, C. A. Assessment strategies for municipal selective waste collection schemes. *Waste Management*, [s.l.], v. 59, p.3-13, 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.044>.

FERREIRA, S.; CABRAL, M.; DA CRUZ, N. F.; MARQUES, R. C. Economic and environmental impacts of the recycling system in Portugal. *Journal Of Cleaner Production*, [s.l.], v. 79, p.219-230, set. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.026>.

FRANCO, Camila Silva. Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares e percepção dos hábitos de descarte no sul de Minas Gerais. 2012. 159 p. Dissertação – Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FITZ, P. R. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FUGII, G. M.; VASCONCELOS, M. C.; BASSI, N. S.; SANTOYO, A. H.; SILVA, C. L. Comparação da gestão de resíduos sólidos urbanos entre dez capitais brasileiras: em busca de alternativas para um modelo de planejamento e gestão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4., 2013, Salvador. *Anais...* Bauru: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2013.

GALLARDO, M. C.; PERIS, M.; COLOMER, F. J. Methodology to design a municipal solid waste generation and composition map: A case study. *Waste Management*, v. 34, p. 1920-1931, 2014.

GIACOMINI FILHO, G. *Meio Ambiente & Consumismo*. Série Meio Ambiente; n. 8. São Paulo: Editora Senac, 2008. p. 255.

GIL, Maria Doralice Maciel. *Relações entre fatores socioeconômicos e a geração de resíduos sólidos domiciliares – Vacaria*. 2016. 154 p. Dissertação – Curso de Mestrado em Engenharia e Ciências Ambientais, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2016.

GONÇALVES, A. T. T.; MORAES, F. T. F.; MARQUES, G. L.; LIMA, J. P.; LIMA, R. S. Urban solid waste challenges in the BRICS countries: a systematic literature review. *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science*, [s.l.], v. 13, n. 2, 2018. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambiente.2157>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Censo Agropecuário 2006: Brasil, grandes regiões e unidades da federação: segunda apuração*. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 758p.

_____. *Censo Demográfico 2010: Microdados da Amostra*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011a.

_____. *Censo Demográfico 2010: Sinopse do Censo Demográfico*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011b. 261p.

_____. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: Síntese de indicadores 2009*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 289p.

_____. *Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017 - 2018: Primeiros resultados*. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 72p.

Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística (IBOPE). *Desinformação é maior dificuldade para a reciclagem no Brasil*. 2018. Disponível em: <<http://www.ibopeinteligencia.com/noticias-e-pesquisas/desinformacao-e-maior-dificuldade-para-a-reciclagem-no-brasil/>>. Acesso em: 13 maio 2019.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). *Projeto Topodata*. 2008. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 18 setembro 2019.

JURAS, I. A. G. M. *Legislação sobre resíduos sólidos: comparação da Lei 12.305/2010 com a legislação de países desenvolvidos*. 2012. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/estudos-e-notas-tecnicas/publicacoes-da-consultoria-legislativa/areas-da-conle/tema14/2012_1658.pdf>. Acesso em: 13 maio 2019.

LEWANDOWSKA, A.; SZYMAŃSKA, D. Municipal waste recycling in big cities in Poland in the context of ecologisation. *Bulletin Of Geography. Socio-economic Series*, [s.l.], v. 43, n. 1, p.131-141, 2019. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.2478/bog-2019-0009>.

LIMA, L. M. *Lixo: tratamento e biorremediação*. 3. ed. São Paulo: Hemus Editora, 2004.

LIMA, M. L. P. *Noções de topografia para projetos rodoviários*. Disponível em: <<http://www.topografiageral.com/Curso/>>. Acesso em: 17 set. 2019.

LÚCIO, Renata Franco. *Diagnóstico do sistema de gerenciamento de resíduos de construção e demolição no município de Belo Horizonte – MG*. 2013. 137 p. Dissertação – Curso de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MAIA, Débora Duarte. *Caracterização gravimétrica e geração per capita dos resíduos sólidos urbanos do município de Guanhães MG*. 2015. 58 f. TCC - Curso de Especialização em Meio Ambiente, Instituto Federal de Minas Gerais, São João Evangelista, 2015.

MEDINA, H. V. Reciclagem de materiais: tendências tecnológicas de um novo setor. In: FERNANDES, F. R. C. et al. *Tendências Tecnológicas Brasil 2015: Geociências e Tecnologia Mineral*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.

MENDES, Bruna Cardoso. *Rota eficiente para coleta de resíduos sólidos e proposta de PEVs em Sobradinho, Brasília - DF*. 2018. 37 f. TCC - Curso de Especialização em Gestão de Negócios Ambientais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

MINAS GERAIS. Lei Complementar Estadual nº 89, de 12 de janeiro de 2006. *Dispõe sobre a Região Metropolitana de Belo Horizonte*. Diário Oficial [do] Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 13 Jan. 2006. p. 03.

MOREIRA, L. M. P. S.; VIEIRA, G. C. L.; HORA, K. E. R.; KALLAS, L. M. E. Níveis de densidade populacional: Uma proposta de classificação para Goiânia – GO, aplicação no Setor Central. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL - ENANPUR, 18., 2019, Natal. *Anais...* Belo Horizonte: ANPUR, 2019.

NAUSTDALSLID, J. Circular economy in China – the environmental dimension of the harmonious society. *International Journal Of Sustainable Development & World Ecology*, [s.l.], v. 21, n. 4, p.303-313, 2014. <http://dx.doi.org/10.1080/13504509.2014.914599>.

Observatoire Régional des Déchets D'Ile-de-France. *Good practices: Underground Containers*. 2014. Disponível em: <http://www.regions4recycling.eu/upload/public/Good-Practices/GP_ORDIF_underground-containers.pdf>. Acesso em: 13 maio 2019.

OLIVEIRA, José Marcos Tavares. *Processo de urbanização e deposição dos resíduos sólidos do município de Caiçara – PB*. 2010. 58 p. Monografia – Curso de Especialização em Planejamento Urbano Rural e Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira, 2010.

PAES, Frederico Galaxe. *Otimização de rotas para a coleta do lixo doméstico: um tratamento GRASP do problema do carteiro chinês misto (PCCM)*. 2004. 129 p. Dissertação – Curso de Mestrado em Ciências de Engenharia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2004.

PASQUALI, Luiz. *Composição gravimétrica de resíduos sólidos recicláveis domiciliares no meio rural de Chopinzinho – Paraná*. 2012. 66 p. Dissertação – Curso de Mestrado em Desenvolvimento Regional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

PAULA, E. C.; BARROS, R. T. V.; SOUZA, A. P. Reciclagem de Resíduos Sólidos Urbanos em Belo Horizonte (MG): identificação de áreas com potencial para instalação de LEV (Locais de Entrega Voluntária) em curto prazo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2019, Natal. *Anais...* Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2019.

PERA, C. K. L.; BUENO, L. M. M. Revendo o uso de dados do IBGE para pesquisa e planejamento territorial: reflexões quanto à classificação da situação urbana e rural. *Cadernos Metrópole*, [s.l.], v. 18, n. 37, p.722-742, 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2016-3705>.

PERALTA, L. R.; ANTONELLO, I. T. O desafio enfrentado pelos municípios de pequeno porte para atender à política nacional de resíduos sólidos: o uso do consórcio intermunicipal. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE, 11., 2015, Presidente Prudente. *Anais...* Porto Alegre: Associação Nacional de Pós-Graduação em Geografia, 2015.

PEREIRA, A. Estudo Comparativo sobre o Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais e Reciclagem entre as Cidades de São Paulo e Londres. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS - ENANPPAS, 6., 2012, Belém. *Anais...* Belém: 2012.

RADA, E. C.; RAGAZZI, M.; FEDRIZZI, P. Web-GIS oriented systems viability for municipal solid waste selective collection optimization in developed and transient economies. *Waste Management*, [s.l.], v. 33, n. 4, p.785-792, 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.002>.

RIBEIRO, B. M. G.; MENDES, C. A. B. Avaliação de parâmetros na estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos. *Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento*, Curitiba, v. 7, n. 3, p.422-443, 2018.

RIBEIRO, T. F.; LIMA, S. C. Coleta seletiva de lixo domiciliar – estudo de casos. *Revista Caminhos de Geografia*, v. 2, p.50-69, 2000.

São Gonçalo do Rio Abaixo. Minas Gerais. *Plano Municipal de Saneamento Básico*. São Gonçalo do Rio Abaixo: 2018.

SIDIQUE, S. F.; LUPI, F.; JOSHI, S.V. The effects of behavior and attitudes on drop-off recycling activities. *Resources, Conservation And Recycling*, [s.l.], v. 54, n. 3, p.163-170, 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.07.012>.

SILVA, H.; BARBIERI, A. F.; MONTE-MÓR, R. L. Demografia do consumo urbano: um estudo sobre a geração de resíduos sólidos domiciliares no município de Belo Horizonte. *Revista Brasileira de Estudos de População*, São Paulo, v. 29, n. 2, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-30982012000200012>

SIQUEIRA, H. E.; SOUZA, A. D.; BARRETO, A. C.; ABDALA, V. L. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Nova Ponte (MG). *Revista DAE*, São Paulo, p.39-52, 2016.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2017. Brasília, 2019.

SOARES, A. P. Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos do Baixo Jequitinhonha / Minas Gerais – instrumento para gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos sob perspectiva regional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4., 2013, Salvador. *Anais...* Bauru: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2013.

SOARES, A. P. Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do município de Manhumirim / Minas Gerais – como ferramenta de avaliação preliminar do programa de coleta seletiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 5., 2014, Belo Horizonte. *Anais...* Bauru: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2014.

Stockholm Vatten Och Avfall. *Waste management plan for Stockholm 2017-2020*. Estocolmo: s.n., 2017.

Superintendência de Limpeza Urbana (SLU). *Relatório Anual de Atividades da Limpeza Urbana*. Belo Horizonte: [s.n.], 2018. 76 p.

_____. Relatório Diagnóstico: Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte (PMGIRS-BH). 2016. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/slu/2018/documentos/relat%C3%B3rio%20parcial%20Aspectos%20T%C3%A9cnicos%20Operacionais%20e%20de%20Infraestrutura.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2019.

TIRADO-SOTO, M. M.; ZAMBERLAN, F. L. Networks of recyclable material waste-picker's cooperatives: An alternative for the solid waste management in the city of Rio de Janeiro. *Waste Management*, [s.l.], v. 33, n. 4, p.1004-1012, 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.025>.

United Nations Development Programme (UNDP). *Human Development Report 2016: Human Development for Everyone*. [s.i.]. Disponível em: <<https://www.undp.org/content/dam/brazil/docs/RelatoriosDesenvolvimento/undp-br-HDR16%20Report.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2019.

VARANDA, Thiago Antonio. *Otimização de rotas e redução dos custos de operação da coleta seletiva*. 2015. 43 p. TCC – Curso de bacharelado em Administração Pública, Universidade Aberta do Brasil, Barretos, 2015.

WILSON, D. C.; VELIS, C.; CHEESEMAN, C. Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. *Habitat International*, [s.l.], v. 30, n. 4, p.797-808, 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.habitatint.2005.09.005>.

APÊNDICE A - Manual de práticas em Geoprocessamento: Proposta de utilização de Sistema De Informações Geográficas aplicado à gestão de resíduos recicláveis em municípios de pequeno porte

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**MANUAL DE PRÁTICAS EM
GEOPROCESSAMENTO: PROPOSTA DE
UTILIZAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES
GEOGRÁFICAS APLICADO À GESTÃO DE
RESÍDUOS RECICLÁVEIS EM MUNICÍPIOS DE
PEQUENO PORTE**

Apêndice A da Dissertação: Aplicação de Sistema de Informação Geográfica para a coleta por Pontos de Entrega Voluntária de resíduos recicláveis em municípios de pequeno porte.

Autor: Arthur Bernardes Barros

Orientador: Gustavo Ferreira Simões

**Belo Horizonte
2020**

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	2
1 ITENS BÁSICOS	3
1.1 <i>Download</i> do <i>QGIS</i>	3
1.2 Instalação do <i>QGIS</i>	3
1.3 Configurações iniciais do <i>QGIS</i>	3
2 OBTENÇÃO DAS BASES CARTOGRÁFICAS	5
2.1 Obtenção de dados vetoriais dos setores censitários do IBGE	5
2.2 Obtenção de dados tabulares dos setores censitários do IBGE.....	6
2.3 Obtenção de dados vetoriais das vias terrestres	8
2.4 Obtenção de dados <i>raster</i> do Modelo Digital de Elevação	9
3 ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS	12
3.1 Situação dos setores censitários do IBGE.....	12
3.2 Densidade demográfica	14
3.3 Renda	15
3.4 Topografia	16
3.5 Declividade	17
4 ÁLGEBRA DE MAPAS	20
5 DEFINIÇÃO DA ROTA DE COLETA	21

APRESENTAÇÃO

Este Manual é resultado de uma pesquisa que teve por objetivo propor a utilização de Sistema de Informações Geográficas - SIG para o auxílio na determinação de áreas com potencial para instalação de Pontos de Entrega Voluntária - PEVs e para o estabelecimento de rotas de coleta, em municípios de pequeno porte. Para tanto, foi realizado estudo de caso no município de São Gonçalo do Rio Abaixo – MG.

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, tendo em vista a realidade de muitos municípios de pequeno porte, qual seja, de deficiência de recursos humanos capacitados e recursos financeiros.

Esta cartilha se destina aos técnicos de prefeituras de municípios de pequeno porte que queiram implantar a coleta seletiva por meio de PEVs. Dessa forma, convidamos a todos a lerem atentamente o passo a passo e desejamos uma boa experiência com o *QGIS*.

1 ITENS BÁSICOS

1.1 Download do QGIS

1. Acesse o endereço eletrônico: https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html.
2. Note que há quatro opções para download – “*Latest release*” (última versão) e “*long term release*” (versão de longo prazo) – ambas disponíveis em 32 e 64 bits, devendo atentar-se para o sistema operacional de seu computador.
3. Para identificar qual o sistema operacional de seu computador, clique com o botão direito sobre o ícone “Meu computador”, em seguida acesse “Propriedades”, onde serão exibidas informações básicas de seu computador. No item “Sistema” estará disponibilizada a informação a respeito do sistema operacional.
4. Em seguida, faça o download da versão “*long term release*”.

1.2 Instalação do QGIS

1. Dê duplo clique para abrir o arquivo.
2. Nas etapas de instalação, certifique-se do local de instalação do programa e clique em “Avançar”.
3. Desabilite todas as caixas de inclusão de pacote de dados e clique em “Avançar”.
4. Aguarde a instalação e, por fim, clique em “Concluir”.

1.3 Configurações iniciais do QGIS

1. Acesse no menu superior as “Configurações” e, em seguida, clique em “Opções”. Nesse ambiente é possível configurar elementos conforme sua preferência. Nos itens a seguir, serão padronizadas informações importantes para a execução deste manual.
2. Na aba “Ferramentas de mapa”, presente no canto esquerdo, selecione “Metros” para o item “Unidades de distância preferidas”; “Metros quadrados” para o item “Unidades de área preferidas”; e “Graus” para o item “Unidade de ângulo desejada”.
3. Na aba “SRC” será necessário definir um sistema de referência de coordenadas padrão de projeto. Para que seja possível medir distâncias nos mapas, é necessário que seja utilizado o sistema de coordenadas UTM.
4. Para definir o fuso, acesse o endereço eletrônico: ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2015/UFs/. Em seguida, escolha o Estado ao qual o município em estudo pertence, e faça o *download* do arquivo com domínio “municípios”. (Exemplo: mg_municipios.zip).

Após a conclusão do *download*, clique com o botão direito sobre o ícone do arquivo e clique em “Extrair aqui”. Abra o *Google Earth Pro*, no menu, acesse “Ferramentas” > “Opções”. Na tela de opções do *Google Earth Pro*, selecione o item “Universal Transversa de Mercator” e clique em “Ok”. Feito isso, clique em “Arquivo” > “Abrir” e selecione o arquivo baixado na extensão “.shp” (Exemplo: 31MUE250GC_SIR.shp). Serão demonstrados os limites municipais. Em “Pesquisar”, digite o nome do município e clique em “Pesquisar”. Ao passar o cursor em cima do município em estudo, aparecerá o número do fuso correspondente no canto inferior da página, conforme exemplo na Figura 1.1.

Retorne ao *QGIS*, na aba “SRC”, clique em “Usar SRC padrão” e, em seguida, clique no ícone para selecionar SRC. Em “filtro” digite: “SIRGAS 2000 / UTM zone XXS”, em que “XX” corresponde ao fuso do município em estudo. Nesta pesquisa, foi adotado o fuso 23 (em função da localização do município de São Gonçalo do Rio Abaixo-MG), portanto, em “filtro” foi digitado: “SIRGAS 2000 / UTM zone 23S”. Selecione o item escolhido no campo “Sistema de referência de coordenadas do ‘world’” e clique em “Ok”, retornando para a tela anterior, onde deverá ser clicado novamente em “Ok”.

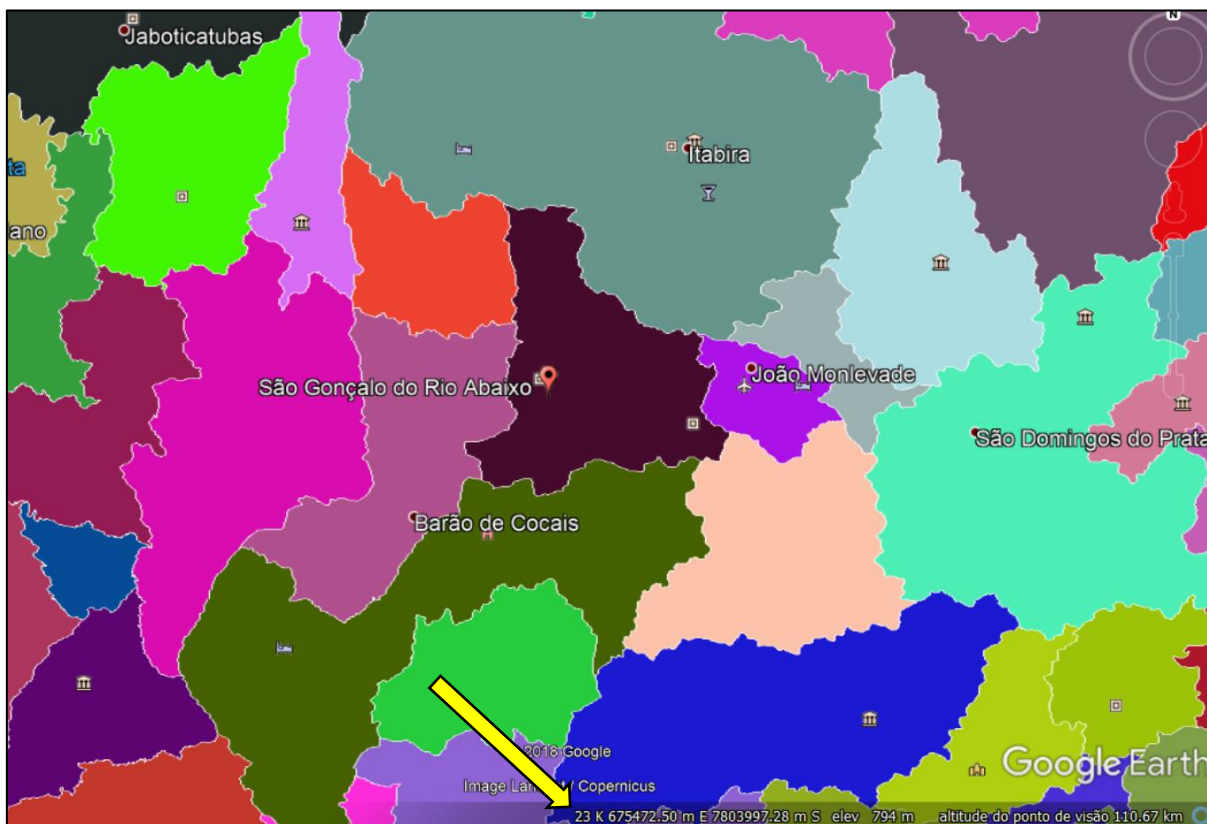


Figura 1.1 – Obtenção do fuso UTM através do *Google Earth Pro*.

Fonte: *Google Earth Pro*.

2 OBTENÇÃO DAS BASES CARTOGRÁFICAS

O *QGIS* admite basicamente três tipos de arquivos, quais sejam, dados vetoriais, dados matriciais e dados tabulares. Os dados vetoriais cumprem a função de representar os elementos do espaço geográfico (mundo real) através das feições geométricas ponto, linha ou polígono (tais como os limites de municípios ou a representação das vias). Os dados matriciais, por sua vez, representam modelos contínuos (imagens georreferenciadas ou, comumente chamadas de *rasters*, tais como o Modelo Digital de Elevação - MDE). Os dados tabulares referem-se às tabelas que podem se unir às tabelas de atributos dos vetores.

2.1 Obtenção de dados vetoriais dos setores censitários do IBGE

1. Acesse o endereço eletrônico: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>
2. Clique em “organizacao_do_territorio” > “malhas_territoriais” > “malhas_de_setores_censitarios_divisoes_intramunicipais” > “censo_2010” > “setores_censitarios_shp”. Em seguida, selecione o Estado referente ao município em estudo e faça o *download* do arquivo “setores censitários” (Exemplo: mg_setores_censitarios.zip).
3. Extraia os arquivos. Em seguida, abra um novo projeto no QGIS, através do menu “Projeto” > “Novo”.
4. Entre na pasta onde os arquivos foram extraídos, clique no arquivo com extensão *shapefile-shp* (Exemplo: 31SEE250GC_SIR.shp), arraste até o painel de camadas e solte, assim como na Figura 2.1.

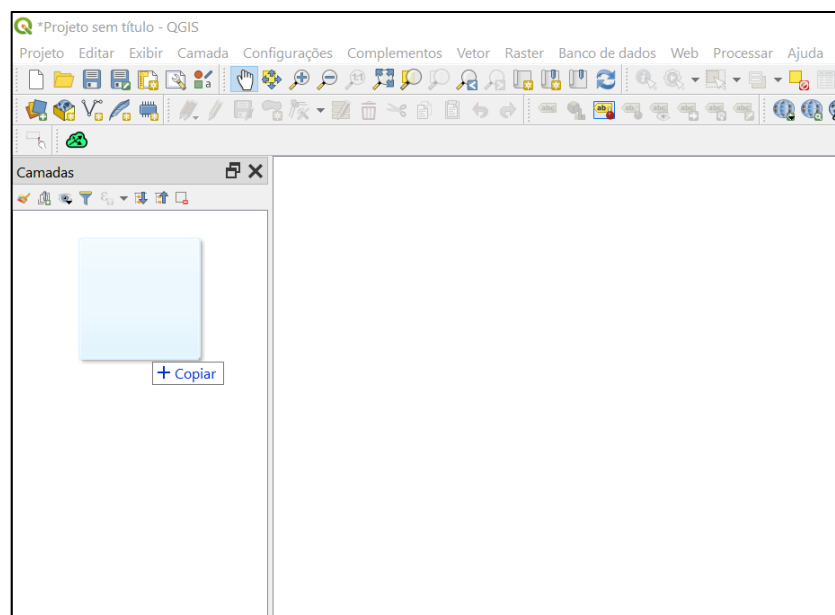


Figura 2.1 – Adicionar camadas no QGIS.

5. Em seguida, serão apresentados todos os setores censitários do Estado escolhido. Para filtrar apenas o município em estudo, acesse o menu “Camada” > “Filtrar”. Na nova janela que se abrirá, dê duplo clique em "NM_MUNICIP", clique em “=”, selecione “Tudo” e no campo “Buscar...” digite o nome do município em estudo e dê duplo clique em cima do nome. Em seguida, clique em “Ok”.
6. Clique com o botão direito sobre a camada dos setores (Exemplo: 31SEE250GC_SIR.shp) no painel de camadas, vá em “Exportar” > “Salvar feições como...”.
7. Uma nova janela se abrirá. Em “Formato” selecione “*Shapefile*”; em “Nome do Arquivo” selecione uma pasta para salvar e escreva o nome do arquivo; e em “SRC” escolha o “SRC do projeto”. Marque a opção “Adicionar arquivo salvo ao mapa” e clique em “Ok”. A nova camada será adicionada, sendo necessário excluir a camada anterior clicando com o botão direito sobre ela e, em seguida, em “Remover camada...” e “Ok”.

2.2 Obtenção de dados tabulares dos setores censitários do IBGE

1. Acesse o endereço eletrônico: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>
2. Siga o caminho: “Censos” > “Censo_Demografico_2010” > “Resultados_do_Universo” > “Agregados_por_Setores_Censitarios” e, por fim, escolha o Estado referente ao município em estudo (Exemplo: MG_20171016.zip).
3. Após o *download*, extraia para a pasta selecionada.
4. Abra a pasta “Excel” e abra o arquivo “Basico-UF” referente à Unidade da Federação em que fez o download (Exemplo: Basico-MG). Clique em “Classificar e filtrar”, selecione “Filtro”. Em seguida, clique na seta da coluna M (onde estão inseridos os nomes dos municípios) e em “Selecionar tudo” para desmarcar todos os campos. Em “Pesquisar” insira o nome do município em estudo e o marque. Copie e cole todas as informações em uma nova planilha.
5. Mantenha apenas as colunas “Cod_setor”; “Situacao_setor”; “V001” e “V002”. Em seguida, renomeie o campo “V001” para “DPP” – referente à domicílios particulares permanentes; e o campo “V002” para “Populacao”. Lembre-se de excluir todas as demais colunas.
6. Em seguida, abra a planilha DomicílioRenda_UF.xls referente ao Estado do município em estudo (Exemplo: DomicílioRenda_MG.xls). Mantenha somente as informações do município

em questão, buscando-as por meio do número do “Cod_setor”. Nesta planilha, selecione apenas as colunas “V001” e “V002”, copie e cole na planilha anterior, renomeando “V001” para “DPI” referente a domicílios particulares improvisados; e “V002” para “RNM”, referente ao total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares.

7. Em uma nova coluna, insira o nome “DPT” referente a domicílios particulares totais. Nela, apresente o resultado da soma de cada linha das colunas “DPP” e “DPI”, conforme Figura 2.2.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Cod_setor	Situacao	DPP	Populacao	DPI	RNM	DPT
2	316190805000001	1	205	673	0	424183	=C2+E2
3	316190805000002	1	286	1008	0	503380	286
4	316190805000003	1	314	1110	0	611243	314
5	316190805000004	1	251	861	0	493243	251
6	316190805000005	8	285	1055	3	309664	288
7	316190805000006	8	126	379	0	108819	126
8	316190805000007	8	176	640	1	183394	177
9	316190805000008	8	309	1152	0	315617	309
10	316190805000009	8	156	532	0	198029	156
11	316190805000010	8	182	631	0	179345	182
12	316190805000011	8	86	311	1	129170	87
13	316190805000012	5	114	418	0	162587	114
14	316190805000013	1	262	997	0	373498	262

Figura 2.2 – Manipulação do banco de dados.

8. Para corrigir os valores de renda de acordo com a inflação do período, acesse a calculadora do endereço eletrônico: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores>. Selecione o índice “IPCA (IBGE)” – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo; selecione a data inicial 01/10/2010 (período de fim da coleta dos dados do Censo 2010); selecione a data final no dia atual; e, por fim, insira o valor de cada célula da coluna “RNM”. Os valores corrigidos devem ser adicionados em uma nova coluna denominada “RNM_corrige”.

9. Salve esta planilha como um novo documento.

10. Abra o *QGIS* e insira a camada vetorial dos setores censitários do município, obtida conforme o item “2.1 Obtenção de dados vetoriais dos setores censitários do IBGE”. Insira também a planilha com o banco de dados da mesma forma – arrastando o arquivo até o painel de camadas.

11. Clique com o botão direito sobre a camada vetorial de setores censitários no painel de camadas, em seguida clique em “Propriedades”. Na janela que se abrirá, clique em “Unições”. Clique no ícone “+” e abrirá nova janela. Em “Unir camadas” selecione a camada da planilha; em “Unir campo” selecione “Cod_setor”; em “Campo alvo” selecione “CD_Geocodi”. Marque a opção “Campos unidos” e selecione “Cod_setor”; “Situacao_setor”; “Populacao”; “DPT”; “RNM_corrige”. Clique em “Personalizar prefixo do nome campo” e exclua o texto escrito no campo. Clique em “Ok” e “Ok”.

12. Para conferir se as camadas foram unidas, clique com o botão direito na camada vetorial de setores censitários e abra a tabela de atributos.

13. Em seguida, clique novamente com o botão direito sobre a camada vetorial de setores censitários, vá em “Exportar” > “Salvar feições como...” e salve em formato *shapefile*, lembrando de configurar a SRC para a mesma do projeto.

2.3 Obtenção de dados vetoriais das vias terrestres

1. Abra o *QGIS*. No menu “Complementos”, clique em “Gerenciar e instalar complementos”. No campo de busca, insira “*OSMDownloader*”, selecione o complemento e clique em “Instalar complemento”. Em seguida, clique em “Close”. É válido ressaltar que é necessário estar conectado à internet para executar estes passos.

2. Ao instalar o complemento, será adicionado seu ícone à barra de ferramentas, qual seja:



3. Insira a camada vetorial de setores censitários. Em seguida, clique no ícone do complemento *OSM*, e com o botão esquerdo, faça um retângulo de modo que cubra toda a área do município. Selecione um local para salvar o arquivo, selecione a opção “*Load layer after download*” e clique em “Ok”.

4. Na janela que se abrirá, selecione a opção “*lines*” e clique em “Ok”.

5. Para obter o perímetro do município em estudo, vá no menu “Vetor” > “Geoprocessamento” > “Dissolver”. Em “Camada de entrada” selecione a camada vetorial dos setores censitários. Clique em “Executar” e, em seguida, em “Close”.

5. Para obter somente dados do município em estudo, vá no menu “Vetor” > “Geoprocessamento” > “Recortar”. Em “Camada de entrada” selecione a camada vetorial das

linhas; e em “Camada de sobreposição” selecione a camada “Dissolvido”. Escolha um local para salvar o arquivo e nomeie como “Vias”. Clique em “Executar” e, em seguida, em “Close”.

6. No menu “Complementos”, clique em “Gerenciar e instalar complementos”. No campo de busca, insira “*QuickMapServices*”, selecione o complemento e clique em “Instalar complemento”. Em seguida, clique em “Close”.

7. Vá no menu “Web” > “*QuickMapServices*” > “*Settings*”. Na aba “*More services*”, clique em “*Get contributed pack*” e, em seguida, em “*Save*” e “*Ok*”.

8. Volte no menu “Web” > “*QuickMapServices*” > “*OSM*” > “*OSM Standart*”. Será adicionado um mapa contendo informações das vias.

9. Clique com o botão esquerdo sobre a camada “Vias” e em seguida acione a edição de camada através do ícone:



10. Selecione as linhas que não se tratam de vias terrestres, tais como rios, linhas de transmissão e etc. Após selecionar, aperte “*Delete*” em seu teclado. Em seguida, desabilite o ícone de edição e clique em “*Save*”.

11. Em seguida, clique novamente com o botão direito sobre a camada vetorial “Vias”, vá em “Exportar” > “Salvar feições como...” e salve em formato *shapefile*, lembrando de configurar a SRC para a mesma do projeto.

2.4 Obtenção de dados raster do Modelo Digital de Elevação

1. Acesse o endereço eletrônico: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/> e obtenha o número da carta referente ao município em estudo (Exemplo: o município de São Gonçalo do Rio Abaixo está inserido na carta 19S435).

2. Clique com o botão esquerdo sobre a carta e faça o *download* do mapa de “Altitude”. Extraia os arquivos para a pasta selecionada.

3. Abra o *QGIS*. Insira o arquivo *raster* referente à “Altitude”. Será aberta uma janela e, em “Filtro”, busque por “WGS 84”. Selecione e clique em “Ok”.

4. Após adicionar a camada, clique com o botão direito sobre ela, vá em “Exportar” > “Salvar como...” e salve em formato *GeoTIFF*, escolha um local para salvar o arquivo e nomeie. Selecione a SRC do projeto e clique em “Ok”.
5. Para obter o perímetro do município em estudo, vá no menu “Vetor” > “Geoprocessamento” > “Dissolver”. Em “Camada de entrada” selecione a camada vetorial dos setores censitários. Clique em “Executar” e, em seguida, em “Close”.
6. Para obter a camada *raster* somente na extensão do município, vá no menu “Raster” > “Extrair” > “Recortar *raster* pela camada de máscara...”. Em “Camada de entrada” selecione a camada *raster*, em “Camada máscara” selecione a camada “Dissolvido”, clique em “Manter a resolução do *raster* de saída”, selecione um local para salvar e nomeie. Em seguida, clique em “Executar” e “Close”.

3 ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS

3.1 Situação dos setores censitários do IBGE

1. Abra o *QGIS* com o complemento do *GRASS GIS* (clicando no ícone de *QGIS Desktop 3.4.11 with GRASS 7.6.1*).
2. Abra a camada vetorial resultante do item 2.2 deste manual que, para exemplificar, será aqui nomeada de “Setores”, conforme Figura 3.1.

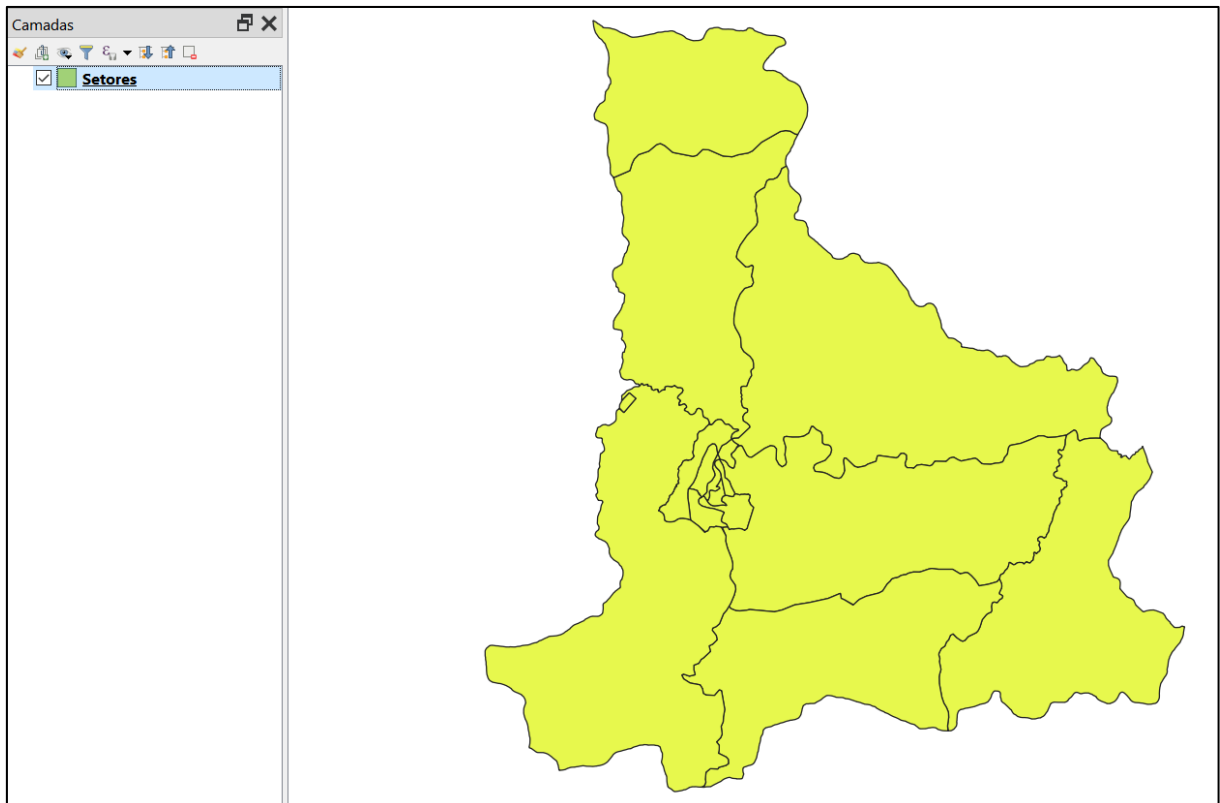


Figura 3.1 – Camada vetorial “Setores” contendo informações do banco de dados preparados no item 2.2 deste manual.

3. O IBGE classifica os setores censitários em oito tipos conforme a sua situação, sendo apresentados na Tabela 3.1 os respectivos pesos que serão atribuídos para cada tipo de situação.

TABELA 3.1 - Critérios de classificação quanto às situações dos setores censitários.

Situação do setor censitário	Peso
1 - Área urbanizada de cidade ou vila	5
2 - Área não-urbanizada de cidade ou vila	4
3 - Área urbana isolada	4
4 - Aglomerado rural de extensão urbana	4
5 - Aglomerado rural isolado – povoado	3
6 - Aglomerado rural isolado – núcleo	2
7 - Aglomerado rural isolado - outros aglomerados	2
8 - Zona rural, exclusive aglomerado rural	1

Dessa forma, clique com o botão direito sobre a camada “Setores” no painel de camadas e, em seguida, clique em “Abrir tabela de atributos”. Acione a edição dos dados através do ícone:



4. Em seguida, vá em “Abrir calculadora de campo”, através do ícone:



5. Na janela que se abrirá, em “Nome do novo campo” nomeie “sit_reclas”. Em “Tipo do novo campo” selecione “Número inteiro”. No campo “Expressão” cole a seguinte expressão:

```
CASE
WHEN "Situacao_setor" = 1
THEN 5
WHEN "Situacao_setor" = 2
THEN 4
WHEN "Situacao_setor" = 3
THEN 4
WHEN "Situacao_setor" = 4
THEN 4
WHEN "Situacao_setor" = 5
THEN 3
WHEN "Situacao_setor" = 6
THEN 2
WHEN "Situacao_setor" = 7
THEN 2
WHEN "Situacao_setor" = 8
THEN 1
END
```

Em seguida, clique em “Ok”. Salve as edições e desabilite o ícone de edição de dados.

6. Vá no menu “Raster” > “Converter” > “Converter vetor para *raster* (rasterizar)...”. Na janela que se abrirá, em “Camada de entrada” selecione “Setores”. Em “Campo para usar o valor *burn-in* [optional]”, selecione “sit_reclas”. Nos campos “Resolução horizontal/largura” e “Resolução vertical/altura” insira o valor de 10000. Em “Extensão de saída”, selecione “Usar extensão da camada”. Selecione um local para salvar o seu novo *raster* no campo “Rasterizado” clicando em “Salvar no arquivo...” e nomeie como “Situacao_reclass”. Em seguida, clique em “Executar” e aguarde o processamento. Assim que finalizar, clique em “Close”. O seu primeiro mapa para a álgebra estará pronto.

3.2 Densidade demográfica

1. Abra a camada vetorial “Setores”. Em seguida, abra a tabela de atributos, habilite a edição e abra a calculadora de campo.
2. Na janela que se abrirá, em “Nome do novo campo” nomeie “Area_km2” relativo à área do setor censitário dada em km². Em “Tipo do novo campo” selecione “Número decimal (real)”. No campo “Expressão” digite: \$area / 1000000 . Clique em “Ok”.
3. Abra novamente a calculadora de campo. Em “Nome do novo campo” nomeie “DD” relativo à área do setor censitário dada em km². Em “Tipo do novo campo” selecione “Número decimal (real)”. No campo “Expressão” digite: "Populacao" / "Area_km2" . Clique em “Ok”.
4. Copie os dados da coluna “DD” para o Excel. Em uma célula, digite “=MED” para selecionar a mediana dos dados e clique nesta função, devendo, em seguida, ser selecionados os dados da tabela e aperte “Enter”. Será reportado o valor da mediana.
5. A Tabela 3.2 apresenta os pesos a serem atribuídos para os valores de densidade demográfica. No exemplo de São Gonçalo do Rio Abaixo, o valor da mediana resultou em 24,39 hab/km².

TABELA 3.2 - Critérios de classificação quanto às faixas de densidade demográfica.

Habitantes/km ²	Peso
$\leq 24,39$	3
$24,39 < x \leq 1.500$	4
$1.500 < x \leq 5.000$	5

6. Abra a calculadora de campo. Em “Nome do novo campo” nomeie “DD_reclass”. Em “Tipo do novo campo” selecione “Número inteiro (inteiro)”. No campo “Expressão” digite:

```

CASE
WHEN "DD" <=24.39
THEN 3
WHEN "DD" > 24.39 and "DD" <= 1500
THEN 4
WHEN "DD" > 1500 and "DD"<=5000
THEN 5
END

```

Lembre-se que no exemplo acima o valor de 24.39 refere-se à mediana do município de São Gonçalo do Rio Abaixo, devendo ser alterado para o valor da mediana do seu município em

estudo. Cabe ressaltar que deve se utilizar “.” para separar casas decimais. Ao concluir, clique em “Ok”.

7. Vá no menu “Raster” > “Converter” > “Converter vetor para *raster* (rasterizar)...”. Na janela que se abrirá, em “Camada de entrada” selecione “Setores”. Em “Campo para usar o valor *burn-in* [optional]”, selecione “DD_reclass”. Nos campos “Resolução horizontal/largura” e “Resolução vertical/altura” insira o valor de 10000. Em “Extensão de saída”, selecione “Usar extensão da camada”. Selecione um local para salvar o seu novo *raster* no campo “Rasterizado” clicando em “Salvar no arquivo...” e nomeie como “DD_reclass”. Em seguida, clique em “Executar” e aguarde o processamento. Assim que finalizar, clique em “Close”.

3.3 Renda

1. Abra a camada vetorial “Setores”. Em seguida, abra a tabela de atributos, habilite a edição e abra a calculadora de campo.

2. Na janela que se abrirá, em “Nome do novo campo” nomeie “RNMM” relativo ao “rendimento nominal médio mensal das famílias” que é o valor total do rendimento nominal mensal do setor censitário dividido pelo número de domicílios. Em “Tipo do novo campo” selecione “Número decimal (real)”. Em “Precisão” digite 2. No campo “Expressão” digite: “RNM_corrige” / “DPT”. Clique em “Ok”.

3. A Tabela 3.3 apresenta os pesos a serem atribuídos de acordo com o rendimento nominal médio mensal comparados em função do número de salários mínimos. No exemplo de São Gonçalo do Rio Abaixo, o valor da mediana resultou em 24,39 hab/km².

TABELA 3.3 - Classes de rendimento das famílias em função dos salários mínimos.

Salários mínimos	Peso
Até 2	1
Mais de 2 a 3	2
Mais de 3 a 6	3
Mais de 6 a 10	4
Acima de 10	5

Nota: ¹Salário mínimo de 2019 – R\$998,00.

4. Dessa forma, abra a calculadora de campo, Em “Nome do novo campo” nomeie “R_reclass”. Em “Tipo do novo campo” selecione “Número inteiro (inteiro)”. No campo “Expressão” digite:

```
CASE
WHEN "Renda" <= 1996
THEN 1
```

```

WHEN "Renda" > 1996 and "Renda" <=2994
THEN 2
WHEN "Renda" > 2994 and "Renda" <=5998
THEN 3
WHEN "Renda" > 5998 and "Renda" <=9980
THEN 4
WHEN "Renda" > 9980
THEN 5
END

```

Lembre-se que no exemplo acima os valores de referência da expressão têm relação com o salário mínimo no ano de 2019 no Estado de Minas Gerais, correspondendo a R\$998,00, devendo ser alterado para o valor correspondente ao salário mínimo do ano em que está aplicando esta metodologia. Ao concluir, clique em “Ok”.

5. Vá no menu “Raster” > “Converter” > “Converter vetor para *raster* (rasterizar)...”. Na janela que se abrirá, em “Camada de entrada” selecione “Setores”. Em “Campo para usar o valor *burn-in* [optional]”, selecione “R_reclass”. Nos campos “Resolução horizontal/largura” e “Resolução vertical/altura” insira o valor de 10000. Em “Extensão de saída”, selecione “Usar extensão da camada”. Selecione um local para salvar o seu novo *raster* no campo “Rasterizado” clicando em “Salvar no arquivo...” e nomeie como “RNMM_reclass”. Em seguida, clique em “Executar” e aguarde o processamento. Assim que finalizar, clique em “Close”.

3.4 Topografia

1. Abra o *raster* resultante do item 2.4 deste manual referente à altitude, que, para exemplificar, será aqui nomeado de “Altitude”.
2. Clique com o botão direito sobre a camada “Altitude”, acesse “Propriedades”. Na janela que será aberta, acesse a aba “Simbologia”. Em “Configurações de valor min / max”, clique em “Min / max” e, em seguida, altere de “Estimada (rápido)” para “Real (mais lento)”. Clique em “Ok”.
3. Verifique que na camada “Altitude” serão apresentados dois valores no painel de camadas, referindo-se ao valor mínimo e máximo de altitude para a imagem em questão. A Tabela 3.4 apresenta o exemplo de classificação por faixas de altitude do município de São Gonçalo do Rio Abaixo, onde nas áreas mais baixas foram atribuídos maiores pesos e, com o aumento gradual da altitude, foram atribuídos menores pesos. Cabe ressaltar que o mesmo deverá ser feito com as altitudes do município seu município em estudo.

TABELA 3.4 - Critérios de classificação de acordo com as faixas de altitude do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Faixas de altitude (m)	Peso
1100 – 1316	1
1000 - 1100	2
900 - 1000	3
800 – 900	4
580 - 800	5

Dessa forma, vá no menu “Processar” > “Caixa de ferramentas” e uma nova janela será aberta. Busque por “*Reclassify by table*” e dê duplo clique sobre seu ícone. Nesta nova janela, selecione “Altitude” em “Camada raster”. Em “Tabela de classificação” clique em “...”. Adicione 5 linhas e preencha conforme o exemplo da Tabela 3.5.

TABELA 3.5 – Exemplo de preenchimento de tabela para reclassificação de *raster*.

Mínimo	Máximo	Valor
1100.000001	1316	1
1000.000001	1100	2
900.000001	1000	3
800.000001	900	4
580	800	5

Feita a classificação, clique em “Ok”. Selecione um local para salvar o seu novo *raster* no campo “Raster reclassificado” clicando em “Salvar no arquivo...” e nomeie como “Topografia_reclass”. Em seguida, clique em “Executar” e aguarde o processamento. Assim que finalizar, clique em “Close”.

3.5 Declividade

1. Abra o *raster* resultante do item 2.4 deste manual referente à altitude, que, para exemplificar, será aqui nomeado de “Altitude”.
2. Vá no menu “*Raster*” > “Análise” > “Declividade...”. Selecione “Altitude” em “Camada de entrada”. Selecione “Declividade expressa em porcentagem (ao invés de graus)” e “Computar bordas”. Em seguida, clique em “Executar” e aguarde o processamento. Assim que finalizar, clique em “Close”.

3. Clique com o botão direito sobre a camada “Altitude”, acesse “Propriedades”. Na janela que será aberta, acesse a aba “Simbologia”. Em “Configurações de valor min / max”, clique em “Min / max” e, em seguida, altere de “Estimada (rápido)” para “Real (mais lento)”. Clique em “Ok”.
4. A Tabela 3.6 apresenta os critérios de classificação das áreas de acordo com as faixas de declividade adotados nesta pesquisa.

TABELA 3.6 - Critérios de classificação quanto às faixas de declividade.

Faixas de declividade (%)	Peso
> 15	1
7 - 15	2
3 - 7	4
0 - 3	5

Dessa forma, vá no menu “Processar” > “Caixa de ferramentas” e uma nova janela será aberta. Busque por “*Reclassify by table*” e dê duplo clique sobre seu ícone. Nesta nova janela, selecione “Altitude” em “Camada raster”. Em “Tabela de classificação” clique em “...”. Adicione 4 linhas e preencha conforme o exemplo da Tabela 3.7.

TABELA 3.7 – Exemplo de preenchimento de tabela para reclassificação de *raster*.

Mínimo	Máximo	Valor
15	150	1
7.000001	15	2
3.000001	7	4
0	3	5

Cabe ressaltar que 150% foi o valor máximo encontrado para a declividade do município de São Gonçalo do Rio Abaixo, devendo ser alterado conforme o valor máximo de declividade do seu município em estudo. Feita a classificação, clique em “Ok”. Selecione um local para salvar o seu novo *raster* no campo “*Raster reclassificado*” clicando em “Salvar no arquivo...” e nomeie como “Declividade_reclass”. Em seguida, clique em “Executar” e aguarde o processamento. Assim que finalizar, clique em “Close”.

4 ÁLGEBRA DE MAPAS

1. Abra o *QGIS*. Insira as camadas *raster* “Situacao_reclass”; “DD_reclass”; “RNMM_reclass”; “Topografia_reclass”; e “Declividade_reclass”.
2. Acesse o menu “*Raster*” > “Calculadora *Raster*...”. Ao abrir a janela, dê duplo clique em uma das camadas *raster* e, em seguida, clique no operador “+”. Some todas as camadas. Em “Camada de saída” selecione um local para salvar o novo *raster* gerado, nomeando para “Algebra”. Clique em “Ok”.
3. Exclua todas as camadas, exceto a camada “Algebra”.
4. Acesse as propriedades da camada “Algebra”. Na aba “Simbologia”, em “Tipo de renderização” selecione “Banda simples falsa-cor”. Em “Configurações de valor min / max” selecione o método de interpolação como “Método exato” e escolha a rampa de cores. Em “Modo” selecione “Intervalo igual” e, em classes, selecione 5. Clique em “Ok”. Serão, finalmente, apresentadas as áreas com potencial para instalação dos PEVs no município em estudo.
5. Acesse o *Google Earth Pro* e insira marcadores nos pontos onde estão instalados espaços públicos ou áreas comuns, como praças, igrejas, instituições públicas e escolas (nomeando cada um deles), através do ícone:

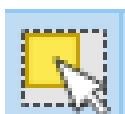


Adicione, também, os pontos onde serão instaladas a garagem e a área de triagem.

6. Em seguida, salve os marcadores em formato “*kml*” com o nome de “Pontos”. No *QGIS*, insira a camada de “Pontos”. Clique com o botão direito sobre a camada “Pontos”, vá em “Exportar” > “Salvar feições como...”. Selecione o formato “*Shapefile*”; nomeie o arquivo como “Pontos” e em “SRC” selecione a SRC de projeto. Clique em “Ok”. Por fim, será possível identificar o potencial das áreas onde estão instalados os pontos pré-selecionados.

5 DEFINIÇÃO DA ROTA DE COLETA

1. Vá no menu “Web” > “QuickMapServices” > “OSM” e selecione “OSM Standart”. Abra a camada vetorial “Vias” no QGIS e, em seguida, habilite a edição da tabela de atributos. Aperte as teclas “Ctrl + W” e será aberta uma janela para inserir novo campo. Em “Nome” escreva “Direcao”. Em “Tipo” selecione “Texto (*string*)” e clique em “Ok”.
2. A camada “OSM Standart” mostra informações a respeito da direção das vias. Retorne à tela principal do QGIS, ainda com a ferramenta edição habilitada e clique no ícone de seleção de feições:



Com esta ferramenta habilitada, selecione as linhas que correspondem às vias de mão dupla e entre na tabela de atributos. Cabe ressaltar que as feições selecionadas estarão destacadas em azul na tabela de atributos. Atribua o valor “A” referente a “Ambas as direções” na coluna “Direção” das linhas selecionadas. Às demais linhas, atribua o valor “V” referente à “direção à vante”. Ao final, salve as alterações e desabilite a edição da tabela de atributos.

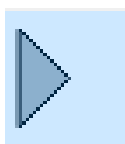
3. Em seguida, acesse as propriedades da camada “Vias” e clique na aba “Simbologia” e altere de “Símbolo simples” para “Baseado em regras”. Clique no símbolo “+” para adicionar regra. Na janela que se abrirá, acesse o ícone de “Expressão”:



Na janela que se abrirá, escreva a seguinte expressão:

“Direcao” = V OR “Direcao” = I

Clique em “Ok”. No campo “Símbolo”, clique sobre “Linha simples” e altere para “Marcador de linha”. Em “Marcador de posição” selecione “No ponto central”. Novamente, no campo “Símbolo”, clique em “Marcador simples” e selecione o símbolo de setas:



Em “Rotação”, clique no ícone:



Em seguida, selecione “Editar...”. No campo que se abrirá, digite a seguinte expressão:

```
CASE
WHEN "Sentido" = V
THEN angle_at_vertex ($geometry, 1) - 90
WHEN "Sentido" = I
THEN angle_at_vertex ($geometry, 1) - 90 + 180
END
```

Clique em “Ok” e “Ok”. Ao voltar para a tela inicial do *QGIS*, será mostrada a direção das vias de mão única. Para correção das vias que estão em direção oposta, selecione as suas respectivas linhas, abra a tabela de atributos, habilite o modo de edição e, no campo “Direcao”, altere de “V” para “I” referente à direção inversa. Salve as alterações na camada.

4. Posteriormente, acesse o menu “Processar” > “Caixa de ferramentas” e busque por “Explodir linhas”. Ao abrir a janela, selecione a camada “Vias”, clique em “Executar”, aguarde o processamento e clique em “Close”.

5. Na tabela de atributos da camada “Explodido”, crie um novo campo denominado “Trechos”, do tipo “Número inteiro (inteiro)”. No campo de expressão digite: \$id . Clique em “Ok”.

6. Ainda, na tabela de atributos, abra a calculadora de campo e nomeie novo campo como “Comp”, referente ao comprimento de cada trecho. Selecione o tipo “Número decimal (real)”; em “Precisão” insira o número “10”; no campo de expressão digite: “\$length”. Clique em “Ok” e serão mostrados, em metros, os comprimentos de cada trecho.

7. Em seguida, acesse o menu “Vetor” > “Geometrias” > “Extrair vértices...”. Selecione a camada “Explodido”, clique em “Executar”, aguarde o processamento e clique em “Close”.

8. Adicione a camada *raster* “Altitude”. Abra a calculadora de campo na tabela de atributos da camada “Vértices”, e nomeie o novo campo como “Altitude”. Selecione o tipo “Número inteiro (inteiro)” e no campo de expressão digite: \$id . Clique em “Ok”. Vá no menu “Processar” > “Caixa de ferramentas” e busque por “*v.what.rast*”. Na janela que se abrirá, em “*Name of vector points map for which to edit attributes*” selecione a camada “Vértices”. Em “*Raster map to be sampled*” selecione a camada “Altitude”. Em “*Name of attribute column to be updated with the query result*” selecione “Altitude”. Clique em “Executar”, aguarde o processamento e clique em “Close”.

9. Na tela inicial do *QGIS*, a camada “*Sampled*” gerada a partir da extração dos dados de altitude deverá ser salva no formato “Planilha de cálculo MS Office Open XML [XLSX]”, com o nome “Banco_de_dados_rotas”.

Em seguida, abra a planilha gerada e converta todos os valores de texto para números. Mantenha apenas as colunas “Name”, “Direcao”, “Trechos”, “Comp” e “Altitude”. Altere o nome da coluna “Altitude” para “AA” referente à altitude no primeiro ponto do trecho e crie uma nova coluna com o nome de “AB” referente à altitude no segundo ponto.

Na célula F2 digite: =E3. Na célula F3 digite: 0. Na célula F4 digite: =E5. Na célula F5 digite: 0. Copie as células F2, F3, F4 e F5 e cole para o restante da coluna “AB”. Clique na célula F1 vá em “Classificar e filtrar” e clique em “Filtro”. Desmarque somente o valor “0” e copie todas as informações da tabela. Abra uma nova planilha, clique com o botão direito sobre a célula A1 e acesse “Colar especial” > “Colar valores” > “Valores”.

10. Numa nova coluna, nomeie como “Dif_alt” referente à diferença de altitude entre os dois pontos do trecho. Para tanto, subtraia os valores da coluna E pela coluna F (exemplo de fórmula: =E2-F2, devendo ser aplicado para todas as linhas). Alguns dados podem ser negativos, sendo necessário que outra coluna de nome “Dif_alt_1” seja criada, utilizando a fórmula “=ABS(num)”, em que “num” refere-se às células da coluna “Dif_alt” (exemplo: =ABS(G2)) devendo ser aplicado a todas as células da coluna. Dessa forma, todos os números se tornarão positivos.

11. Numa nova coluna, nomeie como “Decliv” referente à declividade. Utilize a fórmula: $=((100*\text{num1})/\text{num2})$, em que “num1” refere-se ao valor correspondente da célula para a coluna “Dif_alt_1” e “num2” refere-se ao valor correspondente da célula para a coluna “Comp” (exemplo: $=((100*H2)/D2)$) devendo ser aplicado para todas as linhas). Salve as alterações no banco de dados.

12. Adicione a planilha como camada no *QGIS*. Clique com o botão direito sobre a camada vetorial “Explodido” no painel de camadas, em seguida clique em “Propriedades”. Na janela que se abrirá, clique em “Unições”. Clique no ícone “+” e abrirá nova janela. Em “Unir camadas” selecione a camada da planilha; em “Unir campo” selecione “Trechos”; em “Campo alvo” selecione “Trechos”. Clique em “Personalizar prefixo do nome campo” e exclua o texto escrito no campo. Clique em “Ok” e “Ok”.

13. Para conferir se as camadas foram unidas, clique com o botão direito na camada vetorial “Explodido” e abra a tabela de atributos.

14. Em seguida, clique novamente com o botão direito sobre a camada vetorial “Explodido”, vá em “Exportar” > “Salvar feições como...” e salve em formato *shapefile*, com o nome “Logradouros_final” lembrando de configurar a SRC para a mesma do projeto.

15. Abra um novo projeto com a camada “Logradouros_final”. Abra a tabela de atributos, habilite a edição dos dados, Clique duas vezes sobre o nome da coluna “Decliv” e será ordenado de forma decrescente os valores de declividade. Ressalta-se que os valores estão expressos em porcentagem e que nesta pesquisa foram desconsiderados os trechos com declividade superior a 15%.

Verifique cautelosamente cada trecho das vias, pelo fato de que as bases cartográficas de via e de modelo digital de elevação são de diferentes fontes, podendo haver pequenas distorções e, no ato de obter a altitude através dos vértices, foi obtido valor das redondezas da rodovia. Sugere-se avaliar o comportamento da declividade nos trechos anteriores e posteriores ao trecho analisado, antes de tomar a decisão de excluí-lo.

Ao fim da análise, exclua as vias ou parte delas que apresentarem declividade superior a 15%, selecionando as linhas e apertando a tecla “Delete”. Salve as alterações na camada. Exclua, também, os pontos que ficarem isolados em função da exclusão das vias de acesso.

16. Adicione a camada “Pontos”. Obtenha a altitude dos pontos conforme item 8. Em seguida, acesse as propriedades da camada e clique na aba “Rótulos”. Selecione “Rótulo simples” e, em “Rotular com” selecione “Altitude”. Clique em “Ok”.

17. Acesse o menu “Processar” > “Caixa de ferramentas” e busque por “Caminho mais curto (ponto para ponto)”. Na janela que se abrirá, em “Rede representando camada vetorial” selecione a camada “Logradouros_final”; em “Tipo de caminho a calcular” selecione “Mais curta”; selecione o ponto de início e o ponto final (exemplo: da garagem até o ponto mais próximo da garagem). Em “Campo de direção” selecione “Direcao”; em “Valor para direção à vante” digite “V”; em “Valor para direção inversa” digite “I”; e em “Valor para ambas direções” digite “A”. Em direção padrão selecione “Ambas direções”. Clique em “Executar”, aguarde o processamento e clique em “Close”.

Repita o procedimento de ponto a ponto, obedecendo as premissas: iniciar no ponto mais próximo à garagem, finalizar no ponto mais próximo à área de triagem e realizar a coleta nos pontos de maior altitude no início da rota.

18. Acesse o menu “Vetor” > “Geoprocessamento” > “União” e selecione o primeiro trecho do percurso em “Camada de entrada” e o segundo trecho em “Camada de sobreposição”. Clique em “Executar”, aguarde o processamento e clique em “Close”. Isso fará com que se una em apenas uma camada as duas camadas anteriores. Repita o procedimento até que se una todas as camadas da rota e, em seguida, salve com o nome de “Rota”.

19. Para verificar a distância percorrida pela rota, abra a calculadora de campo na tabela de atributos e crie um novo campo com o nome “Dist”; do tipo “Número decimal (real)”, com precisão igual a 10 e digite no campo de expressão: $\$length / 1000$. Serão apresentados valores da distância de um ponto a outro em quilômetros.

20. Para obter o tempo do percurso, classifique as vias conforme a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro, com os critérios apresentados na Tabela 5.1.

TABELA 5.1 – Tipos de vias e respectivas velocidades máximas permitidas.

Tipo de via	Velocidade máxima permitida (VMP)
Via de trânsito rápido	80 km/h
Via arterial	60 km/h
Via coletora	40 km/h
Via local	30 km/h
Rodovia de pista simples	100 km/h para automóveis, camionetas e motocicletas 90 km/h para os demais veículos
Rodovia de pista dupla	110 km/h para automóveis, camionetas e motocicletas 90 km/h para os demais veículos
Estrada rural	60 km/h

Fonte: Brasil (1997).

Para tanto, crie novo campo denominado “VMP” referente à velocidade máxima permitida, do tipo “Número inteiro (inteiro)”. Abra a tabela de atributos e habilite o modo de edição de dados. Retorne à tela inicial do *QGIS* e selecione as linhas que correspondem às vias de VMP de 30km/h. Na tabela de atributos, essas linhas estarão destacadas em azul, onde na coluna “VMP” deverá ser inserido o valor de 30. Repita o procedimento para todas as linhas e salve as alterações para a camada.

Abra a calculadora de campo, crie novo campo de nome “Tempo”, com o tipo “Número decimal (real)” e precisão igual a 3. No campo de expressão digite: $(("Dist" / "VMP") * 3600)$. Serão apresentados os tempos de percursos de cada trecho em segundos.

Finalmente, some todos os valores e adicione 300 segundos para cada ponto existente (o mesmo que cinco minutos) que é o tempo adotado nesta pesquisa referente à coleta dos resíduos em cada ponto.