



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia
Urbana
Curso de Graduação em Engenharia Urbana



ESCOLA DE MINAS

Gabriel de Almeida Costa

**PROPOSTA DE ZONEAMENTO MORFOLÓGICO
FUNCIONAL DO DISTRITO SEDE DE MARIANA – MINAS
GERAIS**

Ouro Preto

2025

Gabriel de Almeida Costa

Proposta de zoneamento morfológico funcional do distrito sede de Mariana – Minas Gerais

Projeto Final de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Urbana na Universidade Federal de Ouro Preto.

Áreas de concentração: Planejamento Urbano e Transporte

Orientador: Prof. Dr. Christiano Ottoni Carvalho - UFOP

Coorientador: Prof^a. Dra. Bárbara Cristina Mendanha Reis – UFOP

Ouro Preto

2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C837p Costa, Gabriel de Almeida.
Proposta de zoneamento morfológico funcional do distrito sede de Mariana - Minas Gerais. [manuscrito] / Gabriel de Almeida Costa. - 2025.
106 f.: il.: color., tab., mapa.

Orientador: Prof. Dr. Christiano Ottoni Carvalho.
Coorientadora: Profa. Dra. Bárbara Cristina Mendanha Reis.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia Urbana .

1. Espaços públicos. 2. Urbanização. 3. Zoneamento. 4. Mobilidade Urbana. I. Carvalho, Christiano Ottoni. II. Reis, Bárbara Cristina Mendanha. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 62:711.4

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - SIAPE: 1.763.787



FOLHA DE APROVAÇÃO

Gabriel de Almeida Costa

**Proposta de zoneamento morfológico- funcional
do distrito sede de Mariana (MG)**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Urbana da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Urbanista

Aprovada em 15 de agosto de 2025

Membros da banca

Prof. Dr. Christiano Ottoni Carvalho - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Profa. Dra. Bárbara Cristina Mendanha Reis - Coorientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
Profa. Dra. Bárbara Abreu Matos - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Yuri Queiroz Abreu Torres - Universidade Federal de Ouro Preto

Christiano Ottoni Carvalho, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 21/08/2025



Documento assinado eletronicamente por **Christiano Ottoni Carvalho, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 27/08/2025, às 13:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0964418** e o código CRC **A18F30DF**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, dirijo meus mais sinceros e profundos agradecimentos a Deus, fonte inesgotável de sabedoria, força e esperança. Foi em sua presença que encontrei amparo nos momentos de dificuldade e inspiração nos momentos de criação. A Ele, que guia meus passos com propósito, dedico a concretização deste trabalho, resultado de um caminho trilhado com fé, esforço e persistência.

Expresso, com imensa gratidão, meus agradecimentos aos meus pais, Afonso e Angelita, pilares fundamentais da minha formação humana e acadêmica. Sua dedicação incondicional, seus ensinamentos transmitidos com amor, e seu apoio constante foram determinantes para que eu pudesse chegar até aqui. À minha família como um todo, agradeço por sempre acreditarem em mim, mesmo quando os desafios pareciam grandes demais. O acolhimento, as palavras de encorajamento e a presença silenciosa nos momentos de cansaço foram essenciais para que eu seguisse em frente com coragem e confiança.

Manifesto também minha sincera apreciação à disciplina de Projeto Final de Curso (PFC) do curso de Engenharia Urbana, cuja estrutura curricular, orientações metodológicas e incentivo à pesquisa aplicada foram fundamentais para a consolidação dos conhecimentos adquiridos, e se apresentou como um espaço privilegiado de reflexão crítica dos elementos indispensáveis à construção deste trabalho.

Ao professor Christiano Ottoni Carvalho, meu orientador, dirijo um agradecimento especial por seu incentivo firme e comprometido. Sua experiência acadêmica foi essencial para que eu compreendesse mais profundamente o verdadeiro significado dos conceitos estruturantes do urbanismo. Sua escuta atenta e sua capacidade de instigar o pensamento crítico foram fundamentais para o amadurecimento do presente estudo.

À professora Bárbara Cristina Mendanha Reis, minha coorientadora, rendo meus agradecimentos por sua valiosa contribuição intelectual e pelo cuidado minucioso dedicado à estruturação do trabalho. Sua atuação foi marcada por precisão técnica,

clareza metodológica e incentivo constante, aspectos que foram indispensáveis para garantir a solidez e a coerência desta pesquisa.

Agradeço, igualmente, à professora Bárbara Abreu Matos e ao professor Denis Fürstenau Plec, por suas contribuições para o resultado final deste trabalho e pelo compromisso com a excelência acadêmica, que foi capaz de enriquecer ainda mais este trabalho.

À Universidade Federal de Ouro Preto, instituição de ensino pública e de excelência, deixo registrada minha gratidão pelo espaço de aprendizado, pelo ambiente plural e pelos desafios que contribuíram decisivamente para meu crescimento acadêmico, profissional e pessoal. Foi nesse espaço que aprendi a pensar criticamente, a dialogar com diferentes saberes e a reconhecer a complexidade das realidades urbanas brasileiras.

Por fim, agradeço com carinho e estima aos amigos e companheiros que estiveram ao meu lado ao longo dessa jornada. Os momentos de convivência, as trocas de experiências e o apoio mútuo foram fundamentais para tornar o percurso mais leve, mais humano e mais enriquecedor. Levo comigo não apenas as memórias construídas, mas também os laços de amizade que, certamente, permanecerão para além da vida universitária.

“What is the city but the people?”

- William Shakespeare.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a elaboração de um modelo de zoneamento morfológico funcional para o distrito sede de Mariana (MG), por meio da análise das dinâmicas urbanas, socioeconômicas e territoriais. A motivação central reside na necessidade de compreender e reorganizar a estrutura urbana de uma cidade historicamente marcada por processos desiguais de ocupação e, conseqüentemente, acesso a bens e serviços. Para a pesquisa foram utilizados dados georreferenciados de comércios e equipamentos urbanos, com o auxílio de técnicas de análises de estatística multivariada, da aplicação da Teoria dos Lugares Centrais de Christaller, bem como o uso dos modelos morfológicos funcionais de Amorim Filho e Sena Filho. Como resultado, foi possível apontar as centralidades urbanas do distrito, hierarquizar os bairros segundo seu nível de disponibilidade de serviços, gerar mapas de zoneamento atuais e futuros, além de apontar três bairros com áreas potenciais para o adensamento e com disposição para um funcionamento como novas áreas centrais do distrito, sendo eles os bairros Santo Antônio, São Pedro e São Cristóvão. A conclusão destaca a importância de um adensamento urbano estratégico em áreas com infraestrutura adequada e propõe diretrizes para o planejamento urbano estratégico de cidades médias brasileiras, a fim de mitigar os efeitos da segregação socioespacial, da mobilidade pendular excessiva e promover uma distribuição mais equitativa das funções urbanas.

Palavras-chaves: Centralidades, espaço intra-urbano, mobilidade, adensamento urbano, planejamento urbano.

ABSTRACT

This study aims to develop a functional morphological zoning model for the central district of Mariana (MG), through the analysis of urban, socioeconomic, and territorial dynamics. The central motivation lies in the need to understand and reorganize the urban structure of a city historically marked by unequal processes of land occupation and, consequently, unequal access to goods and services. The research employed georeferenced data on commerce and urban facilities, supported by multivariate statistical analysis techniques, the application of Christaller's Central Place Theory, as well as the use of the functional morphological models proposed by Amorim Filho and Sena Filho. As a result, it was possible to identify the urban centralities of the district, classify neighborhoods according to their level of service availability, produce current and future zoning maps, and highlight three neighborhoods—Santo Antônio, São Pedro, and São Cristóvão—as potential areas for densification and with the capacity to function as new central areas of the district. The conclusion emphasizes the importance of strategic urban densification in areas with adequate infrastructure and proposes guidelines for the strategic urban planning of medium-sized Brazilian cities, aiming to mitigate the effects of socio-spatial segregation, excessive commuter mobility, and to promote a more equitable distribution of urban functions.

Keywords: Centralities, intra-urban space, mobility, urban densification, urban planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de centralidades de Christaller.....	9
Figura 2: Modelos de zoneamento de Burgess, Hoyt, e Harris e Ullman.....	10
Figura 3: Modelo de zoneamento morfológico funcional de Amorim Filho e Sena Filho	12
Figura 4: Classificação morfológica de Patos de Minas.....	13
Figura 5: Classificação morfológica de Diamantina	14
Figura 6: Hexágono de Christaller modificado pela existência dos dois circuitos da economia urbana dos países subdesenvolvidos.....	17
Figura 7: Agrupamento envolvendo duas variáveis	21
Figura 8: Sistema para elaboração da análise de agrupamentos.....	23
Figura 9: Centroides formados que representa o final do procedimento k-means.	25
Figura 10: Etapas dos esquemas de aglomeração.....	26
Figura 11: Mapa de localização	33
Figura 12: Mapa de hidrogeologia	35
Figura 13: Mapa de solo	37
Figura 14: Mapa de curvas de nível.....	39
Figura 15: Mapa de suscetibilidade de movimento de massa	42
Figura 16: Mapa de suscetibilidade de inundação.....	43
Figura 17: Número da frota de veículos automotores em Mariana - MG (2015 a 2025).....	47
Figura 18: Esquema de metodologia adotada	53
Figura 19: Representação do modelo de zoneamento morfológico funcional resultante.	61

Figura 20: Mapa de adensamento	63
Figura 21: Mapa de rendimento nominal mensal	65
Figura 22: Mapa de abastecimento de água.....	67
Figura 23: Mapa de energia elétrica	68
Figura 24: Mapa de coleta de esgoto.....	70
Figura 25: Mapa de coleta de resíduos.....	71
Figura 26: Mapa de rotas de ônibus	73
Figura 27: Mapa de localização de pontos comerciais e equipamentos urbanos	77
Figura 28: Gráfico resultante do Método da Silhueta.....	78
Figura 29: Processamento final do k-médias	79
Figura 30: Mapa de centralidades de Mariana Sede - MG	81
Figura 31: Mapa de Zoneamento Morfológico Funcional de Mariana Sede - MG	84
Figura 32: Mapa de Zoneamento Morfológico Funcional Futuro de Mariana Sede - MG	89
Figura 33: Imagem do bairro Nossa Senhora do Carmo	91
Figura 34: Imagem do bairro Cruzeiro do Sul	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de comércios e equipamentos urbanos dos bairros	76
Tabela 2: Resultado do teste ANOVA.....	79
Tabela 3: Resultado dos atributos dos 6 bairros selecionados	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Descrição dos métodos de encadeamento	24
Quadro 2: Modelo de classificação de cidade média.....	58
Quadro 3: Modelo de classificação de cidade média resultante	60

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Justificativa	3
1.2	Objetivo Geral.....	6
1.2.1	Objetivos Específicos.....	6
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	8
2.1	Teoria dos lugares centrais	8
2.2	O espaço intra-urbano	10
2.3	Os dois circuitos da economia urbana.....	14
2.4	Mobilidade no espaço intra-urbano.....	17
2.5	Análise de agrupamentos	20
2.5.1	Conceitos fundamentais de agrupamento.....	20
2.5.2	Métodos hierárquicos e não hierárquicos	22
2.5.3	Determinação do número ótimo de clusters.....	26
2.5.4	Análise da contribuição das variáveis (ANOVA)	28
2.5.5	Aplicações da estatística multivariada e considerações finais	29
3	Caracterização da área	32
3.1	Localização.....	32
3.1.1	Meio Físico.....	34
3.1.2	Área de risco	40
3.1.3	Mobilidade e o uso e ocupação do solo	44
4	Metodologia.....	52

4.1	Georreferenciamento dos dados quantitativos de comércios e equipamentos urbanos	53
4.2	Quantificação de agrupamentos para os dados do município de Mariana (MG) 54	
4.3	Análise de similaridade das observações do município de Mariana (MG) 55	
4.4	Análise de variância de médias dos agrupamentos.....	55
4.5	Definição das centralidades para o município de Mariana (MG)	56
4.6	Modelo de zoneamento morfológico funcional do município de Mariana (MG) 57	
4.7	Modelo futuro de zoneamento morfológico funcional do município de Mariana (MG).....	61
5	Resultados	75
5.1	Georreferenciamento dos dados quantitativos de comércios e equipamentos urbanos	75
5.2	Quantificação de agrupamentos para os dados do município de Mariana (MG) 78	
5.3	Análise de similaridade das observações do município de Mariana (MG) 78	
5.4	Análise de variância de médias dos agrupamentos.....	79
5.5	Definição das centralidades para o município de Mariana (MG)	80
5.6	Modelo de zoneamento morfológico funcional do município de Mariana (MG) 82	
5.7	Modelo futuro de zoneamento morfológico funcional do município de Mariana (MG).....	85
5.7.1	Áreas potenciais para o novo adensamento urbano	85

5.7.2	Áreas excluídas para o novo adensamento urbano	90
6	Conclusão	92
6.1	Sugestões para trabalhos futuros	93
	REFERÊNCIAS	94
	APÊNDICE A – LINHAS DE CÓDIGOS EM PYTHON UTILIZADAS PARA APLICAR O MÉTODO DA SILHUETA.....	104
	ANEXO A – MAPA DE ZONEAMENTO DO DISTRITO SEDE DE MARIANA ..	106

1 INTRODUÇÃO

Analogamente à muitos outros centros urbanos de Minas Gerais, Mariana surgiu em uma época de prodigalidade do ouro, durante o século XVIII (Passos; Coelho; Dias, 2017). Seu traçado urbano seguiu o planejamento de adaptações lógicas ao contexto espacial, principalmente ao relevo, em que se encontrava (Costa; Teixeira, Salgado; Netto, 2020). As construções em estilo barroco (padrão arquitetônico do período barroco, que foi predominante na Europa) foram sustentadas pelo chamado ciclo do ouro, principalmente durante os séculos XVIII e XIX (Cruz; Nunes, 2021), gerando certa dinamicidade econômica para a região, o que não impediu a grande debandada populacional em direção ao interior da capitania (Gracino, 2007). No início do século XVIII, Mariana se tornou a primeira Vila, a primeira cidade, e logo depois se tornaria a primeira capital de Minas Gerais (Cruz; Nunes, 2021).

Segundo Gracino (2007), mais recentemente, no chamado novo ciclo de mineração, o minério de ferro também foi um grande catalizador da chegada de três grandes companhias no município. Nesse novo período, ocorrido durante a década de 1960, houve um grande processo de urbanização que ampliou o número de habitantes de Mariana (Cruz; Nunes, 2021), de sete mil para mais de trinta mil habitantes ao final do século (Gracino, 2007).

Entretanto, foi na década de 1970 que se observou um enorme fluxo de pessoas devido a chegada das companhias Samarco e Vale do Rio Doce (Gracino, 2007). Tais acontecimentos, foram e ainda são causadores de importantes fluxos populacionais, se caracterizando principalmente pelo deslocamento de funcionários das companhias citadas, além de outros setores indiretos em busca de oferta de trabalho (Souza; Sobreira; Prado Filho, 2005).

Contudo, o grande desenvolvimento urbano trouxe consigo problemas sociais e instabilidade para os residentes marianenses. Entre anos de 1975 a 1985, Mariana passou por uma grande e rápida transformação em seu meio urbano para abrigar os operários das empresas, sendo formados ou consolidados bairros que comportassem serviços e equipamentos urbanos como escolas, comércios, e infraestrutura básicas,

enquanto surgiam as ocupações informais das áreas periféricas, que por sua vez careciam de um sistema de construção e consolidação com grau mais elevado de planejamento e desenho urbano (Gracino, 2007). Esses bairros periféricos surgiram de maneira desordenada na região, e alguns desses maiores bairros foram formados por pessoas de baixa renda da zona rural (Gracino, 2007). Todavia, como em recorrentes situações brasileiras, estas ocupações em áreas periféricas apresentavam estruturas com pouca disponibilidade de comércios, serviços e transporte (Souza; Sobreira; Prado Filho, 2005), sendo este último, o motivo da precarização do deslocamento da população que se encontrava distante dos lugares centrais da sede municipal (Gracino, 2007).

Embora, no Brasil, a preocupação com a disponibilização de moradias para a população de baixa renda tenha se iniciado na década 1960, a ocupação das áreas periféricas se iniciou na primeira etapa das políticas habitacionais do governo federal junto ao conjunto de ações do Banco Nacional de Habitação (BNH), ainda no período de regime militar (1964-1985) (Prado, 2017).

Para Prado (2017), a busca pelo modelo de ocupação amparado em extinguir ou reduzir o “déficit habitacional” faz parte do anseio governamental em suprir as demandas de setores produtivos, capazes de, eventualmente, movimentar o setor econômico do país. Os anéis periféricos são construídos com intuito de proporcionar os requerimentos dos setores de construção civil e do setor automobilístico, assim, todo e qualquer tipo de indústria envolvida de alguma forma com a produção ou comercialização de veículos se beneficia do aumento da expansão urbana nas áreas periféricas, pois fomenta e promove o aumento do processo de deslocamento diário (Prado, 2017). Nesse sentido, o cerne de toda estruturação de planos sociais para habitação possui um acentuado viés econômico (Prado, 2017).

Por outro lado, em Mariana, após o processo de progresso houve um projeto higienista de remover os residentes excedentes e indesejáveis, formada pela população migrada e com baixas condições financeiras (Gracino, 2007). Para Gracino (2007), a hierarquização urbana, a qual priva porções de residentes ao acesso de bens e serviços, faz parte do contexto histórico brasileiro, e se aplica mesmo em

idades de porte reduzido como Mariana. O excedente processo de urbanização impõe o término das concepções políticas, econômicas e culturais, centralizando e descentralizando os conceitos de cidadania a seletas porções da cidade (Prado, 2017).

A hierarquização social urbana em Mariana foi causada em grande parte pela chegada das companhias mineradoras de grande escala, e dividiu o município, a grosso modo, em três grupos populacionais, a saber: um primeiro grupo formado por moradores tradicionais, com famílias locais e ocupando o núcleo histórico com uma hegemonia político-social e religiosa; um segundo grupo, composto por trabalhadores das companhias mineradoras já citadas, procedentes de outras regiões, com alto padrão econômico e que viviam em bairros com infraestrutura própria oferecida pelas mineradoras; e, finalmente um terceiro grupo (mais numeroso da cidade), formado pelos migrantes de áreas rurais que buscavam empregos e que apresentavam baixo poder aquisitivo (Gracino, 2007).

As condições do desenvolvimento urbano de Mariana conduziram a formação de suas divisões morfológicas (estrutura, formação, função e classificação) que, amparado por uma análise histórica e seu reflexo no território municipal, permite análises de toda e qualquer transformação no processo de urbanização atual (Corrêa, 2007). Assim, o presente trabalho visa estudar a situação de ocupação urbana de Mariana a fim de definir aspectos funcionais, de paisagem urbana e suas divisões morfológicas no contexto intra-urbano da sede municipal de Mariana.

1.1 Justificativa

O período entre 1960 e o início dos anos de 1980 foi caracterizado pela forte intervenção política causada pelo regime militar brasileiro, que impulsionou um acelerado desenvolvimento urbano. A expansão urbana tornou-se uma consequência de um processo de crescimento econômico, denominado “milagre brasileiro”. Entretanto, tal processo de expansão, ocasionou a ocupação de territórios periféricos mal organizados pelas populações de baixa renda (Prado, 2017).

Mariana é um dos muitos municípios brasileiros cuja forma de crescimento foi sujeita a tal modelo disperso de urbanização, consequência de um planejamento inadequado, às vezes inexistentes, que cria uma separação morfológica funcional bem como uma reduzida oferta de bens e serviços urbanos. Essa inexistência ou inadequação de planejamento é um reflexo do processo urbanístico brasileiro descrito por Flávio Villaça (1998) em seu livro “O espaço intra-urbano no Brasil”. Em seu livro, Villaça aborda as fases do urbanismo no Brasil, que se dividem em quatro fases, a saber: a primeira, marcada por planos de embelezamento (1875-1930) com origem renascentista e que enfatizava a beleza monumental; a segunda com os planos de conjunto (1930 a 1965) que buscavam, de maneira geral, uma integração de diretrizes entre o os bairros e o núcleo urbano através do sistema viário e transporte; a terceira, baseada em planos de desenvolvimento integrado (1965 – 1971) com a incorporação de aspectos sociais e econômicos junto ao físico-territorial; finalmente uma quarta fase, conhecida pelos planos sem mapas (1971-1992), que aderiu a um plano simples e baseado em generalidades, abandonado a aplicações técnicas e científicas (Deák; Schiffer, 2010).

Neste contexto de dispersão urbana, tais funcionalidades, oferta de bens e serviços, e estrutura morfológica, acabam tendo seu acesso vinculado por meio de um deslocamento com custo elevado e por distâncias mais longas. Além disso, quando observamos as cidades médias brasileiras por uma perspectiva socioeconômica geral, é possível identificar certos padrões e tendências, que revelam as dificuldades enfrentadas pela população de baixa renda, residentes em áreas periféricas, no acesso aos bens e serviços oferecidos pelos grandes centros urbanos. Portanto, pode-se elencar alguns elementos intensificadores ou causadores dessas dificuldades apresentadas.

O primeiro elemento está incorporado à mobilidade do município. De acordo com Rodrigue, Comtois e Slack (2024), os lugares centrais ou grandes nós, monopolizam as opções de transporte, sendo individual ou coletiva. No entanto, mesmo a mobilidade nos lugares centrais, ou nós, do sistema de mobilidade e transporte é afetada pelo congestionamento e a população residente de áreas fora das limitações

centrais, sofrem com falta de acesso às funções exercidas nesses locais (Rodríguez; Comtois; Slack, 2024).

A limitação do acesso, seja pela pouca diversidade de tipos de transporte ofertados ou pelo distanciamento entre a população e os principais eixos viários, causa uma espécie de isolamento territorial ou no limite uma criação de uma “classe territorial” que impossibilita porções dos residentes de uma cidade de ter acesso a muitos dos bens e serviços que só são disponibilizados nas regiões presentes no núcleo urbano central ou CBD (*Central Business District*) (Rodríguez; Comtois; Slack, 2024).

Paralelamente aos obstáculos encontrados no sistema de deslocamento urbano marianense, destaca-se a questão do crescimento de grande parte das cidades médias brasileiras, inteiramente estruturadas na horizontalização, ou seja, a ocupação urbana que se baseia no espraiamento urbano ou “*urban sprawl*”. No entanto, se desatrelar desse sistema não se trata de uma busca em se amparar em uma vertente simplificada do desenvolvimento moderno das cidades, fundamentado em um processo de verticalização que se priva à uma adesão insensata ao modernismo. A abordagem utilizada para o termo “verticalizar” está associada a um crescimento urbano mais compacto, que promove uma dispersão urbana controlada e adere uma expansão urbana mais adensada.

O processo construtivo deve ocorrer em territórios que apresentam uma infraestrutura desenvolvida e que se encontram dentro dos principais eixos viários de transporte (WRI Brasil, 2018). Junto a isso, deve-se adotar uma utilização desse território de forma estratégica, baseada no uso misto das construções, marcado pela ocupação residencial, comercial e dos serviços. Desse modo, o percurso necessário para o deslocamento é minimizado, visto que, muitos dos serviços e bens poderão ser alocados mais próximos à população. Muitos dos problemas de congestionamento e falta de acesso a transporte por parte dos residentes das regiões periféricas poderiam ser resolvidos.

É evidente que para compreender esse sistema de ocupação discutido acima é necessário incorporar um novo elemento, a existência de espaços urbanos vazios ou subutilizados. Essa recorrente situação está totalmente interligada aos conceitos

listados, o que significa, que sem essas áreas subutilizadas ou vazias, o efeito de uma verticalização ou adensamento se torna inexequível.

Da mesma forma, deve-se compreender que para uma análise mais completa e objetiva, observar o comportamento das transformações urbanas que ocorrerão nos anos subsequentes aliados às prováveis ocupações de outras áreas periféricas, torna-se irrefutavelmente viável (Prado, 2017). Para Prado (2017), é de suma importância a realização de estudos de intervenção no processo de ocupação de áreas urbanas “informais”, evitando a ampliação dos grandes anéis periféricos.

A correlação desses conceitos com as dos demais autores mencionados contribuíram para a formação do presente estudo, que busca compreender a situação do distrito sede de Mariana, definida pelas condições de sua infraestrutura (abastecimento de água, coleta de esgoto, energia elétrica e coleta de resíduos), a disposição dos principais eixos viários urbanos, os locais de concentração de bens e serviços, bem como a influência que todos estes exercem sobre os bairros da sede municipal. Assim, com a compreensão de todos esses fatores, esse estudo pode auxiliar na alteração do modelo de expansão presente no distrito e promover um aprimoramento do tipo de planejamento urbano adotado com um foco em adensamento urbano estratégico em áreas ainda não ocupadas, caso apresentem condições favoráveis para tal fim.

1.2 Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo principal a elaboração do zoneamento morfológico funcional que represente o padrão de expansão urbana do distrito sede de Mariana (MG). Para tanto, serão utilizados dados intra-urbanos do distrito sede e técnicas de estatística multivariada que permitirão analisar o crescimento urbano do município de forma quantitativa.

1.2.1 Objetivos Específicos

Junto ao objetivo geral, estão os demais objetivos específicos:

- coletar dados da quantidade dos principais pontos comerciais e equipamentos urbanos do distrito sede de Mariana, assim como suas respectivas posições geográficas;
- classificar, em centralidades hierarquizadas, os bairros do distrito sede de Mariana utilizando-se de análise de agrupamentos;
- diagnosticar a situação atual do zoneamento morfológico-funcional de Mariana;
- realizar um modelo da tendência do zoneamento morfológico-funcional, apontando áreas potenciais para urbanização com foco na mobilidade estratégica;
- apontar os principais impactos sobre as principais vias de transporte que conectam essas áreas potenciais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Teoria dos lugares centrais

Cabe aqui uma menção ao geógrafo alemão, Walter Christaller e sua pesquisa extensa e meticulosa que resulta na “Teoria dos lugares centrais”, concebida durante o século XX e publicada em 1933 como forma de um livro, conhecido como *Central Places in South Germany* (Lugares centrais no Sul da Alemanha), e que se fundamenta na organização e hierarquização dos espaços urbanos. Sua teoria buscava uma explicação sobre a ordem no padrão de funcionalidades dos lugares, a partir de informações retiradas de seu país de origem, a Alemanha, mais especificamente ao sul do território (Christaller, 1966). Essa teoria serve de fundamentação teórica para diversos trabalhos realizados sobre esse tema, sendo alguns utilizados aqui como base teórica para este estudo. Entretanto, para determinação dessa tal ordem, Christaller (1966) estabeleceu os seguintes pressupostos:

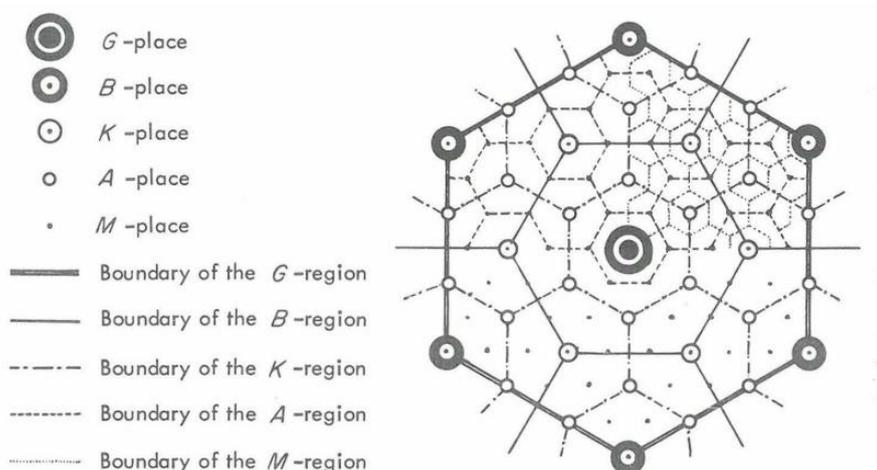
- i. Todo sistema está sobre uma planície uniforme, com a existência de apenas um tipo de transporte e que acessa todas direções.
- ii. A população ocupa o espaço urbano por igual.
- iii. Os centros alocados nesta planície ofertam serviços e possuem funções administrativas sobre as áreas mais periféricas.
- iv. As pessoas se dirigem até os centros para consumirem os produtos e serviços pelo menor percurso.
- v. Os comerciantes e fornecedores sempre buscam ampliar seus ganhos a fim de garantir uma maior abrangência de mercado, além de se manter distante um do outro para aumentar sua área de cobertura.
- vi. Os comércios e serviços tentam se situar em uma posição que faça com que os habitantes se desloquem para consumirem. Alguns centros ofertam comércios e serviços mais diversos, sendo classificados como de alta ordem, enquanto os com menor oferta, são denominados como baixa ordem.
- vii. É pressuposto que os locais de alta ordem, oferecem funções e bens que outros

locais de menor ordem não oferecem. Já os centros de alta ordem oferecem todas as funções e bens dos de ordem mais baixa.

viii. É pressuposto que todos habitantes que consomem os bens e serviços possuem o mesmo poder aquisitivo e a mesma demanda de consumo.

O modelo resultante (Figura 1) da organização e ordenação do espaço urbano criado por Christaller (1966), que definia as centralidades e suas áreas de abrangência, demarcava as centralidades de maior ordem (*G-place*) até as de menor ordem (*M-place*).

Figura 1: Modelo de centralidades de Christaller



Fonte: Christaller (1966)

Contudo, em sua etapa de verificação do método utilizado, Christaller, entendeu a implicação geográfica no seu padrão de abordagem. Assim, fica claro que todo o princípio de economia que guia os conceitos utilizados por Christaller (1966) são dependentes das circunstâncias naturais em que o local de estudo está sujeito.

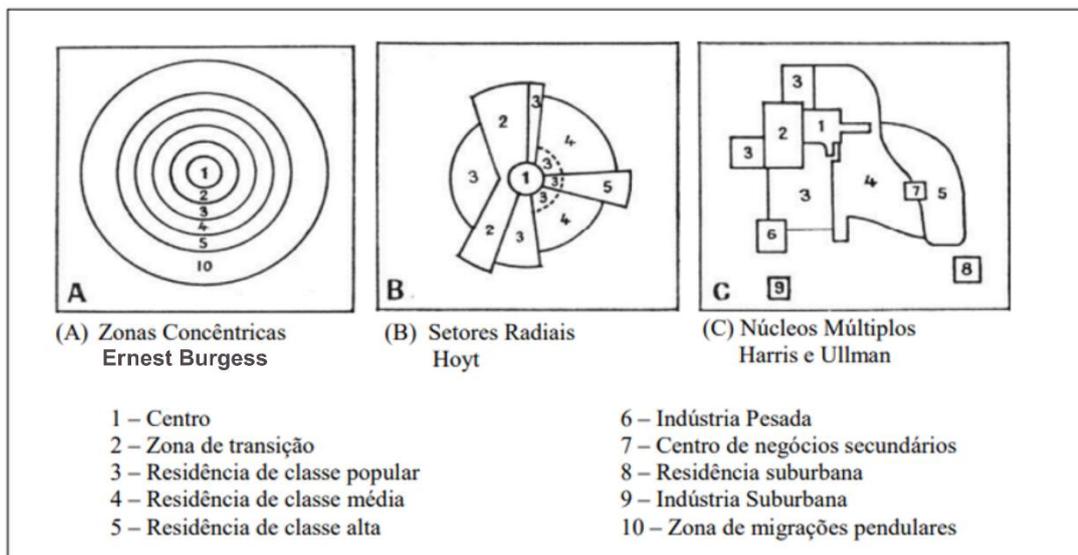
Dessa maneira, entende-se a importância da contribuição do estudo realizado por Christaller, principalmente em sua linha de princípios econômicos e comerciais, e que junto a uma análise mais aprofundada das condições geográficas e antrópicas da área em questão se torna uma ferramenta fundamental para obtenção da forma de distribuição de sua malha urbana.

2.2 O espaço intra-urbano

O sociólogo Ernest W. Burgess (1925 a 1929), o economista Homer Hoyt (1939) e os geógrafos E.L. Ullman e C.D. Harris (1945) foram os responsáveis por desenvolverem os primeiros modelos de zoneamento morfológico funcional, ocorrido entre anos de 1920 e 1940 no Estados Unidos (Amorim filho; Sena Filho, 2005).

No modelo de Burgess (1925 a 1929), as zonas eram distribuídas em formatos de anéis concêntricos, com rotas de transporte que surgiam da área central. Para Hoyt (1939), o zoneamento assumia um formato setorial, que surgia a partir do CBD. Hoyt também acreditava que as principais rotas de transporte assumiam um papel primordial para a cidade, pois nelas se concentravam porções da área do CBD. Já o zoneamento de E.L. Ullman e C.D. Harris (1945) adotava um sistema nuclear múltiplo, que apresentava o agrupamento de comércios e serviços, induzindo que nem todas cidades operavam entorno de um único CBD. Abaixo pode ser observado na Figura 2 os modelos de zoneamento dos autores mencionados.

Figura 2: Modelos de zoneamento de Burgess, Hoyt, e Harris e Ullman



Fonte: Andrade (2015)

Nos estudos da morfologia do solo brasileiro, pode-se destacar Roberto Lobato Corrêa, criador da obra “O espaço urbano” (1989). Corrêa teorizava sobre o processo de descentralização e a formação de núcleos secundários, que se originavam devido

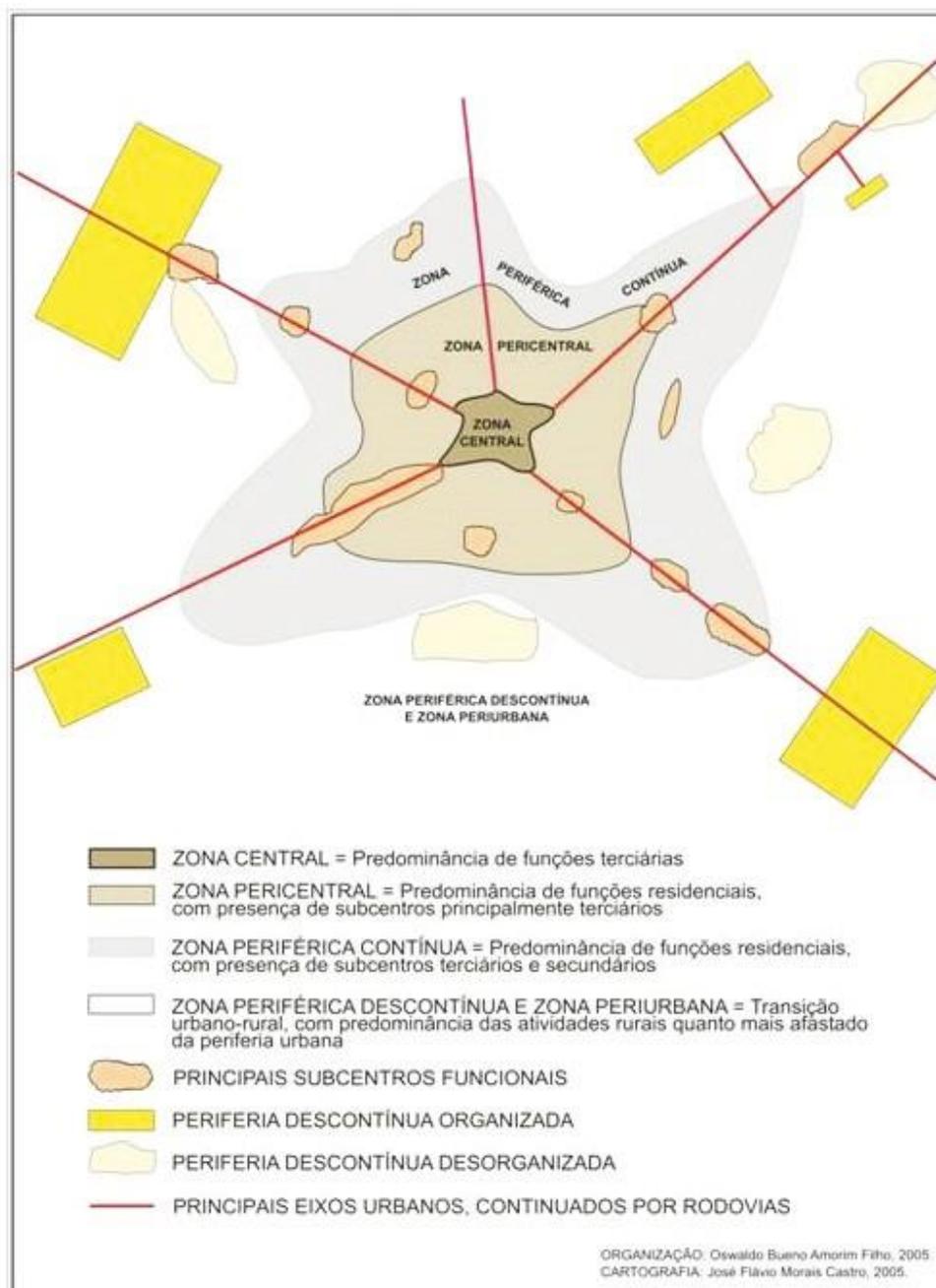
uma repulsão da área central da cidade. Ele apontava fatores determinantes para tais ocorrências, como aumento do preço da terra, dificuldade de obtenção de terra para ocupação urbana e o congestionamento do sistema de transporte e comunicações. A área central se dava por meio da aglutinação de investimentos e centros comerciais entorno de estações de transportes, o que delimitava a núcleo central da cidade (Corrêa, 1989).

Outra contribuição teórica brasileira para o estudo intra-urbano (espaço dentro do limite estabelecido de uma cidade) foi conferida por Amorim Filho, o renomado geógrafo brasileiro, que desenvolveu critérios capazes de determinar as classificações das cidades médias. Esses critérios foram apresentados em meados de 1970, no Segundo Encontro Nacional de Geógrafos ocorrido em Belo Horizonte.

Os estudos de Amorim Filho se baseavam em um conceito criado por ele, denominado “estrutura morfológica intra-urbana”, que serviam como forma de analisar diversas cidades médias mineiras. Suas pesquisas e reflexões são voltadas para os aspectos da morfologia urbana, sendo estes, o centro teórico de seu livro a “A morfologia das cidades médias” (2005). Essa obra aborda essencialmente os elementos presentes em um modelo de zoneamento morfológico funcional que representa as características das cidades médias.

Segundo Amorim Filho e Sena Filho (2005), apesar de sempre ter existido modelos de estudos de descrição empírica sobre as paisagens e lugares, esses modelos são destinados a economia, fluxos e áreas de influência, e tão pouco sobre a morfologia e espaços intra-urbanos. Diante disso, o cauteloso e incisivo trabalho de Amorim Filho e Sena Filho caracterizou detalhadamente o modelo morfológico funcional das cidades médias (Figura 3).

Figura 3: Modelo de zoneamento morfológico funcional de Amorim Filho e Sena Filho



Fonte: Amorim Filho e Sena Filho (2005),

A aplicação desse modelo foi utilizada por Amorim Filho para classificação morfológica funcional de algumas cidades. A Figura 4 apresenta a caracterização

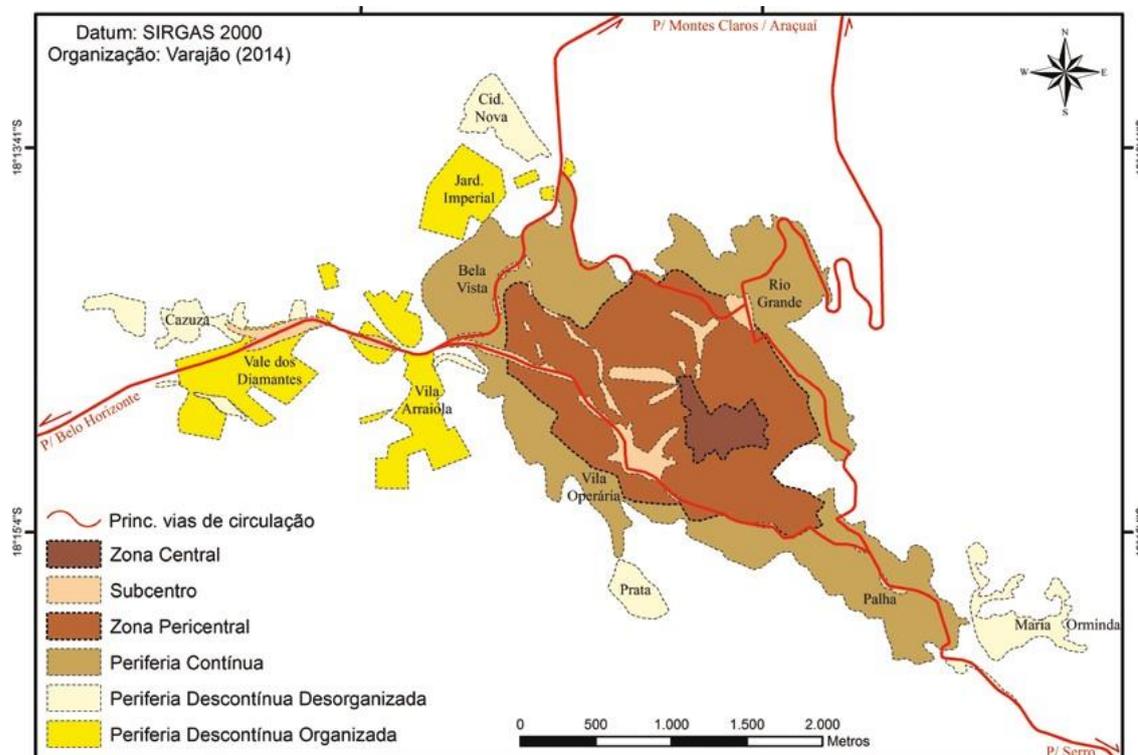
realizada para Patos de Minas (1978) e a Figura 5, o zoneamento de Diamantina (2015).

Figura 4: Classificação morfológica de Patos de Minas



Fonte: Amorim Filho e Sena Filho (2005),

Figura 5: Classificação morfológica de Diamantina



Fonte: Amorim Filho, Sathler e Varajão (2015)

2.3 Os dois circuitos da economia urbana

Os países subdesenvolvidos são constituídos por ideias e planejamentos provenientes de interesses externos, como uma espécie de “onda” modernista que alcança sempre novas zonas e se torna parte do espectro operacional local de uma nação (Santos, 2004). Todavia, esses aspectos modernistas não atingem esses países da mesma forma e intensidade, o que traça uma espécie de tratamento de desenvolvimento seletivo. Assim, essa tal “onda”, não chega com a mesma proporção para todas questões que envolvem o modelo de urbanização, o que molda todo o aspecto característico do espaço (Santos, 2004).

As enormes diferenças de renda afetam os países subdesenvolvidos, e demarcam em seu espaço territorial uma hierarquização das atividades em nível regional. O consumo e acesso a bens e serviço dependem da localização do indivíduo no espaço urbano, determinando assim, a situação geográfica do produtor e

consumidor. Com isso, surge uma teoria espacial, no qual elabora um mapeamento do espaço urbano e insere o sistema de produção moderno em certos pontos da cidade, o que faz com que a produção, de certa maneira, deva-se adequar à essa nova “máquina modernista”, ao passo que também é sujeita as condições sociais do local (Santos, 2004).

O escritor brasileiro, Milton Santos, descreve em sua obra “O espaço dividido” (2004), a formação de dois circuitos que organizam o espaço dos países subdesenvolvidos a partir desse processo econômico, intitulados como, “circuito superior” e “circuito inferior”. Segundo o autor, o circuito superior foi moldado pelo processo de modernização tecnológica urbana, cujas relações ocorrem com o resto do país ou o exterior, nele estão inseridos bancos, indústria urbana e serviços modernos, serviços de transporte e exportação, principais comércios e atacadistas. Por outro lado, o circuito inferior, constitui-se de pequenas atividades que envolvem a parcela populacional de baixa renda e mantêm relações regionais. É formado pela fabricação não intensiva, serviços não-modernos destinados à varejos, além de pequenos comércios não-modernos. O resultado da modernização no primeiro circuito é exemplificado pelo desenvolvimento tecnológico e populacional, já o segundo, foi afetado com a mesma modernização, mas de forma parcial, de modo que as pessoas só se beneficiam em alguns casos ou não se beneficiam em ocasião nenhuma (Santos, 2004).

Mesmo que essa divisão econômica gere diversas formas de segregação, as populações pertencentes aos dois circuitos são capazes de consumir fora do espectro que pertencem, seja parcial ou ocasionalmente, e as classes médias interagem com as classe mais baixa e as mais altas. Ademais, o circuito inferior oferta força de trabalho no circuito superior e certas atividades oferecidas em um circuito podem ser originadas do outro (Santos, 2004).

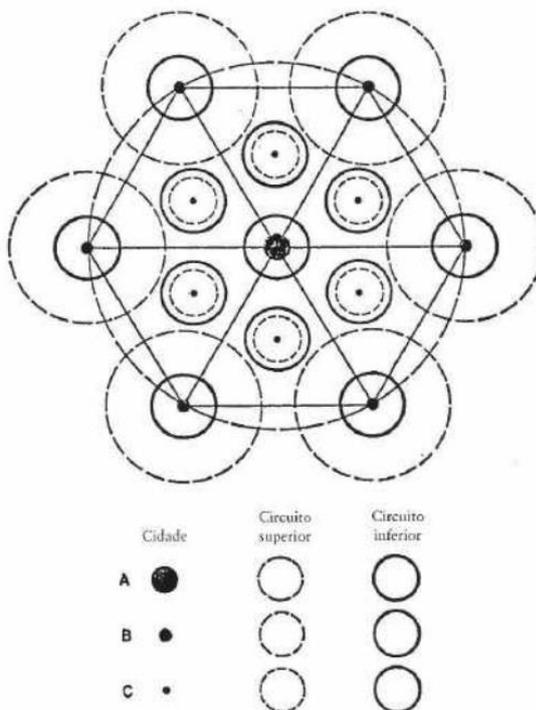
Embora seja notável a existência desses diferentes aspectos na economia dos países subdesenvolvidos, a análise econômica tornou-se completamente enviesada pela economia moderna, considerado os mesmos critérios de estudo para a cidade

em sua totalidade. Isso tornou o estudo do setor econômico totalmente desatualizado e impediu a obtenção de uma teoria mais realista da urbanização (Santos, 2004).

Para Santos (2004), é imprescindível abandonar uma visão de cidade maciça e homogênea afim de compreender a cidade como “máquina viva”, considerando seu funcionamento e relações externas e regionais. Além disso, o autor também esclarece a necessidade de se distanciar, ou no mínimo desenvolver adequações, de estudos de planificação para países desenvolvidos, como o descrito neste trabalho (item 4.1) sobre “A teoria dos lugares centrais” de Christaller, pois sua base teórica não é aplicável ao contexto de urbanização de países subdesenvolvidos pela existência dos dois circuitos econômicos mencionados.

Segundo Santos (2004), a existência dos dois circuitos conduz para uma apuração mais complexa do funcionamento de ambos subsistemas, que estão relacionados a dois distintos grupos populacionais. Assim, de modo geral, ambos circuitos possuem distinções, mas interagem entre si, como estabelecido anteriormente. Mesmo em regiões de influência urbana de maior rendimento econômico, ainda devem ser consideradas duas realidades de mercado, sendo referentes aos circuitos da economia que funcionam um ao lado do outro. Nesse sentido, para Santos (2004), a existência das duas zonas de influência urbana, inferem a importância de apresentar “A teoria dos lugares centrais” de uma maneira mais próxima das condições dos países subdesenvolvidos (Figura 6).

Figura 6: Hexágono de Christaller modificado pela existência dos dois circuitos da economia urbana dos países subdesenvolvidos



Fonte: Santos (2004)

Santos (2004) expõe um problema mais político do que tecnológico na urbanização atual, o que sugere a tomada do papel autônomo da produção de modo a colocá-lo à serviço da população. Seu ideal de urbanismo estabelece o consumo não conduzido por um aparelho produtivo, e sim voltado para obtenção de um espaço mais organizado, com melhor distribuição da produção e do espaço. Dessa forma, para o autor, quando o consumo não se sujeita a produção, ele se adapta melhor as condições nacionais e regionais, e adere uma modernização nacional regionalizada.

2.4 Mobilidade no espaço intra-urbano

O transporte e as comunicações são fundamentais para caracterização das diferenças entre o espaço intra-urbano e o espaço regional, sendo o deslocamento do ser humano e dos bens, uns dos fatores primordiais para composição de ambos

(Villaça, 1998). De acordo com Villaça (1998), o espaço regional, é em sua essência, formado pelo processo de deslocamento das informações, mercadorias e energia, já o espaço intra-urbano se baseia no deslocamento do ser humano, quer seja como força de trabalho ou como consumidor de bens e serviços. O autor também elucida que os centros urbanos, acabam atraindo com maior intensidade os deslocamentos, ou viagens, gerados por tais necessidades humanas, e esse processo de interação de consumidores e os produtos delimita o espaço, denominado como localização urbana.

O deslocamento pode ser entendido como a habilidade de se deslocar ou se mover, definindo assim, o termo *mobilidade*. A partir desse conceito clássico de mobilidade, pode se observar atualmente nos municípios o intuito de se ampliar as possibilidades de mobilidade através do aumento do número de tipos de transporte, porém, investir na mobilidade não é necessariamente investir na acessibilidade, sendo esse investimento, o fruto de uma avaliação insensata e pouco representativa do contexto atual das cidades (Vasconcellos, 2001). Para Vasconcellos (2001), a mobilidade e acessibilidade são dois conceitos distintos, sendo a acessibilidade, a disponibilidade da mobilidade de forma a atender as necessidades dos indivíduos, e principalmente condicionando-os a chegar nos lugares desejados (Vasconcellos, 2001), se enquadrando no cenário do argumento proposto por Villaça (1998) para a definição de localização urbana.

O transporte de pessoas assume um papel fundamental para existência do espaço urbano (sendo maior que aquele desempenhado pelo transporte de comunicações e infraestrutura), visto que o deslocamento (ou mobilidade), e a acessibilidade são mais importantes do que existência da infraestrutura para a produção da localização urbana (Villaça, 1998). Para Villaça (1998), a acessibilidade condiciona o que é denominado como espaço urbano, e este não deveria existir sem ela. Portanto, entende-se que as possibilidades de mobilidade, ou deslocamento, do ser humano caracterizam o espaço intra-urbano, mas a acessibilidade torna-se o aspecto chave para sua vivência na cidade (Villaça, 1998).

Segundo Villaça (1998), devido a precariedade da acessibilidade na cidade, o espaço urbano se tornou prematuramente desigual, sendo a desigualdade um estado de indisponibilidade de equipamentos, atividades e serviços quando se compara as áreas centrais com as áreas periféricas de uma área urbanizada. Essa desigualdade foi fomentada pelo processo de industrialização do Brasil, impulsionada principalmente pela expansão econômica da década de 1950, que ocorreu de forma lenta e acabou sendo propagada de maneira desbalanceada, o que gerou uma situação emergencial de disputas sociais e consequentes exclusões sociais (Cardoso, 2007). Isso também causou grandes alterações no sistema de mobilidade, com o aumento do deslocamento pelo uso de automóveis (Vasconcellos, 2016).

Nesse sentido, as cidades começaram a investir no deslocamento de forma exclusiva, sem considerar o compartilhamento do espaço viário com outros modos de transporte, gerando uma disputa entre os modos de transportes privados (utilizados pelas classes sociais de maior poder aquisitivo) e coletivos (utilizados pela classe de menor poder aquisitivo) pelo espaço urbano (Cardoso, 2007). Consequentemente, isso tornou o tráfego sobrecarregado, menos seguro e, principalmente, sem o incentivo do uso de modos ativos (deslocamento a pé ou de bicicleta) de transporte (Vasconcellos, 2016).

A estrutura e a infraestrutura do aspecto intra-urbano da cidade acabaram sendo vinculadas a um sistema de segregação espacial originada de um mecanismo de apropriação do espaço urbano e do sistema de deslocamento disponível, sendo as vantagens ofertadas pelo espaço constantemente desejadas pelas classes sociais (Villaça, 1998). Com a atuação dessa forma desigual do urbanismo, disseminada pela redução da mobilidade para grupos sociais menos favorecidos economicamente, conduz para dependência de estar bem localizado para a obtenção de uma vida urbana de maior qualidade, que se estende para o modo de habitação, trabalho e educação (Balbim, 2016). Ademais, o espaço urbano está em constante desenvolvimento, e se por um lado tem-se as classes sociais altas estabelecendo uma hegemonia sob as áreas centrais (Villaça, 1998) junto a uma ação concentradora do capital imobiliário e comercial que mantém as centralidades urbanizadas como sua

base econômica principal, por outro lado tem-se a classe trabalhadora de baixa renda ocupando áreas periféricas com urbanidade inapropriada e cada vez mais distantes das ofertas especializadas das áreas centrais (Barbosa, 2016).

Atualmente, a sociedade vive pela demarcação espacial dos direitos (Barbosa, 2016) e para o acesso de qualquer ponto dentro do espaço urbano, tem-se uma certa quantidade de tipos de deslocamentos possíveis, que são produzidos por aqueles que já estão inseridos nas áreas centrais do espaço urbano e que também controlam seu acesso (Villaça, 1998). Nessa direção, Villaça (1998) esclarece que a acessibilidade é produzida e oferecida como sendo uma forma de consumo do espaço urbano, ao ponto que, a produção e o consumo do espaço urbano se transformaram na produção e no consumo da acessibilidade. Segundo o autor, a segregação espacial é definida como uma geografia, criada pelas classes sociais de maior poder aquisitivo, que dominam o espaço urbano, estabelecendo, assim, o total poder do “espaço” sobre o “social”. Portanto, deduz-se que uma conexão entre o uso do espaço urbano e a mobilidade dentro do planejamento da cidade, principalmente no aspecto intra-urbano, com o objetivo de descentralizar o poder unilateral sob o espaço urbano existente, tem a capacidade de reduzir a exclusão social, bem como tornar o espaço urbano mais acessível para todos (Cardoso, 2007).

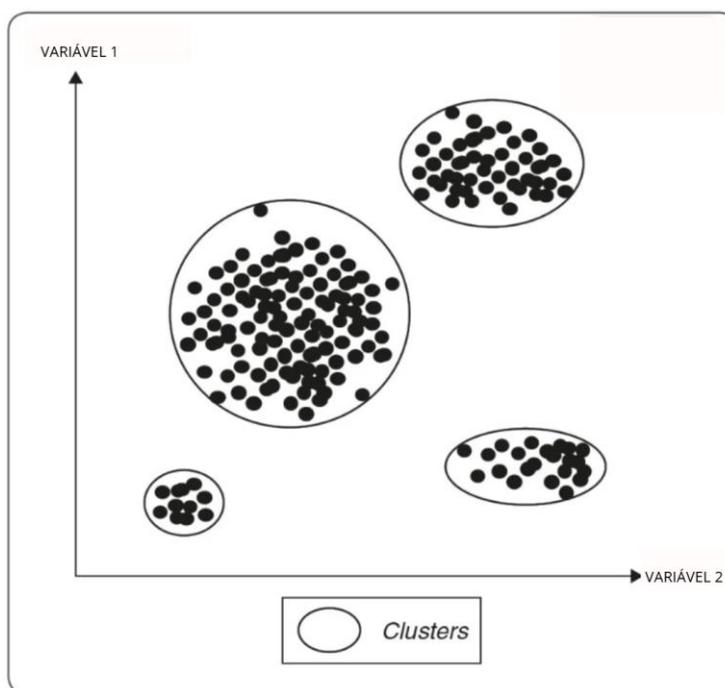
2.5 Análise de agrupamentos

2.5.1 Conceitos fundamentais de agrupamento

A análise de agrupamentos envolve a aplicação de técnicas e algoritmos, a fim de apontar e unir objetos, ou observações, em grupos com características similares (Vicini, 2005). O principal objetivo dessa técnica, também denominada análise de conglomerados ou análise de grupos ou clusters, é reunir as observações em um número restrito de grupos, nos quais as unidades internas sejam homogêneas e os grupos, entre si, heterogêneos (Fávero; Belfiore, 2024). Na estatística multivariada, a associação de grupos é feita por meio de variáveis, sendo estes, aspectos que variam entre indivíduos, que podem ser de origem quantitativa ou qualitativa (Ferreira *et al.*, 2020).

As variáveis quantitativas são valores que podem ser enumerados e comparados numericamente, que por sua vez, inferem a utilização da técnica de agrupamentos, ou clusters (Figura 7) (Vicini *et al.*, 2020). É necessário esclarecer que essa técnica não se fundamenta em realizar uma separação das variáveis que são dependentes e independentes, ou seja, as características observadas nos objetos não necessitam apresentar correlações (Vicini, 2005).

Figura 7: Agrupamento envolvendo duas variáveis



Fonte: Alterado de Fávero e Belfiore (2024)

Por outro lado, as variáveis qualitativas são atributos categóricos que não podem ser contabilizadas numericamente, sendo utilizada outra técnica exploratória, chamada de Análise de Correspondência, podendo ser Simples ou Múltipla (Fávero; Belfiore, 2024). Segundo Fávero e Belfiore (2024), diferentemente do uso de variáveis quantitativas na estatística multivariada, no qual não se tem o objetivo de encontrar correlações entre variáveis, essa técnica permite investigar a associação de duas ou mais variáveis categóricas. Essa ferramenta é formada por métodos de representação de linhas e colunas provenientes do cruzamento de tabelas de dados, como forma de um gráfico, ou mapa percentual (Fávero; Belfiore, 2024). Em posse desse mapa, se

torna possível fazer interpretações das semelhanças e diferenças entre as variáveis e as observações, assim, pode-se avaliar a significância dessas semelhanças e determinar as coordenadas dessas variáveis, dispondo-as em forma de pontos em um sistema de eixo de coordenadas ortogonais (Greenacre, 2008 apud Fávero; Belfiore, 2024).

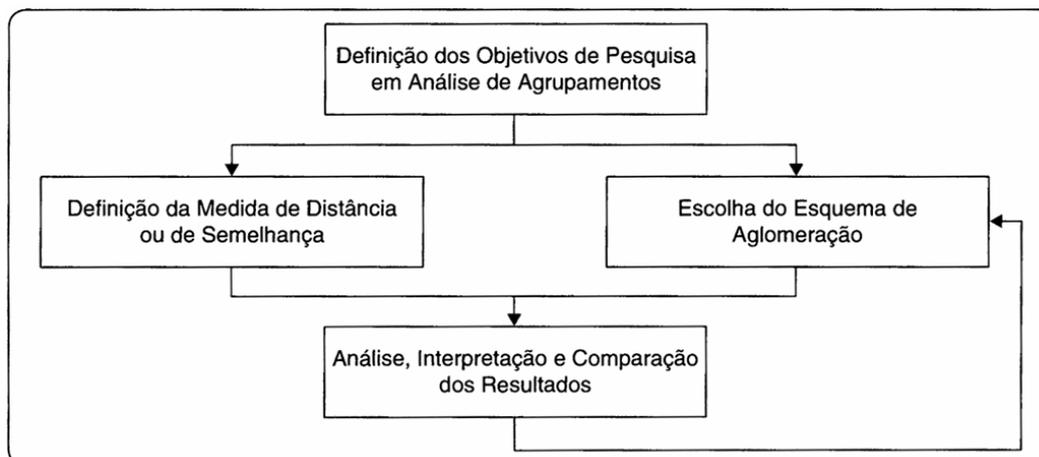
Já com intuito de se fazer uso da técnica de agrupamentos com a utilização de variáveis quantitativas, primeiramente é necessário definir uma medida de distância (dissimilaridade) ou semelhança (similaridade), que tem a função de correlacionar observações com características mais próximas (Albuquerque; Barros, 2020). Dentre as medidas de distância mais utilizadas, destaca-se a distância euclidiana, seguido por outras, como distância quadrática euclidiana, distância de Minkowski, distância de Manhattan, distância de Chebychev e distância de Canberra (Fávero; Belfiore, 2024).

Segundo Fávero e Belfiore (2024), logo após a etapa de definição de medidas, é preciso determinar o esquema de aglomeração, que se dividem em métodos hierárquicos e não hierárquicos.

2.5.2 Métodos hierárquicos e não hierárquicos

Os métodos hierárquicos indicam o formato de ordenamento das observações, o que permite ao pesquisador avaliar e julgar qual a quantidade de agrupamentos ideal (Vicini *et al.*, 2020). Em contrapartida, os não hierárquicos, se dão a partir de um número conhecido de agrupamentos, dando assim, a possibilidade de alocar as observações em grupos (Kassambara, 2017). Assim, caso o pesquisador não tenha definido um número de grupos *a priori*, posteriormente, é possível utilizar o resultado obtido por meio do método hierárquico como forma de entrada para utilização do método não hierárquico, definindo toda uma etapa de análise cíclica (Fávero; Belfiore, 2024). Essa etapa pode ser melhor observada com a Figura 8.

Figura 8: Sistema para elaboração da análise de agrupamentos



Fonte: Fávero e Belfiore (2024)

Os métodos hierárquicos podem ser aglomerativos, com observações separadas até a chegada de um estágio final de formação de apenas um grupo separado, e assim, todos os objetos com maior similaridade são agrupados para formar um único grupo (Vicini, 2005). Depois, esse processo é repetido, e a partir do decréscimo da similaridade, todos os outros subgrupos são formados, constituindo um único grupo (Vicini *et al.*, 2020).

Os esquemas hierárquicos aglomerativos são divididos em 3 principais métodos de encadeamento, sendo o completo (*furthest neighbor* ou *complete linkage*), médio (*between groups* ou *average linkage*) e o único (*nearest neighbor* ou *single linkage*) (Fávero; Belfiore, 2024).

No Método do encadeamento único, a princípio, os grupos detêm apenas um elemento, e depois são reunidos, conforme sua medida de distância já estabelecida, para fundir os elementos mais próximos (Vicini *et al.*, 2020). De outra maneira, o método do encadeamento completo é o oposto desse método, cuja distância entre grupos é estabelecida por pares de elementos mais distantes (Vicini, 2005). E por fim, tem-se o método do encadeamento médio, que apresenta a distância média entre os pares de elementos observados que pertencem a um grupo (Fávero; Belfiore, 2024). Abaixo pode ser visto no Quadro 1 os esquemas dos 3 métodos de encadeamento.

Quadro 1: Descrição dos métodos de encadeamento

Método de encadeamento	Esquema	Descrição
Único (<i>nearest neighbor</i> ou <i>single linkage</i>)		Distância mínima entre grupos
Médio (<i>between groups</i> ou <i>average linkage</i>)		Distância média entre grupos
Completo (<i>furthest neighbor</i> ou <i>complete linkage</i>)		Distância máxima entre grupos

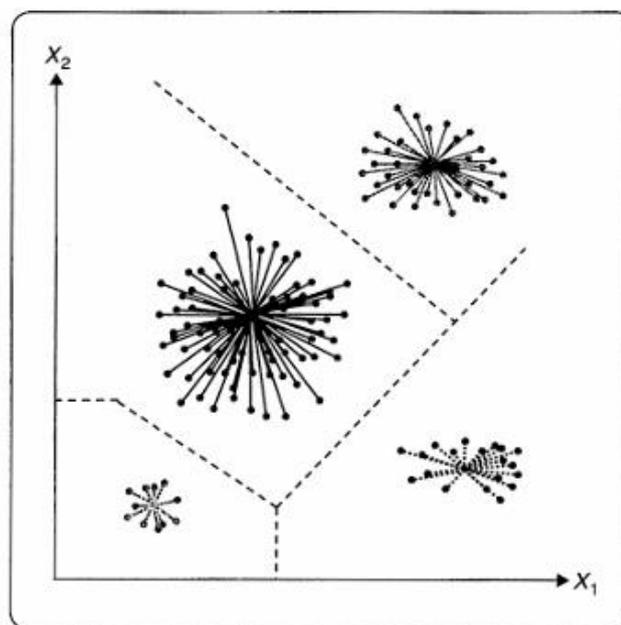
Fonte: Alterado de Fávero e Belfiore (2024)

Ainda sobre os esquemas hierárquicos, temos o processo chamado de divisivo, que para seu uso, inicia-se o processo com elementos já agrupados, e passo a passo, são formados grupos com menos elementos dispostos pela separação de cada elemento, até o ponto em que as subdivisões formadas formem observações completamente separadas (Vicini *et al.*, 2020).

Contudo, para uma análise de dados em que já se tem o número de grupos definido, utiliza-se o esquema de aglomeração não hierárquico, sendo o processo *k*-médias, ou *k-means*, o mais comum entre os pesquisadores, e que define o número de centros de aglomeração, ou número de grupos, para que neles sejam alocadas as observações conforme sua proximidade (Fávero; Belfiore, 2024). Dentro do Método *k-means*, cada agrupamento é representado pelo seu centro (ou centroide), que é referente à média dos pontos atribuídos ao grupo (Kassambara, 2017).

A quantidade de agrupamentos pode ser proveniente de uma decisão do pesquisador com um determinado critério, e assim, durante o processo, a observação que se encontrar mais próxima de um centroide é realocada em seu respectivo grupo (Fávero; Belfiore, 2024). Ao final, em uma situação hipotética de duas variáveis, chamadas aqui de X_1 e X_2 , o procedimento *k-means* termina quando não houver mais nenhuma proximidade entre centroides de outros grupos e as observações (Kassambara, 2017). A Figura 9 abaixo apresenta o resultado final da situação das variáveis X_1 e X_2 .

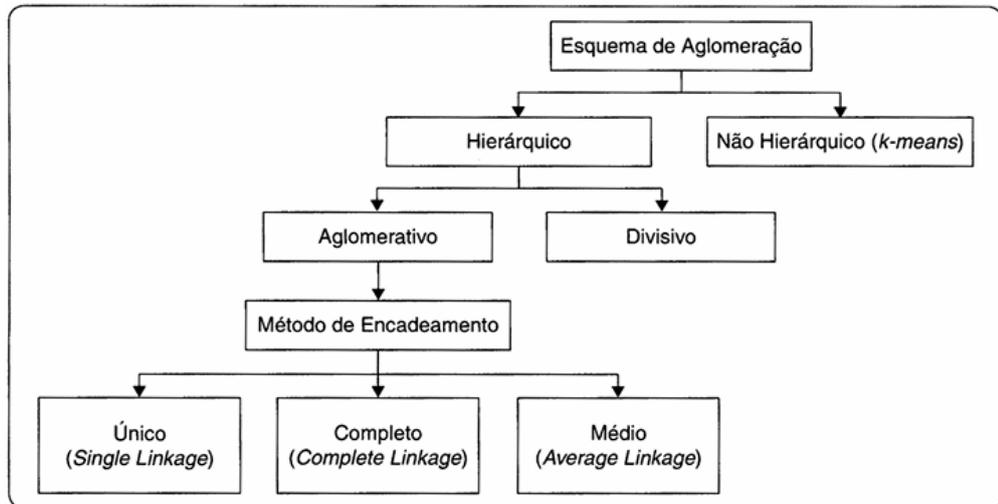
Figura 9: Centroides formados que representa o final do procedimento *k-means*.



Fonte: Fávero e Belfiore (2024)

A Figura 10 apresenta todas as etapas descritas nesse trabalho sobre a utilização de estatística multivariada com variáveis quantitativas, que se subdivide nas duas possíveis escolhas de esquema de aglomeração, hierárquico e não hierárquico.

Figura 10: Etapas dos esquemas de aglomeração



Fonte: Fávero e Belfiore (2024)

2.5.3 Determinação do número ótimo de clusters

Como abordado anteriormente, Fávero e Belfiore (2024) recomendam aos pesquisadores que utilizem o processo de aglomeração hierárquico antes de um esquema não hierárquico, caso não se tenha um número inicial razoável de grupos. Entretanto, existem outras formas de se obter um número de grupos apropriado para aplicação do Método não hierárquico, como os métodos abordados por Kassambara (2017), denominados Método do Cotovelo e o da Silhueta. Segundo o autor, mesmo após utilizar-se do método hierárquico para análise de agrupamentos e com isso obter-se esse número razoável de grupos, é primordial utilizar-se de métodos apropriados, como o Método do Cotovelo e o da Silhueta que descrevem em seu gráfico resultante um número ideal de grupos, para retirar a subjetividade de escolha e obter uma quantidade ótima de grupos. Nesse sentido, o principal objetivo de se utilizar métodos de determinação de agrupamentos é se obter uma baixa variação de valores dentro de um mesmo grupo (Kassambara, 2017).

Kassambara (2017) relata que os valores resultantes do Método do Cotovelo, que detém o requisito de resultarem em uma baixa variabilidade, são as somas dos quadrados intra-grupos, ou WCSS (*within-clusters sum-of-squares*). Já o Método da

Silhueta se dá por meio de uma metrificação de valores, que quanto mais alto for, melhor será a qualidade do agrupamento (Kassambara, 2017).

A aplicação desses métodos para a definição da quantidade de grupos pode ser observada em diversas áreas, como no caso de um estudo científico realizado por Kuriyama (2023), que tinha como objetivo investigar a acurácia das reanálises meteorológicas do ERA5, a quinta geração da reanálise atmosférica do ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). Com a falta de dados nas séries coletadas pelas poucas estações meteorológicas de confiança, o ERA5 reúne um conjunto de dados de modelos de circulação global e combina esses modelos com observações provenientes de várias fontes, sendo assim possível suprir essa falta recorrente de dados (Kuriyama, 2023). O estudo do autor, compara os dados resultantes do ERA5 com os dados observados pelas estações meteorológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), e como forma de garantir a qualidade dos dados foram selecionadas por ele apenas estações com pelo menos 10 anos de registros completos e menos de 25% de dados faltantes por ano.

Com isso, Kuriyama (2023) avaliou a temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar no estado de São Paulo por meio da interpolação e estatísticas, como desvio padrão e erro médio absoluto para testar a confiabilidade do ERA5. Isso resultou em uma tendência do modelo em superestimar temperatura quando se comparado às medidas pelas estações do INMET, embora apresentasse uma considerável correlação positiva entre os valores observados e simulados.

Depois dessa etapa Kuriyama (2023), utilizou-se dos Método do Cotovelo e o da Silhueta para a definição do número ideal de grupos para os dados de temperatura máxima e mínima do ERA5, que apresentaram tendências de superestimação no modelo numérico. Os dois métodos indicaram um ideal de 3 grupos, nomeados como A, B e C, com distribuições espaciais distintas dentro do Estado.

Após a geração dos grupos utilizando estatística multivariada, Kuriyama (2023) concluiu que o grupo C teve o menor erro e maior correlação de dados do ERA5, já os grupos B e C, tiveram uma maior discrepância. O resultado obtido pelo autor permitiu uma interpretação das diferenças entre os dados simulados e observados,

além de observar quais dados, ou seja, o grupo que se mais aproximava dos dados disponibilizados pelo INMET, concluindo assim, que mesmo que o ERA5 apresente uma relação parcial com os dados das estações, ainda existe limitações que corroboram para a necessidade da implementação de calibrações regionais para readequar o uso de reanálise no monitoramento climático.

Outro método de obtenção do número ótimo de agrupamentos é também apresentado por Kassambara (2017), denominado Estatística de Lacuna, ou *Gap statistic*. De acordo com o autor, esse método compara a variabilidade intra-grupos dos dados que auxilia na determinação da quantidade de grupos que melhor representa a estrutura dos dados, com um processo que se dá por meio da aplicação do esquema de aglomeração, como o k-médias, para diferentes valores de k e registrando a soma das distâncias intra-grupos. Assim, são gerados um novo conjunto de dados aleatórios com a mesma distribuição e limites dos dados iniciais, que passam pelo mesmo algoritmo de agrupamento para calcular a soma das distâncias intra-grupos (Kassambara, 2017). A Estatística de Lacuna é obtida pela diferença entre o logaritmo da soma das distâncias intra-grupos dos dados aleatórios e os dados originais, por consequência, o número ótimo de agrupamentos é o que maximiza essa estatística, ou seja, o número de k ótimo, é aquele onde ocorreu o maior salto na distância dentro do grupo (Kassambara, 2017).

2.5.4 Análise da contribuição das variáveis (ANOVA)

É essencial ter uma compreensão sobre a importância de cada variável para a formação dos grupos. Isso pode ser obtido pelo cálculo de variabilidade existente entre grupos, realizado pela uma Análise de Variância, do acrônimo ANOVA, que testa as médias de múltiplos agrupamentos (Devore, 2006).

Em um estudo feito por Nascimento, Leal e Purificação (2016), é realizado a aplicação da Análise de Variância, ou ANOVA, para investigar as diferenças hidrogeoquímicas entre os aquíferos das Formações Barreiras, Marizal e São Sebastião, localizados na Bahia. Para isso, os autores utilizaram dados disponíveis no CPRM e CERB, e estabeleceram o cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto,

bicarbonato, sulfato, ferro total, dureza total e condutividade elétrica como variáveis da análise.

Com a definição desses parâmetros físico-químicos como variáveis, foi possível comparar as médias entre eles, sendo o sódio e o potássio, os que apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre as formações, o que indica que foram essas as variáveis que mais influenciaram na diferenciação dos aquíferos (Nascimento; Leal; Purificação, 2016). Por conseguinte, o estudo indicou que as variáveis cálcio, magnésio, cloreto, bicarbonato, sulfato, ferro total, dureza total e condutividade elétrica não apresentaram diferenças significativas entre as três formações, o que significa que elas não tiveram nenhuma influência sob a formação de agrupamentos, e por isso, não se demonstraram determinantes para distinguir os aquíferos (Nascimento; Leal; Purificação, 2016).

A Análise de Variância se demonstrou muito eficiente na diferenciação desses aquíferos sedimentares, além de identificar que nem todas as variáveis realmente tiveram influência sob a composição química geral (Nascimento; Leal; Purificação, 2016). Ao final do estudo, Nascimento, Leal e Purificação (2016) concluíram que apesar de os 3 aquíferos serem hidraulicamente conectados, o teste ANOVA indicou que existem diferenças estatísticas no teor de sódio e potássio, o que pode estar correlacionado a fatores litológicos e processos de troca iônica. Além disso, a heterogeneidade da composição química dos aquíferos em estudo, permitiu identificar que a Formação São Sebastião é que mais possui influência de processos de troca iônica, informação essa, que deve ser considerada na gestão dos recursos hídricos subterrâneos da região (Nascimento; Leal; Purificação, 2016).

2.5.5 Aplicações da estatística multivariada e considerações finais

A utilização de diversas variáveis, caracterizando um modelo multivariado, na análise de agrupamentos é perfeitamente aplicável em modelos de estudo da cidade. Isso é exemplificado por um estudo realizado por Bezerra e Gomes (2019) com o uso do método de análise multivariada descrita neste trabalho e a partir de dados coletados no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e no Atlas Brasil,

cobrimdo os anos de 2000 e 2010 referentes à aspectos físico-territoriais, econômicas, financeiras, administrativas, políticas, sociais, ambientais dos municípios do Piauí. Ao todo foram selecionadas pelos autores 24 variáveis com o intuito de representar indicadores essenciais do desenvolvimento municipal dos locais analisados. Pelo fato de Teresina ser a capital do estado do Piauí, seus aspectos socioeconômicos são destoantes do restante dos municípios, e por isso, as análises foram feitas com e sem sua presença. Ademais, a análise multivariada foi feita com a Técnica de agrupamento, pelo método hierárquico e distância euclidiana, através do *software* R.

Para o ano de 2000 foram formados 4 grupos sem Teresina, e 2 grupos em 2010, o que permitiu indicar a Bezerra e Gomes (2019) uma diminuição da desigualdade entre os municípios nesse intervalo de datas analisadas. Foi também constatado que Teresina se manteve isolada devido sua superioridade nos indicadores estudados, ao passo que os outros municípios se tornaram mais homogêneos entre si com o tempo, além da formação de grupo constituído pelos municípios de Parnaíba, Floriano e Picos, o que sugere um desenvolvimento econômico, visto que, anteriormente, em 2010, estes estavam em grupos separados. Assim, entende-se que a seleção de variáveis deste estudo em questão, foram fundamentais para a representação da estrutura de desenvolvimento municipal, que atendem, de forma empírica, a realidade local do estado e qualificam um direcionamento para um planejamento integrado para os Planos Diretores, além de definir características similares entre os municípios e potencializar o compartilhamento de futuras soluções e aprendizados.

Assim, entende-se toda a contribuição da análise de agrupamentos para este trabalho e para diversos estudos estatísticos, porém, segundo Fávero e Belfiore (2024) tais técnicas de análise possuem um caráter exploratório e não preditivo para observações e variáveis não incluídas na análise inicial, o que conseqüentemente, indica a necessidade da reaplicação do modelo para inserções posteriores. Essa atualização do modelo forma um novo conjunto de grupos, realocando as observações de maneira distintas da inicial (Fávero; Belfiore, 2024).

Também é válido ressaltar que os dados podem apresentar comportamentos distintos em relação a certas variáveis, o que salienta a criação de agrupamentos

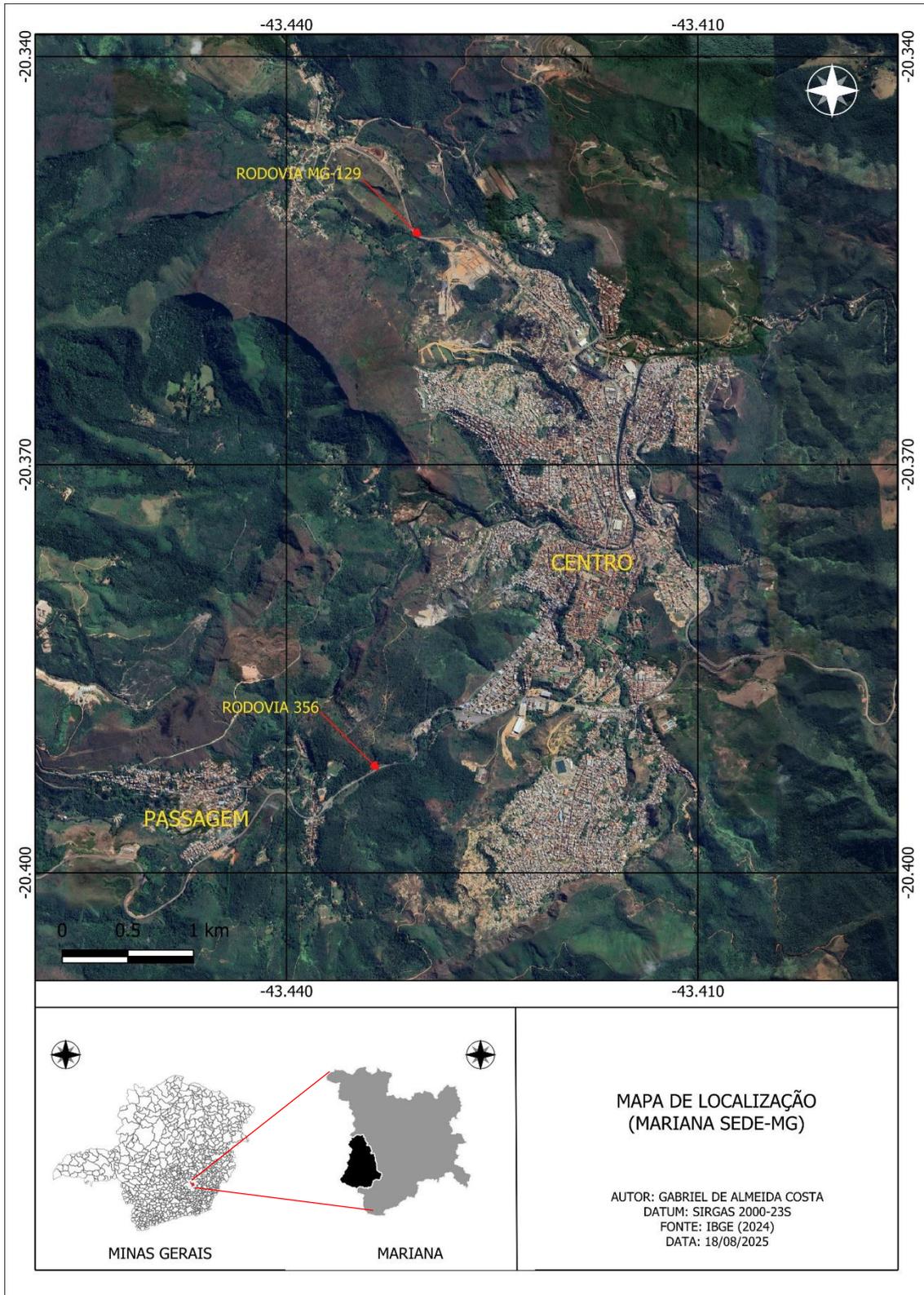
muito sensíveis aos *outliers*, que por sua vez, são responsáveis por formar grupos pequenos, sendo estes relevantes ou não (Fávero; Belfiore, 2024). Nesse sentido, o direcionamento da pesquisa é determinante na exclusão ou retenção desses *outliers*, o que refletirá na individualidade requisitada da formação desses grupos (Fávero; Belfiore, 2024).

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

3.1 Localização

Mariana é um município que se localiza ao centro-sul de Minas Gerais, com uma extensão territorial de 1.194,208 km², adensamento médio de 51,40 habitante/km², e que abriga cerca 61.387 habitantes (IBGE Cidades, 2022). O distrito sede de Mariana, área central deste estudo, contém 34 bairros (Prefeitura de Mariana, 2021) e encontra-se mais a sudoeste da região (Figura 11).

Figura 11: Mapa de localização



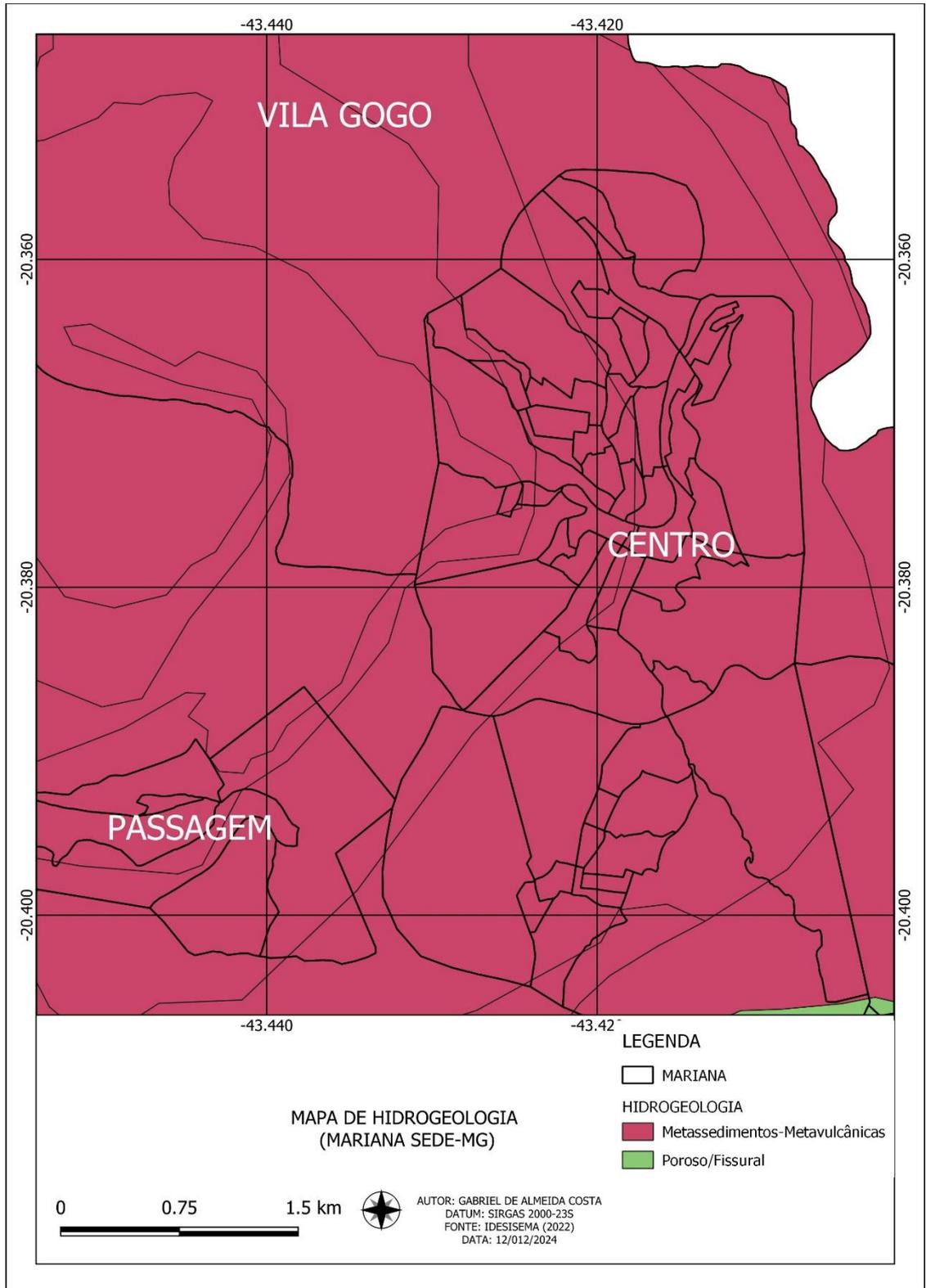
Fonte: Autoral (2025)

3.1.1 Meio Físico

Essa etapa é definida pela caracterização dos aspectos físicos do distrito sede de Mariana. É necessário salientar que os arquivos mais atualizados (do ano de 2003) encontrados pelo pesquisador do atual trabalho, contendo as informações e formato apropriados para criação de mapas (dwg) com as demarcações espaciais pertencentes aos limites de bairros, constam com apenas 29 bairros, o que não condizem com as divisões mais atuais estabelecidas pela Prefeitura de Mariana (2021), que apresentam 34 bairros. Assim, embora haja algumas discrepâncias quanto ao material mais atualizado, todos os mapas desse trabalho foram desenvolvidos considerando-se a utilização dos dados com número de bairros e suas nomenclaturas referentes a data definida pelos arquivos.

As unidades geológicas, que formam o grupo conhecido como domínio Hidrogeológico, apresentam em seu cerne os atributos litológicos das rochas (ANA, 2007). Na Figura 12 abaixo pode-se observar tais atributos.

Figura 12: Mapa de hidrogeologia

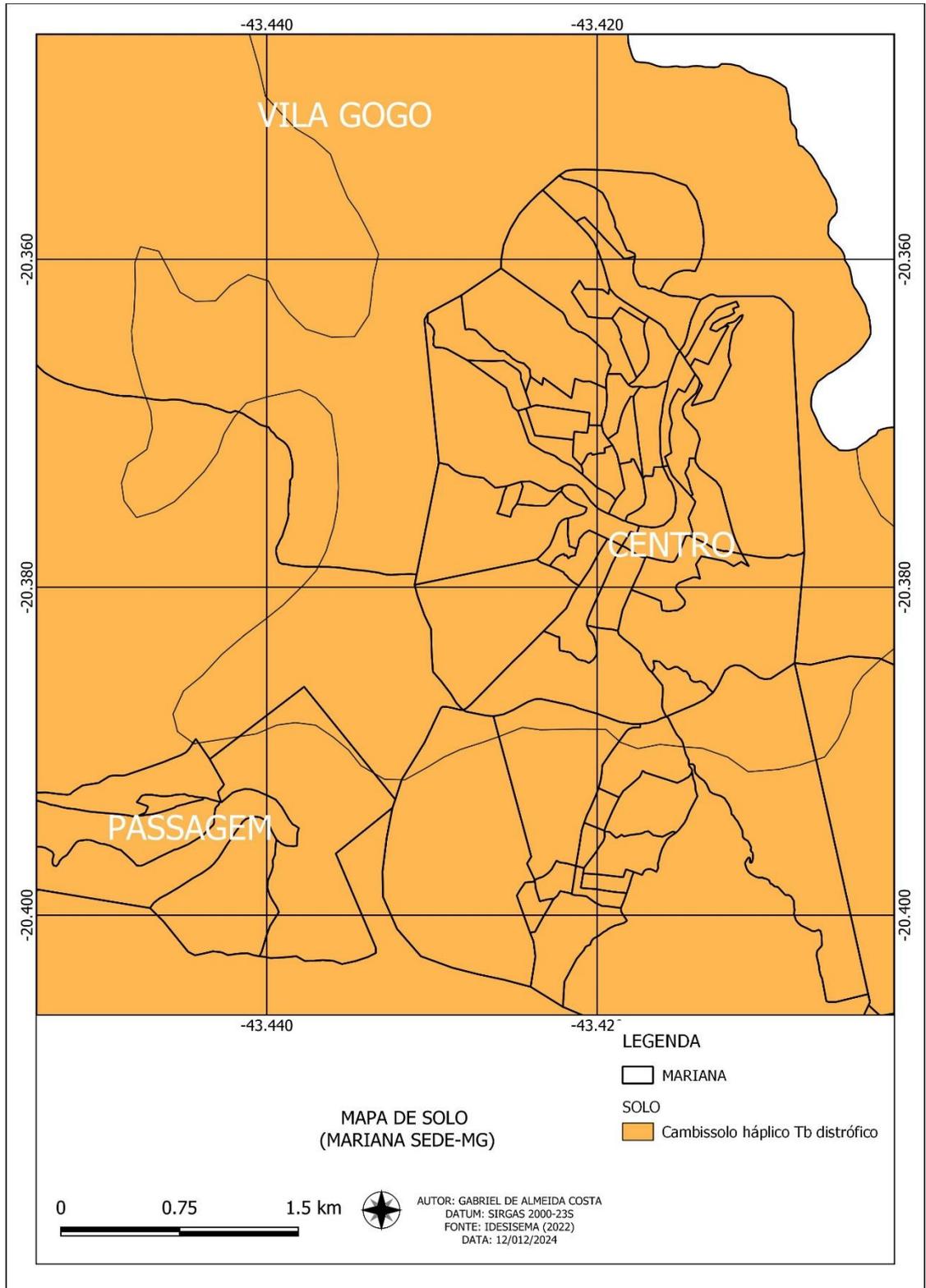


Fonte: Autorial (2024)

Na figura acima observou-se que a maior parte de Mariana se situa dentro do domínio de Metassedimentos/Metavulcânicos formado por rochas com a ausência de porosidade primária. As fraturas presentes neste domínio são responsáveis pela circulação ou retenção de água (ANA, 2007). Estas rochas fazem parte do grupo Sabará, que abrange quase toda extensão do quadrilátero ferrífero e se constitui basicamente por xistos, filitos, itabiritos e na maioria das vezes, por metavulcanitos (Renger *et al*, 1994).

A maior parte solo do território marianense é formado por Cambissolo Háplico distrófico (Figura 13), que se trata de um solo argiloso de alta atividade (Santos *et al.*, 2018).

Figura 13: Mapa de solo

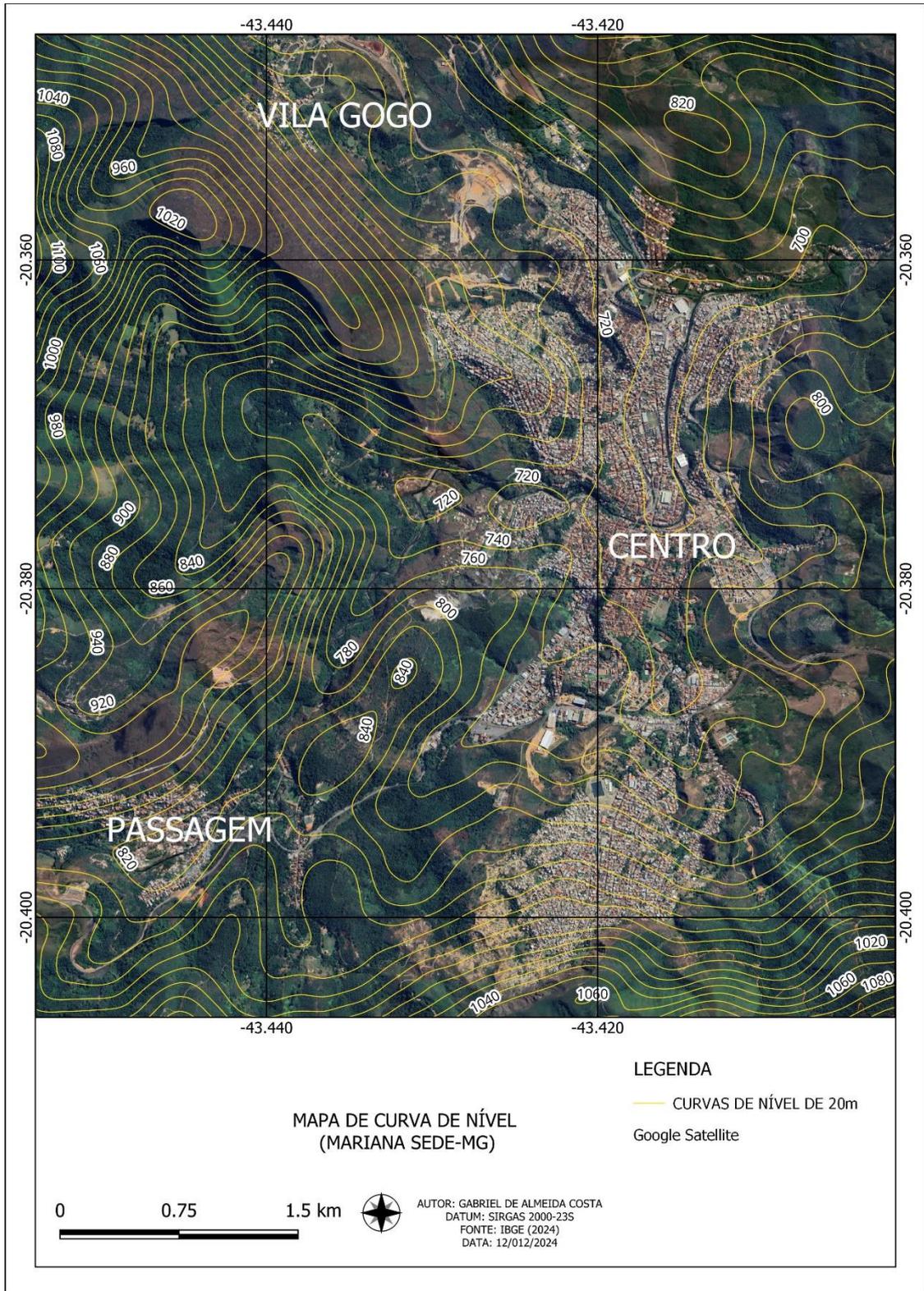


Fonte: Autoral (2024)

O Cambissolo Háplico distrófico apresenta uma fertilidade natural variável, além da presença de declives acentuados e a composição de suas rochas são favoráveis para a limitação de sua ocupação e uso. O terceiro nível da classificação do Cambissolo Háplico, definido pela especificação tb distrófico, implica em uma argila de baixa atividade e fertilidade (Embrapa, 2021).

No tocante a altimetria de Mariana (Figura 14), é possível destacar os bairros que possuem o terreno mais planificado, sendo eles o Centro, Barro Preto, São Cristóvão, a porção a leste de Nossa Senhora Aparecida e do Jardim dos Inconfidentes, uma grande parte da área do Cruzeiro do Sul, e as áreas circundantes ao Centro pertencentes aos Bairros São Pedro e São José.

Figura 14: Mapa de curvas de nível



Fonte: Autoral (2024)

3.1.2 Área de risco

O histórico de urbanização do distrito sede de Mariana, em sua maior parte, se deu por meio de ocupação de áreas periféricas conforme pôde ser visto no item 1 desse trabalho.

Contudo, o planejamento urbano deve se ater às análises de aspectos intra-urbanos, principalmente ao considerar uma proporção de projeto que detêm diferentes elementos que formam a cidade como um todo (Guimarães, 2022). Rosário, Lima e Nunes (2020) defendem que as transformações socioespaciais urbanas conduz aos mais variados tipos de vulnerabilidades, o que torna o modelo de urbanismo, junto aos seus suscetíveis riscos, um resultado produzido pela sociedade. Nesse sentido, apesar do significado abrangente para o termo “vulnerabilidade”, o seu principal condicionante está associado a uma falha de organização e distribuição do espaço, que expõe pessoas de baixa renda aos riscos.

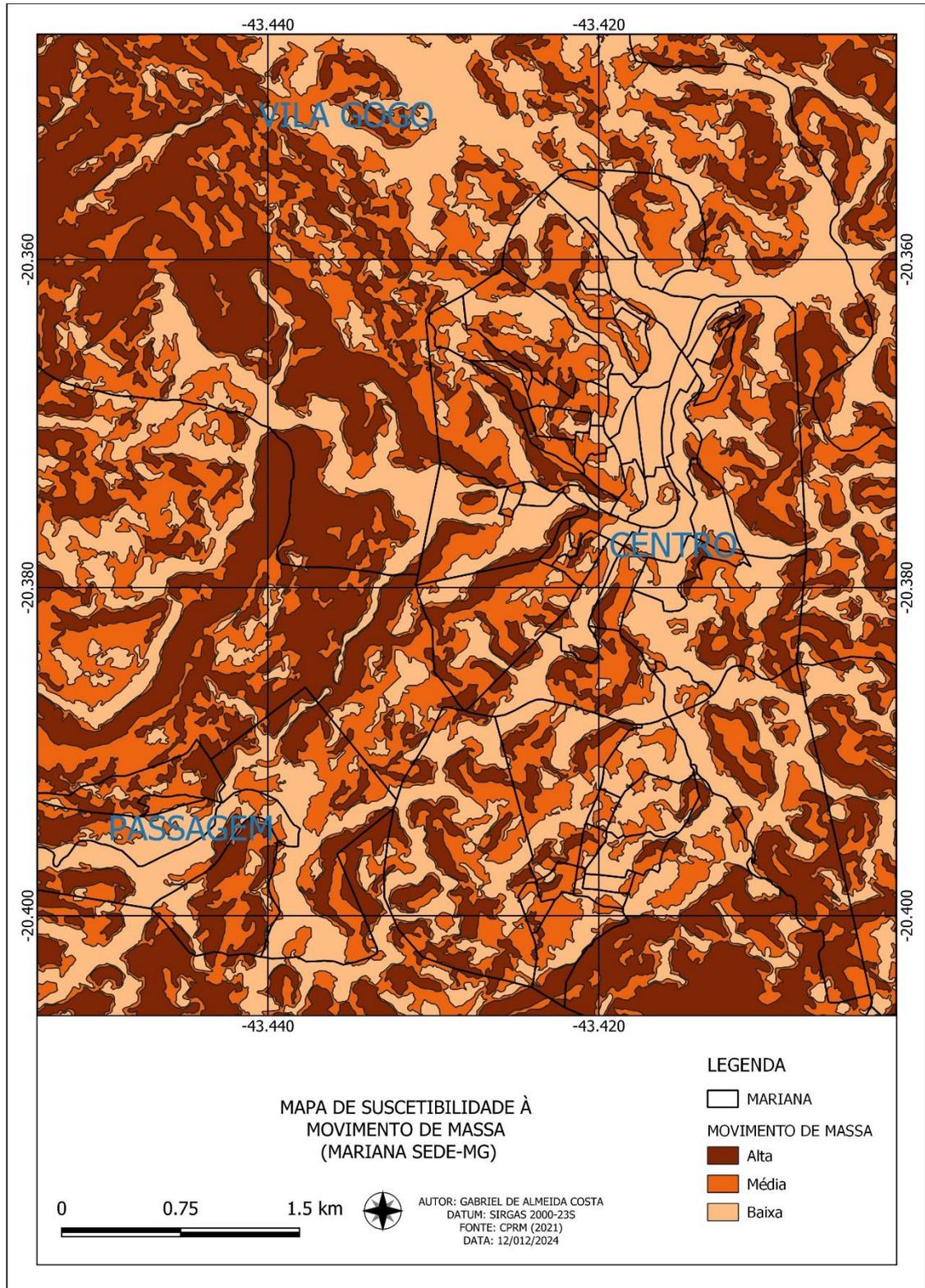
Guimarães (2022) enfatiza a necessidade de uma abordagem de urbanismo, que considere os aspectos intra-urbanos, como foco em um gerenciamento que atinja os diferentes elementos que constituem uma cidade. Assim, uma organização urbana, desprendida de um planejamento fragmentado, é capaz de tornar o modelo de urbanização muito mais estruturado.

A compreensão sobre os percalços atribuídos ao sistema de organização espacial das cidades brasileiras reforça a importância de identificar as áreas de maiores riscos situadas nos bairros do distrito sede de Mariana. Dito isso, é de grande relevância realizar um levantamento das informações das áreas mais suscetíveis à movimento de massa (Figura 15), que é a descida de solo ou sedimentos, e inundação (Figura 16), que se trata da transposição de água do rio, ou curso d'água.

As principais áreas suscetíveis à movimento de massas identificadas estão próximas à região oeste do bairro Rosário, à leste do bairro Galego, ao sul do bairro Santa Rita de Cássia, em uma grande porção dos bairros São Pedro e São José, além de uma região à oeste de Marina, que conecta os bairros Vila do Carmo, Santo Antônio e São Gonçalo. Em contrapartida, os bairros localizados em áreas mais suscetíveis à inundação são, Vila do Carmo, São Pedro, Centro, Barro Preto, Santana,

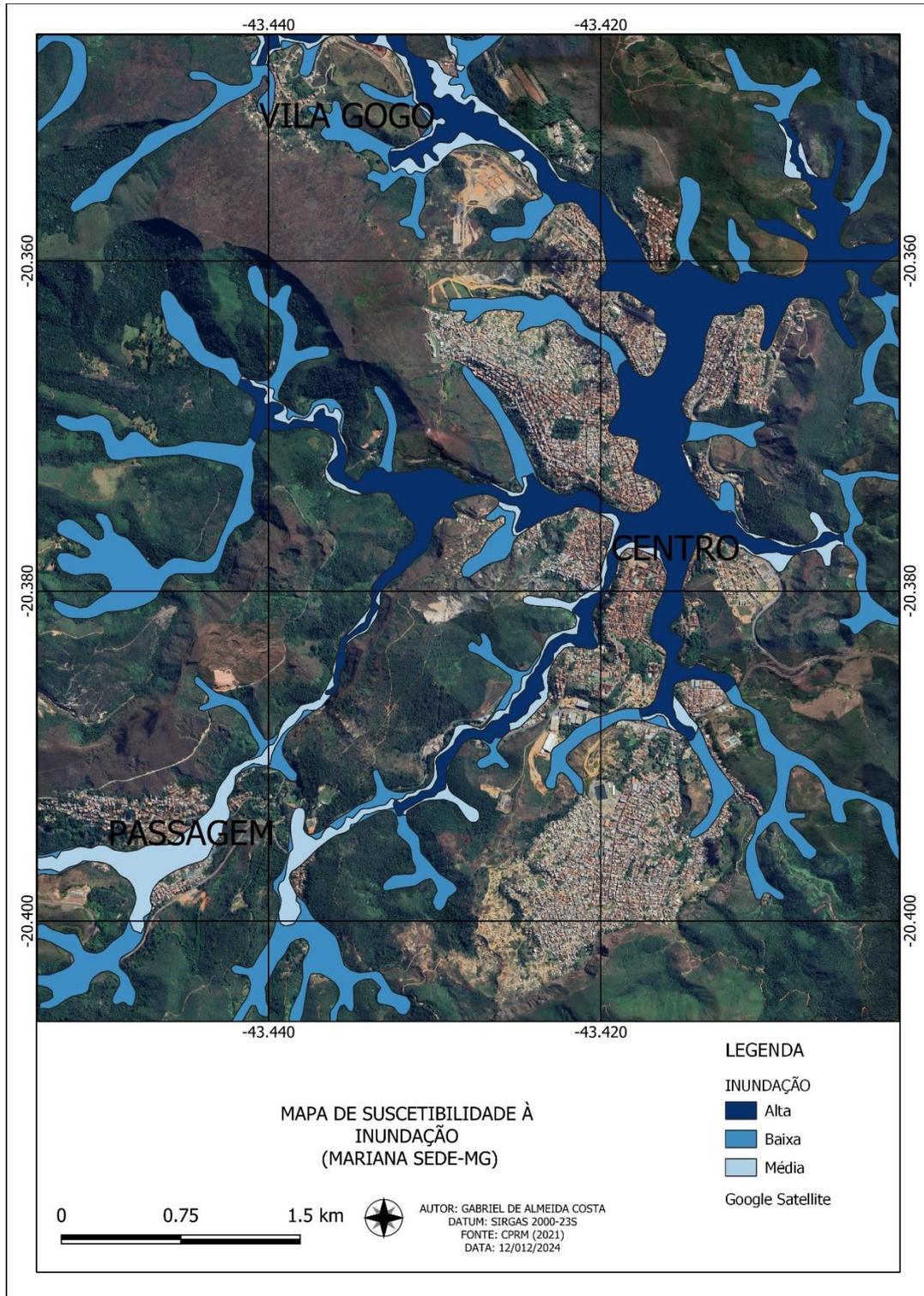
Bandeirantes e Matadouro, além do bairro São Cristóvão. É visível que de modo geral, os bairros mais suscetíveis à inundação estão justamente localizados próximos ao curso d'água, já os bairros localizados próximos às áreas mais periféricas são mais suscetíveis à movimento de massa.

Figura 15: Mapa de suscetibilidade de movimento de massa



Fonte: Autoral (2024)

Figura 16: Mapa de suscetibilidade de inundação



Fonte: Autoral (2024)

3.1.3 Mobilidade e o uso e ocupação do solo

A mobilidade urbana de uma cidade é composta por um sistema complexo, que requer uma avaliação criteriosa para seu processo de desenvolvimento, sendo necessário considerar os aspectos sociais, políticos, econômicos e geográficos do local (Aragão *et al.*, 2001). Além disso, mais do que inserir todo um sistema robusto de transporte constituído por uma diversidade de modos de deslocamento e condições mais adequadas que deem acesso às áreas centrais de uma cidade, deve-se primeiramente, investir e promover novas centralidades em diversas áreas do espaço urbano da cidade, a fim de reduzir a mobilidade cotidiana, principalmente a pendular (deslocamento diário de pessoas entre as áreas de moradia e trabalho ou estudo) (Balbim, 2016).

Com isso, a alteração do planejamento urbano com a inserção dessas novas centralidades na morfologia da cidade, pode-se trazer uma flexibilidade de realocação do mercado de trabalho, conduzindo para uma não sobrecarga das infraestruturas de transporte e sistemas viários utilizados, bem como uma readequação do mercado imobiliário, que na maioria das situações atuais não oferece condições para que a população de baixa renda tenha acesso ao centro urbano (Balbim, 2016). Vale ressaltar, que apesar das áreas centrais da cidade serem comumente orientadas para a população de classe média, grande parte dos empregos voltados para a população de baixa renda também se concentram nessas áreas (Villaça, 1998), o que contribui para os problemas gerados pelo deslocamento pendular. Em consonância com esse ideal de urbanismo, em 20 de dezembro de 2022, foi instituído a Lei N° 3.650, do Plano de Mobilidade Urbana do Município de Mariana, que definiu várias alterações para o planejamento urbano do local (Mariana, 2022). No artigo 18, quanto a circulação viária, a Lei N° 3.650 estabelece para o plano, condições mais seguras para o fluxo de veículos e pedestres, uma análise da capacidade das vias, enfatizando a busca pela descentralização das atividades.

No entanto, enquanto não se há resultados expressivos da aplicação dessa forma de planejamento urbano com uma proposta de inserção de novas áreas centrais com foco nessa descentralização das atividades, os municípios tendem a criar medidas de

melhorias para as condições de deslocamento e tornar a mobilidade urbana mais acessível para a população. Isso se torna uma saída alternativa, visto que todo sistema de viagens é definido pelos recursos que os residentes de uma cidade possuem para acessar os meios de transportes disponíveis, assim, as famílias de baixa renda pertencentes a essa população utilizam-se de seu escasso recurso financeiro para pagar o transporte coletivo, sendo este, um dos modos mais acessíveis de deslocamento (Vasconcellos, 2016). Em fevereiro de 2022, foi implementado o Programa Tarifa Zero em Mariana, e em 2023, foi criada a Lei nº 3.715/2023, que instituiu a Programa Tarifa Zero no distrito sede de Mariana, com o objetivo de garantir gratuidade total ou subsídios no transporte coletivo urbano para os passageiros, tornando o deslocamento urbano da população mais seguro e acessível (Mariana, 2023).

Para o funcionamento do Programa Tarifa Zero no distrito sede de Mariana foi criado o FMTC (Fundo Municipal de Transporte Coletivo), com a função de financiar o programa, além do DEMUTRAN (Departamento Municipal de Trânsito) fiscalizar e acompanhar todo o sistema de operação (Mariana, 2023). O programa teve um custo estimado de 1,579 milhões de reais, e teve uma prorrogação para o ano de 2024 com a Lei nº 3.751, de 26 de janeiro de 2024 (Mariana, 2023). Em janeiro de 2025, o prefeito Juliano Duarte anunciou uma a continuidade do programa, se estendendo até o ano de 2028 (Mais Minas, 2025).

Segundo o estudo realizado por Franco (2023) em 2019 sobre o Tarifa Zero em Mariana (MG), a média mensal de passageiros transportados pela Transcotta (empresa responsável por disponibilizar as linhas de ônibus que atendem Mariana) era de 234.413 passageiros, e após adoção do Programa, essa média sofreu um significativo aumento para os anos subsequentes, atingindo um total de 404.827 no ano de 2022 (aumento de 72,6%) e em 2023 (de janeiro até agosto), chegou a 424.959, sofrendo um aumento de 81,2%. Nesse sentido, de acordo com o autor, o Programa Tarifa Zero trouxe um grande impacto para as linhas de ônibus de Mariana (MG), principalmente no trajeto de conexão entre o bairro Cabanas e o bairro Rosário, sendo estes os dois bairros mais pobres do distrito sede de Mariana. Franco (2023)

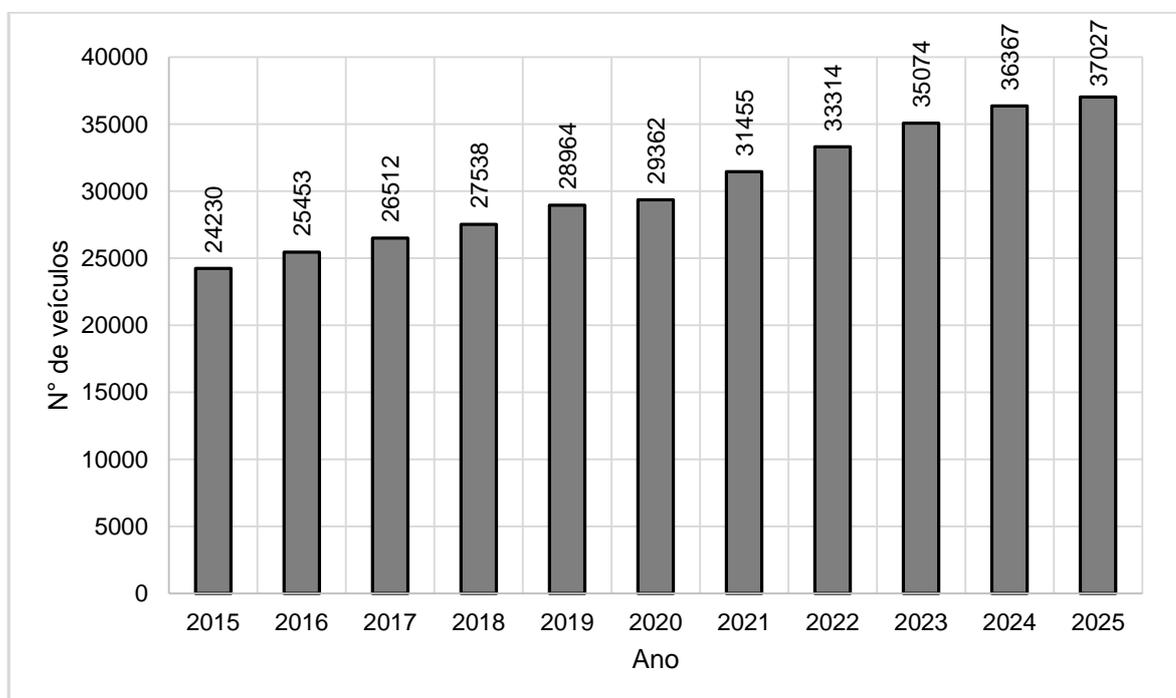
também destaca que antes da pandemia, entre dezembro de 2019 e fevereiro de 2020, a linha de ônibus encarregada por essa conexão chegou a transportar em média 93 mil passageiros por mês, e durante a pandemia (em 2021) a demanda caiu para 77 mil passageiros. No entanto, com o início do Programa, em fevereiro de 2022, o número de passageiros voltou a crescer, alcançando uma média mensal 155 mil passageiros, o que fez com que houvesse uma reestruturação do sistema de transporte em julho de 2022, alterando as linhas diametrais (que cruzavam a cidade inteira, ligando bairros distantes) por trajetos mais curtos. A linha Cabanas x Rosário, que conectava duas regiões periféricas com forte presença de famílias inscritas no CadÚnico (instrumento governamental brasileiro de coleta de dados e informações de famílias de baixa renda), foi desmembrada, formando as linhas Cabanas x Policlínica e Rosário x Centro (Franco, 2023). O intuito dessa alteração foi reduzir a superlotação, e conseqüentemente, melhorar a qualidade do serviço e atender de forma mais eficiente as rotas de maior demanda (Franco, 2023). De acordo com Franco (2023), o trânsito de Mariana apresenta desafios referentes a circulação de ônibus das mineradoras, que impactam o tráfego nas áreas centrais, e também pela presença de veículos clandestinos que operam em regiões de alta demanda, que por sua vez, teve uma considerável redução devido a alternativa gratuita e acessível proporcionada pelo Programa Tarifa Zero.

Assim, embora a inserção do programa não constitua uma solução dos problemas das desigualdades urbanas, que requer uma alta demanda de uma expansão de oportunidades de acesso a serviços, equipamentos urbanos e oportunidades de emprego, ele se destacou por assumir um papel social de ampliação da mobilidade para as regiões mais periféricas, com uma diminuição das barreiras socioespaciais (Franco, 2023). Os resultados do programa tiveram uma significativa aprovação da população segundo a consulta pública realizada em 2023 pela Ouvidoria Municipal que teve uma avaliação por parte de 2.985 pessoas entrevistadas, sendo 2.687 usuários de ônibus e 298 comerciantes, resultando um índice de 92% de aprovação, sendo que cerca de 56% do total dos usuários entrevistados declararam não possuir outra alternativa de deslocamento além do transporte gratuito, e 31% afirmaram que

poderiam recorrer a carro próprio, motocicleta ou aplicativo, mas preferiram utilizar os ônibus oferecidos pelo programa (Franco, 2023)

Contudo, a grande aceitação do Programa Tarifa Zero por parte da população não exclui a necessidade da análise do número da frota de veículos automotores, que apesar de seu uso de forma particular estar mais associado às famílias de classe média (Vasconcellos, 2016), nota-se um crescimento contínuo da frota de veículos no país, que nos últimos 14 anos passou de 64 milhões de veículos para quase 124 milhões, resultando em um aumento de cerca de 91% (IBGE, 2024). No caso de Mariana, apesar da Lei N° 3.650 definir no artigo 49 que o transporte público coletivo é prioritário na circulação de veículos nas áreas urbanas, percebe-se ainda um aumento expressivo da frota total de veículos automotores na última década no município (Figura 17), de cerca de 54,81% (SENATRAN, 2025). Outra contribuição para esse número de veículos automotores se dá por meio do recorrente uso do táxi e pelo transporte por aplicativo, que por sua vez, requer um certificado Anual de Autorização de Tráfego para os motoristas (Câmara Municipal, 2024).

Figura 17: Número da frota de veículos automotores em Mariana - MG (2015 a 2025)



Fonte: Alterado do SENATRAN (2025)

Isso infere que as cidades de países como o Brasil que aderem a um consumo exacerbado dos automóveis para o uso particular, causam um grande uso do espaço viário, tanto na circulação quanto em estacionamentos nas áreas centrais, condicionando um espaço desfavorável aos veículos de transporte coletivo que atendem a maior parte da população (Vasconcellos, 2016).

O problema do número de veículos é ainda maior para o caso de cidades históricas como o distrito sede de Mariana, que atraem um grande número de turistas, e conseqüentemente, ampliam o número de veículos em circulação, principalmente os privados (Rodrigues; Lima, 2014). Somado a isso tem-se uma infraestrutura e sistema viário histórico definidos pela formação da cidade pelo espraiamento urbano que limita de forma excessiva a circulação dos veículos, além de uma concentração de atividades comerciais nas áreas centrais que são destinadas, em boa parte, a atender ao turismo (Zarinato, 2008).

Cui, Mishra e Welch (2014) definem que umas das maneiras utilizadas pelos municípios de ser combater os problemas gerados pela alta circulação de veículos automotores, é investir no uso comum da bicicleta, que é capaz de oferecer à população uma melhor mobilidade, envolvendo uma prática saudável de custo reduzido e com menor impacto ao meio ambiente. No Plano de Mobilidade de Mariana, mais especificamente no artigo 20, da Lei N° 3.650, fica estabelecido a prioridade do espaço urbano para a circulação de pedestres e ciclistas, e nos artigos 40 a 48, vê-se um plano de incentivo ao uso de transporte ativo e coletivo, projetos de ciclovias, previsão de bicicletários em estacionamentos públicos e privados, integração do transporte ativo com o coletivo e a renovação e readequação de calçadas e vias, tornando-as mais acessíveis para os pedestres. Contudo, a realidade da infraestrutura presente na maioria das cidades não contribui para a inserção de ciclovias, ciclofaixas ou ciclorrotas, o que gera um desencorajamento para uso desse modal (Cui; Mishra; Welch, 2014).

Em Mariana, os bairros Cabanas, Rosário e Vila Maquiné, destacam-se por sua alta concentração de uma população economicamente ativa, no entanto se encontram distantes de alguns equipamentos urbanos, vias de mobilidade (Matos; Mayrink,

2025), e principalmente distante de equipamentos urbanos e áreas comerciais típicas dos centros urbanos. Segundo Matos e Mayrink (2025), esse distanciamento provoca uma segregação socioespacial, que limita o direito à cidade, especialmente pelo deslocamento ativo.

De acordo com um estudo realizado por Matos e Mayrink (2025) que aborda o potencial ciclável do município de Mariana (MG), existe um padrão de desigualdade urbana quanto a sua distribuição pelo território marianense, no qual demarca uma maior aptidão à adoção do transporte por bicicleta para as regiões mais centrais, enquanto os bairros periféricos apresentam os menores índices de aptidão. Entretanto, mesmo para o centro histórico de Mariana, que por sua vez, possui calçadas contínuas e densidade funcional que condicionam à adoção da mobilidade ativa, ainda se observa uma carência de uma estrutura cicloviária (Mayrink, 2024).

Nesse sentido, mesmo que o uso da bicicleta apresente vários benefícios, atualmente sua aplicação ainda é mais direcionada para grandes cidades e capitais (Mayrink, 2024), e portanto, nota-se uma dificuldade para cidades históricas como Mariana, que de acordo com a Lei N° 3.650 apresenta muitas demandas correlacionadas à adequação das calçadas e pavimentações à acessibilidade, com um grande foco em conservar o patrimônio cultural e histórico (Mariana, 2022). Dessa forma, o estreitamento das vias, o grande número de veículos automotores, o tipo de pavimentação em pedra, junto à falta de sinalização cicloviária adequada, delimitam o uso da bicicleta no local (Matos; Mayrink, 2025). O resultado da análise realizada por Matos e Mayrink (2025) para o contexto da ciclomobilidade em Mariana, indica a importância de considerar todas as múltiplas faces de uma cidade, sendo completamente vinculado ao seu contexto histórico. Para o caso de cidades históricas, como Mariana, junto a preservação do patrimônio cultural, tem-se o relevo e a configuração urbana como obstáculos específicos à mobilidade ativa (Matos; Mayrink, 2025), o que cria um efeito causador de muitos dos problemas da mobilidade pelo modo ativo, principalmente no acesso as áreas centrais. Segundo Kneib (2008), as áreas centrais são definidas pela aglomeração de atividades e pela acessibilidade, e quando inseridas de maneira estratégica no espaço urbano, favorecem o

planejamento de transportes do local e fomentam o modo ativo de deslocamento. No entanto, por conta de um sistema de urbanismo disperso, as cidades brasileiras geralmente não priorizam em seu planejamento urbano uma integração do modo de deslocamento ativo com o uso do solo (Lopes, 2023). Isso se reflete no caso do distrito sede de Mariana, que apresenta uma grande porção do seu território, disposto em áreas com declividades (item 3.1.1) pouco favoráveis para mobilidade, principalmente pelo modo ativo, que limita a proximidade com as áreas centrais, como o caso dos bairros Cabanas, Vale Verde, Cartuxa, Rosário e Nossa Senhora do Carmo. Por outro lado, os bairros que possuem áreas mais planejadas já se encontram próximo as áreas centrais, que é o caso dos bairros Barro Preto, Cruzeiro do sul e São Pedro. Assim, embora se tenha toda uma perspectiva consolidada pelo Plano de Mobilidade Urbana de Mariana em alcançar as metas de desenvolvimento do transporte ativo e do transporte coletivo, as características físicas do distrito ainda demonstram ser uma grande barreira para se obter resultados mais significativos, principalmente no que se diz à aproximação da população residente das áreas mais periféricas e de maiores declividades às atividades das áreas centrais. Isso reduz, as alterações propostas, principalmente no transporte ativo, à seletas áreas, e, portanto, não aparentam ser compatíveis com a escala espacial de projeto requerida para solucionar os problemas da mobilidade pendular excessiva existente no distrito.

Também é necessário observar que dentro do distrito existem áreas demarcadas pelo mapa de zoneamento urbano (Prefeitura de Mariana, s.d) (Anexo A) que indica regiões propensas a urbanização, classificadas como ZUF (Zona de Urbanização Futura). Segundo a Lei Nº 228, de 22 de dezembro de 2022, essa zona é constituída por glebas ainda não ocupadas, com condições ambientais, geotécnicas e conexão viária favoráveis para o processo de ocupação, e assim, podem proporcionar a criação de parcelamentos de solo com predisposição ao crescimento urbano sustentável e com designação de usos diversificados do solo, porém, tendo como recomendação, o uso residencial (Leis Municipais, 2023). Ao ser realizado o parcelamento do terreno localizado na ZUF, a administração Pública Municipal pode definir um novo zoneamento para área, que podem ser do tipo (Leis Municipais, 2023):

- ZAR: área do perímetro urbano designada ao controle de adensamento, com foco na preservação de ambiência, da paisagem urbana histórica e da estrutura urbana. Essa área dispõe de uma altura máxima edificável de sete a treze metros de altura.
- ZPA: área do perímetro urbano passível ao adensamento, com foco nas condições mais adequadas do meio físico, do solo e das infraestruturas. Essa área dispõe de uma altura máxima edificável de dezesseis metros de altura.
- ZPPA: área do perímetro urbano designada ao controle de adensamento, com foco primordial na preservação da qualidade ambiental, na proteção da paisagem natural e dos bens históricos, e no controle da transição entre a área urbana e rural. Essa área dispõe de uma altura máxima edificável de sete metros de altura.

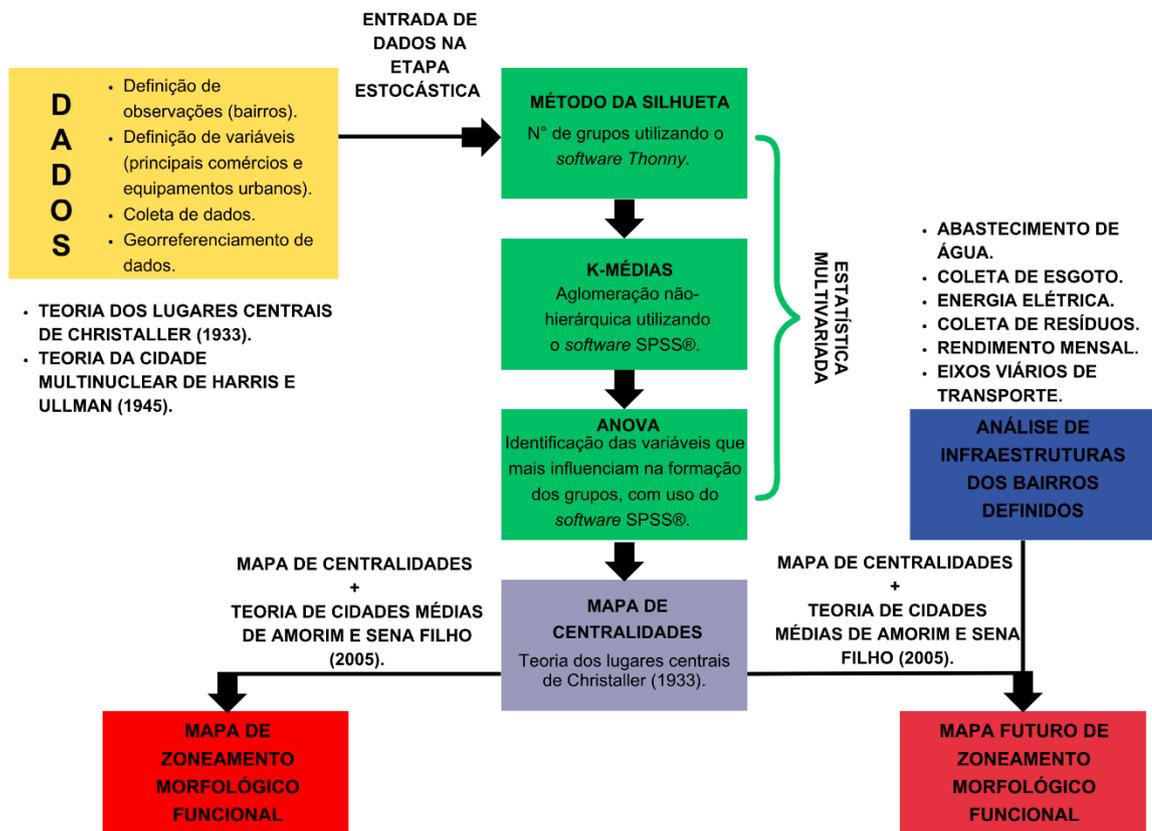
Nessa óptica, entende-se que mesmo que as duas grandes áreas classificadas como ZUF existentes no distrito sede de Mariana (Anexo A) sejam no futuro urbanizadas tendo como foco o uso residencial, os moradores dessa área ainda se encontrariam distantes da área central atual do distrito. Isso revela a importância em analisar as características atuais do sistema de mobilidade urbana e o modelo proposto de zoneamento do distrito sede de Mariana, que juntos constituem uns dos pilares para um planejamento urbano eficiente, com intuito principal em estabelecer novas áreas centrais para oferecer o acesso a bens e serviços aos bairros mais prejudicados atualmente.

4 METODOLOGIA

Com a intenção de se atingir os objetivos propostos no item 1.2, foi essencial utilizar-se de diferentes técnicas e metodologias de análise (Figura 18). Foram coletados dados primários (item 4.1) em campo por meio de observação direta pelo pesquisador deste trabalho, sendo a coleta iniciada no dia 2 de agosto de 2024 se estendendo até o dia 9 de agosto de 2024, e por meio dos *softwares Google Earth e Google Maps* foi possível complementar uma parcela dos dados e obter-se as coordenadas geográficas de todos os dados. Já para etapa envolvendo análises estatísticas, fez-se uso do *software SPSS®* (itens 4.3 e 4.4) e *software Thonny* (item 4.2).

Como metodologia teórica para a definição das centralidades (item 4.5), foram utilizados os conceitos de Christaller (1966) voltados para os aspectos intra-urbanos, e os modelos desenvolvidos pela escola de Chicago, principalmente o de Harris e Ullman (1945) da cidade multinuclear. Já no caso da obtenção dos mapas de zoneamento morfológico funcional de Mariana (itens 4.6 e 4.7), foi utilizado a metodologia citada anteriormente, com a adição do modelo de cidade média proposto por Amorim Filho e Sena Filho (2005), além de uma análise das condições das infraestruturas e estruturas urbanas dos bairros do distrito Sede de Mariana.

Figura 18: Esquema de metodologia adotada



Fonte: Autoral (2025)

4.1 Georreferenciamento dos dados quantitativos de comércios e equipamentos urbanos

Todo escopo teórico utilizado neste trabalho lida basicamente com as dinâmicas das funções urbanas, economia urbana e suas interações no território que produzem, além de paisagens urbanas, uma determinada morfologia de ocupação espacial. Dessa forma, viu-se necessário obter dados dos principais pontos comerciais e equipamentos urbanos, que incluem sua localização dentro da malha urbana de Mariana, e mais especificamente, o bairro onde se encontram. A obtenção desses dados foi fundamentada na coleta de pontos cuja categorização pode ser observada a seguir.

- i. Principais pontos comerciais: mercado, indústria, academia, padaria, loja de materiais de construção e utensílios, restaurante, posto de gasolina e lanchonete.
- ii. Educação: escola, Universidade e creche.
- iii. Saúde: policlínica, Ubs, Hospital e Upa.
- iv. Finanças: banco e lotérica.
- v. Lazer: praça, quadra de esporte e cinema.
- vi. Igreja: principais igrejas.

4.2 Quantificação de agrupamentos para os dados do município de Mariana (MG)

Com a definição das variáveis quantitativas, caracterizadas pelas informações dos pontos comerciais, educação, saúde, finanças, lazer e igrejas, e as observações, os 29 bairros existentes no distrito Sede de Mariana, partiu-se uma condição inicial da análise, no qual não se possui um número exato de agrupamentos. E por não se ter uma nenhuma projeção razoável de número de grupos, optou-se por utilizar diretamente um método que fornecesse de forma objetiva e direta um número ótimo de grupos, não sendo considerado necessário o uso prévio de um método de aglomeração não hierárquico. Dito isso, adotou-se a aplicação do Método da Silhueta para identificar esse número ideal de grupos com o uso do *Software Thonny* (código apresentado no Apêndice A), para que posteriormente fosse utilizado o esquema de aglomeração mais adequado para os tipos de dados em estudo.

O Método da Silhueta, descreve em seu gráfico resultante um número ótimo de grupos para as observações com base na visualização de qual número de grupos possui o maior valor obtido (Albuquerque; Barros, 2020), sendo esse valor, o resultado da aplicação da equação 1 a seguir (Kassambara, 2017).

$$Silhueta = \frac{(b - a)}{máx(a, b)} \quad (1)$$

Sendo:

b = distância média para o grupo mais próximo

a = distância média intra-grupo (dentro do mesmo grupo)

4.3 Análise de similaridade das observações do município de Mariana (MG)

A partir da definição do número ótimo de agrupamentos e com a extração de qualquer grau de subjetividade na escolha do número de grupos (Kassambara, 2017), fez-se uso da estatística multivariada, sendo escolhido o esquema de aglomeração não hierárquico k-médias, ou *k-means*, para variáveis quantitativas, utilizando-se da medida de distância euclidiana. Trata-se de um método muito utilizado para alocar elementos em um número k de grupos pré-estabelecido, o que o torna uma ferramenta primordial para inserção das observações desse estudo em grupos com alta similaridade intra-classe (Fávero; Belfiore, 2024).

4.4 Análise de variância de médias dos agrupamentos

A variabilidade entre grupos é de suma importância para um entendimento mais aprofundado do esquema de aglomeração proposto. Dito isso, após a construção do modelo aglomerativo foi fundamental verificar se os valores de uma variável métrica específica diferem entre os grupos definidos, ou seja, se a variabilidade entre os agrupamentos é significativamente maior do que a variabilidade dentro de cada grupo. Para realizar essa análise, utilizou-se o teste F da análise de variância de um fator (*one-way analysis of variance* ou *one-way ANOVA*, em inglês). As hipóteses nula e alternativa para este teste podem ser definidas da seguinte forma:

H₀: a variável em análise apresenta a mesma média em todos os grupos formados.

H₁: a variável em análise apresenta média diferente em pelo menos um dos grupos em relação aos demais.

Com a aplicação da estatística F, à luz de um nível de significância pré-definido, o pesquisador poderá determinar quais variáveis apresentam as maiores diferenças nas médias entre os grupos, identificando aquelas que mais influenciam a formação de pelo menos um dos k agrupamentos (com os maiores valores de estatística F). Além disso, será possível reconhecer as variáveis que não têm impacto significativo na formação do número sugerido de agrupamentos, considerando um nível de significância estabelecido (Fávero; Belfiore, 2024).

4.5 Definição das centralidades para o município de Mariana (MG)

De acordo com Christaller (1966), para que fosse possível comparar as centralidades formadas em duas distintas localidades seria necessário agrupar os locais em classes altas e baixas. Isso significa que o que define centralidades se dá pelo grau de intensidade da concentração dos elementos utilizados. Para além da definição apontada acima, em que pese sua melhor adequabilidade para análises regionais, a definição de centralidades intra-urbana se impõe. Seguindo os modelos desenvolvidos pela escola de Chicago, em especial pode-se destacar o modelo de Harris e Ullman (1945) da cidade multinuclear, onde se identificam pela primeira vez, centros regionais intra-urbanos para além do núcleo principal ou CBD.

Seguindo essa definição e uma adaptação dos princípios descritos no item 2.1 sobre a categorização das centralidades (Christaller, 1966), e o modelo multinuclear citado acima, em conjunto com a quantificação de agrupamentos (Método do Silhueta) e a metodologia de designação de grupos (Método de aglomeração k-médias) aplicados nas observações coletadas apresentados anteriormente, foram determinados três grupos com as seguintes características:

- Centro regional intra-urbano de ordem baixa: Concentração baixa de equipamentos e comércios.
- Centro regional intra-urbano de ordem média: Concentração média de equipamentos e comércios.
- Centro Principal ou CBD: Concentração alta de equipamentos e

comércios.

4.6 Modelo de zoneamento morfológico funcional do município de Mariana (MG)

Os modelos teóricos aqui utilizados apontam para uma hierarquização de centralidades intra-urbana e sua localização dentro de uma morfologia urbana da sede municipal, bem como o nível funcional que estas apresentam. Assim as ferramentas de mapeamento e estocásticas utilizadas se somam para serem materializadas num modelo análogo ao modelo de classificação de cidades médias de Amorim Filho e Sena Filho (2005). O Quadro 2 abaixo apresenta os padrões encontrados em cada divisão de zoneamento realizado no modelo de Amorim Filho e Sena Filho (2005).

Quadro 2: Modelo de classificação de cidade média

Níveis de hierarquia urbana/Zona	Cidade média
Zona Central	Centro principal bem definido funcionalmente (forte presença de equipamentos “raros”, de alcance regional); diferenciação funcional interna; paisagem e morfologia típicas (construções em altura, maior densidade de construções; forte movimento de veículos e de pessoas; animação) função residencial superada pelas funções terciárias; centro com polarização pelo menos microrregional, podendo alcançar o nível regional de polarização.
Zona Pericentral	Extensa espacialmente, função residencial, predominante; presença de subcentros especializados ou polifuncionais (estes últimos pequenos), ao longo de eixos de praças e entroncamentos; diferenciações socioeconômicas; presença de equipamentos especiais como hospitais, universidades, casernas, estações rodoviárias e ferrovias etc.
Zona Periférica	De dois tipos: contínua (como prolongamento da zona pericentral) e descontínua ou polinuclear, formada por loteamentos (unidades organizadas) ou “vila” (desorganizadas, e em certas regiões, verdadeiras favelas); presença de subcentros polifuncionais bem modestos (comércio e serviços de vizinhança) e de alguns subcentros especializados; extensão proporcional ao nível hierárquico e tamanho da cidade
Zona Periurbana	Presença de uma zona de transição urbano-rural mais ou menos extensa e que se confunde, nas imediações da cidade, com a periferia polinuclear e descontínua; presença de alguns equipamentos terciários pontuais; aumento das casas de campo, de clubes campestres e de hotéis-fazenda; diminuição das fazendas e aumento das pequenas propriedades com produtos para a cidade média.

Fonte: Amorim Filho e Sena Filho (2005)

Sendo assim, o produto gerado pela junção dos conceitos aqui abordados pode ser observado nos critérios estabelecidos no Quadro 3. É válido salientar que pelo fato

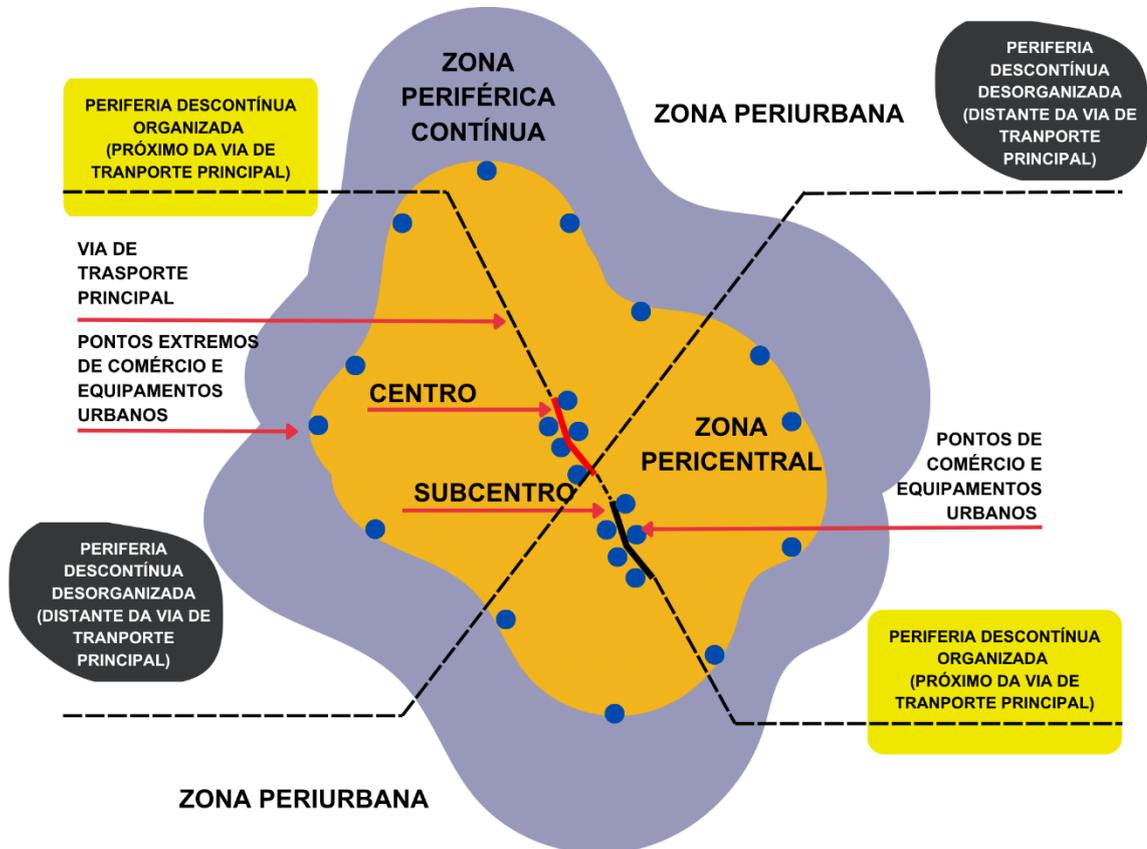
das classificações da adaptação do modelo de Christaller (conforme a Quadro 3) não identificarem quais as regiões do distrito sede de Mariana se enquadram como Zona periférica descontínua organizada e Zona periférica descontínua desorganizada, foi considerado então se a área se encontrava próximo ao eixo viário principal de transporte ou não, classificando os como do tipo organizado e desorganizado, respectivamente. A representação do modelo resultante pode ser observada na Figura 19.

Quadro 3: Modelo de classificação de cidade média resultante

Amorim Filho e Sena Filho (2005)	Adaptação de Modelo de Christaller (1933)	Modelo resultante
Centro	Centralidade intra-urbana principal	Trecho de vias principais (voltado para linhas de transporte) com maior concentração de equipamentos e serviços pertencentes à área da centralidade de ordem alta.
Subcentro	Centralidade intra-urbana regional	Trecho de vias principais (voltado para linhas de transporte) com maior concentração de equipamentos e serviços pertencentes à área da centralidade de ordem média.
Zona Pericentral	Centralidade intra-urbana sub-regional ou potencial	Área total proveniente da delimitação geográfica dos equipamentos e serviços localizados nos extremos da área da centralidade de ordem baixa.
Zona Periférica	-	Divido em contínua e descontínua (esse dividido em organizada e desorganizada) segundo os critérios de Amorim Filho e Sena Filho (2005).
Zona Periurbana	-	Zona fora da área pericentral delimitada.

Fonte: Autoral (2024)

Figura 19: Representação do modelo de zoneamento morfológico funcional resultante.



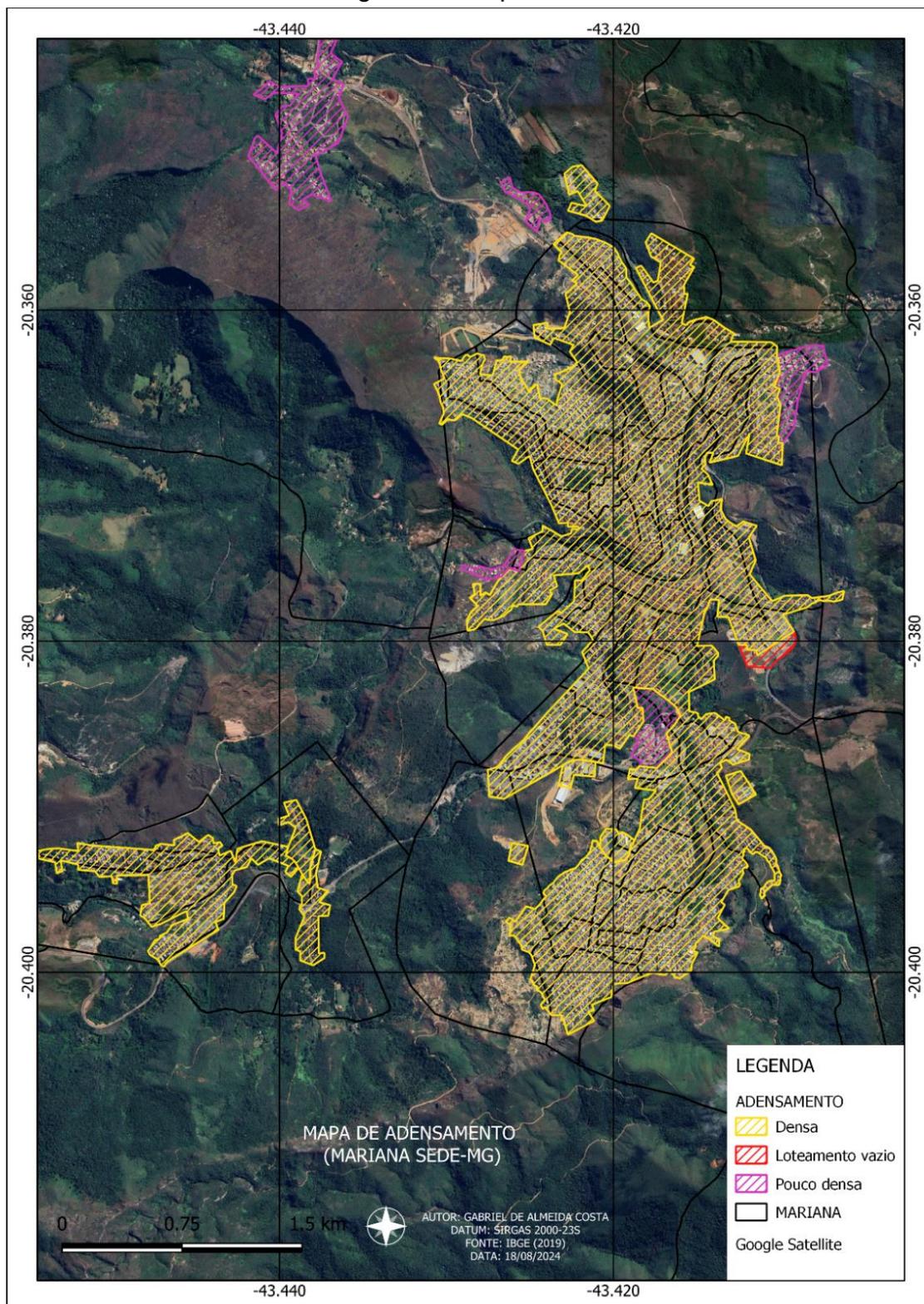
Fonte: Autoral (2025)

4.7 Modelo futuro de zoneamento morfológico funcional do município de Mariana (MG)

A fim de determinar um modelo de zoneamento morfológico funcional de um futuro ideal para a contexto marianense, é indispensável inserir junto ao processo de caracterização de áreas definido por Amorim Filho e Sena Filho (2005) (item 2.2), uma compreensão das condições de uso e ocupação dos bairros do distrito Sede de Mariana, que se baseie em indicar as áreas com melhores infraestruturas para ocupação e um processo de adensamento urbano estratégico. No entanto, para que fosse possível indicar tais áreas, primeiramente foi necessário identificar geograficamente os bairros que apresentam espaços vazios urbanos (Figura 20), com

base nos fundamentos de crescimento urbano mais compacto estabelecidos no item 1.1, e com isso gerar o resultado esperado que é apontar quais desses bairros possuem as melhores condições para o adensamento urbano.

Figura 20: Mapa de adensamento

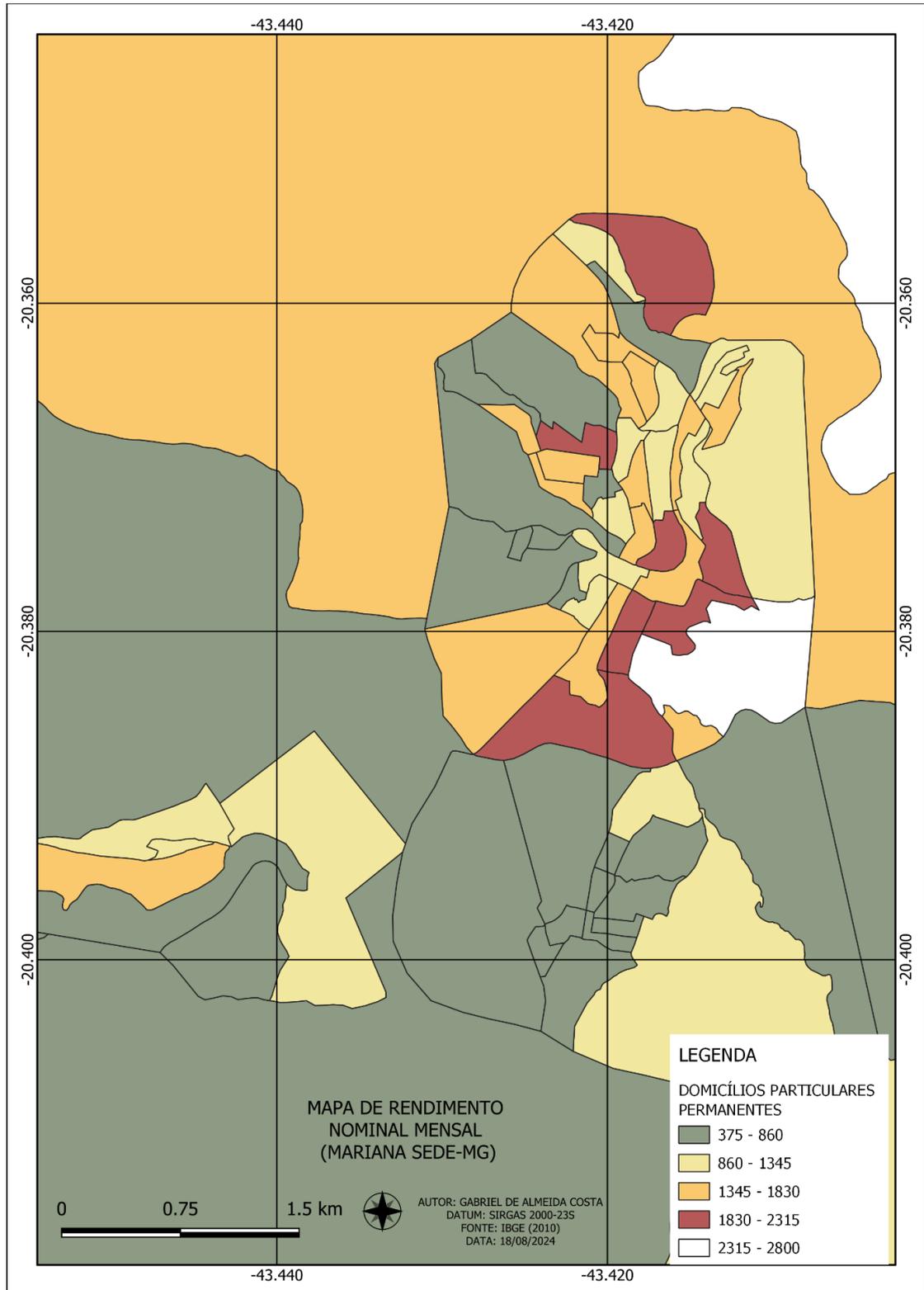


Fonte: Autoral (2024)

De acordo com o mapa de adensamento da Figura 20, gerado a partir de dados disponibilizados pelo IBGE (2019), existem cinco locais de baixa densidade e um que apresenta loteamentos vazios. Dentre os locais que possuem regiões de baixa densidade, estão os bairros Nossa Senhora Aparecida, Santo Antônio, São Pedro, São Cristóvão e Vila Gogo. Já o único bairro com uma porção de espaços vazios é o Cruzeiro do Sul.

Segundo a Figura 21, dentro desse total de seis bairros que apresentam espaços urbanos vazios ou com baixo adensamento, o rendimento mensal de maior destaque está focado na região mais ao centro do município, onde se localiza o bairro Cruzeiro do Sul, com rendimento que varia entre 2315 a 2800 reais. Seguido pelo bairro São Pedro, que por sua vez, apresenta um rendimento entre 1830 a 2315 reais. Logo após, o bairro Vila Gogo destaca-se por possuir um rendimento mensal que vai de 1345 a 1830 reais. Por outro lado, os bairros localizados em algumas das regiões mais periféricas possuem os menores números, sendo eles, Nossa Senhora Aparecida (860 a 1345 reais), Santo Antônio e São Cristóvão (375 a 860 reais).

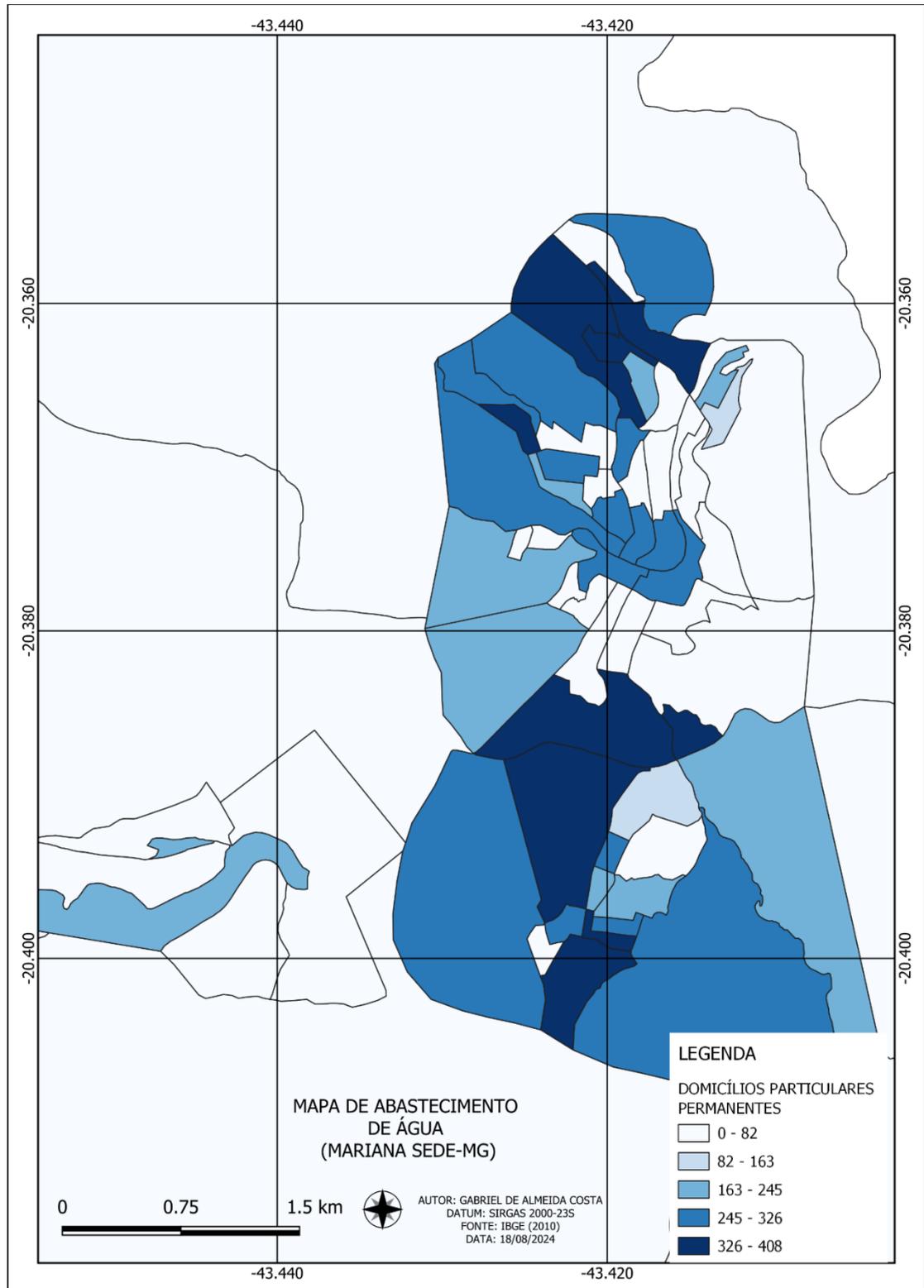
Figura 21: Mapa de rendimento nominal mensal



Fonte: Autoral (2024)

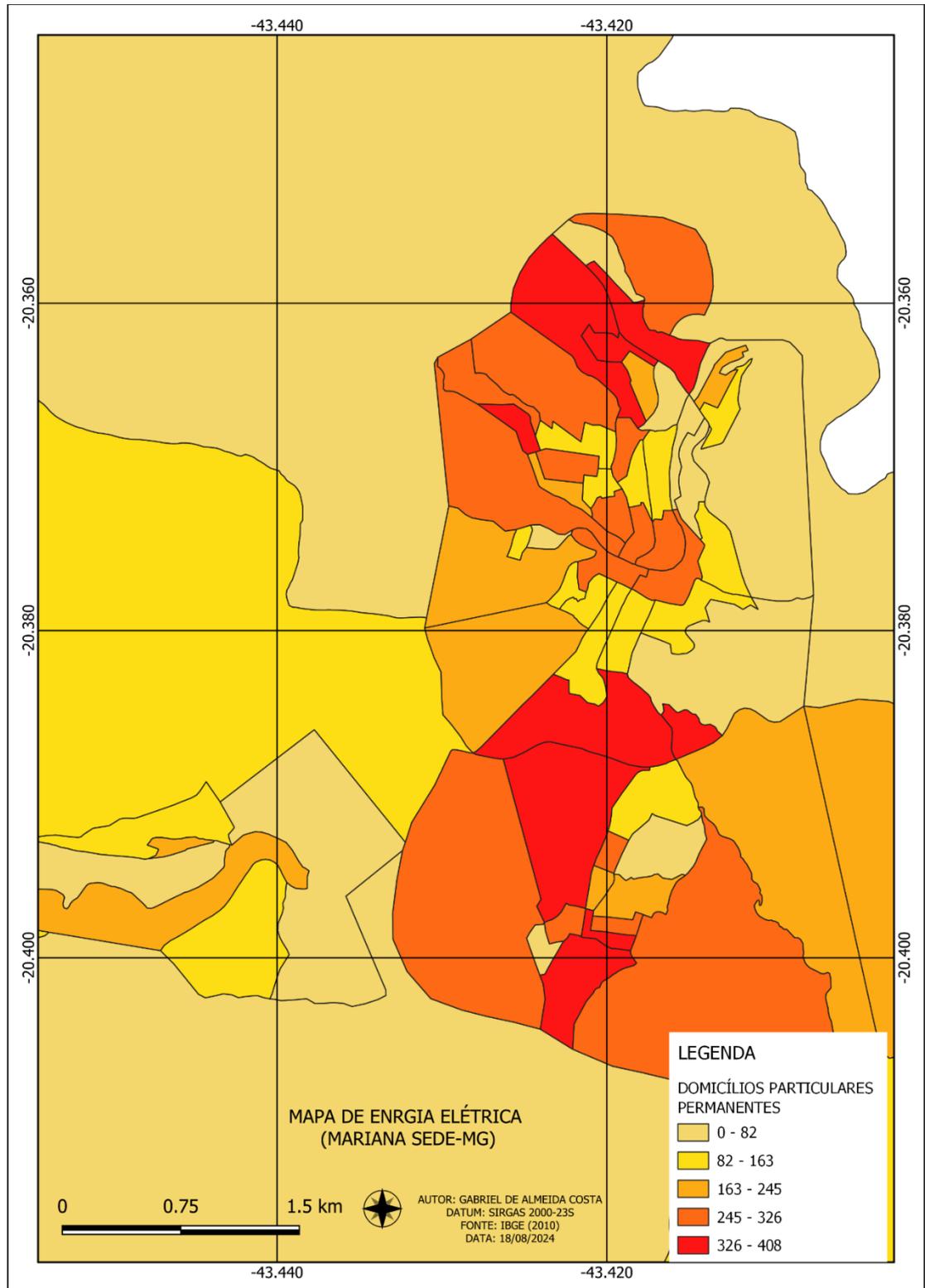
No que se diz respeito ao abastecimento de água (Figura 22) e energia elétrica (Figura 23) percebe-se um padrão, no qual São Pedro e São Cristóvão são bairros com maior acesso, com uma quantidade de domicílios que varia de 326 a 408, seguido pelo bairro Santo Antônio (163 a 245). Os bairros Vila Gogo, Cruzeiro do Sul e Nossa Senhora Aparecida apresentam os valores mais baixos.

Figura 22: Mapa de abastecimento de água



Fonte: Autoral (2024)

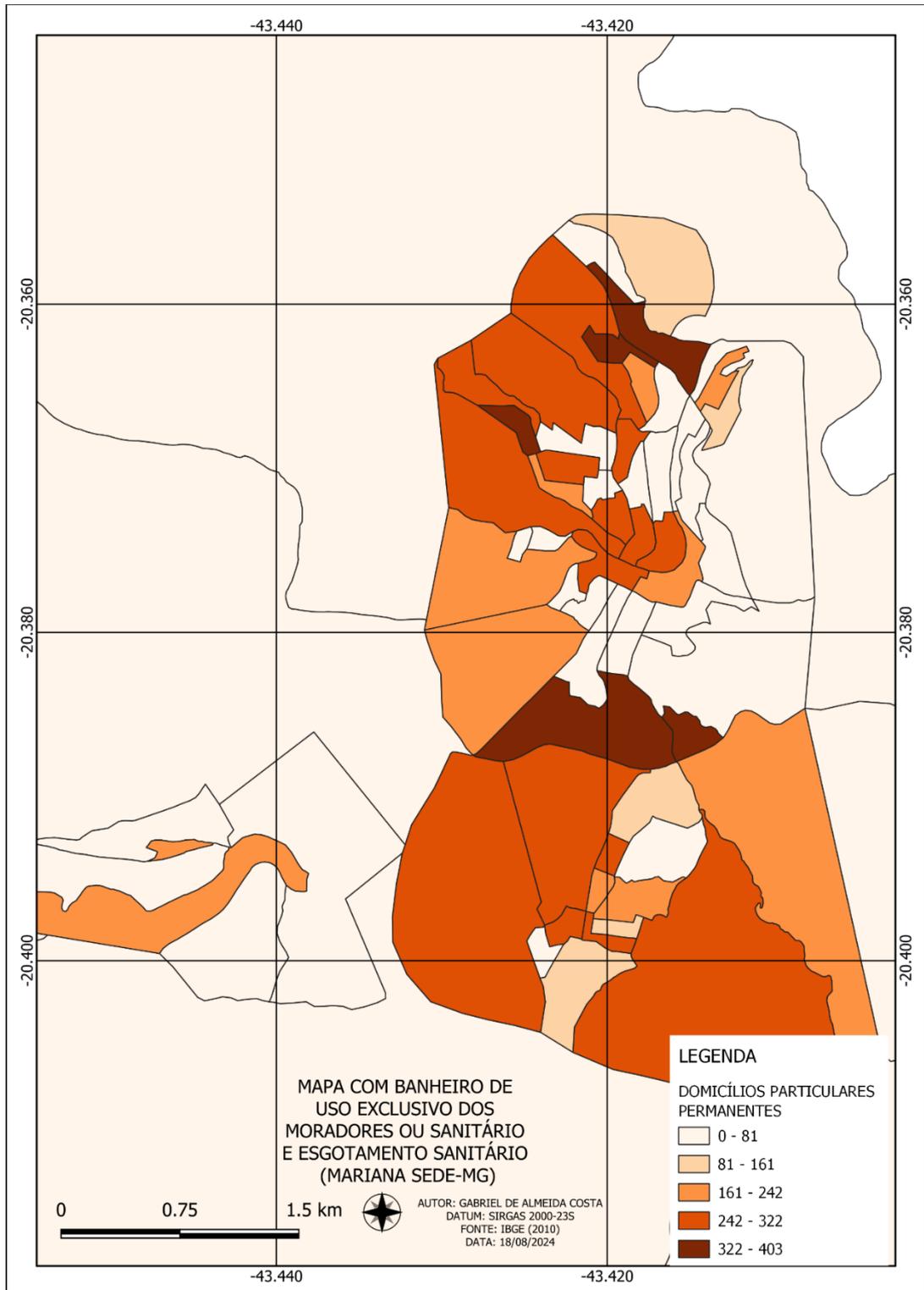
Figura 23: Mapa de energia elétrica



Fonte: Autoral (2024)

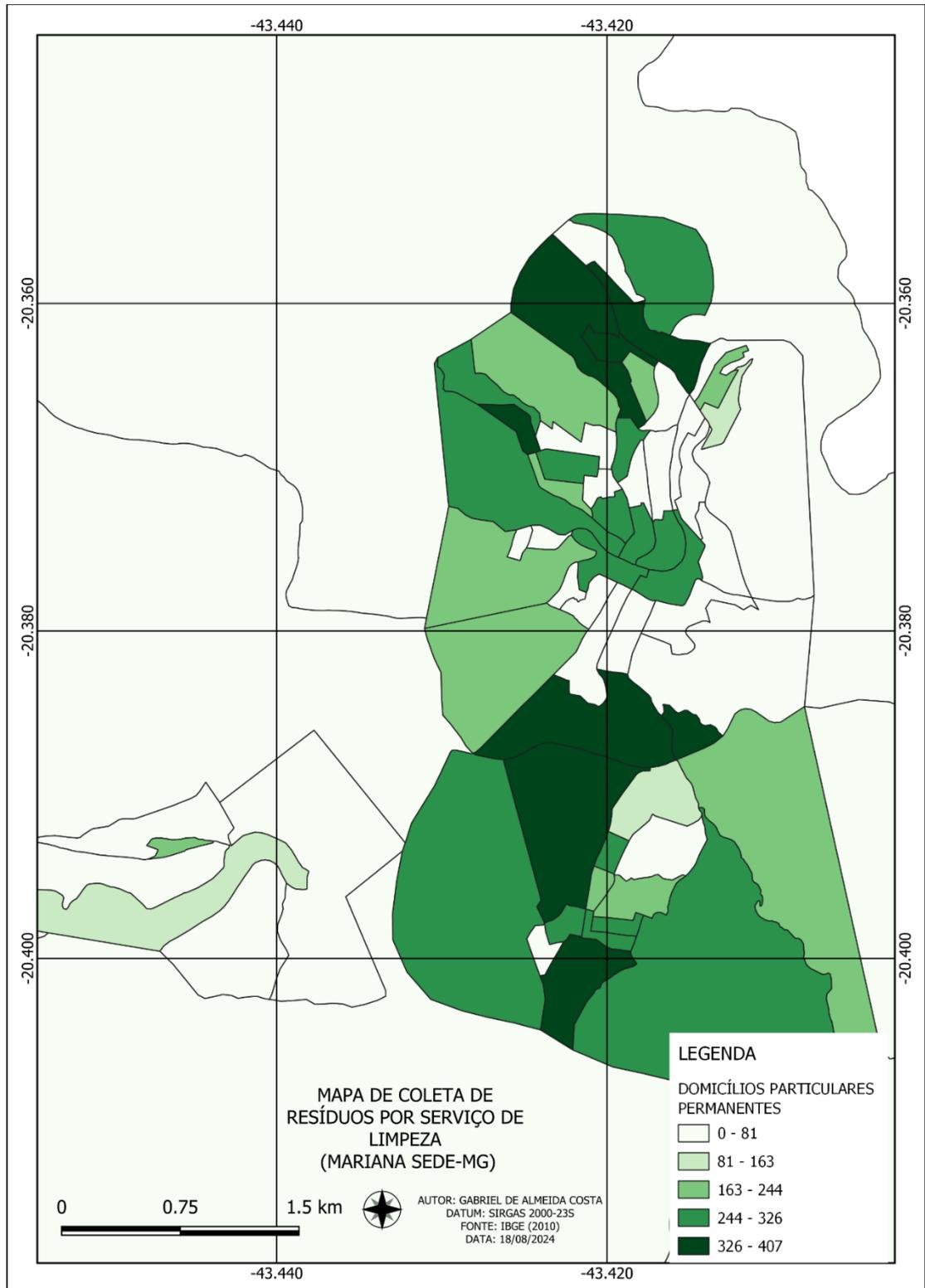
Os sistemas de coleta de esgoto (Figura 24) e de resíduos (Figura 25), não demonstram uma grande assimetria com os anteriores. Sendo os bairros com maior carência de atendimento, Cruzeiro do Sul, Gogo e Nossa Senhora Aparecida. E novamente, São Pedro e São Cristóvão, os bairros com maior atendimento, seguido pelo bairro Santo Antônio.

Figura 24: Mapa de coleta de esgoto



Fonte: Autoral (2024)

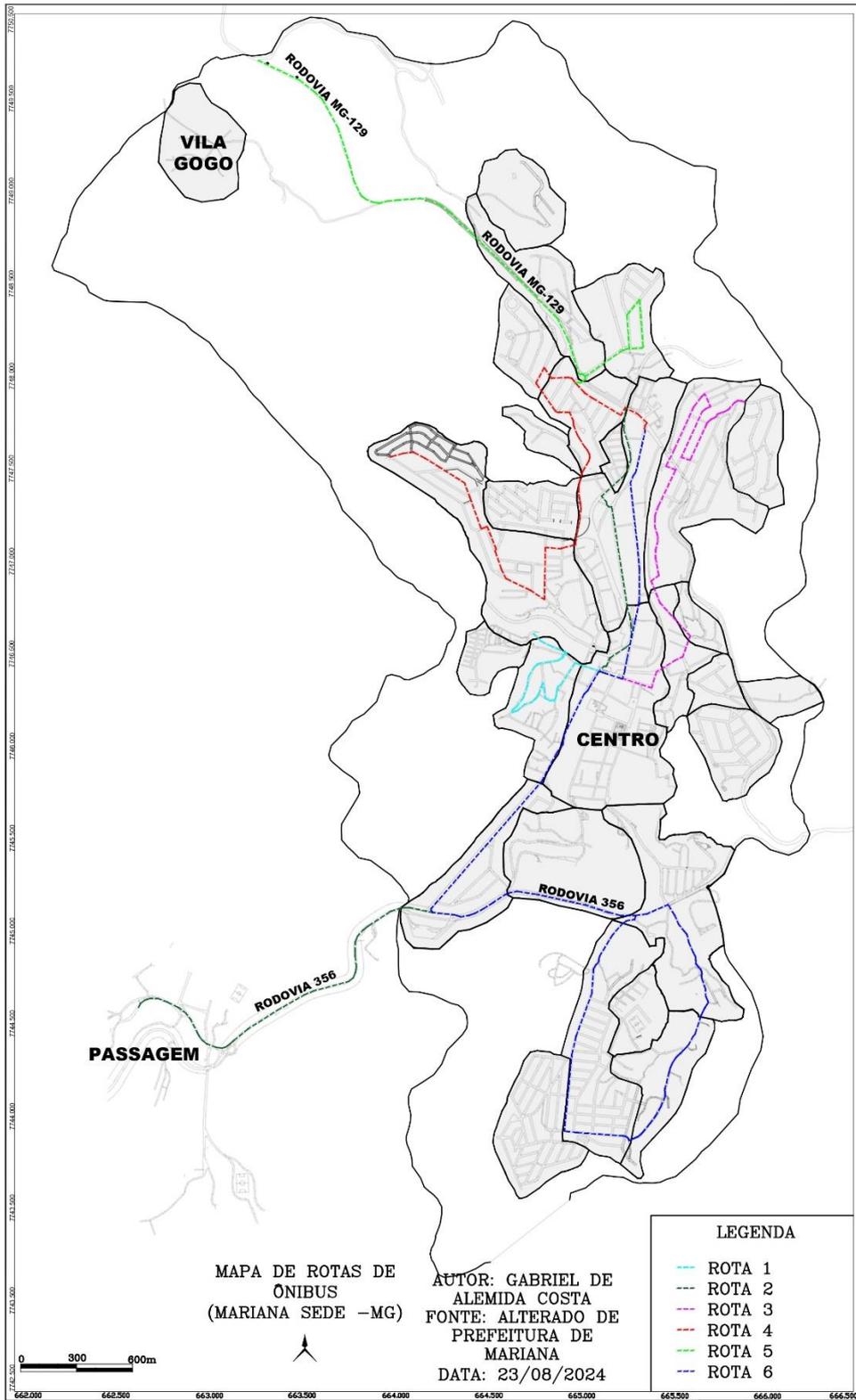
Figura 25: Mapa de coleta de resíduos



Fonte: Autoral (2024)

Uma outra etapa de análise foi através da verificação das linhas do transporte coletivo atuantes no município. Devido a ausência de dados oficiais disponíveis sobre a disposição espacial das linhas de ônibus para o distrito sede de Mariana, foram utilizados pelo autor dessa pesquisa, as demarcações individuais de uma cada das rotas das linhas utilizando o Moovit para a criação do mapa de rotas de ônibus (Figura 26) indicando os principais eixos viários correspondentes as demais linhas.

Figura 26: Mapa de rotas de ônibus



Fonte: Autoral (2024)

As Rotas apontadas pelo mapa acima acessam os seguintes bairros:

- Rota 1: Bairro Santo Antônio, São Gonçalo e Centro.
- Rota 2: Barro Preto, Estrela do Sul, Centro, Vila do Carmo e Passagem.
- Rota 3: Centro, Galego, Santana e São Sebastião.
- Rota 4: Barro Preto, Jardim dos Inconfidentes, Fonte da Saudade e Rosário.
- Rota 5: Jardim dos Inconfidentes, Vila Maquiné e São Cristóvão.
- Rota 6: Cabanas, Cartuxa, São Pedro, Vila do Carmo, Centro e Barro Preto.

Dessa forma, pôde-se observar que dentre os 6 bairros destacados anteriormente, apenas Cruzeiro do Sul e Vila Gogo estão situados a uma considerável distância de qualquer um dos principais eixos viários.

É importante ressaltar que apesar dos dados fornecidos pelo IBGE terem sido atualizados em 2022, os mapas apresentados nas figuras 21, 22, 23, 24 e 25 foram desenvolvidos com base nos dados do Setor Sensitário do IBGE de 2010, pois os dados disponíveis referentes ao ano de 2022 não eram suficientes para criação dos mapas.

5 RESULTADOS

5.1 Georreferenciamento dos dados quantitativos de comércios e equipamentos urbanos

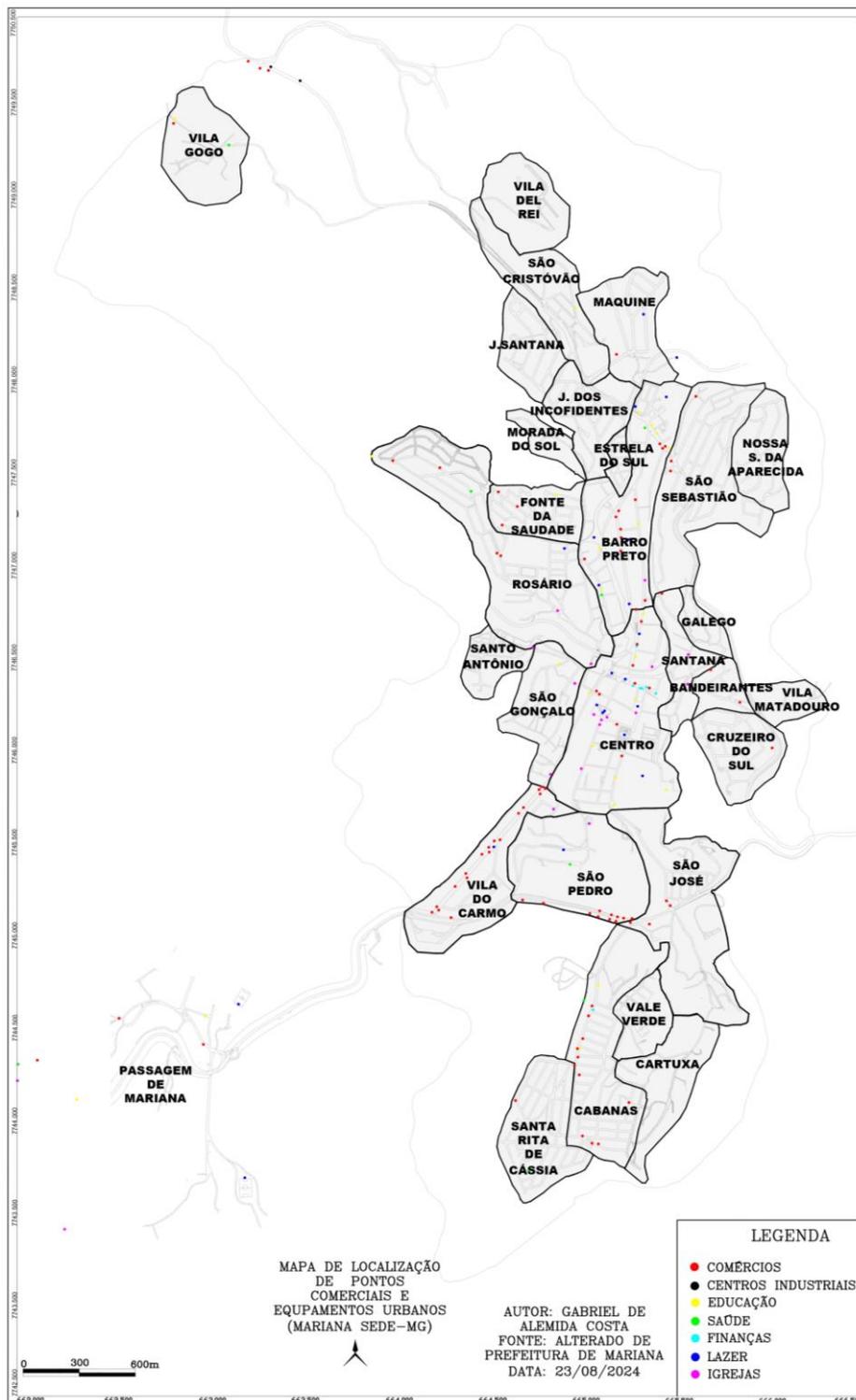
Os pontos coletados foram contabilizados (Tabela 1) e geograficamente situados em um mapa, conforme pode ser observado na Figura 27.

Tabela 1: Dados de comércios e equipamentos urbanos dos bairros

Bairros de Mariana	Comércios	Educação	Saúde	Finanças	Lazer	Igrejas
Santa Rita de Cássia	1	1	1	0	0	0
Cabanas	11	2	1	1	0	0
Cartuxa	0	0	0	0	0	0
Vale verde	0	0	0	0	0	0
São José	4	0	0	0	0	0
São Pedro	11	0	1	0	1	0
Vila do Carmo	18	0	0	0	1	1
Cruzeiro do Sul	1	0	0	0	0	0
Centro	10	8	0	6	9	7
São Gonçalo	0	1	0	0	0	2
Bandeirantes	2	0	0	0	0	0
Vila Matadouro	0	0	0	0	0	0
Santana	1	0	0	0	0	2
Galego	0	0	0	0	0	0
Santo Antônio	0	1	0	0	0	0
Barro Preto	11	8	2	0	6	1
Fonte da Saudade	3	2	0	0	0	0
São Sebastião	3	0	0	0	0	0
Estrela do Sul	0	0	0	0	0	0
Morada do Sol	0	0	0	0	0	0
Nossa senhora aparecida	0	0	0	0	0	0
Jardim dos inconfidentes	0	0	0	0	0	0
Jardim Santana	0	0	0	0	0	0
Vila Maquiné	1	0	0	0	2	0
São Cristóvão	0	1	0	0	0	0
Vila Del rei	0	0	0	0	0	0
Vila Gogo	6	1	1	0	0	0
Rosário	4	0	1	0	1	1
Passagem	3	2	1	0	2	1

Fonte: Autoral (2024)

Figura 27: Mapa de localização de pontos comerciais e equipamentos urbanos

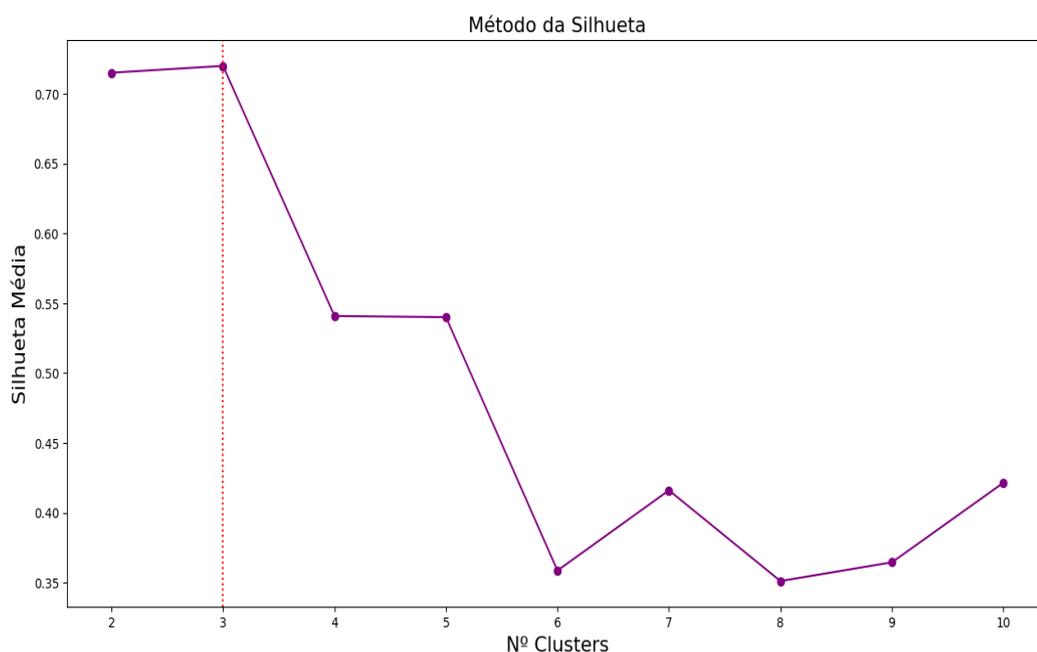


Fonte: Alterado da Prefeitura de Mariana (2024)

5.2 Quantificação de agrupamentos para os dados do município de Mariana (MG)

Para definir o número de agrupamentos ideal, recorreu-se ao Método da Silhueta. Os resultados direcionaram que a formação ideal corresponde a 3 grupos, a partir da observação do valor mais alto, ou valor de pico, referente ao número 3 (Figura 28).

Figura 28: Gráfico resultante do Método da Silhueta



Fonte: Autoral (2024)

5.3 Análise de similaridade das observações do município de Mariana (MG)

Para a determinação de grupos com características semelhantes recorreu-se a técnicas de estatística multivariada, mais especificamente ao esquema de aglomeração não hierárquico, k-médias. Com isso, os dados obtidos em campo contidos no Tabela 1 do item 5.1, passaram pela aplicação desse esquema de agrupamento, sendo o resultado de agrupamento gerado a partir do *software* SPSS®, conforme pode ser visto na Figura 29 abaixo.

Figura 29: Processamento final do k-médias



Fonte: Autoral (2025)

É importante ressaltar que o resultado obtido pelo esquema de aglomeração k-médias não apresentou nem um *outlier*. Sendo assim nenhum dado precisou ser excluído, e o direcionamento inicial para a pesquisa não precisou ser alterado.

5.4 Análise de variância de médias dos agrupamentos

Com o objetivo de verificar quais variáveis apresentaram médias diferentes em pelo menos um dos agrupamentos em relação aos demais e, conseqüentemente, contribuíram para a formação dos aglomerados, foi realizada a ANOVA descrita na Tabela 2, com o uso do SPSS®.

Tabela 2: Resultado do teste ANOVA

Variáveis	F	p - valor
Comércios	65,506	0,000
Educação	113,769	0,000
Saúde	3,885	0,033
Finanças	11,591	0,000
Lazer	97,250	0,000
Igrejas	12,477	0,000

Fonte: Autoral (2025)

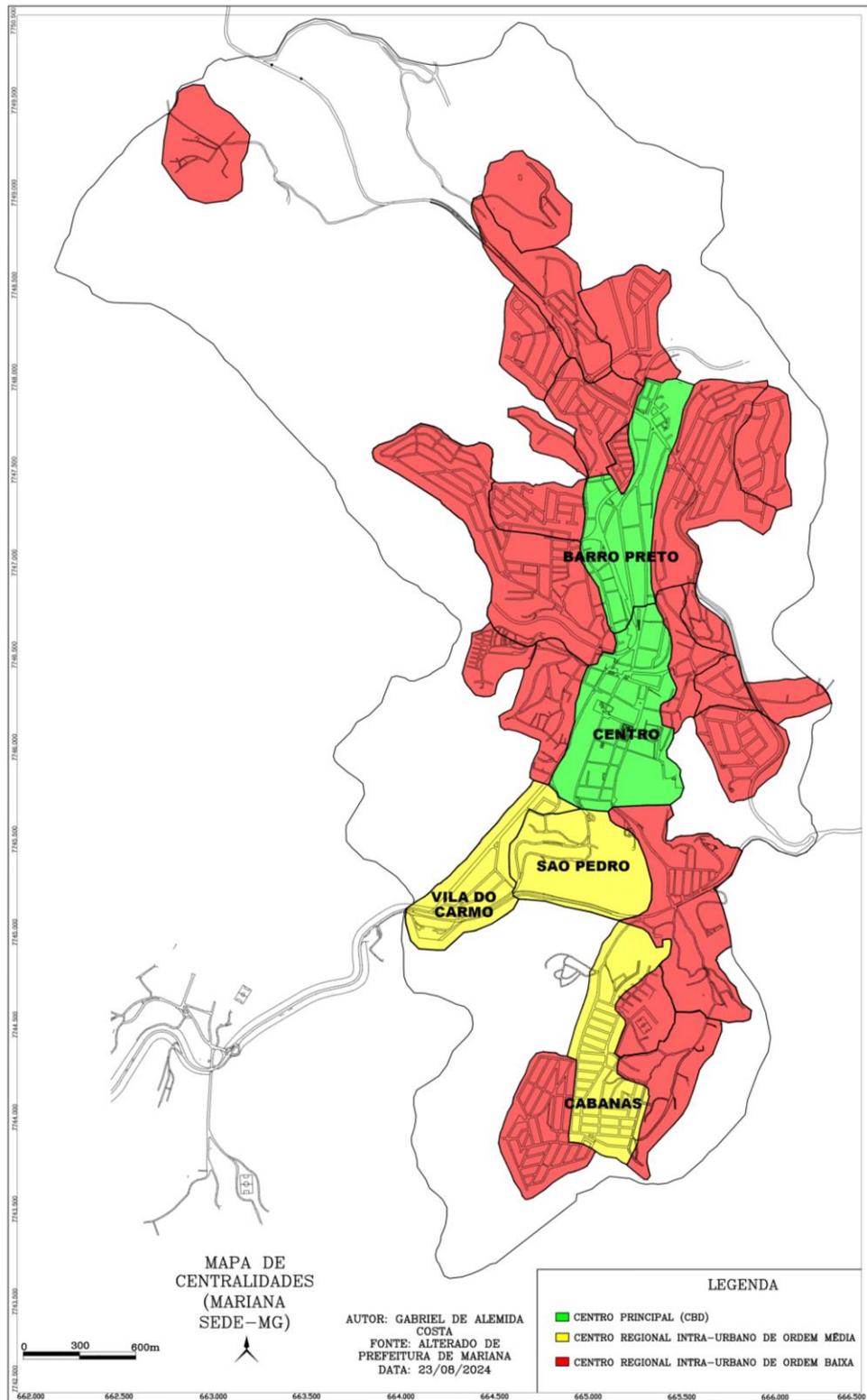
Ao aplicar a estatística F, considerando um nível de significância de 5%, é possível afirmar que todas as variáveis educação, lazer, comércios, igrejas, finanças e saúde, nesta ordem, apresentam diferenças nas médias entre os grupos, e assim todas influenciaram na formação de pelo menos um dos 3 agrupamentos. Nesse contexto, nota-se que, para o caso do distrito-sede de Mariana, todas as variáveis analisadas contribuíram de forma significativa e com proporções bastante semelhantes para a formação dos grupos. Esse resultado reforça a relevância individual de cada variável para o presente estudo e aponta a viabilidade de sua aplicação em pesquisas futuras com uma adequação para dinâmicas urbanísticas do distrito.

No entanto, também pôde ser observado que de acordo com os números de F-valor, as variáveis educação (113,769), lazer (97,250) e comércios (65,506) foram substancialmente maiores que as variáveis igrejas (12,477), finanças (11,591), saúde (3,885), e por isso foram mais influentes na formação dos grupos. Isso também denota a importância dessas variáveis mais influentes utilizadas para o contexto de Mariana, que juntamente com a cidade de Ouro Preto, possuem uma grande correlação entre grandes institutos de educação (como UFOP e IFMG) presentes em ambos, que propiciam um grande fluxo de pessoas que solidificam o aumento do consumo de bens e serviços, comércios e acesso às áreas de lazer.

5.5 Definição das centralidades para o município de Mariana (MG)

A partir dos modelos aqui utilizados, somados ao resultado da formação de grupos obtido no item 5.3, foi possível então realizar um mapa indicando onde estão localizadas as centralidades do distrito Sede de Mariana, em função dos três grupos hierarquizados da alta para a baixa ordem (Figura 30), ou seja, do grupo com maior quantidade de pontos comerciais e equipamentos urbanos para o com menor, onde a partir do resultado do k-médias, o grupo 1 corresponde ao Centro principal ou CBD, o grupo 2 ao Centro regional intra-urbano de ordem média e o grupo 3 ao Centro regional intra-urbano de ordem baixa.

Figura 30: Mapa de centralidades de Mariana Sede - MG



Fonte: Autoral (2025)

No Figura 30 foi possível observar alguns pontos importantes sobre a delimitação de centralidades. O primeiro ponto é que possível observar um crescimento acentuado do município, no que se diz respeito à quantidade de equipamentos urbanos e centros comerciais, para o sentido da região sul de Mariana, que cobre 3 bairros muito próximos, sendo Cabanas, Vila do Carmo e São Pedro, que se interligam por uma das vias de conexão e de transporte mais importante dessa área, a Rodovia dos Inconfidentes.

O segundo fator é a grande concentração da população na região sul do município, mais especificamente no bairro Cabanas. De acordo com os dados do número de inscritos no CadÚnico, até 2019, essa região constava com o maior número de cadastros de Mariana, o que indica a grande concentração de população nessa área do município (Gonçalves; Santini, 2023). Dessa forma, conforme visto nos itens 2.1 e 2.2, nota-se nesse caso a existência de uma forte correlação entre a concentração de comércios e a grande alocação de residências próximo às vias principais de deslocamento.

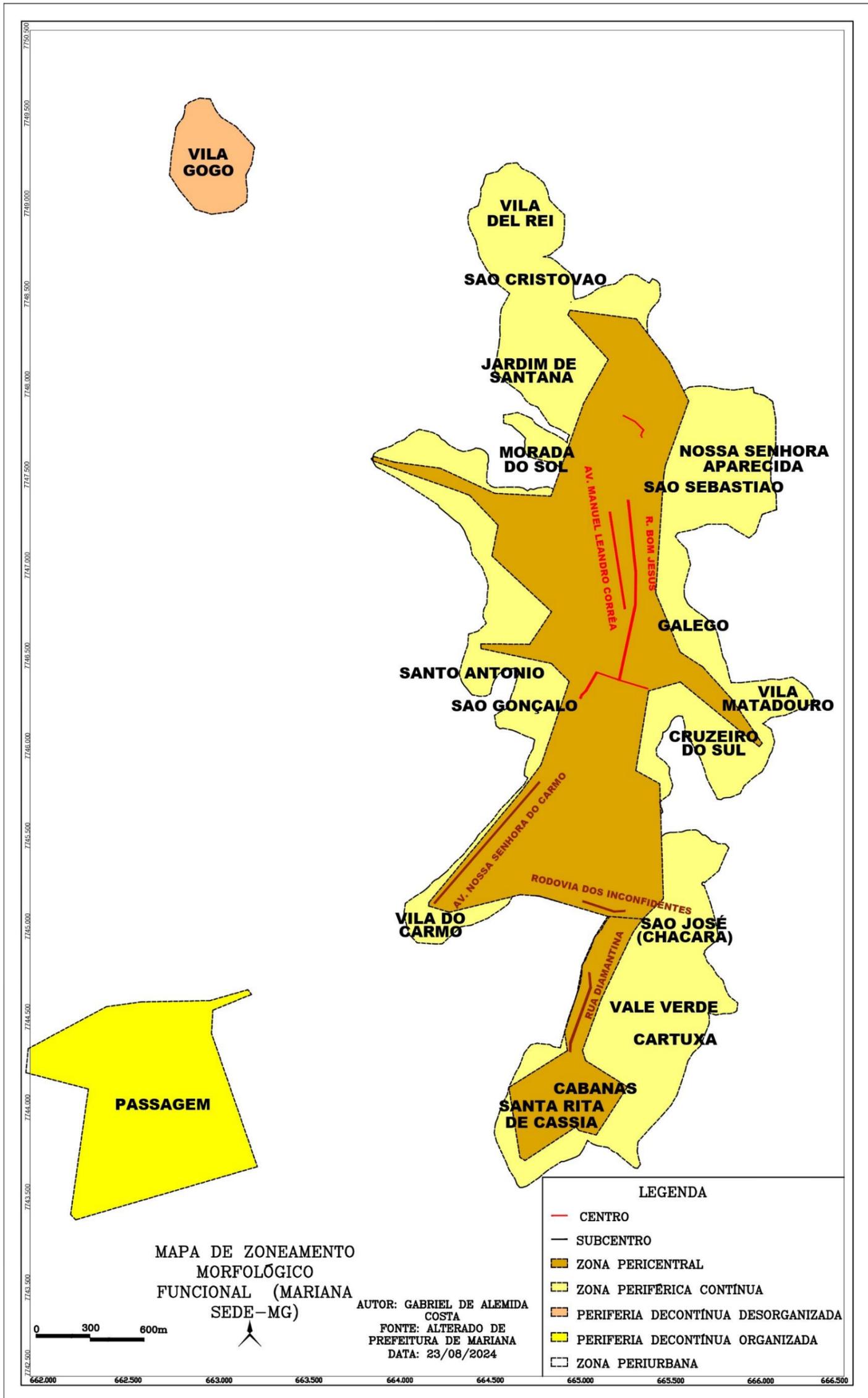
Similarmente, nota-se um grande desenvolvimento comercial do bairro Barro Preto por sua classificação de centralidade alta obtida, que de acordo com o mapa de centralidades apresentado pela Figura 30, funciona quase como uma espécie de extensão do Centro de Mariana, ao ponto de suas delimitações de bairro se confundirem com a do Centro. Isso está correlacionado, novamente, com a grande concentração de comércios próximos a basicamente uma única via de transporte, subdividida pela Rua Bom Jesus, Avenida Getúlio Vargas e Rua Praia do Canela, que passa por toda extensão dos dois bairros, interligando-os.

5.6 Modelo de zoneamento morfológico funcional do município de Mariana (MG)

Em consonância com o método resultante da junção do Modelo de Amorim Filho e Sena Filho (2005) e Adaptação de Modelo de Christaller (1933), demonstrado no Quadro 3 do item 4.6, foi criado um mapa de zoneamento morfológico funcional do distrito sede de Mariana (Figura 31). Embora o mapa tenha sido criado como uma

consequência de uma junção desses dois métodos de classificação, seu sistema de caracterização segue o modelo e os critérios de classificação propostos por Amorim Filho e Sena Filho (2005).

Figura 31: Mapa de Zoneamento Morfológico Funcional de Mariana Sede - MG



Fonte: Autorial (2025)

5.7 Modelo futuro de zoneamento morfológico funcional do município de Mariana (MG)

O resultado de todos os atributos analisados nos 6 bairros, com porções de espaços urbanos menos adensados, pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3: Resultado dos atributos dos 6 bairros selecionados

Bairro	Domicílios particulares permanentes					Próximo a à rota de ônibus	Suscetibilidade	
	R. Mensal (R\$)	Abastecimento de Água	Coleta de Esgoto	Coleta de Resíduos	Energia Elétrica		Inundação	M. de massa
Cruzeiro do Sul	2.315 a 2.800	0 a 82	0 a 81	0 a 81	0 a 82	Não	Baixa	Baixa a média
São Pedro	1.830 a 2.315	326 a 408	322 a 403	322 a 403	326 a 408	Sim	Baixa	Baixa a média
Vila Gogo	1.345 a 1.830	0 a 82	0 a 81	0 a 81	0 a 82	Não	Baixa a média	Baixa a média
Nossa Senhora Aparecida	860 a 1.345	0 a 82	0 a 81	0 a 81	0 a 82	Sim	Baixa	Baixa a média
Santo Antônio	375 a 860	163 a 245	161 a 242	163 a 244	163 a 245	Sim	Baixa a média	Baixa
São Cristóvão	375 a 860	326 a 408	322 a 403	326 a 407	326 a 408	Sim	Baixa a média	Baixa a média

Fonte: Autoral (2025)

5.7.1 Áreas potenciais para o novo adensamento urbano

Os bairros São Pedro e São Cristóvão apresentam os maiores números de domicílios com atendimento ao abastecimento de água, energia elétrica, coleta de esgoto e coleta de resíduos, além de estarem posicionados próximo aos principais eixos viários destinados ao transporte coletivo. Além disso, ambos os bairros possuem pelo menos um equipamento urbano ou ponto de comércio.

As condições superiores da infraestrutura, estrutura urbana (vias), declividade (conforme o item 3.1.1) e as áreas de baixa densidade urbana apresentadas pelos bairros São Pedro e São Cristóvão os favorecem diante dos demais. No bairro São Pedro, apesar de ter sido identificado com uma grande porção de sua extensão suscetível à inundação e movimento de massa (conforme o item 3.1.2), uma grande porção das regiões menos adensadas indicadas no mapa de adensamento (item 2.7) não fazem parte dessas áreas. Semelhantemente, os bairros São Cristóvão e Santo Antônio apresentam porções de suas áreas de baixo adensamento não localizadas

nas regiões mais críticas. E finalmente, as análises do meio físico da região, que abordam os aspectos da formação hidrogeológica e do solo do distrito, não repercutem de maneira impeditiva sobre a expansão da ocupação urbana, pois como dito no item 3.1.1, o distrito é constituído, basicamente, pelo o mesmo tipo de solo e grupo hidrogeológico. Dessa forma, esses três bairros possuem uma potencialidade de expansão, mesmo que em escalas distintas, no que se diz respeito as disposições espaciais isentas de maiores riscos.

Os bairros São Cristóvão e São Pedro permitem um adensamento junto a implementação de construções verticalizadas compostas por uso misto e comercial com a capacidade de transformar suas composições morfológicas funcionais e alterar os trechos de vias com maiores concentrações desses pontos para subcentros. O bairro Santo Antônio também apresentou características positivas em sua infraestrutura, embora menor que os dois bairros citados acima, que podem aproximá-lo do mesmo tipo de zoneamento, porém não exatamente na escala apresentada pelos bairros São Pedro e São Cristóvão. Isso significa que o bairro Santo Antônio, pode ter um crescimento reduzido no tocante ao uso comercial das edificações, o que conseqüentemente, desenvolveria trechos (subcentros) com menor grau hierárquico.

É importante ressaltar que apesar das áreas dos três bairros, São Cristóvão, São Pedro e Santo Antônio definidas como sendo as mais apropriadas para um novo processo de adensamento, segundo esse estudo, não estarem dentro da área de centralidade principal (conforme o item 5.5) ou Zona Central (conforme o item 5.6), essas três áreas se encontram geograficamente mais bem-dispostas e mais próximas dos bairros que possuem dificuldades em acessar a atual área central do distrito. Nesse sentido, essas novas áreas de adensamento poderão funcionar como novas centralidades (ou subcentros), que segundo Amorim Filho e Sena Filho (2005), podem oferecer atividades polifuncionais com equipamentos especiais, novos polos comerciais e equipamentos urbanos de lazer (sendo duas das variáveis mais influentes na etapa de agrupamento e na formação das centralidades conforme o resultado do teste ANOVA do item 5.4), gerando uma flexibilização do setor comercial, e conseqüentemente, novas ofertas de empregos. Assim, conforme Balbim (2016),

com essa maior proximidade com a população e com as principais vias utilizadas para transporte coletivo (conforme item 4.7), essas áreas potenciais selecionadas podem reduzir a mobilidade pendular excessiva, promover o modo ativo de deslocamento e a acessibilidade a essas áreas, além de diminuir a circulação de veículos particulares nessas regiões e nas áreas centrais vigentes.

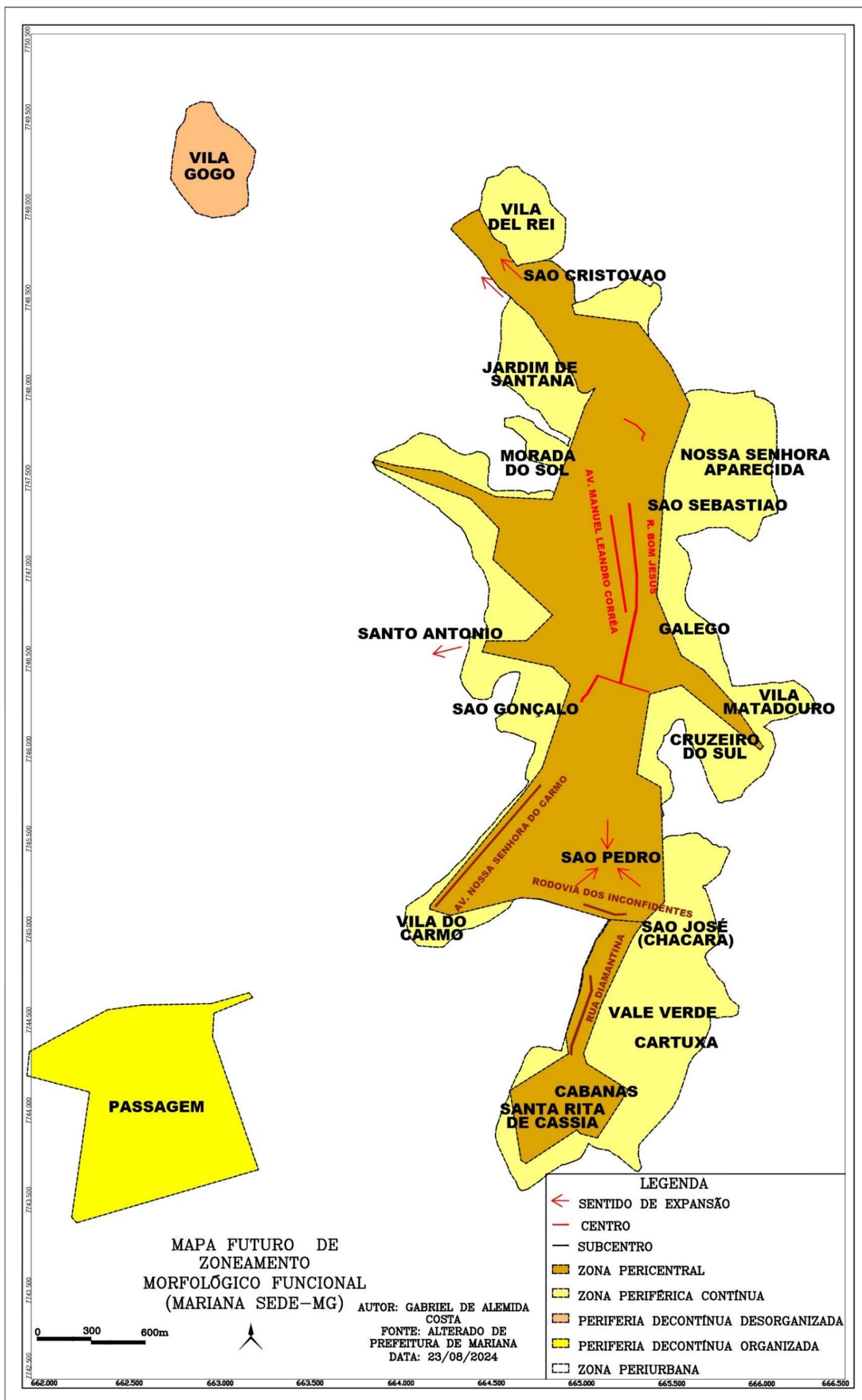
Contudo, para que ocorra o efetivo aprimoramento da mobilidade nas três áreas potenciais de novas centralidades, torna-se essencial promover intervenções físicas em suas principais vias de acesso: Rua Cônego Amando e Rodovia dos Inconfidentes (BR-356), no bairro São Pedro; Rua São Paulo, via de entrada do bairro Santo Antônio; e a MG-129, no bairro São Cristóvão.

Para essas quatro vias, recomenda-se a implementação de um sistema de iluminação mais eficiente, com a iluminação voltada aos pedestres, além da requalificação das calçadas e da demarcação de faixas de pedestres, considerando o iminente aumento da circulação de pessoas. Também se faz necessária a renovação da sinalização viária destinada a pedestres, ciclistas e os demais veículos, com base em projetos urbanísticos e intervenções pontuais de sinalização, de modo a ampliar a segurança em corredores que concentram elevado fluxo diário de veículos — em especial na Rodovia dos Inconfidentes (BR-356) e na MG-129 — bem como nas rotas utilizadas pelo transporte coletivo. Adicionalmente, recomenda-se a elaboração de projetos de requalificação da pavimentação das vias mencionadas, com intuito de aumentar a segurança operacional das linhas de ônibus que já atendem as três áreas potenciais.

Isto posto, para inserir um processo de adensamento com um maior rendimento nessas áreas indicadas, é necessário que haja uma correlação do planejamento urbano e da mobilidade com os parâmetros urbanísticos do distrito sede de Mariana, com o foco em estabelecer alturas máximas edificáveis que sejam as mesmas estabelecidas para áreas classificadas como ZPA (conforme o item 3.1.3). Ademais, é de salientar que a área do bairro São Cristóvão indicada como potencialidade já se encontra dentro de uma ZUF (conforme item 3.1.3), o que favorece sua alteração para uma área ZPA pela ação da administração Pública Municipal de Mariana.

Devido às considerações evidenciadas acima para os bairros São Cristóvão, São Pedro e Santo Antônio, foi então, desenvolvido um novo mapa de zoneamento morfológico funcional para Mariana (Figura 32), com o intuito de representar as possíveis mudanças aqui estabelecidas que são parte do conjunto de padrões determinantes para o melhor uso de seu território, e particularmente, induzindo o adensamento controlado, uma verticalização com uso misto e comercial e combater os vazios urbanos presentes nesses três bairros.

Figura 32: Mapa de Zoneamento Morfológico Funcional Futuro de Mariana Sede - MG



Fonte: Autoral (2025)

5.7.2 Áreas excluídas para o novo adensamento urbano

O bairro Vila Gogo se encontra consideravelmente distante da malha urbana, do eixo viário principal e dos bairros mais periféricos do distrito, e os bairros Nossa Senhora do Carmo e Cruzeiro do Sul possuem uma propensão de verticalização com uso mais residencial (Figura 33 e 34, respectivamente), além disso esses três bairros não apresentam quase nenhum tipo de equipamento urbano ou ponto comercial (item 5.5), e a baixa disposição dos elementos avaliados para os bairros citados acima (item 5.7.1) dificultam uma conversão de seus aspectos morfológicos funcionais. No caso do Cruzeiro do Sul, a situação é agravada, pois é o bairro com maior rendimento mensal observado, o que aponta para uma área habitada quase que completamente por pessoas com renda mensal alta, ou seja, formado por pessoas que não necessariamente dependem do transporte público para seu deslocamento, já que se encontram próximo às áreas centrais atuais (Centro e Barro Preto). Isso também constitui o custo da ocupação do bairro e revela o motivo do seu distanciamento em relação ao eixo viário principal mais próximo voltado ao transporte. Assim, como definição para o prognóstico desse estudo, o tipo de zoneamento para os bairros Nossa Senhora do Carmo e Cruzeiro do Sul permaneceu sendo o de zona periférica contínua, sendo esta uma zona de loteamentos residenciais que funciona como uma extensão da zona pericentral, e o bairro Vila Gogo permaneceu como sendo uma periferia descontínua desorganizada (conforme o item 4.6).

Figura 33: Imagem do bairro Nossa Senhora do Carmo



Fonte: Autoral (2024)

Figura 34: Imagem do bairro Cruzeiro do Sul



Fonte: Autoral (2024)

6 CONCLUSÃO

Conforme definido, o objetivo deste estudo foi detalhar o crescimento urbano no distrito sede de Mariana (MG), além de destacar os impactos das transformações históricas no processo de expansão urbana desordenada, predominantemente nas regiões periféricas. Isso foi efetivado com o uso de dados sobre os pontos comerciais e equipamentos urbanos do distrito, ferramentas de testes estatísticos e conceitos teóricos, que geraram a construção de mapas de centralidades e de zoneamento morfológico funcional atual e futuro. Neste último, concluiu-se que 3 bairros, São Pedro, São Cristóvão e Santo Antônio apresentaram condições favoráveis para um movimento de adensamento e verticalização com uso misto, enquanto Cruzeiro do Sul, Vila Gogo e Nossa Senhora do Carmo, caracterizaram-se por uma tendência residencial.

Com isso, observou-se a contribuição desta pesquisa para a compreensão dos atuais desafios confrontados pelo distrito, o que infere a necessidade de intervenções no planejamento urbano e mobilidade que se baseiem na melhoria das infraestruturas e no incentivo da verticalização comedida, que, por conseguinte, minimizem os problemas referentes a expansão urbana periférica e nos deslocamentos pendulares excessivos. Destaca-se, ainda, a relevância em promover alterações no sistema de mobilidade das 3 áreas potenciais, com foco em assegurar maior segurança e qualidade operacional tanto para o deslocamento ativo quanto para o transporte coletivo. Paralelamente, é importante acentuar a necessidade de uma adaptação do planejamento urbano, que foque na revisão dos parâmetros urbanísticos vigentes de Mariana, a fim de estabelecer de maneira estratégica, alturas máximas edificáveis mais apropriadas para o melhor aproveitamento das regiões selecionadas como potenciais para o adensamento.

Em síntese, o presente estudo ressaltou a demanda de análises interruptas constituídas pela observação do cenário da ocupação urbana de Mariana, essencialmente, focados na prevenção dos impactos futuros de um planejamento urbano inadequado. Além disso, constatou-se que os resultados obtidos demarcam a viabilidade dos métodos utilizados pelos autores mencionados para caracterização e

compreensão do zoneamento das cidades de médio porte, como Mariana, além das demais cidades mineiras.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

Uma das maiores dificuldades e limitações enfrentadas pelo autor ao decorrer desse trabalho, foi na obtenção de dados e informações mais recentes referentes, as divisões espaciais e nomenclaturas dos bairros, dos zoneamentos, da infraestrutura (Figuras 21 a 25) e da sistematização das linhas de ônibus (Figura 26), para a elaboração de mapas e análises gerais. Assim, apesar da ausência desses fatores não terem sido um empecilho para o resultado obtido, as disponibilizações dos mesmos certamente poderiam contribuir para a geração de resultados mais apurados e mais recorrentes com o cenário atual do distrito sede de Mariana. Nesse sentido, seria benéfico para autores de próximos trabalhos, que ao utilizarem do mesmo local de abordagem, tivessem acesso a esses dados e informações, além de priorizar um maior aprofundamento da pesquisa, principalmente no aumento do número e na complexidade das variáveis utilizadas na etapa estocástica desse trabalho, para que assim haja uma atualização dos resultados obtidos nesse estudo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Márcio Augusto de; BARROS, Kléber Napoleão N. O. **Introdução à Análise de Agrupamento: teoria e prática com aplicações em R**. Campina Grande: EDUEPB, 2020.

AMORIM FILHO, Oswaldo Bueno; SATHLER, Douglas; VARAJÃO, Guilherme Fortes D. C. **Cidades Médias: bases teórica e estudos aplicados à diamantina**. Belo Horizonte: Fino Traço, 2015.

AMORIM FILHO, Oswaldo Bueno; SENA FILHO, Nelson de. **A MORFOLOGIA DAS CIDADES MÉDIAS**. Goiânia: Vieira, 2005.

ANA, 2007. Disponível em <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/226381bf-48bd-4c75-8b3e-2372157438fb>. Acesso em: 29 ago. 2024.

ANDRADE, Ítala Luzia de. **Aplicação do modelo de zoneamento morfológico funcional para o estudo do espaço intraurbano de cidades médias: análise da cidade de viçosa-mg**. 2015. 75 f. Monografia (Especialização) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015. Disponível em: <https://www.geo.ufv.br/wp-content/uploads/2015/12/Itala-Luzia-de-Andrade.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2024.

ARAGÃO, Joaquim José Guilherme de; LIMA NETO, Oswaldo; BRASILEIRO, Anísio; SANTOS, Enilson Medeiros dos; SENNA, José Menezes; ORRICO FILHO, Rômulo Dante. Transportes no Brasil: que história contar?. *Transportes*, v. 9, n. 2, p. 87-107, 2001. Disponível em: <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/172>. Acesso em: 17 maio. 2025.

BALBIM, Renato. Mobilidade: Uma Abordagem Sistêmica. In: BALBIM, Renato.; KRAUSE, Cleandro; LINKE, Clarisse Cunha. (Orgs) Cidade e movimento: mobilidades e interações no desenvolvimento. Brasília: Ipea; ITDP, 2016, p. 23-42, cap. 1.

BARBOSA, Jorge Luiz. Mobilidade: Uma Abordagem Sistêmica. In: BALBIM, Renato.; KRAUSE, Cleandro; LINKE, Clarisse Cunha. (Orgs) Cidade e movimento: mobilidades e interações no desenvolvimento. Brasília: Ipea; ITDP, 2016, p. 43-56, cap. 2.

BEZERRA, Évilly Carine Dias; GOMES, Jaíra Maria Alcobaça. PERFIL DOS MUNICÍPIOS DO PIAUÍ (BRASIL) COM PLANO DIRETOR: UMA ANÁLISE MULTIVARIADA. **Revista Gesto**, Brasil, v. 1, n. 8, p. 56-71, dez. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.31512/gesto.v8i1.3426>. Acesso em: 21 dez. 2024.

Câmara Municipal, 2024. Disponível em: <https://camarademariana.mg.gov.br/comunicacao/assessoria-de-comunicacao/noticias/camara-de-mariana-aprova-regulamentacao-do-transporte-por-aplicativos/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

CARDOSO, Leandro. Transporte público, acessibilidade urbana e desigualdades socioespaciais na Região Metropolitana de Belo Horizonte. 2007. Tese (Doutorado em Geografia) Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-7A2N6A>. Acesso em: 17 maio. 2025.

CHRISTALLER, Walter. **CENTRAL PLACES. IN SOUTHERN GERMANY.** Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1966. 228 p.

CORRÊA, Roberto Lobato. O espaço urbano. São Paulo: Ática.1989. 85p.

CORRÊA, Roberto Lobato. **Cidades Médias**: espaço em transição. São Paulo: Expressão Popular, 2007. 609 p.

COSTA, Stael de Alvarenga Pereira; TEIXEIRA, Maria Cristina Villefort; SALGADO, Marina; NETTO, Maria Manoela Gimmler. A investigação da forma urbana em Minas Gerais, Brasil. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [S.L.], v. 12, p. 1-15, [s.i] 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20200095>. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20200095>. Acesso em: 30 jun. 2025.

CPRM. 2023. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22179?locale=en>. Acesso em: 29 ago. 2024.

CRUZ, Flávia Caroline Fidellis da; NUNES, Carla Aparecida. OS ELEMENTOS DE MODERNIZAÇÃO E URBANIZAÇÃO DE MARIANA NA PRIMEIRA REPÚBLICA (1889-1930): UMA ANÁLISE POR MEIO DAS ATAS DA CÂMARA MUNICIPAL DE MARIANA - MINAS GERAIS... In: Anais do 7º Seminário Ibero-americano Arquitetura e Documentação. Renger is...Belo Horizonte(MG) ON LINE, 7. Disponível em: [https://www.even3.com.br/anais/arqedoc2021/396304-OS-ELEMENTOS-DE-MODERNIZACAO-E-URBANIZACAO-DE-MARIANA-NA-PRIMEIRA-REPUBLICA-\(1889-1930\)--UMA-ANALISE-POR-MEIO-DAS](https://www.even3.com.br/anais/arqedoc2021/396304-OS-ELEMENTOS-DE-MODERNIZACAO-E-URBANIZACAO-DE-MARIANA-NA-PRIMEIRA-REPUBLICA-(1889-1930)--UMA-ANALISE-POR-MEIO-DAS). Acesso em: 30 jun. 2025.

CUI, Yuchen; MISHRA, Sabyasachee; WELCH, Timothy F.. Land use effects on bicycle ridership: a framework for state planning agencies. **Journal Of Transport Geography**. [S.l.], p. 220-228. dez. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.10.004>. Acesso em: 01 jul. 2025.

DEÁK, Csaba; SCHIFFER, Sueli Terezinha Ramos (org.). **Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil**. São Paulo: Edusp, 2010. 346 p.

DEVORE, Jay L. **Probabilidade e Estatística: para Engenharia e Ciências**. São Paulo: Cengage, 2006. 708 p.

EMBRAPA. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/mariana/panorama>. Acesso em: 29 ago. 2024.

FÁVERO, Luiz Paulo.; BELFIORE, Patrícia. **Manual de Análise de Dados: Estatística e Machine Learning Com Excel®, SPSS®, Stata®, R® e Python®, 2nd ed.**; Grupo Gen: Barueri, Brazil, 2024; ISBN 9788595159921.

FERREIRA, Rogério Resende Martins et al. **Análise de cluster não supervisionado em R: agrupamento hierárquico**. Campinas: Embrapa, 2020.

FRANCO, Daniel Aftimus Santini. **Tarifa zero e desigualdade social: um estudo de caso sobre a experiência de Mariana (MG) na implementação do passe livre no transporte público coletivo**. 2023. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16139/tde-11012024-121851/en.php>. Acesso em: 16 ago. 2025.

GONÇALVES, Cristiane Costa; SANTINI, Daniel. Tarifa Zero, segregação e desigualdade social. **Journal Of Sustainable Urban Mobility**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 111-121, 20 mar. 2023. Multiplicidade Mobilidade Urbana. <http://dx.doi.org/10.53613/josum.2023.v3.009>. Disponível em: <https://ipmmu.com.br/josum/article/view/17>. Acesso em: 22 fev. 2025.

GRACINO JÚNIOR, Paulo. MARIANA – DA CIDADE PATRIMÔNIO A CIDADE PARTIDA. Patrimônio e Memória, Assis, v. 2, n. 3, p. 147-170, 2007. Disponível em: <https://pem.assis.unesp.br/index.php/pem/about/editorialTeam>. Acesso em: 11 set. 2024.

GUIMARÃES, Clayton Douglas Pereira. DESAFIOS DO PLANEJAMENTO URBANO: A QUESTÃO DA OCUPAÇÃO EM ÁREAS DE RISCO. **Direito Magis**, Betim, v. 1, n. 1, p. 8-21, jun. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6620573>. Acesso em: 23 dez. 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE CIDADES. 2024. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/28120?ano=2024&tipo=grafico>. Acesso em: 17 maio. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE CIDADES. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/mariana/panorama>. Acesso em: 29 ago. 2024.

KASSAMBARA, Alboukadel. Practical guide to cluster analysis in R: Unsupervised machine learning. Sthda, 2017.

KNEIB, Erika Cristine. **Subcentros urbanos: contribuição conceitual e metodológica à sua definição e identificação para planejamento de transportes**. 2008. 207 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Transportes, Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/1765>. Acesso em: 21 maio 2025.

KURIYAMA, William Masayoshi. Avaliação espacial das temperaturas máximas, mínimas e umidade relativa do ar provenientes da reanálise do ERA5 sobre o estado de São Paulo. Cachoeira Paulista: Inpe, 2023.

LOPES, Flávia Cirqueira Rodrigues. Análise sistêmica do modo ativo: a busca pela priorização da acessibilidade ativa nas centralidades urbanas. 2023. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Artes Visuais, Programa de Pós-Graduação em Projeto e Cidade, Universidade Federal de Goiás, Goiania, 2023. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/items/f7bf1b45-e821-4c82-a9b4-f0e73382607c>. Acesso em: 21 maio 2025.

Mais Minas, 2025. Disponível em: <https://maisminas.org/prefeito-juliano-duarte-assegura-mais-4-anos-de-tarifa-zero-em-mariana-mg/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

Mariana (Município). Lei nº 3715, de 18 de abril de 2023. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/m/mariana/lei-ordinaria/2023/372/3715/lei-ordinaria-n-3715-2023-institui-no-ambito-do-municipio-de-mariana-o-programa-de-prestacao-de-servico-gratuito-e-ou-por-subsidio-de-transporte-coletivo-de-passageiros-tarifa-zero-cria-o-fundo-municipal-de-transporte-coletivo-fmtc-e-das-outras-providencias>. Acesso em: 13 maio. 2025.

MARIANA (Município). Lei nº 3.650, de 20 de dezembro de 2022. Institui O Plano de Mobilidade Urbana do Município de Mariana. Mariana, MG. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/m/mariana/lei-ordinaria/2022/365/3650/leiordinaria-n-3650-2022-institui-o-plano-de-mobilidade-urbana-do-municipio-demariana>. Acesso em: 05 jun. 2023.

MATOS, Bárbara Abreu; MAYRINK, Marcela Mafia. CICLOMOBILIDADE, TERRITÓRIO E JUSTIÇA ESPACIAL EM CIDADES HISTÓRICAS. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. e1954, 2025. DOI: 10.23900/2359-1552v14n3-73-2025. Disponível em: <https://journalppc.com/RPPC/article/view/1954>. Acesso em: 17 ago. 2025.

MAYRINK, Marcela Mafia. **ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA DEFINIÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE REDE CICLOVIÁRIA NO MUNICÍPIO DE MARIANA-MG**. 2024. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2024. Disponível em: <http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/6636>. Acesso em: 01 jul. 2025.

Moovit, 2024. Disponível em: <https://moovitapp.com/pt-br>. Acesso em: 30 jun. 2025.

NASCIMENTO, Sérgio Augusto de Moraes; LEAL, Luiz Rogério Bastos; PURIFICAÇÃO, Carlos Gleidson Campos da. A utilização da análise de variância (ANOVA) na distinção de aquíferos sedimentares na região do Recôncavo Norte, Estado da Bahia. **Águas Subterrâneas**, [S.L.], v. 30, n. 3, p. 411, 25 out. 2016. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v30i3.28654>. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v30i3.28654>. Acesso em: 01 mar. 2025.

PASSOS, Flora Lopes; COELHO, Polyana; DIAS, Adelaide. (Des)territórios da mineração: planejamento territorial a partir do rompimento em mariana, mg. **Cadernos Metrópole**, [S.L.], v. 19, n. 38, p. 269-297, abr. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2017-3811>. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2017-3811>. Acesso em: 30 jun. 2025.

PRADO, André. **Ao fim da cidade**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017. 338 p.

Prefeitura de Mariana, [s.d]. Disponível em: <https://www.mariana.mg.gov.br/>. Acesso em: 21 maio 2025.

Prefeitura de Mariana, [s.d]. Disponível em: <https://www.mariana.mg.gov.br/arquivos-categoria/25/legislacao-ocupacao-do-solo-mapas/>. Acesso em: 21 maio 2025.

RENGER, Friedrich E.; NOCE, Carlos M.; ROMANO, Antônio W.; MACHADO, Nuno. 1994. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, 2(1): 1-11.

RODRIGUE, Jean-Paul; COMTOIS, Claude; SLACK, Brian. **The Geography of Transport Systems**. 3. ed. Abingdon: Routledge, 2024. 396 p.

RODRIGUES, Camila da Silva; LIMA, Leandro Oliveira de. A mobilidade em cidades históricas: discutindo o transporte coletivo na cidade de Goiás – Goiás – Brasil. *Ueg*, Goiás, v. 3, n. 1, p. 50-60, maio 2014. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/2893>. Acesso em: 18 maio 2025.

ROJEWSKI, Jay W.; LEE, In Heok; GEMICI, Sinan. Use of t-test and ANOVA in Career-Technical Education Research. *Career And Technical Education Research*, [s. l], v. 37, n. 3, p. 263-275, mar. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5328/cter37.3.263>. Acesso em: 31 ago. 2024.

ROSÁRIO, Mayara Beatriz Santos Silva; LIMA, Tiago Caminha de; NUNES, Hikaro Kayo de Brito. Entre morros e olhares: a percepção ambiental de moradores frente aos riscos de deslizamentos em Caxias, MA, Brasil. **Terr@ Plural**, Ponta Grossa, v.

14, n. [S.I], p. 1-18, fev. 2020. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/13841>. Acesso em: 23 dez. 2024.

SANTOS, Humberto Gonçalves; JACOMINE, Paulo Klinger Tito; DOS ANJOS, Lúcia Helena Cunha; OLIVEIRA, Virlei Álvaro de; LUMBRERAS, José Francisco; COELHO, Maurício Rizzato; DE ALMEIDA, Jaime Antônio; FILHO, José Coelho de Araújo; OLIVEIRA, João Bertoldo de; CUNHA, Tony Jarbas Ferreira. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Ageitec, 2018. 355 p. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1094003&biblioteca=vazio&busca=1094003&qFacets=1094003&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 29 ago. 2024.

SANTOS, Milton. **O Espaço Dividido**: Os Dois Circuitos da Economia Urbana dos Países Subdesenvolvidos. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2004. 440 p.

SENATRAN, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/estatisticas-frota-de-veiculos-senatran>. Acesso em: 30 jun. 2025.

SOUZA, Leonardo Andrade de; SOBREIRA, Frederico Garcia; PRADO FILHO, José Francisco do. ARTOGRAFIA E DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL APLICADOS AO ORDENAMENTO TERRITORIAL DO MUNICÍPIO DE MARIANA – MG. Revista Brasileira de Cartografia, Ouro Preto, v. 03, n. 57, p. 189-203, abril. 2005. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43535/22803>. Acesso em: 30 jun. 2025.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. Mobilidade cotidiana, segregação urbana e exclusão. In: BALBIM, Renato; KRAUSE, C Cleandro; LINKE, Clarisse Cunha. (Orgs) Cidade e movimento: mobilidades e interações no desenvolvimento. Brasília: Ipea; ITDP, 2016, p. 57-80, cap. 3.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. **Ransporte Urbano, Espaço e Equidade. Análise das Políticas Públicas.** 2. ed. São Paulo: Annablume, 2001.

VICINI, Lorena. **ANÁLISE MULTIVARIADA DA TEORIA À PRÁTICA.** Santa Maria: Ufsm, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/72490>. Acesso em: 21 dez. 2024.

VICINI, Lorena; SOUZA, Adriano Mendonça; MORALES, Fidel Ernesto Castro; SOUZA, Francisca Mendonça. **Técnicas Multivariadas Exploratórias: Teorias e Aplicações no Software Statistica®.** São Paulo: Ufsm, 2020.

VILLAÇA, Flávio. Espaço intra-urbano no Brasil. São Paulo: Studio Nobel, 1998, cap.5, p. 113-134.

WRI BRASIL. 2018. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/>. Acesso em: 31 ago. 2024.

ZARINATO, Silvia Helena. A mobilidade nas cidades históricas e a proteção do Patrimônio. Maringá, 2008, p. 2-16.

APÊNDICE A – LINHAS DE CÓDIGOS EM PYTHON UTILIZADAS PARA APLICAR O MÉTODO DA SILHUETA

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
import scipy.cluster.hierarchy as sch
import scipy.stats as stats
from scipy.stats import zscore
from scipy.spatial.distance import pdist
from sklearn.cluster import AgglomerativeClustering
from sklearn.cluster import KMeans
from sklearn.metrics import silhouette_score
import pingouin as pg
import plotly.express as px
import plotly.io as pio
pio.renderers.default='browser'

dados_cartao = pd.read_csv('tabela.csv')

tab_descritivas = dados_cartao.describe().T
# Vamos padronizar as variáveis antes da clusterização!

#%% Padronização por meio do Z-Score

# Aplicando o procedimento de ZScore
cartao_pad = dados_cartao.apply(zscore, ddof=1)
```

```

# Visualizando o resultado do procedimento na média e desvio padrão
print(round(cartao_pad.mean(), 3))
print(round(cartao_pad.std(), 3))

#%%% Gráfico 3D das observações

fig = px.scatter_3d(cartao_pad,
                    x='BAIRRO',
                    y='COMERCIO',
                    z='ESCOLA')
fig.show()

#%%% Identificação da quantidade de clusters (Método da Silhueta)

silhueta = []
l = range(2,8) # ponto de parada pode ser parametrizado manualmente
for i in l:
    kmeansSil = KMeans(n_clusters=i, init='random', random_state=100).fit(cartao_pad)
    silhueta.append(silhouette_score(cartao_pad, kmeansSil.labels_))

plt.figure(figsize=(16,8))
plt.plot(range(2, 8), silhueta, color = 'purple', marker='o')
plt.xlabel('Nº Clusters', fontsize=16)
plt.ylabel('Silhueta Média', fontsize=16)
plt.title('Método da Silhueta', fontsize=16)
plt.axvline(x = silhueta.index(max(silhueta))+2, linestyle = 'dotted', color = 'red')
plt.show()

```

ANEXO A – MAPA DE ZONEAMENTO DO DISTRITO SEDE DE MARIANA

