UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

Gustavo Henrique Campos de Faria

Modelo de espaços obesogênicos em ambientes urbanos

Belo Horizonte
2024

Gustavo Henrique Campos de Faria

Modelo de espaços obesogênicos em ambientes urbanos

Versão Defesa Final

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais para a obtenção do título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo

Área de concentração: Teoria, Produção e Experiência do Espaço

Orientador: Prof. Renato César Ferreira de Souza, Dr.
Coorientadora: Profa. Larissa Loures Mendes, Dra.

Belo Horizonte

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

F224m

Faria, Gustavo Henrique Campos de.
Modelo de espaços obsesogênicos em ambientes urbanos [manuscrito] / Gustavo Henrique Campos de Faria. - 2024.
309 p. : il.

Orientador: Renato César Ferreira de Souza
Corientadora: Larissa Loures Mendes.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Saúde urbana - Teses. 2. Saúde pública - Teses. 3. Espaço (Arquitetura) - Teses. I. Souza, Renato César Ferreira de. II. Mendes, Larissa Loures III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. VI. Título.

CDD 616.398

Ficha catalográfica elaborada por Fernanda Pereira - CRB 6/2927

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Modelo de Espaços Obesogênicos em Ambientes Urbanos

GUSTAVO HENRIQUE CAMPOS DE FARIA

Tese submetida à Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Arquitetura da UFMG como requisito para obtenção do Grau de Doutor em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração: Teoria, produção e experiência do espaço.

Aprovada em 21 de outubro de 2024, pela Comissão constituída pelos membros:

gov.br Documento assinado digitalmente
RENATO CESAR FERREIRA DE SOUZA
Data: 23/10/2024 10:19:17-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Renato César Ferreira de Souza - EA-UFMG

gov.br Documento assinado digitalmente
LARISSA LOURES MENDES
Data: 25/10/2024 14:08:17-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Larissa Loures Mendes - Coorientadora
EF-UFMG

gov.br Documento assinado digitalmente
MAURICIO JOSE LAGUARDIA CAMPOMORI
Data: 27/10/2024 12:36:16-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Mauricio José Laguardia Campomori

gov.br Documento assinado digitalmente
EDJA BEZERRA FARIA TRIGUEIRO
Data: 04/11/2024 11:26:32-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Edja Bezerra Faria Trigueiro
UFRN

gov.br Documento assinado digitalmente
WALESKA TEIXEIRA CAIAFA
Data: 04/11/2024 23:11:20-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Waleska Teixeira
Faculdade de Medicina – UFMG

ICP-Edu Documento assinado digitalmente
Carlos Eduardo Verzola Vaz
Data: 05/11/2024 15:26:55-0300
CPF: ***.352.948-**
Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br

Prof. Dr. Carlos Eduardo Verzola Vaz
UFSC

Belo Horizonte, 21 de outubro de 2024.

Àqueles que, com poucos recursos, constroem os pilares do saber, dedico esta tese como um tributo à sua coragem e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Desde criança, quando me perguntavam o que eu queria ser quando crescesse, eu respondia com entusiasmo: "*cientista*". Naquela época, minha imaginação era capturada pelas técnicas de um jogo de alquimia e pelo fascínio de descobrir o desconhecido. Hoje, ao final desta jornada de doutorado, percebo que aquele sonho infantil se realizou de maneira inesperada e profunda. Agora, sou cientista. Mas, ao contrário do que eu poderia imaginar quando criança, percebo que o fim desta jornada é apenas o início de um novo universo de descobertas e perguntas.

Iniciei este doutorado em meio a um mundo em transformação. A pandemia que abalou o globo também moldou o início deste caminho. As trocas de saberes e as orientações, que antes aconteciam em salas de aula e corredores, foram transferidas para o ambiente virtual. O distanciamento físico tornou-se um desafio, mas também uma oportunidade para explorar novas formas de aprendizado e interação. Esse período remoto, que perdurou por grande parte do percurso, me ensinou a importância da adaptabilidade e da resiliência, valores que se tornaram fundamentais no meu desenvolvimento como pesquisador.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Prof. Dr. Renato César Ferreira de Souza, que me acompanhou desde o início desta jornada. Seu olhar multidisciplinar, que atravessa as fronteiras da teoria crítica, da arquitetura, do urbanismo, da saúde urbana, da pedagogia, da biologia do conhecimento e até mesmo da física, foi fundamental para o amadurecimento deste trabalho e para o meu crescimento como arquiteto urbanista e pesquisador. Suas orientações guiaram perspectivas que enriqueceram minha compreensão dos fenômenos em geral, inspirando e desafiando-me a pensar de maneira inovadora e crítica em cada etapa do percurso.

À Profa. Dra. Larissa Loures Mendes, também, os meus sinceros agradecimentos por sua coorientação. Suas valiosas contribuições sobre os ambientes alimentares e as teorias da nutrição e saúde pública ampliaram o escopo da minha análise e aprofundaram a compreensão dos espaços obesogênicos em contextos urbanos. Participar das discussões do Grupo de Estudos, Pesquisas e Práticas em Ambiente Alimentar e Saúde (GEPPAAS) e vivenciar suas trocas –

ainda que muitas vezes à sombra da minha própria timidez – foi essencial para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao CA_AU (Grupo de Pesquisa e Estudos em Computação Ambiental em Arquitetura e Urbanismo), expresso minha gratidão por ser um espaço de inovação, troca de conhecimentos e crescimento profissional. As atividades de pesquisa que realizamos, entrelaçando Ensino, Pesquisa e Extensão na Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, tornaram-se ainda mais significativas em tempos de isolamento. Agradeço especialmente a Edilson Pereira e Manfred Hoppe pelas trocas e parcerias de investigação que enriqueceram tanto o percurso da pesquisa quanto o meu entendimento dos desafios e das potencialidades da nossa área de estudo.

Agradeço ao Grupo de Modelagem Avançada (GMA-UFSC), que esteve presente desde os tempos do mestrado, fortalecendo laços profissionais e pessoais. O GMA é um espaço importante para o intercâmbio de ideias e o desenvolvimento de projetos conjuntos que enriqueceram tanto minha formação quanto o avanço deste trabalho.

Minha eterna gratidão à minha família: Maria Lúcia, João José, Cláudia e Isabella. Obrigado por sempre apoiarem minhas aventuras intelectuais, por entenderem as ausências e as tensões inerentes à vida de um pesquisador, especialmente durante os desafios impostos pela pandemia. Vocês são a base de tudo o que sou. Também agradeço a todas as tias, avó, primas e primos que mesmo de longe continuam torcendo por mim.

A Alan, meu companheiro, agradeço o suporte constante ao longo dessa jornada. Obrigado pelos momentos de alegria, pelas viagens que fizemos juntos. Sou grato pelo seu apoio, pelo cuidado nos pequenos gestos, pelo carinho, que tornaram os dias mais leves. Sua presença foi essencial para enfrentar os desafios e celebrar as conquistas, mesmo nas noites mais longas e nos dias mais desafiadores desta caminhada.

Meus amigos, espalhados por todos os cantos — Arcos, Bambuí, São Paulo, Florianópolis e tantos outros lugares —, vocês foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Agradeço profundamente a Nunu, Luan, Paulo, Babi, Rodrigo, Bianca Faria, Leo, Benjamin, Vivi, Filipe, Alexandre, Julio, Raniel, Saymiton, Douglas, Carol, Fernanda, Rapha, Serretti, Falcão, Macel e todos aqueles que, mesmo não mencionados aqui, sabem da importância que têm na minha vida.

Obrigado por entenderem minhas ausências, por potencializarem as presenças quando estas aconteciam e por estarem sempre ao meu lado, nos momentos de dificuldade e de celebração. As vivências que compartilhei em todos os grupos, cidades e países por onde passei são parte essencial do que sou hoje.

Gostaria de agradecer aos membros da banca de qualificação, a Profa. Dra. Edja Bezerra Faria Trigueiro, do Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, e o Prof. Dr. Mauricio José Laguardia Campomori, da Escola de Arquitetura da UFMG. Suas contribuições foram fundamentais para ampliar minha visão sobre o fenômeno estudado, ajudando-me a avaliar cuidadosamente os conceitos, termos e análises desenvolvidos ao longo deste percurso. Também quero expressar meu agradecimento aos membros da banca final, a Profa. Dra. Edja Bezerra Faria Trigueiro, do Departamento de Arquitetura da UFRN; a Profa. Dra. Waleska Teixeira Caiaffa, da Faculdade de Medicina da UFMG; o Prof. Dr. Carlos Eduardo Verzola Vaz, do Departamento de Arquitetura da UFSC;e o Prof. Dr. Mauricio José Laguardia Campomori, da Escola de Arquitetura da UFMG, por terem aceitado o convite e disponibilizado tempo para avaliação e contribuição no processo de finalização do doutorado.

À CAPES e ao NPGAU/UFMG, meu reconhecimento pela bolsa de estudo nos últimos 24 meses do doutorado e pelos auxílios financeiros para eventos. O apoio de vocês foi fundamental para a concretização deste trabalho. Aproveito para ressaltar que a ciência e a pesquisa em nosso país ainda são subestimadas e frequentemente negligenciadas. Investir de forma mais robusta e contínua em pesquisas e desenvolvimento científico é crucial para o avanço do conhecimento e para enfrentarmos os desafios sociais, econômicos e urbanos que nos cercam. A valorização da ciência deve ser prioridade para que possamos construir um futuro mais justo e sustentável.

Ao concluir esta tese, percebo que o fascínio que me acompanhou na infância, transformado ao longo do tempo pela complexidade dos fenômenos e pelas teorias que hoje estudo, continua a me guiar. Ser cientista, percebo agora, é estar em constante começo, em eterna busca, navegando entre perguntas sem respostas e descobertas que nos levam a novas perguntas. Este trabalho, portanto, não é um ponto final, mas um despertar para continuar explorando, aprendendo e crescendo. Por isso, sou grato a todos que fizeram parte desta jornada, pois ela é, de muitas maneiras, apenas o começo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“[...] assumo que não posso fazer referências a entidades independentes de mim para construir meu explicar”. (MATURANA, 2001, p. 35)

RESUMO

Pesquisas recentes vêm demonstrando que o ambiente construído pode influenciar as escolhas alimentares, bem como direcionar as condutas espaciais dos indivíduos, desempenhando um considerável papel na saúde pública. Nesse contexto, esta tese se dedica a investigar o estudo dos ambientes alimentares, sua centralidade no traçado urbano e sua provável relação com a obesogenicidade. Utilizamos abordagens configuracionais de teorias urbanas como instrumento de apoio à pesquisa em saúde e espaço urbano. Especificamente, empregamos a teoria da Sintaxe Espacial e a ferramenta '*Urban Network Analysis*' para calcular a centralidade por atração das edificações. Esse enfoque nos permitiu estabelecer e investigar as diferentes relações entre espaços, fluxos e atividades, conhecidas como interações espaciais. Tais interações envolvem uma variedade de elementos distribuídos no espaço, em movimento ou estáticos, que relacionam e atraem entre si. A centralidade por atração refere-se aos pontos ou áreas para onde convergem e se concentram os fluxos e os usos, neste caso especialmente associados ao ambiente alimentar urbano. Essas relações são analisadas a partir de métricas híbridas, que combinam procedimentos metodológicos qualitativos e quantitativos, permitindo demonstrar o nível relacional entre espaços em uma determinada área geográfica. Aborda-se a teoria da complexidade ao buscar fomentar o estudo da saúde urbana com esses novos quadros conceituais, criticando a viabilidade e confiabilidade do modelo proposto nesta tese. Para isso, realizamos um estudo de caso do Bairro Santa Tereza, em Belo Horizonte. Georreferenciamos todos os estabelecimentos onde se dá o armazenamento, a venda e o consumo de alimentos e utilizamos os recursos do módulo de análise de redes do *software* ArcMap™/ArcGIS®. Para compor uma medida de atração das edificações mais precisa, propomos um estudo inspirado na equação de Drake, que visa calcular o número de civilizações na Via Láctea, desenvolvendo um algoritmo de indiciação que incorpora uma abrangente análise de fatores multivariados e considera as probabilidades de interação entre os ambientes alimentares e as pessoas residentes ou trabalhadoras em suas proximidades. Critérios como a densidade de pontos de venda de alimentos, a prevalência de opções alimentares ultraprocessadas, processadas e in natura, bem como a acessibilidade física, foram fatores que contribuíram para uma compreensão mais precisa e abrangente do potencial obesogênico de ambientes urbanos. Além disso, resgatamos narrativas da área estudada, contrapondo-as aos resultados quando das discussões desses elementos. Como resultados, discutimos o mapeamento das centralidades e a dispersão de locais obesogênicos, o agendamento de políticas de saúde pública e a análise de medidas que possam auxiliar políticas de planejamento físico, territorial e socioeconômico para o manejo da obesidade, por meio de alterações no uso e ocupação do solo e da resolução de conflitos entre formas físicas e sociais.

Palavras-chave: ambiente alimentar; análise de rede urbana; saúde urbana.

ABSTRACT

Recent research has shown that the built environment can influence food choices and direct individuals' spatial behaviors, playing a considerable role in public health. In this context, this thesis is dedicated to investigating the study of food environments, their centrality in the urban layout, and their probable relationship with obesogenicity. We use configurational approaches from urban theories as a research tool in health and urban space. Specifically, we employ Space Syntax theory and the 'Urban Network Analysis' tool to calculate the attraction centrality of buildings. This approach allowed us to establish and investigate the different relationships between spaces, flows, and activities, known as spatial interactions. Such interactions involve a variety of elements distributed in space, either in motion or static, that relate to and attract each other. Attraction centrality refers to points or areas where flows and uses converge and concentrate, in this case especially associated with the urban food environment. These relationships are analyzed using hybrid metrics, which combine qualitative and quantitative methodological procedures, thus demonstrating the relational level between spaces in a given geographic area. Complexity theory is addressed by seeking to foster the study of urban health with these new conceptual frameworks, critiquing the feasibility and reliability of the model proposed in this thesis. For this, we conducted a case study of the Santa Tereza neighborhood in Belo Horizonte. We georeferenced all establishments where food is stored, sold, and consumed, and used the network analysis module in the ArcMapTM/ArcGIS® software. To create a more precise attraction measure for buildings, we propose a study inspired by the Drake equation, which aims to calculate the number of civilizations in the Milky Way, developing an indexing algorithm that incorporates a comprehensive multivariate analysis and considers the probabilities of interaction between food environments and people residing or working nearby. Criteria such as the density of food sales points, the prevalence of ultra-processed, processed, and fresh food options, as well as physical accessibility, were factors that contributed to a more accurate and comprehensive understanding of the obesogenic potential of urban environments. Additionally, we retrieved narratives of the studied area, contrasting them with the results when discussing these elements. As results, we discuss the mapping of centralities and the dispersion of obesogenic sites, the scheduling of public health policies, and the analysis of measures that can support policies in physical, territorial, and socioeconomic planning for obesity management through changes in land use and occupation and in resolving conflicts between physical and social forms.

Keywords: food environment; urban network analysis; urban health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Porcentagem de adultos com obesidade em 2010 e projeções para 2025 e 2030, Brasil. 39
Figura 2: Sindemia global ilustrada 40
Figura 3: Fatores predisponentes, capacitadores ou reforçadores para a obesidade. 41
Figura 4: Princípios de Popper para a ciência. 43
Figura 5: Autopoiese de Maturana e o acoplamento estrutural. 44
Figura 6: Sistemas complexos adaptativos. 46
Figura 7: Tríade epidemiológica clássica e sua analogia com sistemas alimentares. 55
Figura 8: Modelo ecológico para compreender a obesidade. 56
Figura 9: Modelo sistêmico da obesidade. 57
Figura 10: Manejo de variáveis ambientais associadas à obesidade. 58
Figura 11: Dissociação entre elementos espaciais e formas sociais do modelo sistêmico da obesidade. 58
Figura 12: Modelo teórico que classifica espacialmente os ambientes alimentares. 62
Figura 13: Modelo que descreve as múltiplas influências sobre o que as pessoas comem. 64
Figura 14: Modelo de ambiente alimentar proposto pelo INFORMAS. 67
Figura 15: Modelo conceitual sobre ambientes alimentares e seus fatores condicionantes no Chile. 68
Figura 16: Esquema sobre as funções relevantes dos ambientes alimentares. 69
Figura 17: Modelo conceitual proposto por Turner *et al.* (2018). 70
Figura 18: Quadro conceitual metodológico proposto por Turner *et al.* (2018). 72
Figura 19: Estrutura e processos do sistema alimentar proposto por Downs et al. (2020). 73
Figura 20: Tipologias de ambiente alimentar natural. 74
Figura 21: Tipologias de ambiente alimentar construído. 74
Figura 22: Análise histórica dos modelos conceituais de ambiente alimentar 77
Figura 23: Interação espacial ilustrada 78
Figura 24: Espaço e ação humana são indissociáveis. 79
Figura 25: Mapa do modelo de Cidade-Jardim, desenvolvida por Howard (1898). ...81

Figura 26: Exemplo esquemático da relação configuração e padrão de movimento. 84
Figura 27: Esquema do ciclo do movimento segundo a lógica do *movimento natural*. 84
Figura 28: Desenhos do Plano Piloto de Brasília. 86
Figura 29: Linhas axiais. Em azul, estão representadas três linhas axiais, sendo: a. Rua mármore; b. Rua Silvianópolis; c. Rua Bueno Brandão. 90
Figura 30: Bairro Santa Tereza, em Belo Horizonte, com vias representadas por linhas axiais. A linha azul apresenta conectividade de 11, considerando que intersecciona com outras 11 linhas axiais. 91
Figura 31: Bairro Santa Tereza, em Belo Horizonte, com vias representadas por linhas axiais. A distância axial entre as linhas “a” e “b” são de 3 (três) passos topológicos. 92
Figura 32: Mapa com a representação dos resultados da medida INCH normalizados, para o município de Belo Horizonte. 95
Figura 33: Rua Mármore (a), representada em mapa axial, composto por um único eixo e em mapa de segmentos, com 10 eixos, ampliando as possiibilidades de análise sintática do espaço. 96
Figura 34: Aplicação de modelos gravitacionais sobre sistemas espaciais. 99
Figura 35: Representação gráfica aplicada pela análise de rede, em que nós simbolizam cruzamentos, as arestas as ruas, e os pontos, os edifícios. 107
Figura 36: Modelo socioecológico da obesidade.....114
Figura 37: Localização do bairro Santa Tereza – Belo Horizonte – Minas Gerais. 120
Figura 38: Modelo tridimensional gerado no City Engine™ com a medida de integração das vias, em linhas axiais, calculada pelo próprio software.....121
Figura 39: Foto da década de 1910, Hospital Cícero Ferreira.....122
Figura 40: Fotos datada de 2011, Praça Duque de Caxias. 122
Figura 41: Foto aérea do Bairro Santa Tereza, com ênfase na linha férrea. 123
Figura 42: Fotografia aérea do bairro, demostrando as diferenças de altimetria, notando-se poucos edifícios com mais de quatro pavimentos. 124
Figura 43: Residências na Rua Ângelo Rabelo, demonstrando as janelas voltadas para a calçada. 124
Figura 44: Rota cicloviária da Lei nº 11.181/2019. 125
Figura 45: Acesso ao bairro Santa Tereza. 126

Figura 46: Ampliação da Figura 45, com denominação das vias. 127
Figura 47: Dados censitários (2010) sobre a população do bairro Santa Tereza, BH. 129
Figura 48: Ficha de mapeamento de estabelecimentos. 134
Figura 49: Mapa resultante da coleta de dados. 139
Figura 50: Tabela de atributos do *My Maps*, da Google. 140
Figura 51: Versão do *software* utilizado. 143
Figura 52: Interface do ArcGIS®/ ArcMap™ 144
Figura 53: Versão do *depthMapX*, v0.8.0. 145
Figura 54: Interface do *depthMapX*, versão 0.8.0. 145
Figura 55: Correções de inconsistências topológicas. 147
Figura 56: Ajustes em componentes de gestão de tráfego. 147
Figura 57: Limpeza de informações redundantes ou excessivas. 147
Figura 58: Extensão "*OpenStreetMap Toolbox*" para ArcMap™ v.10.8. 148
Figura 59: Caixa de parâmetros para o comando "*Feature Vertices to Points*". 150
Figura 60: Recorte da distribuição dos pontos finais de cada segmento de via. 151
Figura 61: Camadas sobrepostas, vias da OSM, vias da PBH, Censo2010, para ajustes da geometria. 152
Figura 62: Janela para definição dos atributos do *buffer*. 153
Figura 63: Pontos iniciais de cada segmento com buffer. 153
Figura 64: Janela para o comando "*Integrate*", com inserção de tolerância XY de 5 metros. 155
Figura 65: Resultado da aplicação do comando "*Integrate*". 155
Figura 66: Janela para o comando "*Snap*", com inserção de tipo vértice (vertex) e tolerância 1 metro. 156
Figura 67: Janela para o comando "*Delete Identical*", com definição do campo "*SHAPE*". 157
Figura 68: Janela para o comando "*Unsplit*". 158
Figura 69: Resultado da aplicação do comando "*Unsplit*". 158
Figura 70: Síntese metodológica dos processos para correções de inconsistências topológicas. 159
Figura 71: Janela para o comando "*Merge Divided Roads*". 161
Figura 72: Janela para o comando "*Collapse Road Detail*". 162
Figura 73: Janela para o comando "*Integrate*". 163

Figura 74: Síntese metodológica dos processos para remoção de linhas duplas. .164
Figura 75: Janela para o comando "*Simplify Line*". 165
Figura 76: Síntese metodológica de simplificação de linhas. 166
Figura 77: Vias originais RCL obtidas no OSM e vias estruturadas para operacionalização na tese. 167
Figura 78: Importação do mapa simplificado de todo o município de Belo Horizonte. 168
Figura 79: Conversão da base em um mapa axial pelo *depthMapX*. 168
Figura 80: Processamento inicial da base vetorial para mapa axial. 169
Figura 81: Utilização da função "*Unlink*". 169
Figura 82: Conversão do mapa axial em mapa de segmentos. 170
Figura 83: Janela para definição de comandos para rodar a análise de segmentos. 171
Figura 84: Localização do comando "*ADD*" no *depthMapX*. 172
Figura 85: Adicionando os campos de NAIN (Medida de integração normalizada), NACH (Indicador de escolha normalizado) e INCH (combinação da medida de integração + indicador de escolha). 172
Figura 86: Configurando a Análise métrica no *depthMapX*. 173
Figura 87: Análises métricas resultantes. 174
Figura 88: Adicionando os campos de NAIN_R500 (Medida de integração métrica normalizada), NACH_R500 (Indicador de escolha métrico normalizado). 174
Figura 89: Síntese metodológica de análise espacial e estatística geoespacial 176
Figura 90: *Model Builder* ArcGis® para determinação da declividade média das vias. 178
Figura 91: Resultado da declividade média dos segmentos de cada via de Belo Horizonte/MG. 180
Figura 92: Velocidade e declividade no movimento de pedestres. 181
Figura 93: Criação de Geodatabase no ArcMap™. 182
Figura 94: Criação de um "*Featura Dataset*" no ArcMap™. 183
Figura 95: Comando para a criação de "*Network Dataset*" no ArcMap™ 184
Figura 96: Parâmetros para determinação de direções e navegação para o "*Network Dataset*". 186
Figura 97: Resultado da finalização da configuração do "*Network Dataset*". 187
Figura 98: Interface do módulo "*Network Analyst*". 188

Figura 99: Resultado do cálculo de rota por menor tempo pelo módulo "*Network Analyst*". 188
Figura 100: Síntese metodológica para a construção do *Network Dataset*. 189
Figura 101: Instalação do plugin "*Urban Network Analysis*". 190
Figura 102: Interface do plugin UNA. 191
Figura 103: Personalização de símbolo decimal para uso da variável beta. 193
Figura 104: Parâmetros para o processamento da centralidade por atração das edificações. 194
Figura 105: Centralidade dos edifícios por atração, calculada com o *plugin* UNA. 195
Figura 106: "Field Calculator" da tabela de atributor 201
Figura 107: Mapa da área servida dos estabelecimentos para prática de atividade física, representado com curvas isocrônicas de 1 a 10 minutos de caminhada. 206
Figura 108: Representação visual do cálculo da centralidade por alcance (*reach*). 209
Figura 109: Tipologia de raio para os cálculos da medida *reach*. 210
Figura 110: Parâmetros para o processamento da centralidade por alcance para obter a medida *reach* das edificações. 211
Figura 111: Mapa da centralidade por alcance das edificações, com suas respectivas medidas *reach*, sem efeito de borda. 212
Figura 112: Rua Conselheiro Rocha, entre as ruas Silvianópolis e Pouso Alegre. 213
Figura 113: Rua Conselheiro Rocha, entre as ruas Gabro e Xisto. 213
Figura 114: Tabela de atributos com a definição das variáveis. 214
Figura 115: Centralidade dos edifícios por atração, calculada com o *plugin* UNA. 216
Figura 116: Centralidade dos edifícios por atração sobreposta com a representação da combinação da medida de integração + relação de escolha (INCH) das vias. ..220
Figura 117: Área servida de estabelecimentos que comercializam alimentos *in* natura ou minimamente processados no bairro Santa Tereza em Belo Horizonte..222
Figura 118: Bairro Santa Tereza, em Belo Horizonte, com representação da rua Hermílio Alves; rua Mármore e avenida do Contorno, bem como os pontos históricos da linha de bonde, sendo (A) o primeiro ponto atribuído à região e (B) o ponto aprovado pela Prefeitura em 1926. 224
Figura 119: Foto aérea das obras de retificação e canalização do Ribeirão Arrudas, datada de 1986, com demarcação do Mercado Distrital do bairro Santa Tereza. ...225

Figura 120: Região do Mercado Distrital com a representação do viaduto José Maria Torres Leal. 226
Figura 121: Representação da combinação da medida de integração + relação de escolha (INCH) das vias do entorno do bairro de Santa Tereza, Belo Horizonte. ...226
Figura 122: Delimitação da rua Pouso Alegre e Avenida Silviano Brandão. 228
Figura 123: Centralidade dos edifícios por atração sobreposta com a representação da relação de conectividade das vias. 229
Figura 124: Vista aérea da Praça Duque de Caixas com a representação da relação de conectividade das vias adjancentes. 232
Figura 125: Vistas da Praça Duque de Caxias, bairro Santa Tereza, Belo Horizonte/MG. 232
Figura 126: Análise de regiões isoladas topologicamente no bairro Santa Tereza. 234
Figura 127: Vistas do 16º Batalhão de Polícia Militar, situado no bairro Santa Tereza, Belo Horizonte/MG. 234
Figura 128: Centralidade dos edifícios por atração sobreposta com a representação da relação de escolha normalizada, em um raio de 500 metros. 236
Figura 129: Bairro Santa Tereza com a indicação da Vila São Vicente. 237
Figura 130: Mapa da área servida dos estabelecimentos alimentares, representado com curvas isocrônicas de 1 a 11+ minutos de caminhada. 240
Figura 131: Mapa da área servida dos estabelecimentos alimentares, representado com curvas isocrônicas de 1 a 11+ minutos de caminhada sobreposta com a centralidade por atração das edificações. 241
Figura 132: Mapa da área servida dos estabelecimentos alimentares, representado com curvas isocrônicas de 1 a 11+ minutos de caminhada sobreposta com a centralidade por atração das edificações e com a relação de conectividade das vias. 242
Figura 133: Mapa da área servida dos estabelecimentos alimentares classificados como ultraprocessados, representado com curvas isocrônicas de 1, 5 e 10 minutos de caminhada. 244
Figura 134: Mapa da área servida dos estabelecimentos para prática de atividade física, representado com curvas isocrônicas de 1 a 10 minutos de caminhada. 246
Figura 135: Propriedades de representação de atributos no ArcMap™/ArcGIS®, bem como sua função implícita de normalização pelo percentil total. 248

Figura 136: Mapa da distribuição da medida de obesogenicidade resultante da operacionalização do cenário simplista (IO1) no bairro Santa Tereza, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*). 249
Figura 137: Vista da Rua Hermílio Alves, próximo ao número 159 – área caracterizada como a rua mais verticalizada do bairro Santa Tereza. 250
Figura 138: Mapa da distribuição da medida de obesogenicidade resultante da operacionalização do cenário ponderado (IO2) no bairro Santa Tereza, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*). 253
Figura 139: Mapa da distribuição da medida de obesogenicidade resultante da operacionalização do cenário 01 (IO1) e cenário 02 (IO2), respectivamente, sem normalização e classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*).....254
Figura 140: Mapa da distribuição da medida de obesogenicidade resultante da operacionalização do cenário 01 (IO1) e cenário 02 (IO2), respectivamente, normalizados pelo percentil total e classificada pelo método *quantil amostral*.....254
Figura 141: Ilustração do teste de correlação das medidas IO1 e IO2 no software Excel®.....255
Figura 142: Mapa da distribuição da medida de obesogenicidade resultante da operacionalização do cenário com alcance incorporado (IO3) no bairro Santa Tereza, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*).....257
Figura 143: Mapa da distribuição espacial da variável densidade, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*). 261
Figura 144: Mapa da distribuição espacial da variável renda por responsável, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*). 261
Figura 145: Mapa da distribuição espacial da variável idade média, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*). 262
Figura 146: Mapa da distribuição espacial da variável educação média, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*). 262
Figura 147: Mapa da distribuição espacial da variável número e tipo de estabelecimentos alimentares, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*)...263
Figura 148: Mapa da distribuição espacial da variável disponibilidade de espaços para prática de atividade física, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*). 263
Figura 149: Curvas de distribuição Gaussiana normalizada das medidas IO1, IO2 e IO3. 266

Figura 150: Curvas de distribuição Gaussiana normalizadas das medidas IO1, IO2, IO3 e gravidade. 268
Figura 151: Mapa da área servida dos estabelecimentos filiados ao Programa Abastecer em relação a todo o município de Belo Horizonte, representado com curvas isocrônicas em metros. 272

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Exemplos de ambientes na escala micro. 61
Quadro 2: Definições-chave usadas para o modelo conceitual.....66
Quadro 3: Definições-chave usadas para o modelo conceitual de Turner *et al.* (2018). 71
Quadro 4: Definições-chave usadas para o modelo conceitual de Downs *et al.* (2020). 73
Quadro 5: Tipologias de AA de transição. 75
Quadro 6: Cálculos de centralidade pelo UNA. 97
Quadro 7: Classificação dos estabelecimentos mapeados. 135
Quadro 8: *String* para seleção e identificação de vias relevantes para o estudo. ..149
Quadro 9: Algoritmo (*Python*) para atribuir valores numéricos às categorias de vias. 160
Quadro 10: Fórmulas em *string* para cálculo das medidas NAIN, NACH e INCH. .172
Quadro 11: Fórmulas em *string* para cálculo das medidas métricas NAIN_R500, NACH_R500.....175
Quadro 12: Processo sistemático de importação e georreferenciamento dos dados no ArcMap™. 177
Quadro 13: VBscript utilizado para o movimento de pedestres. 185
Quadro 14: Descrição das variáveis por faixa etária do Censo2010. 202
Quadro 15: VBscript utilizado para converter variável texto em número. 204
Quadro 16: VBscript utilizado para converter o tempo de deslocamento em valores DEP. 208
Quadro 17: Atribuição de pesos às variáveis e suas respectivas justificativas. 252
Quadro 18: Quadro síntese da relação objetivos da pesquisa e estratégias de alcance. 278
Quadro 19: Quadro síntese do teste de falseabilidade das hipóteses secundárias. 280
Quadro 20 – Apêndice A: Código Python para construção do gráfico de distribuição normal com as medidas IO1, IO2 e IO3. 306
Quadro 21 – Apêndice A: Código Python para construção do gráfico de distribuição normal com as medidas IO1, IO2, IO3 e gravidade. 308

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantitativo geral dos estabelecimentos mapeados por logradouro. 137
Tabela 2: Informações adicionais sobre o percurso de mapeamento.....139
Tabela 3: Zonas baseadas no tempo de deslocamento de 1 em 1 minuto, com valores de DEP atribuídos.....207

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Ambiente Alimentar
ABC	Programa Abastecer
ADE	Área de Diretrizes Especiais
ANGELO	Quadro de análise para ambientes ligados à obesidade
ASEDS	Assessoria de Educação em Saúde
BH	Belo Horizonte
BHTrans	Empresa de transportes e Trânsito de Belo Horizonte
BPM	Batalhão de Polícia Militar
CA_AU	Grupo de Pesquisa e Estudos em Computação Ambiental em Arquitetura e Urbanismo
CCNTs	Condições Crônicas Não Transmissíveis
CEVC	Capital Espacial da Vida Cotidiana
CTM	Cadastro Técnico Multifinalitário
DHSO	Densidade populacional
DPA	Algoritmo Douglas-Peucker
DEP	Disponibilidade de espaços para prática de atividades físicas
EM	Educação média
ERS	Eventos Relacionados com a Saúde
GEPPAAS	Grupo de Estudos, Pesquisas e Práticas em Ambiente Alimentar e Saúde
GPS	Sistema de Posicionamento Global
GIS ou SIG	Sistema de Informação Geográfica (*Geographic Information System*)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Idade	Idade média
IFMG	Instituto Federal de Minas Gerais
IMC	Índice de Massa Corporal
INCH	Combinação da medida de integração + indicador de escolha
INFORMAS	Rede Internacional de Pesquisa, Monitoramento e Apoio à Alimentação, Obesidade de DCNTs
IO	Medida de obesogenicidade

IO1	Medida de obesogenicidade do cenário simplista
IO2	Medida de obesogenicidade do cenário ponderado
IO3	Medida de obesogenicidade do cenário com alcance incorporado
IVS	Índice de Vulnerabilidade Social
LabGeo	Laboratório de Geoprocessamento
MA	Mobilidade Ativa
MD	Profundidade média de uma linha axial
MG	Minas Gerais
NACH	Indicador de escolha normalizado
NAIN	Medida de integração normalizada
ND	*Network Dataset*
NPGAU	Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
OSM	*OpenStreetMap*
OSS	Observação Social Sistemática
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
PósARQ	Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo
PST	*Place Syntax Tool*
RCL	*Road Centre Line*
RM	Renda média
SAD69	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas de 1969
SHP	*Shapefile*
SIRGAS 2000	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000
SISREDE	Sistema de Saúde em Rede
SISVAN	Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional
SMASAC	Secretaria Municipal de Assistência Social, Segurança Alimentar e Cidadania
TE	Número e tipo de estabelecimentos alimentares na área em estudo
TON	Teoria do Movimento Natural
TSE	Teoria da Sintaxe Espacial

UCL	*University College London*
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFVJM	Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri
UNA	*Urban Network Analysis*
WGS84	*World Geodetic System 1984*

SUMÁRIO

PRÓLOGO **29**
INTRODUÇÃO **32**
1.1 CONTEÚDO DA TESE 33
1.2 A TRAJETÓRIA ACADÊMICA DO OBSERVADOR-PESQUISADOR 35
2 ESCOPO DE PESQUISA **38**
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA 39
2.2 ENQUADRAMENTO EPISTEMOLÓGICO 42
2.3 AMBIENTE CONSTRUÍDO E OBESIDADE: ESTADO DA ARTE 47
2.4 ENUNCIADO DO PROBLEMA 49
2.4.1 Objetivo Geral **52**
2.4.2 Objetivos Específicos **53**
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **54**
3.1 MODELO ECOLÓGICO DA OBESIDADE E SUAS COMPLEXIDADES 55
3.2 AMBIENTE ALIMENTAR: A RELAÇÃO ENTRE O ESPAÇO COM AS OPORTUNIDADES OU CONDIÇÕES DE ESCOLHA 59
3.2.1 Cronologia dos modelos conceituais de ambientes alimentares **60**
3.2.2 Síntese **76**
3.3 ANTECEDENTES DAS TEORIAS CONFIGURACIONAIS DO ESPAÇO URBANO 78
3.4 A TEORIA DO MOVIMENTO NATURAL 82
3.5 A LÓGICA SOCIAL DO ESPAÇO 87
3.5.1 Visão geral da Sintaxe Espacial e sua evolução **89**
3.5.1.1 Relação de conectividade *90*
3.5.1.2 Relação de profundidade *91*
3.5.1.3 Medida de integração (ou to-movement) *92*
3.5.1.4 Indicador de escolha (ou through-movement) *94*
3.5.1.5 Medida de integração + indicador de escolha (INCH) *94*
3.5.1.6 Avanço da análise sintática: Turner e Sevtsuk *96*
3.6 MODELOS DE GRAVIDADE: POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES 99
3.6.1 Comparativo analítico: Sintaxe do lugar e Cálculos gravitacionais **102**
3.7 SÍNTESE GERAL E DIRECIONAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DO MODELO 104

3.7.1 Premissas teóricas e hipótese de pesquisa 108
4 METODOLOGIA 112
4.1 ENTRELAÇANDO O TEMA COM O MÉTODO DE PESQUISA 113
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 113
4.2.1 Reflexão epistemológica das teorias em foco 116
4.3 ÁREA DE RECORTE DO ESTUDO 119
4.4 DADOS 130
4.4.1 Exportando dados de mapas do Open Street Map© 130
4.4.2 Dados secundários 132
4.4.3 Coleta de dados adaptada por auditoria em campo 134
4.5 A MODELAGEM AMBIENTAL (GEOESPACIAL) PARA A PESQUISA 140
5 PROCESSO DE MODELAGEM DO FENÔMENO 142
5.1 *SOFTWARES* DE ANÁLISE ESPACIAL UTILIZADOS NA PESQUISA 143
5.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO CONFIGURACIONAL 146
5.3 CÁLCULO DAS MÉTRICAS DA SINTAXE ESPACIAL PELO *DEPTHMAPX* 167
5.4 ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS 175
5.5 IMPLEMENTAÇÃO DOS DADOS DE IMPEDÂNCIA 181
5.6 CÁLCULO DA CENTRALIDADE POR ATRAÇÃO PELO *PLUGIN* "*URBAN NETWORK ANALYSIS*" 190
5.7 O USO DE DRAKE PARA A CONCEPÇÃO DA MEDIDA DE OBESOGENICIDADE 196
5.7.1 Estruturação dos cenários: simplista, ponderado e alcance incorporado 198
5.7.2 Incorporação dos cenários ao modelo 200
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO 215
6.1 CENTRALIDADE DOS EDIFÍCIOS POR ATRAÇÃO 216
6.1.1 Comparativos entre centralidade dos edifícios por atração e métricas da Sintaxe Espacial 219
6.2 ÁREA SERVIDA 239
6.2.1 Estabelecimentos alimentares 239
6.2.2 Estabelecimentos destinados à prática de atividades físicas 245
6.3 A INDICIAÇÃO DAS FORÇAS ATRATIVAS DAS EDIFICAÇÕES POR MEIO DE CENÁRIOS PROBABILÍSTICOS 247

6.3.1 Cenário 01: Simplista....248
6.3.2 Cenário 02: Ponderado....251
6.3.3 Cenário 03: Alcance incorporado....256
6.3.4 Comparações entre a distribuição espacial das variáveis e as medidas de obesogenicidade (IO1, IO2, IO3)....260
6.3.5 Análise comparativa da distribuição das medidas IO1, IO2 e IO3....265
6.3.6 Análise comparativa da distribuição das medidas IO1, IO2, IO3 e gravidade....267
6.4 CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E SAÚDE ALIMENTAR EM AMBIENTES URBANOS....269
6.5 DISCUSSÃO GERAL....274
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS....276
7.1 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PLACE SYNTAX E URBAN NETWORK ANALYSIS....281
7.2 PROCESSO DE SIMPLIFICAÇÃO DO MODELO....282
7.3 ATRIBUIÇÃO DE PESOS ÀS EDIFICAÇÕES....282
7.4 DESENVOLVIMENTO E INTEGRAÇÃO DO ALGORITMO INSPIRADO NA EQUAÇÃO DE DRAKE....283
7.5 RELAÇÃO ENTRE ELEMENTOS ESPACIAIS E FORMAS SOCIAIS NA FORMAÇÃO DE ESPAÇOS OBESOGÊNICOS – ATMOSFERA OBESOGÊNICA....284
7.6 EPISTEMOLOGIA DO INCOMPLETO E DA INCERTEZA....287
REFERÊNCIAS....289
APÊNDICE A – CONSTRUÇÃO DO GRÁFICO COM AS CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO GAUSSIANA NORMALIZADAS....305

PRÓLOGO

Entre vielas sinuosas e íngremes, praças acolhedoras, ruas sinfônicas e estabelecimentos sedutores, observo atentamente a dança que tece a trama invisível da vida nas cidades: elementos e fluxos. Essa dança, no tempo e no espaço, revela segredos profundos e significativos. Esta tese tem início como uma coreografia de movimentos sutis, nos quais os caminhos traçados pelos habitantes da cidade escondem uma intrincada teia de conexões e interações. A cada passo dado, uma possibilidade se abre, desvendando os fluxos que moldam a vida cotidiana.

Como fios condutores, esses movimentos revelam espaços que impactam a saúde pública e a relação com o ambiente urbano. Cada escolha, cada encontro, compõe um quadro analítico que requer a combinação adequada de instrumentos e ferramentais, que possibilitam revelar a influência da configuração na prevalência de eventos relacionados com a saúde (ERS). A construção desta tese me faz lembrar constantemente da necessidade de produzir novos conceitos e descobrir novas leis/teorias à medida que as condições históricas evoluem, mantendo continuidade com os conceitos e as leis já estabelecidas. Caso contrário, não teríamos ciência na abordagem dos espaços urbanos, apenas acumulação de descrições e narrativas particulares.

E assim como os fluxos urbanos que se moldam e remoldam constantemente, nossa compreensão da cidade e sua relação com a obesogenicidade precisa evoluir harmonicamente com as mudanças que ocorrem no ambiente urbano e em suas dinâmicas sociais, culturais e econômicas. A teoria do movimento natural, então,

adequa-se como um instrumento teórico/metodológico único e adaptável, convidando-nos a dançar junto com as transformações do espaço urbano, produzindo novas visões e conhecimentos para moldar um futuro mais saudável e sustentável. Este prólogo, portanto, provoca-nos a desvendar as bases dessa teoria inspiradora (que foi inspiração e fundamentação imprescindível para esta tese), mergulhando em um universo de descobertas e desafios.

Então, o que é a teoria do movimento natural?

Com origem na década de 1970, a teoria do movimento natural foi desenvolvida pelo linguista Bill Hillier e sua equipe de pesquisadores na *University College London* (UCL). A abordagem é o resultado de estudos e pesquisas sobre os padrões de movimento humano no espaço. Hillier e sua equipe recorreram a ferramentas matemáticas e análises espaciais para mapear os fluxos, buscando compreender como a configuração afeta o comportamento das pessoas e como elas se movimentavam pelo espaço.

Essa teoria baseia-se na premissa de que a vida urbana ocorre em espaços sociais definidos por fluxos, representando as trajetórias naturais das pessoas em suas atividades diárias. A análise espacial é fundamental para essa abordagem, recorrendo a diversas ferramentas matemáticas para mapear e representar os padrões desses fluxos. A configuração espacial desempenha um papel crucial para essa lógica, afetando diretamente o modo em que as pessoas se movem e interagem pelo espaço, refletindo também no uso e ocupação do solo. Os atratores desempenham papéis igualáveis ou multiplicadores do padrão estabelecido pela configuração, e a presença desses elementos é crucial para a compreensão do movimento pedestre urbano, da distribuição de atratores e da própria morfologia da rede urbana.

A teoria do movimento natural também trouxe e continua fomentando a elaboração de políticas públicas que priorizam a qualidade de vida e a inclusão social. Gehl (1987, 2015) é um urbanista que explora esta questão, oferecendo exemplos de políticas públicas que promovem a mobilidade ativa e a criação de espaços mais humanos, propondo a difusão de zonas específicas para caminhar e ciclovias. Também podemos citar o projeto de “superblocos” da cidade de Barcelona, na

Espanha. O projeto recorreu à teoria do movimento natural, restringindo o tráfego de veículos em determinadas áreas de alto fluxo e priorizando a interação social e a vida ativa (MUELLER et al., 2020). Esses exemplos demonstram como a teoria vem influenciando práticas concretas, buscando promover a produção de espaços urbanos mais humanos, inclusivos e saudáveis para todos os seus habitantes.

A teoria do movimento natural permite desvendar os segredos da dança urbana, em que a forma e a função se fundem, e cada esquina, cada edifício conta uma história. Por isso, a modelagem da distribuição de espaços obesogênicos (aqueles que favorecem comportamentos que auxiliam o desenvolvimento de um quadro de obesidade) busca apresentar uma coreografia dessa dança urbana, em que a configuração e conflitos das formas físicas e sociais são cruciais para o mapeamento e a compreensão dos padrões de movimento que contribuem para a emergência de novos quadros de obesidade. Embarque nesta dança, em que o movimento se revela como condicionante da conformação e manutenção de espaços obesogênicos, o que pode vir a influenciar a formulação de políticas públicas, programas de educação alimentar e estratégias de planejamento físico-territorial e socioeconômico.

ADVERTÊNCIA: É importante ressaltar que este trabalho não se propõe a apresentar uma solução definitiva para a sindemia de obesidade. Em vez disso, oferece uma metodologia que visa auxiliar na identificação e mapeamento de padrões espaciais que podem contribuir para o surgimento de novos casos de obesidade. Ao enfatizar a relação entre a configuração urbana e as dinâmicas sociais, esta pesquisa busca fornecer uma base para futuras investigações e intervenções que possam mitigar os fatores que favorecem o desenvolvimento da obesidade no contexto urbano.

INTRODUÇÃO

A relação entre a estrutura espacial das cidades e a vida de seus moradores tem sido um grande desafio ao longo dos séculos. No contexto contemporâneo, a falta de políticas públicas tem desencadeado uma crise sem precedentes na qualidade de vida da população, marcando o século XXI com o aparecimento de fenômenos nos centros urbanos que agravam essa problemática. Em 2019, a eclosão da pandemia de COVID-19 escancarou a crise urbana global, que vem se delineando desde 1970, reproduzindo fortemente a base de acumulação capitalista. A invasão da Federação Russa à Ucrânia, em 2022, evidencia a crise global e expõe a insegurança alimentar que atinge diversas populações, principalmente as mais vulneráveis.

Esta tese surge, então, da preocupação do pesquisador com os impactos advindos da produção espacial sobre a saúde urbana, sobretudo no que se refere à segurança dos ambientes alimentares. Questões como a falta de acesso a alimentos saudáveis, a oferta massiva de ultraprocessados e a precarização de espaços públicos que deveriam qualificar a vida urbana são de extrema relevância. Reconhece-se, portanto, a importância da investigação do espaço como mecanismo analítico para compreender o processo de alteração da condição de saúde da população, explorando a correlação dos ambientes alimentares, seus elementos constituintes, suas dinâmicas e sua provável relação com a obesogenicidade de entornos urbanos. Isso abre espaço para a discussão da epistemologia da complexidade e fomenta os estudos sobre Saúde e Espaço Urbano.

1.1 CONTEÚDO DA TESE

Esta tese está dividida em sete capítulos. No primeiro capítulo, Introdução, delineamos o conteúdo e a estrutura que compõem o volume escrito da investigação, além de explorar a trajetória acadêmica e as motivações do observador-pesquisador.

No capítulo dois, Escopo de Pesquisa, apresentamos os limites e objetivos do estudo. Contextualizamos o problema investigado, discutimos sobre o enquadramento epistemológico adotado e abordamos os aspectos gerais que orientaram a investigação.

No capítulo três, Revisão Bibliográfica, exploramos dois temas essenciais: ambientes alimentares e teorias configuracionais, sobretudo sintaxe espacial e análise de rede urbana. Com uma abordagem descritiva e interpretativa, a partir da técnica de revisão narrativa e crítica, começamos com uma análise aprofundada do modelo ecológico da obesidade, suas complexidades e implicações. Em seguida, examinamos os principais modelos de ambientes alimentares descritos na literatura, observando sua evolução e interação espacial com a incidência de obesidade. Destacamos as complexas interações entre elementos espaciais e as dinâmicas sociais dentro do ambiente urbano.

Ainda no capítulo três, introduzimos os conceitos fundamentais da teoria da lógica social do espaço, uma abordagem configuracional que proporciona compreensões sobre a relação forma física *vs*. forma social. Abordamos também métricas da sintaxe espacial, complementados pela análise de rede urbana com cálculos de centralidade que revelam relações e dinâmicas dos espaços urbanos. A análise destaca a evolução dessas técnicas, desde os primeiros algoritmos até suas aplicações contemporâneas, impulsionadas pela capacidade computacional atual, permitindo uma visão abrangente e detalhada da cidade como um sistema dinâmico e interconectado. Esses subsídios sustentam as hipóteses da pesquisa e fornecem um arcabouço teórico-metodológico para a investigação.

No capítulo quatro, Metodologia, adotamos uma abordagem multifacetada para investigar a interseção entre ambiente alimentar, saúde pública e configuração espacial. Caracterizada como uma pesquisa exploratória e descritiva, com um viés prescritivo indireto, detalhamos neste capítulo o uso do estudo de caso como método principal para a construção do modelo analítico. A metodologia inclui a

aplicação de procedimentos específicos para a experimentação e a falsificação das hipóteses, essenciais para validar a investigação. Retomamos o enquadramento epistemológico, discutindo a complexidade na captura de informações e incorporando a teoria de redes complexas para uma análise multidisciplinar abrangente.

No capítulo cinco, Processo de Modelagem do Fenômeno, estruturamos e operacionalizamos um modelo aberto de informação, fundamentado nas teorias configuracionais da sintaxe espacial e da análise de rede urbana. Essas ferramentas permitem sistematizar a compreensão da sinergia entre elementos e atividades relacionados ao ambiente alimentar. Propomos a ampliação do modelo, inspirado na equação de Drake, com uma abordagem multidisciplinar que cruza saúde pública, tecnologia, nutrição, psicologia, probabilidade, logística e arquitetura e urbanismo.

Os resultados e a discussão da pesquisa, derivados da modelagem e teste das hipóteses, são apresentados detalhadamente no capítulo seis, Resultados e Discussão. Este capítulo oferece *insights* significativos sobre a distribuição das centralidades e dos locais obesogênicos no bairro de Santa Tereza, em Belo Horizonte, refletindo não apenas os aspectos espaciais, mas também as implicações para políticas públicas. Também discutimos as lacunas na avaliação e validação das metodologias utilizadas, especialmente devido à falta e à não homogeneidade dos dados disponíveis, evidenciando a complexidade dos aspectos socioespaciais envolvidos e a necessidade de medidas públicas para análises mais precisas.

No capítulo sete, Considerações Finais, sintetizamos e analisamos os resultados à luz das teorias configuracionais e metodologias empregadas, propondo novas direções e desafios para futuras pesquisas. Exploramos a complexidade da interação entre elementos espaciais, formas sociais e dinâmicas de saúde pública, visando aprimorar os modelos teórico-metodológicos e sua aplicabilidade prática. Dessa forma, esta tese não apenas busca entender as interconexões entre a configuração espacial e a obesogenicidade, mas também questiona as próprias bases do conhecimento que moldam essas análises. Ao longo do trabalho, serão exploradas questões epistemológicas que ressaltam a importância de reconhecer a complexidade e a dinamicidade dos fenômenos urbanos, desafiando visões reducionistas e deterministas. A pesquisa se propõe a contribuir para um entendimento mais profundo das interações entre espaço, saúde e comportamento humano, revelando que a cidade não é apenas um palco para ações, mas um

agente ativo que influencia e é influenciado por essas relações. A conclusão do trabalho convidará à reflexão sobre a adequação das metodologias utilizadas e a necessidade de um olhar crítico sobre as teorias que fundamentam nossas práticas e políticas urbanas, perpetuando assim um ciclo contínuo de aprendizado e adaptação no contexto das cidades contemporâneas.

1.2 A TRAJETÓRIA ACADÊMICA DO OBSERVADOR-PESQUISADOR

Eu, Gustavo H. Campos de Faria, me qualifiquei como arquiteto e urbanista, em 2016, pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix, onde o curso mantém estreitas relações com o processo de projeto, sempre levando em consideração o entorno urbano e as relações sociais proximais e distais ao terreno, despertando em mim grande interesse pelos estudos relacionados às dinâmicas urbanas, sobretudo as relações pessoa/espaço-tempo. Além disso, também já fui aluno regular dos cursos de graduação: em Farmácia, na Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) campus Diamantina (2008-2010); e Engenharia Mecânica no Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) campus Arcos (2017-2018), sendo que esses cursos foram interrompidos por motivos pessoais.

Ao me inscrever para o mestrado, propus-me a investigar a influência das tecnologias de informação e comunicação nas dinâmicas urbanas. Fui aprovado no processo de seleção em 2018 pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Durante os estudos, pude explorar conceitos e teorias sobre mídias digitais, parâmetros de design e metodologias de análise e leitura de artefatos midiáticos na área de Engenharia e Gestão do Conhecimento. No campo de Arquitetura e Urbanismo, explorei abordagens teóricas e práticas, além de métodos e técnicas em processos de projeto, qualidades sensíveis do lugar e intervenções urbanas físicas-virtuais. Também iniciei os estudos em teoria crítica, com a introdução de diferentes visões da metodologia científica aplicada à arquitetura e urbanismo. Obtive o título de mestre em agosto de 2020, com defesa pública da dissertação "*Arquitetura e Novas Mídias: A relação entre sujeito, mídia móvel e vida urbana*".

Para o doutorado, me inscrevi e fui aprovado no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (NPGAU) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) com um projeto de pesquisa que era um desdobramento da minha

investigação de mestrado. O objetivo da pesquisa era desenvolver uma metodologia para elucidar o conceito de "ecossistemas midiáticos" como instrumento de planejamento urbano.

Entretanto, ao cursar a disciplina "*Tópicos especiais: Saúde e espaço urbano: abordagens transdisciplinares"*[1], oferecida em conjunto pelos Programas de Pós-Graduação da UFMG: em Saúde Pública (Faculdade de Medicina); em Geografia (Instituto de Geociências); e NPGAU (Escola de Arquitetura), pude explorar uma temática que atraiu minha atenção: a *Saúde Urbana*, explorando o ambiente urbano, sua correlação com a saúde pública e os comportamentos humanos. É importante ressaltar que, à época da disciplina, ainda estávamos passando por períodos críticos da pandemia de COVID-19. Assim, ao longo das aulas, pude ampliar meu universo de inquietudes, abarcando questionamentos sobre a necessidade de uma melhor compreensão dos determinantes urbanos aplicados à saúde pública. Na disciplina, também assistimos a uma aula sobre *Ambiente Alimentar e Saúde*, ministrada pela professora Dra. Larissa Loures Mendes. Lembro-me ainda hoje da frase que mais me marcou na apresentação, na qual se considerava **o espaço como cenário para análise de processos urbanos que modificam o quadro de saúde da população**. Essa afirmação demonstra, portanto, que ainda existem lacunas importantes a serem conceituadas do ponto de vista espacial, incluindo a definição das dimensões analíticas, as quais apresentaremos nesta tese a partir dos elementos espaciais e suas relações com as formas sociais que permeiam o ambiente urbano.

Em vista disso, após conversas e orientações com o professor Dr. Renato César Ferreira de Souza e investigações exploratórias sobre a temática de ambiente alimentar, percebi o grande potencial de estudos na área de Arquitetura e Urbanismo que poderiam se alinhar aos meus objetivos investigativos (exploração e concepção de metodologias para avaliação do espaço urbano), além da possibilidade de o estudo ser diretamente aplicado e analisado em contextos reais e atuais: *a sindemia de obesidade*. Para a transição da temática de investigação, comecei pela leitura de textos que apresentavam quadros e modelos de ambiente

[1] Disciplina cursada em 2020/2, a qual foi ministrada pelos professores: Veneza Berenice de Oliveira, Amélia Augusta de Lima Friche, Doralice Pereira, Heloísa Costa, Janise Dias, Larissa Loures, Renato César, Waleska Caiaffa; juntamente com os monitores: Bruno de Souza Moreira e Denise Marques Sales.

alimentar, associando o espaço como parte dos condicionantes de investigação. A professora Dra. Larissa Loures também foi convidada para coorientar o trabalho, contribuindo para o planejamento e a realização das atividades propostas pelo novo projeto de pesquisa.

A decisão de alterar o tema de pesquisa também foi motivada pela minha observação das condutas sociais, que frequentemente abordam a obesidade como uma questão exclusivamente relacionada à responsabilidade individual. Tal perspectiva tende a obscurecer a consideração de outros fatores que influenciam os padrões comportamentais, resultando na perpetuação da gordofobia, especialmente dentro do contexto urbano. Essa percepção crítica ressalta a necessidade de reconhecer que a obesidade não é um fenômeno isolado, mas sim um conjunto complexo de fatores interligados, que estão sujeitos a constantes modificações e devem ser abordados de forma holística em pesquisas e intervenções.

Esta tese resulta, então, da preocupação com os impactos da produção espacial sobre a saúde urbana, especialmente em relação à segurança dos ambientes alimentares urbanos, como a falta de acesso a alimentos saudáveis, a oferta massiva de ultraprocessados e a precarização de espaços públicos que deveriam qualificar a vida urbana. Reconhece-se, portanto, a importância da investigação do espaço-tempo a partir de seus mecanismos analíticos no processo de alteração da condição de saúde da população, sobretudo no que diz respeito às condutas alimentares.

2 ESCOPO DE PESQUISA

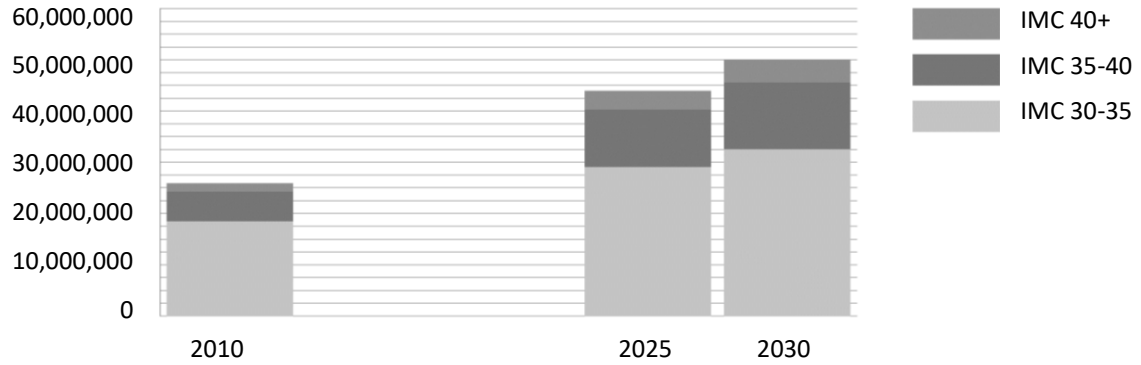
Esta pesquisa busca adentrar um campo complexo e vital: o impacto do ambiente construído na saúde pública, especialmente em relação aos ambientes alimentares. Ao explorar as interações entre espaços físicos, fluxos de atividades e escolhas alimentares, emerge um panorama intrigante sobre como a estrutura urbana influencia diretamente a propensão à obesidade dos seus habitantes. Utilizando abordagens configuracionais e análises de redes urbanas, esta tese se propõe não apenas a mapear as centralidades e dispersões dos locais obesogênicos, mas também a apresentar novas perspectivas teórico-práticas para enfrentar este desafio global. O estudo de caso do Bairro Santa Tereza, em Belo Horizonte, oferece um terreno fértil para investigar essas dinâmicas, integrando métodos geoespaciais avançados e conceitos de urbanismo complexo para sustentar uma análise crítica do planejamento urbano e sua relação com a saúde pública.

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A obesidade é caracterizada pelo acúmulo excessivo de gordura corporal no indivíduo, sendo o Índice de Massa Corporal (IMC) o principal parâmetro para diagnóstico desse quadro clínico. É sabido que a população precisa controlar seus hábitos alimentares, reduzindo o consumo de açúcares e gorduras saturadas, bem como realizar atividade física, o que faz com que a obesidade seja abordada como uma questão de responsabilidade individual e pública (DOWNS et al., 2020; EGGER; SWINBURN, 1997; GÁLVEZ ESPINOZA et al., 2017; GLANZ et al., 2005; STORY et al., 2008; SWINBURN et al., 2013; SWINBURN; EGGER; RAZA, 1999; TURNER et al., 2018).

Segundo a Federação Mundial da Obesidade (2022), nas últimas três décadas, o número de pessoas afetadas pela obesidade tem aumentado continuamente. Apesar da ampliação do conhecimento sobre o tema, as projeções indicam um crescimento crítico nos casos com quadros de obesidade em todo o mundo nos próximos anos. A Figura 1 apresenta os casos registrados e as perspectivas futuras para o Brasil, indicando que o país pode atingir a marca de 30% de adultos obesos até 2030.

Figura 1: Porcentagem de adultos com obesidade em 2010 e projeções para 2025 e 2030, Brasil.



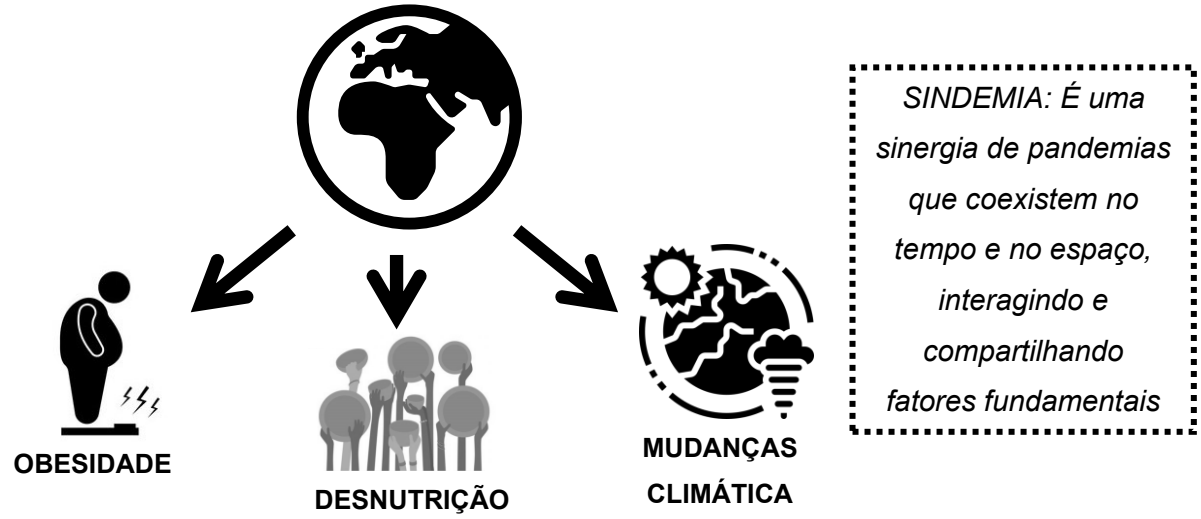
Fonte: Atlas Mundial da Obesidade, 2022.

Além disso, previsões alarmantes sobre a prevalência de sobrepeso e obesidade no Brasil e no mundo foram apresentadas no Novo Atlas Mundial da Obesidade(2024), lançado pela Federação Mundial de Obesidade, com tradução do Instituto Cordial. Espera-se que, até 2035, metade das crianças no Brasil esteja com sobrepeso, enquanto 79% dos adultos e 88% das crianças com excesso de peso e

obesidade viverão em países em desenvolvimento. Estima-se que o número de adultos com obesidade aumente para 1,53 bilhão em 2035 e que mais de 750 milhões de crianças entre 5 e 19 anos tenham sobrepeso e obesidade. As complicações associadas à obesidade incluem várias condições crônicas não transmissíveis (CCNTs), com destaque para doenças cardiovasculares, diabetes e câncer. Medidas de prevenção e manejo da obesidade são destacadas como essenciais, com o Brasil entre os 25 países selecionados para o Plano de Aceleração da Organização Mundial de Saúde (OMS).

Nesse contexto, Swinburn *et al.* (2013) abordam a obesidade como parte dos quadros pandêmicos que compõem a sindemia global – obesidade, desnutrição e mudanças climáticas (Figura 2). O termo sindemia caracteriza as interações biológicas, sociais e econômicas na população, que levam a diferentes quadros de saúde. O autor aponta que o conceito de sindemia não se refere apenas à condição clínica do paciente, mas engloba o resultado das interações entre múltiplas variáveis complexas, que culminam em um quadro de saúde desfavorável e um maior Índice de Vulnerabilidade Social (IVS). O IVS é constituído por 16 indicadores que consideram as dimensões de infraestrutura urbana, capital humano, renda e trabalho (IPEA, 2022).

Figura 2: Sindemia global ilustrada



Fonte: O autor, 2022.

Quando associados ao campo de arquitetura e urbanismo, os estudos sobre a obesidade tendem a investigar as características urbanísticas – métricas urbanas

objetivas e/ou estudos perceptivos – e suas relações com o comportamento das pessoas, principalmente quanto à priorização de modais de transporte mais ativos. No entanto, discute-se pouco sobre a identificação, compreensão e indiciação[2] dos elementos obesogênicos e leptogênicos que fazem parte do domínio do urbano (Figura 3).

Figura 3: Fatores predisponentes, capacitadores ou reforçadores para a obesidade.

Fonte: O autor, 2022; fundamentado em Swinburn *et al.* (1999).

Diante da complexidade do tema abordado nesta pesquisa e da necessidade de compreender o ambiente obesogênico e sua relação com a sindemia de obesidade, surgem inicialmente diversas questões[3] que norteiam nossas investigações. Estas questões são apenas um ponto de partida, na busca por explorar e abrir novas perspectivas no âmbito da literatura acadêmica sobre o tema. Algumas das indagações iniciais são:

- Qual a relação (contribuição ou influência) do ambiente construído na sindemia de obesidade?
- Como compreender, medir e alterar o ambiente obesogênico a partir de variáveis do ambiente construído?
- Quais são as variáveis do ambiente construído que se relacionam com o consumo alimentar e a conformação de espaços obesogênicos?

---

[2] Como indiciação, referimos à construção de indicadores ou medidas que sintetizam dados complexos em uma única variável.
[3] As questões apresentadas serviram de base para o início da investigação teórica da tese, não tendo como finalidade hipotetizá-las.

- Qual é a viabilidade e o potencial em utilizar variáveis do ambiente construído para a investigação e o manejo da sindemia de obesidade?
- Qual o significado, a relevância, a importância e a confiabilidade dessas variáveis para a disciplina de planejamento urbano?
- Quais variáveis podem ser adotadas e adaptadas em diferentes contextos geográficos e socioeconômicos?
- Como testar e validar as medidas ambientais na investigação e no manejo da sindemia de obesidade?

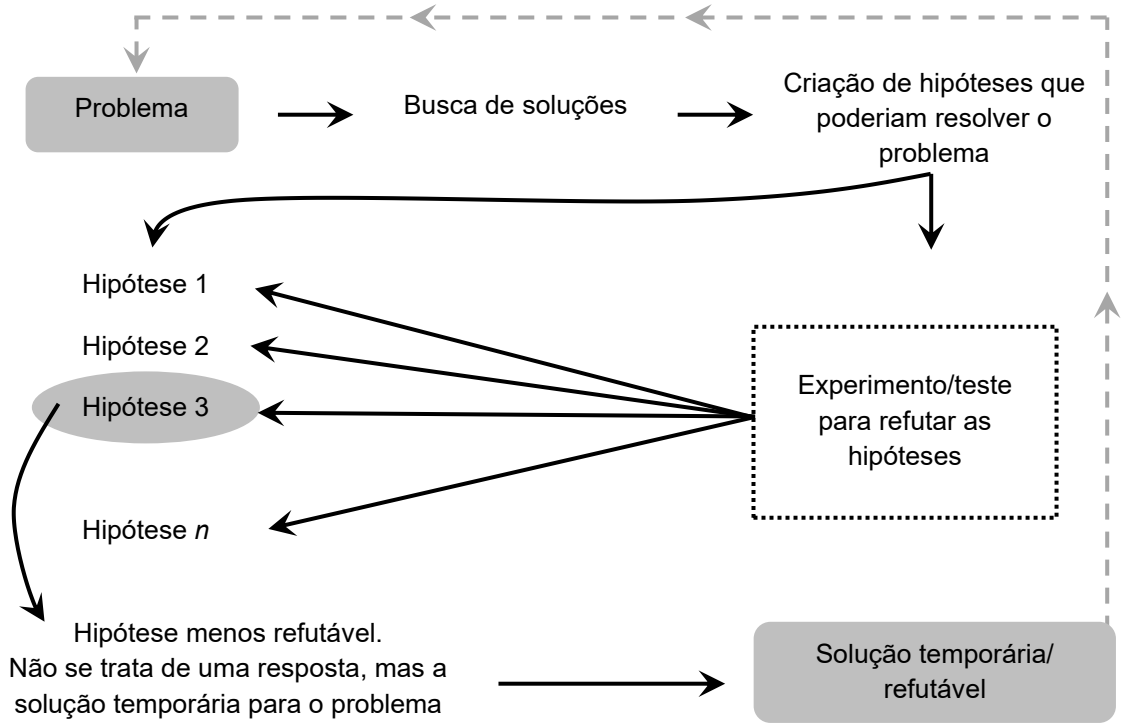
Essas questões dentre outras que emergem das transformações mundiais do século XXI, são consideradas problemáticas novas, às quais a pesquisa deve direcionar-se com um enquadramento epistemológico adequado. Nesse sentido, a próxima seção pretende elucidar e delimitar com clareza os aspectos epistemológicos que orientaram esta tese, bem como outras pesquisas contemporâneas sobre o ambiente construído e a saúde urbana, com ênfase no racionalismo crítico, nas teorias da biologia do conhecimento e na complexidade. Esses aspectos foram decisivos para a definição do enfoque científico, dos métodos e dos resultados desta pesquisa, abordando os novos desafios e repercussões epistêmicas da ciência diante das mudanças no mundo contemporâneo.

2.2 ENQUADRAMENTO EPISTEMOLÓGICO

A episteme de Popper (2018, 2013) apresenta o falsificacionismo como o principal mecanismo de oposição às teorias do indutivismo e à predeterminação de resultados. Essa teoria indaga questões sobre o método, a validação e a verdade, nas quais o próprio processo de busca de soluções, para um determinado problema, permite a elucidação da ação como produção do conhecimento. Além disso, para que houvesse um avanço do saber, Popper (2013) defendia que o processo deveria partir da geração e refutação de hipóteses, tornando plausível a substituição de hipóteses provisórias por outras novas, em um ciclo constante de experimentações. Para o epistemólogo, uma teoria na ciência nunca poderia ser provada, mas falsificada. Esse processo (Figura 4) permite uma busca constante pela ciência, reconhecendo que as soluções menos refutáveis devem ser abordadas como

temporárias e passíveis de novos testes, sobretudo diante dos novos ferramentais tecnológicos.

Figura 4: Princípios de Popper para a ciência.



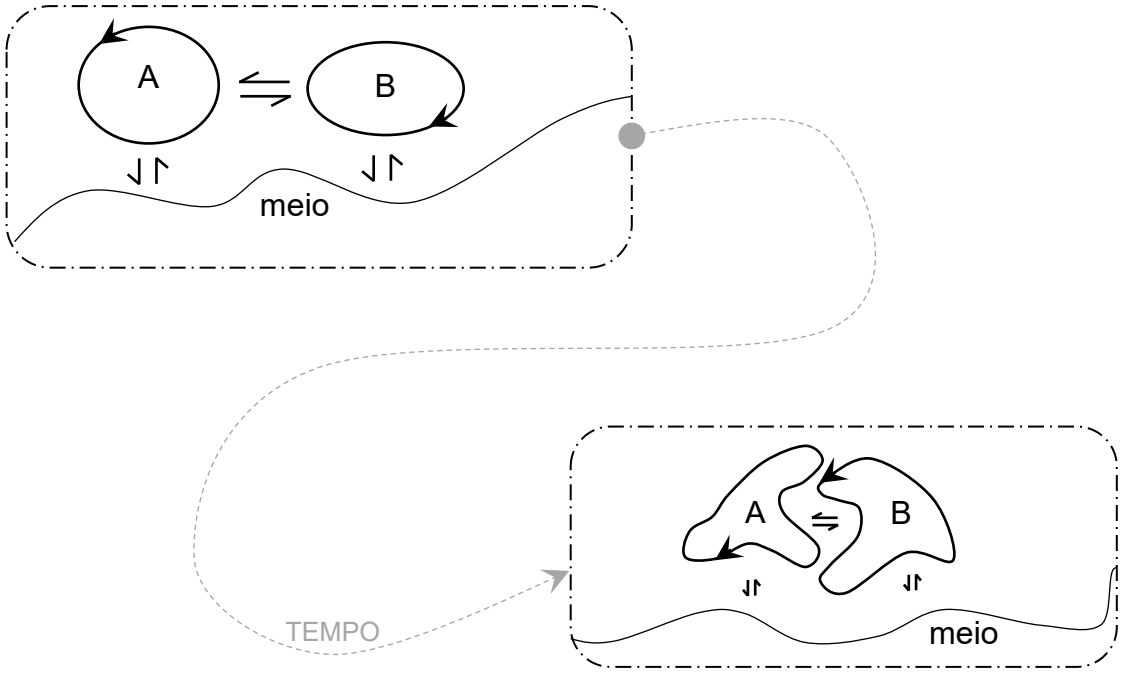
Fonte: O autor, 2022; fundamentado em Popper, 2018; 2013.

Consequentemente, as interações recursivas com o problema de pesquisa, a partir de diferentes hipóteses, podem direcionar para compreensões fundamentais do fenômeno, permitindo que a informação seja descrita pela reformulação da experiência pelo pesquisador. Tomamos a liberdade de utilizar a palavra *informação* para nos referirmos às formas concretas, afirmando aqui que, no processo comunicacional, elas não são transmissíveis como objetos (SOUZA, 2010), mas somente narradas após a experiência do fenômeno.

O que vem ao encontro da autopoiese, conforme estabelecida por Maturana (2001). Esta epistemologia aborda os seres humanos como determinados estruturalmente, e que interagem com o meio e entre si, estabelecendo uma relação de experiência entre o observador e a informação (MATURANA, 2001). O autor se fixa em explicar a organização e a estrutura das interações ao articular os componentes e as relações necessárias para que algo exista, delimitando-se a um sistema vivo e dinâmico. A partir da plasticidade estrutural e de interações cooperativas, esses sistemas são capazes de se adaptar uns aos outros (Figura 5),

de forma indeterminada, tendo a concepção da linguagem humana como o principal exemplo dessa adaptação, ou, como é denominado pelo autor, acoplamento estrutural (MATURANA, 1999).

Figura 5: Autopoiese de Maturana e o acoplamento estrutural.



Fonte: O autor, 2022; fundamentado em Maturana (2001).

Outrossim, Maturana (2001) propõe quatro condições para explicar um determinado fenômeno, que são:

- ter o fenômeno a desvendar, apresentando a experiência a partir de explicações sobre o que se quer explicar/explorar/narrar, dentro do domínio de experiências do observador;
- ter a hipótese explicativa, na qual é proposto um mecanismo que gere o fenômeno, a partir da reformulação da experiência;
- satisfazer a dedução, a partir das operações do mecanismo gerativo; e
- realização dos testes, que corresponde à experiência das coerências operacionais da dedução pelo observador.

Nesta abordagem, a informação é um dado absoluto e independente das vontades do sujeito, e a ciência é considerada como a reformulação da experiência,

estruturada em narrativas científicas sob o domínio explicativo, partilhada e aceita por um grupo de pessoas para sua validação (MATURANA, 2001).

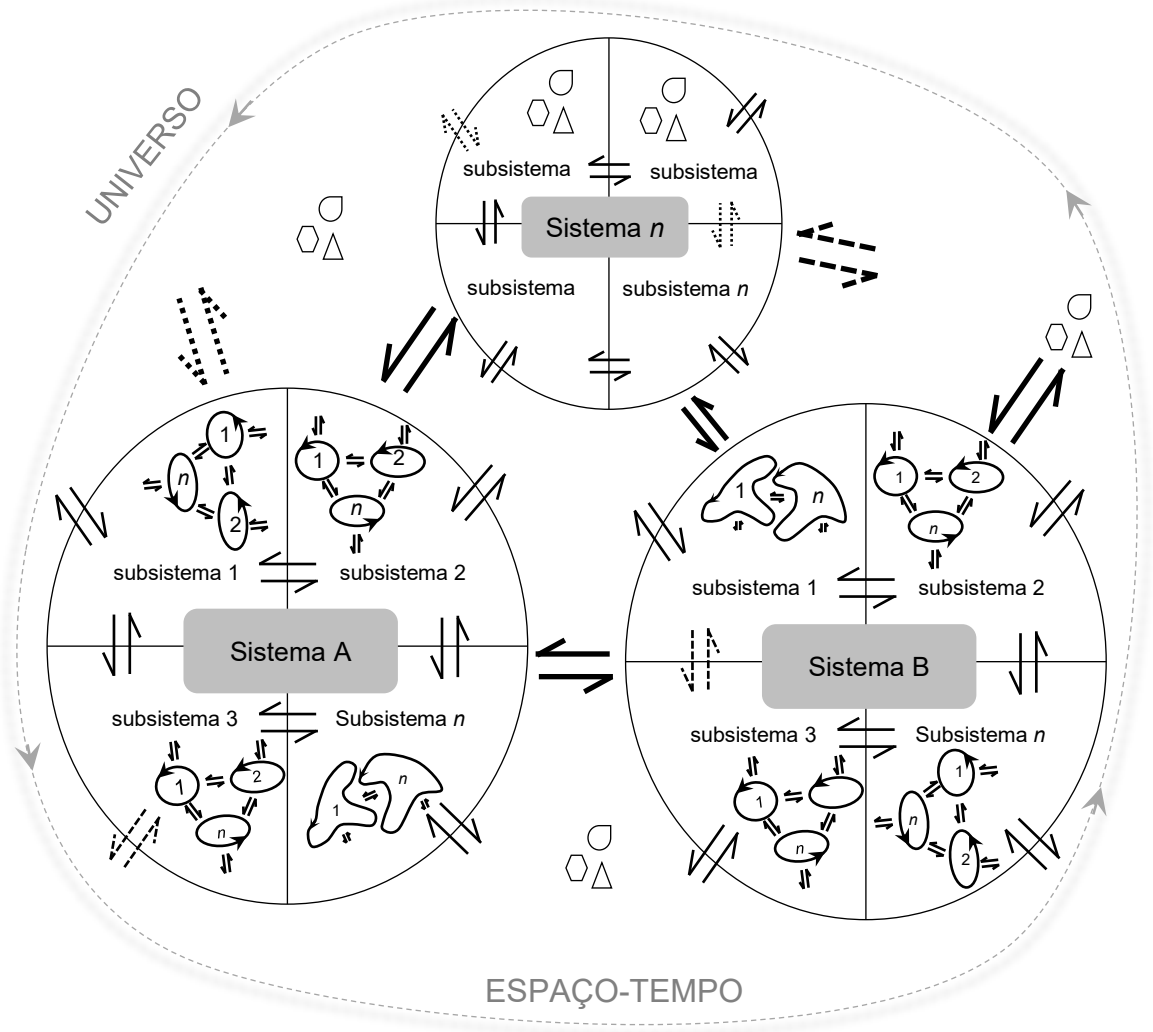
Não obstante, podemos dizer que os fenômenos contemporâneos são designados como eventos críticos ou objetos complexos, que não se reduzem à emergência de um único episódio. Assim, a abordagem da complexidade evidencia os múltiplos estados metaestáveis e a distribuição não-Gaussiana de respostas e eventos (KASTENS et al., 2009). Os sistemas complexos adaptativos (Figura 6) dispõem de muitos elementos, partes e/ou agentes que estão interagindo e entrelaçando entre si e com o meio, a todo momento e em diferentes e múltiplos níveis, não existindo isoladamente no universo, mas como parte de um todo (FOLLONI, 2016; WANG; TAN; CAO, 2019). O acoplamento na complexidade não congela os graus de liberdade, mas permite que o caos seja explicado a partir dos componentes, interconexões, interações e interdependências, o que dificulta o seu processo de compreensão, descrição e gerenciamento (LUKOSEVICIUS; MARCHISOTTI; SOARES, 2017).

A complexidade, portanto, está relacionada ao número de possibilidades de comportamentos do sistema, sendo que este está em constante cooperação e adaptação com outros. Analogamente à equação de Drake[2] na cosmologia, que estima o número de civilizações existentes no cosmo visível, propomos nesta tese que um sistema adaptativo complexo é constituído pela combinação das diversas partes heterogêneas, que são multiplicadas pelas probabilidades de interação, entre si e com o seu meio ambiente, bem como pelos padrões emergentes dessas interações. Sendo assim, a complexidade de um evento/fenômeno/sistema não é apenas uma função de suas partes, mas também das interações entre essas partes e do ambiente em que estão inseridos.

Em suma, as epistemes que aqui discorremos dialogam entre si por tratarem os fenômenos como adaptativos e complexos, sendo constituídos por uma unidade básica modelar. O uso de mecanismos gerativos, por sua vez, permitirá a descrição do fenômeno estruturada em narrativas derivadas da apreensão da informação pelo observador/pesquisador sob o domínio explicativo/explorativo, conforme defende Maturana (2001). As hipóteses menos refutáveis podem e devem ser questionadas diante de sua validade, propiciando a formulação de novas hipóteses. Essas, por fim, poderão ser testadas perante o avanço dos quadros teóricos do conhecimento e das tecnologias existentes, com o propósito de examinar e explicar o real para além

dos planos semânticos, sintáticos e pragmáticos, mas abrangendo sua complexidade adaptativa e sua indeterminação.

Figura 6: Sistemas complexos adaptativos.



Fonte: O autor, 2022; fundamentado Folloni, 2016; Wang; Tan; Cao, 2019; Kastens et al., 2009.

Nesse enquadramento, a análise da obesidade no contexto urbano sob a ótica da complexidade revela-se uma estratégia promissora para a análise da intricada rede de elementos e influências que permeia esse fenômeno. Reconhecer a obesidade como um problema complexo implica entender que suas manifestações surgem da interconexão e interação de uma variedade de fatores multifacetados, abrangendo dimensões individuais, sociais, culturais, econômicas e ambientais. Essa abordagem responde à necessidade de evitar análises simplistas e lineares, considerando suas causas e efeitos como partes integrantes de um sistema

dinâmico, cujos padrões de comportamento emergem da interação complexa de suas partes constituintes.

Assim, a compreensão do fenômeno sob essa ótica enfatiza a inviabilidade de atribuir sua ocorrência a um único determinante isolado. A interdependência entre diversos fatores revela que alterações em um componente do sistema podem desencadear efeitos em cascata, ampliando-se em uma escala que transcende o efeito da alteração individual. Essa característica abre a possibilidade de utilização de ferramentas de modelagem e simulação, capazes de representar as dinâmicas subjacentes do fenômeno e auxiliar na visualização e compreensão dos elementos e de suas interações. Portanto, a complexidade da obesidade e sua abordagem requer uma visão holística e integrada, que considere a multiplicidade de fatores envolvidos e suas interações dinâmicas.

2.3 AMBIENTE CONSTRUÍDO E OBESIDADE: ESTADO DA ARTE

As relações etiológicas da obesidade com o ambiente construído são pouco informativas para serem aplicadas, na prática, ao desenho urbano e em políticas públicas. Um mapeamento da doença foi elaborado, em 2007, por Vandenbroeck, Goossens e Clemens (2007), que já destacava a complexidade da questão: causas multifatoriais que incluem aspectos biológicos, psicológicos, comportamentais e sociais. Nota-se uma falta geral de compreensão de como os ambientes físicos e os fatores sociais se combinam para criar exposições ambientais díspares e, assim, desigualdades de saúde entre as populações.

Em 2009, Townshend e Lake comentaram que nenhuma teoria única explicava adequadamente todos os fatores que contribuem para a ‘epidemia’[4] de obesidade. Tais mapas e pesquisas restringiam-se à América do Norte e à Austrália, contendo principalmente estudos de correlação entre fenômenos em vez de explorar as relações de causa e efeito (TOWNSHEND; LAKE, 2009). Acabavam por produzir um corpo de evidências desiguais e muitas vezes aparentemente contraditórias.

---

[4] Devido ao aumento de casos em todo o mundo, a Organização Mundial de Saúde vem alterando sua condição de epidemia, endemia e pandemia para o quadro de sindemia global: obesidade, desnutrição e mudanças climáticas.

Recentemente, o problema da obesidade migrou para o interior de um tema que se tornou voga no Brasil: a "*Walkability*", que traduzimos como "Mobilidade Ativa" (MA). Esta temática foi extraída de disciplinas tradicionais de *Cineantropometria e Desempenho Humano*, dos cursos de Educação Física. Muito embora as pesquisas sobre MA busquem a transdisciplinaridade, uma rigorosa revisão bibliográfica dos autores internacionais não consegue compor um quadro teórico aplicável às condições de outros países – incluindo o Brasil.

Conforme Shay, Spoon e Khattak (2003), a literatura a respeito é confusa, imprecisa e incapaz de fornecer elementos para estudos sistemáticos, localizados e válidos. As pesquisas sobre MA limitam-se a comparar conceitos de acessibilidade entre si e enumerar hipotéticas características que poderiam contribuir para a criação de caminhos de pedestres que favoreçam a saúde, a economia local, a sustentabilidade e até o nível acadêmico dos indivíduos (LUFKIN, 2016).

Assim, apesar de haver muitos estudos, não se observa um conceito estritamente delimitado do termo, tampouco um conjunto de correlações estabelecidas entre os padrões comportamentais universais dos pedestres e os atributos espaciais das configurações urbanas construídas (TIMMERMANS, 2009). Alguns estudos fazem uso da observação empírica de comunidades que utilizam meios não motorizados de locomoção (SHAY; SPOON; KHATTAK, 2003), tentando mostrar certa eficácia na redução do congestionamento de automóveis, poluição, consumo de combustíveis, ao mesmo tempo em que sugerem que esses meios podem aumentar a prática de atividade física dos indivíduos e melhorar sua saúde, a economia local, a interação e o bem-estar social, além da segurança. Por essas implicações, a "*Walkability*" está sendo revista como conceito secundário dentro de outro que entrou em cena: o de "*Livability*" (por exemplo, Heatwole Shank e Cutchin, 2016), no qual a mobilidade se relaciona muito mais a fatores percebidos de segurança pessoal e social dos caminhos.

Na atualidade os estudos sobre a obesogenicidade parecem sofrer uma perda de foco nas preocupações com a forma e as pesquisas, quando consideram o espaço urbano, oferecem guias de exercícios e práticas corporais que podem ser executadas pelas pessoas, voluntariamente, numa "*affordance"* (MAIER; FADEL; BATTISTO, 2009), utilizando os equipamentos urbanos, que integram e apoiam movimentos físicos e sequências de exercícios. Livros como o *Reversing the obesogenic environment* (LEE; MCALEXANDER; BANDA, 2011) e sites como o

Human Kinetics Library Platform[5] exemplificam isso. Além disso, também são evidenciados estudos de mídias locativas como estímulo à prática esportiva (NIGG; MATEO; AN, 2017), levando o usuário a melhores condições de saúde.

Quanto às investigações de cunho epidemiológico e saúde pública, estudos empíricos recentes apontam que existe uma relação entre a maior proporção de estabelecimentos não saudáveis e o aumento de casos de obesidade (ASSIS et al., 2019), demonstrando que a proximidade com determinadas tipologias é capaz de influenciar os desfechos de saúde de uma vizinhança. Enquanto revisões sistemáticas revelam associações mais significativas em relação ao consumo de alimentos do que fatores do ambiente construído, demonstrando serem inconclusivas as pesquisas que buscam avaliar o ambiente construído (MEI et al., 2021).

Além disso, estudos recentes destacam a influência significativa da disponibilidade de venda de alimentos no território na alimentação da população, especialmente em comunidades, como as vilas e favelas brasileiras, onde a falta de recursos e a baixa oferta de alimentos saudáveis a preços acessíveis são fatores preponderantes (ROCHA et al., 2024b, 2024a).

Apesar de serem considerações interessantes para a saúde pública, auxiliando o planejamento de políticas públicas de segurança alimentar e nutricional, nota-se ainda a lacuna inconcludente quanto à ordenação territorial dos conflitos entre elementos espaciais e formas sociais. E é nesse contexto que o presente trabalho pretende colaborar, avançando na investigação e no conhecimento de ferramentas que permitam sistematizar a compreensão da sinergia dos elementos e atividades relacionados ao ambiente alimentar urbano para estimar a distribuição de espaços obesogênicos em ambientes urbanos, conforme elucidado na seção seguinte.

2.4 ENUNCIADO DO PROBLEMA

A busca de respostas para as indagações que transcorrem da relação, da contribuição e da influência do ambiente construído na sindemia de obesidade,

---

[5] Disponível em: <https://www.humankineticslibrary.com/home>. Acesso em 20/07/2022.

juntamente com as discussões apresentadas anteriormente, esta investigação será conduzida por meio de tentativas e eliminação de erros. Esse suporte epistêmico se alinha à perspectiva de que o fenômeno em estudo é parte da dinâmica dos sistemas vivos e o que acontece depende da sua estrutura atual, dada as inúmeras interações entre os múltiplos componentes.

Admitimos, então, a importante correlação entre o estudo dos ambientes alimentares, seus elementos constituintes, suas dinâmicas e sua relação com a obesogenicidade na população de áreas urbanas. A falta de acesso a alimentos saudáveis, a oferta massiva de processados e ultraprocessados e a precarização de espaços públicos de qualidade, que promovam, de modo equânime, uma vida urbana ativa nas cidades brasileiras, compõem a cena urbana que aqui denominamos como espaços obesogênicos. Nessa perspectiva, a partir do domínio e experiência do autor no campo de arquitetura e urbanismo, o fenômeno a ser explorado e testado nesta tese surge a partir da principal questão-problema:

Como os elementos espaciais e as formas sociais influenciam as dinâmicas da sindemia de obesidade?

A tese se interessará, portanto, pelos aspectos espaciais da temática, com influência direta no sistema alimentar, sobretudo aqueles que compõem os ambientes alimentares urbanos. Entendemos como *sistema alimentar*: o conjunto de agentes e dinâmicas relacionados à produção, processamento, distribuição, preparação e consumo de alimentos, levando em consideração o meio ambiente (natural e construído), processos, instituições, pessoas, insumos e infraestruturas (DOWNS et al., 2020; RECINE; BRITO, 2022). Já o termo *ambiente alimentar* engloba os diversos elementos físicos, sociais, econômicos e políticos que afetam as decisões alimentares das pessoas em um determinado contexto, incluindo a disponibilidade, acessibilidade, conveniência, qualidade e preço dos alimentos, bem como fatores como publicidade de alimentos, normas culturais e sociais relacionadas à alimentação (DOWNS et al., 2020; HORTA et al., 2022; MENDES; PESSOA; COSTA, 2022; ROCHA et al., 2024b).

O estudo explora as características configuracionais dos ambientes urbanos, com foco na organização espacial e na análise de redes urbanas. Isso envolve a compreensão do potencial das vias, a disposição dos edifícios, suas características e usos, em conjunto com a influência das culturas locais, para estabelecer espaços que possam promover ou inibir comportamentos alimentares específicos. Essa análise é fundamentada em teorias como a sintática do espaço (*Space Syntax*) (HILLIER, 2009, 2008; HILLIER et al., 1993; HILLIER; HANSON, 1984; TURNER, 2001) e a análise da rede urbana (SEVTSUK, 2014b; SEVTSUK; MEKONNEN, 2012).

Além disso, consideramos a visão estatística probabilística e a perspectiva estrutural da realidade social aplicadas à modelagem da informação como ferramenta para compreensão de eventos da saúde urbana. Inspirados na equação de Drake[6], que pretende calcular o número (*N*) de civilizações existentes no cosmo visível em função de outros fatores astronômicos, biológicos e psicológicos, desenvolvemos nossa teoria.

Descrevemos a dualidade do espaço material utilizando mecanismos matemáticos, sobretudo a teoria dos grafos e operações algébricas simples, para a indiciação da obesogenicidade de entornos urbanos. Adotando essa abordagem e inspiração, conseguimos integrar diversos fatores distintos, referidos como "partes heterogêneas". Multiplicamos essas partes pelas "probabilidades de interação dos ambientes alimentares", calculadas pela sintaxe espacial. Essas probabilidades refletem a chance de diferentes tipos de ambientes alimentares interagirem de forma significativa com as pessoas que residem ou trabalham nas proximidades.

Essa abordagem foi necessária devido à dificuldade de obtermos dados de qualidade e confiáveis, o que evidencia uma crise política e de governança que afeta diretamente a transparência de dados. Mesmo assegurada por lei, a transparência na gestão pública ainda se apresenta como um fator que inviabiliza pesquisas a serem realizadas com dados secundários. Assim, muitas das vezes, faz-se necessário recorrer a metodologias empíricas para obtenção das informações basilares de determinadas investigações científicas. Para o nosso caso, os dados

---

[6] A equação de Drake é usada para estimar o número de civilizações extraterrestres na Via Láctea. Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=wBQlZ0zNhrQ. Acesso em 10/07/2022.

disponíveis de forma aberta por órgãos governamentais dispõem de um nível de agregação que impossibilita a operacionalização desses.

Além disso, essa concentração de informações em blocos, como é o caso dos setores censitários, generaliza informações a partir de uma média aritmética simples, bem como do uso de modas para estabelecimento de referências. Essa tipologia de amostragem de dados não representa a complexidade da cidade, nem a pluralidade da sociedade. Segundo Maturana (1999, 2001), a informação não é transmitida e os sistemas são dinâmicos e vivos, incluindo o próprio meio ambiente do modelo, o qual possui unidades hermeticamente fechadas que retiram insumos e devolvem o resultado do processamento deles ao meio ambiente, numa relação de mutualidade e cooperação com as unidades sistêmicas circundantes. Nesse contexto, para a obtenção de dados primários para finalização da investigação proposta nesta tese, dependeríamos de estratégias metodológicas empíricas. Para isso, precisaríamos recorrer às estatísticas do bairro, para compreender e estimar a amostra a ser avaliada, além de demandar altos recursos sociais e financeiros para sua execução.

Portanto, na busca de soluções para o impasse relatado, observamos a potencialidade em recorrermos à analogia de Drake para estimar a distribuição proposta, considerando a criação de cenários hipotéticos como instrumento de avaliação da obesogenicidade de entornos urbanos. E é nesse contexto que a tese pretende contribuir, avançando-se na investigação e no conhecimento de ferramentas que permitam sistematizar e validar a compreensão da sinergia dos elementos e atividades relacionados ao ambiente alimentar urbano, principalmente os aqui denominados como espaços obesogênicos. Para isso, passa-se para o objetivo geral e os objetivos específicos, apresentados a seguir.

2.4.1 Objetivo Geral

Conceber um modelo para a avaliação da obesogenicidade de entornos urbanos, incorporando os elementos espaciais, suas relações com as formas sociais e as dinâmicas urbanas no espaço.

2.4.2 Objetivos Específicos

No intuito a atender ao objetivo geral, a presente pesquisa visa:

- Investigar e descrever quais são os elementos espaciais e as formas sociais que constituem os ambientes alimentares e como esses se relacionam entre si;
- Mapear os elementos espaciais e as formas sociais que constituem os ambientes alimentares;
- Constituir indicativos espaciais válidos de maior ou menor atração/congruência por destinações urbanas que afetam a saúde pública;
- Verificar a viabilidade da aplicação prática dos indicativos para a avaliação da obesogenicidade de entornos urbanos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

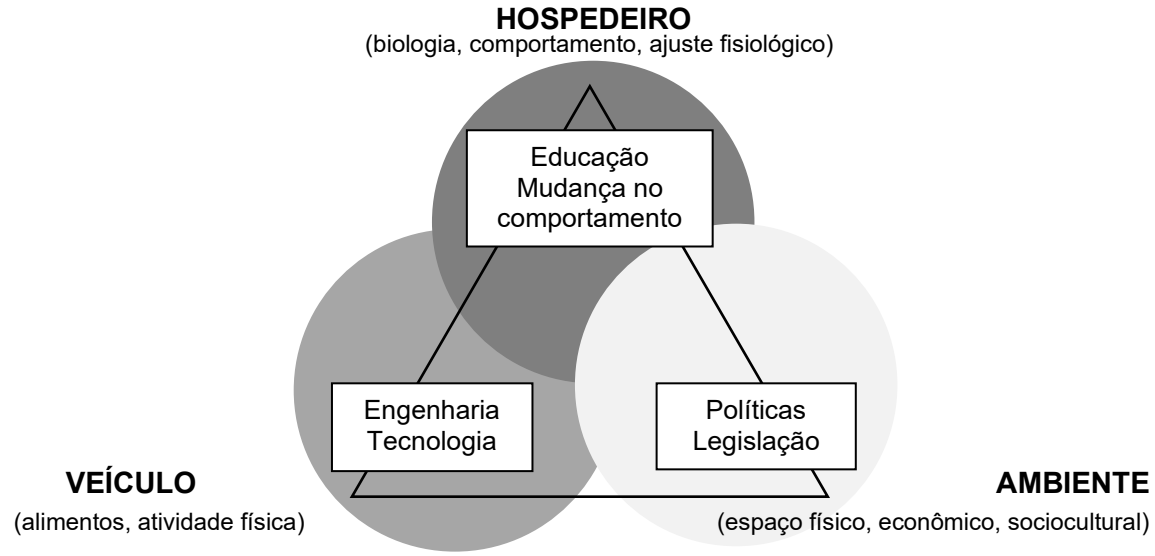
A revisão e síntese bibliográfica buscam elucidar o conhecimento sobre dois temas de grande relevância para o desenvolvimento desta tese: Ambiente alimentar e Análise de rede urbana. A estratégia adotada foi a revisão narrativa e crítica. Dessa forma, inicialmente serão discutidos o modelo ecológico da obesidade e suas complexidades. Em seguida, são apresentados, em ordem cronológica, os principais modelos de ambientes alimentares existentes na literatura e suas relações espaciais com o fenômeno da obesidade. Nesses modelos, extrapola-se o conceito de ambiente alimentar difundido pela Nutrição e Saúde Pública, a partir da dissociação entre elementos espaciais e suas relações com as formas sociais, dentro do domínio do ambiente construído.

Em um segundo momento, serão apresentados os principais conceitos da teoria de sintaxe espacial, que utiliza da topologia para tratar da concreção da forma do espaço físico e do fenômeno do movimento de pedestres. Também serão apontados fundamentos e operações da análise de rede urbana que complementam a sintaxe espacial com cálculos de centralidades, sendo que alguns utilizam algoritmos do século passado e que somente com a capacidade computacional contemporânea podem ser transladados e utilizados na visão de uma cidade inteira.

3.1 MODELO ECOLÓGICO DA OBESIDADE E SUAS COMPLEXIDADES

Até os anos 1990, a obesidade era considerada um distúrbio individual e atrelado a questões psicossociais e fisiológicas do ser humano, que requeria tratamento. Já na década de 1990 surge uma linha de pesquisa que considera o espaço como parte dos condicionantes que desencadeiam um processo de alteração do quadro de saúde (DOWNS et al., 2020; EGGER; SWINBURN, 1997; GÁLVEZ ESPINOZA et al., 2017; GLANZ et al., 2005; MENDES; PESSOA; COSTA, 2022; STORY et al., 2008; SWINBURN et al., 2013; SWINBURN; EGGER; RAZA, 1999; TURNER et al., 2018), iniciando a perspectiva ecológica da condição crônica de obesidade (Figura 7). Ou seja, esta vertente aborda o espaço e suas influências nas escolhas alimentares, no estado nutricional e na prática de atividade física (EGGER; SWINBURN, 1997).

Figura 7: Tríade epidemiológica clássica e sua analogia com sistemas alimentares.

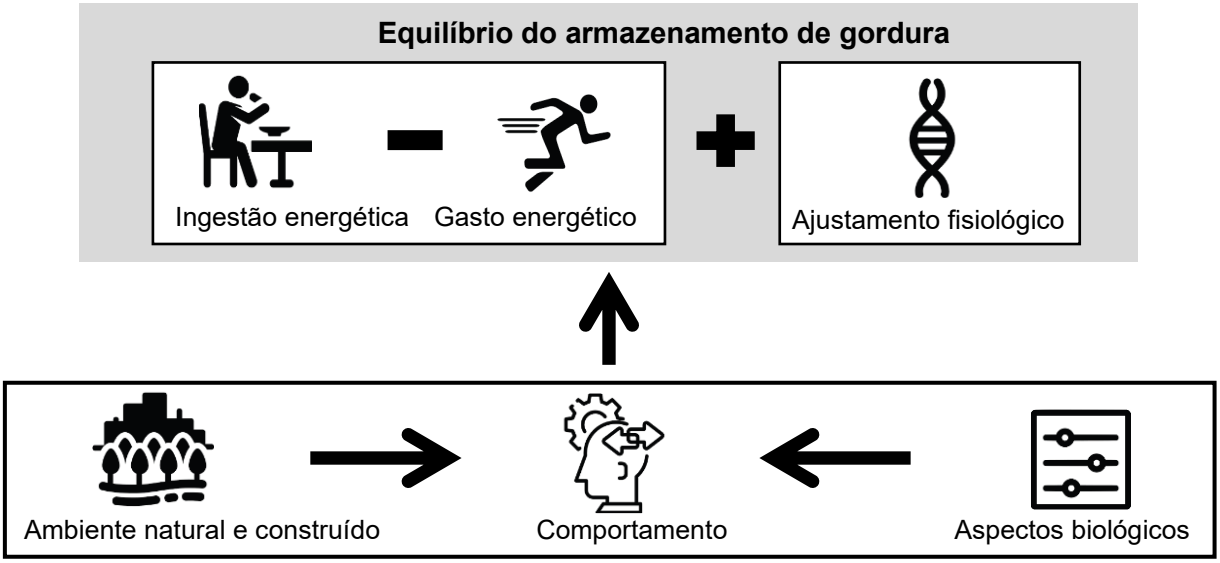


Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Egger e Swinburn (1997).

Em vista disso, o primeiro modelo ecológico surgiu na literatura por volta de 1997. Proposto pelos autores pioneiros da temática, Egger e Swinburn (1997), o modelo apresenta a organização do sistema, seus elementos constituintes e as possíveis perturbações que alteram a dinâmica do quadro de saúde. O funcionamento desse modelo decorre do equilíbrio no armazenamento de gordura corporal do ser humano e diversos fatores influenciam a sua homeostase. Conforme

representado na Figura 8, de um lado têm-se os mediadores que decorrem da ingestão e gasto energético e do outro, os moderadores, constituídos pelos sistemas fisiológicos do ser humano. Os autores também relatam que o nível de gordura corporal não deve ser visto como ponto de ajuste para o sistema, mas como ponto de estabilização (EGGER; SWINBURN, 1997).

Figura 8: Modelo ecológico para compreender a obesidade.



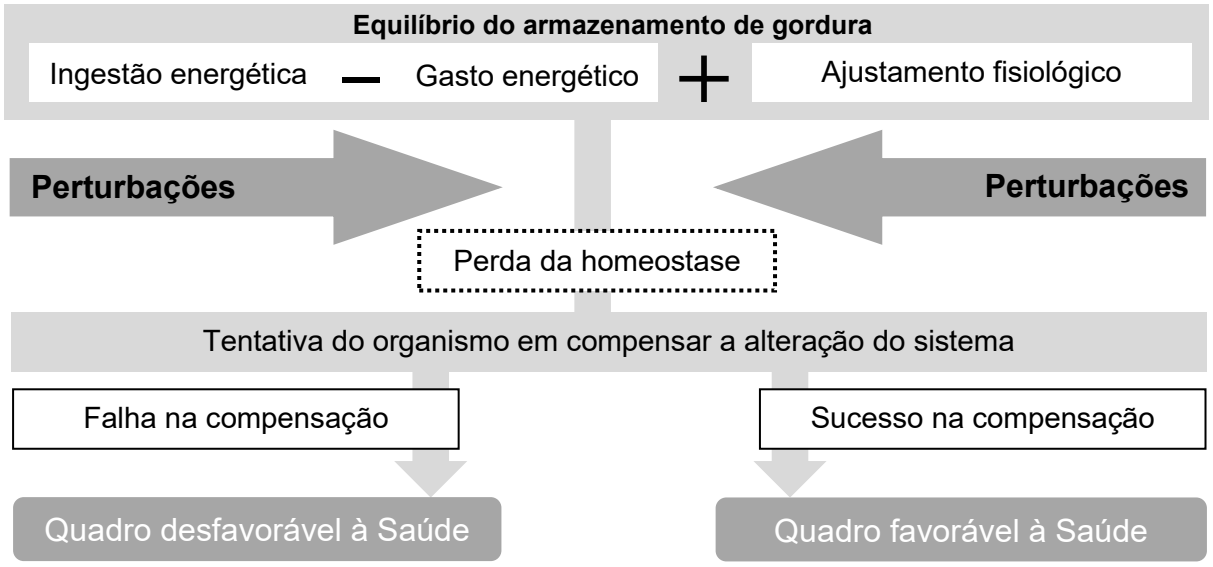
Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Egger e Swinburn (1997).

Visto a pluralidade desse fenômeno, destaca-se que o seu equilíbrio é dependente de múltiplas e complexas variáveis, as quais são apresentadas de forma simplista no modelo da Figura 8, exigindo investigações mais precisas para a compreensão de padrões e fatores que afetam a saúde urbana. Ademais, analogamente às teorias sistêmicas (BARTALANFFY, 1969; CHURCHMAN, 2015), podemos afirmar que o modelo traz como principais *inputs* (entradas) os mediadores e os moderadores, que promovem o equilíbrio de armazenamento de gordura no corpo humano. Porém, eventos externos, como comportamento e ambiente também são estímulos capazes de promover diferentes *outputs* (saídas), no caso, desfechos de quadro de saúde (Figura 9).

Com isso, o uso de técnicas e ferramentas digitais para modelagem e simulação do ambiente construído permite o manuseio das variáveis objetivas do sistema, realizando testes a partir da formulação de hipóteses para o fenômeno. Essa abordagem assume que qualquer evento é capaz de alterar as dinâmicas internas de um sistema, sendo que este não existe de forma isolada no universo,

mas como parte de uma rede interligada e interagindo em diferentes e múltiplos níveis, a todo momento (CAIAFFA et al., 2008; PEREIRA; CAIAFFA; OLIVEIRA, 2021).

Figura 9: Modelo sistêmico da obesidade.

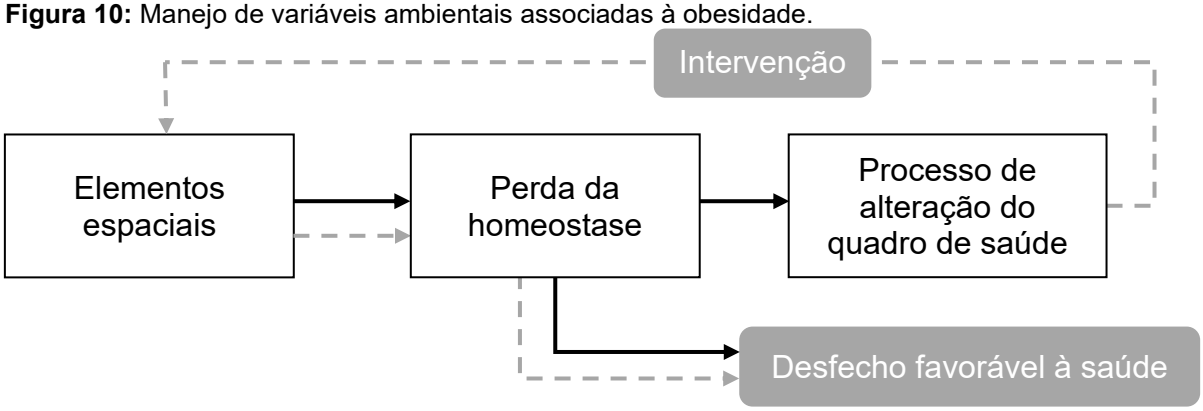


Fonte: O autor, 2022.

Dessa forma, é possível reconhecer interações entre os *inputs* e os *outputs* que se apresentam e se manifestam no processo de alteração do quadro de saúde das pessoas, possibilitando intervenções no sistema que poderão auxiliar na melhoria da qualidade de vida da população e o manejo das variáveis ambientais que impactam a sindemia de obesidade (Figura 10). Assim, a exploração desses parâmetros e dessas interações no domínio do ambiente construído pode vir a contribuir para a produção espacial, com enfoque no planejamento e na gestão de espaços que promovam a saúde urbana, auxiliando no manejo da obesidade em entornos urbanos.

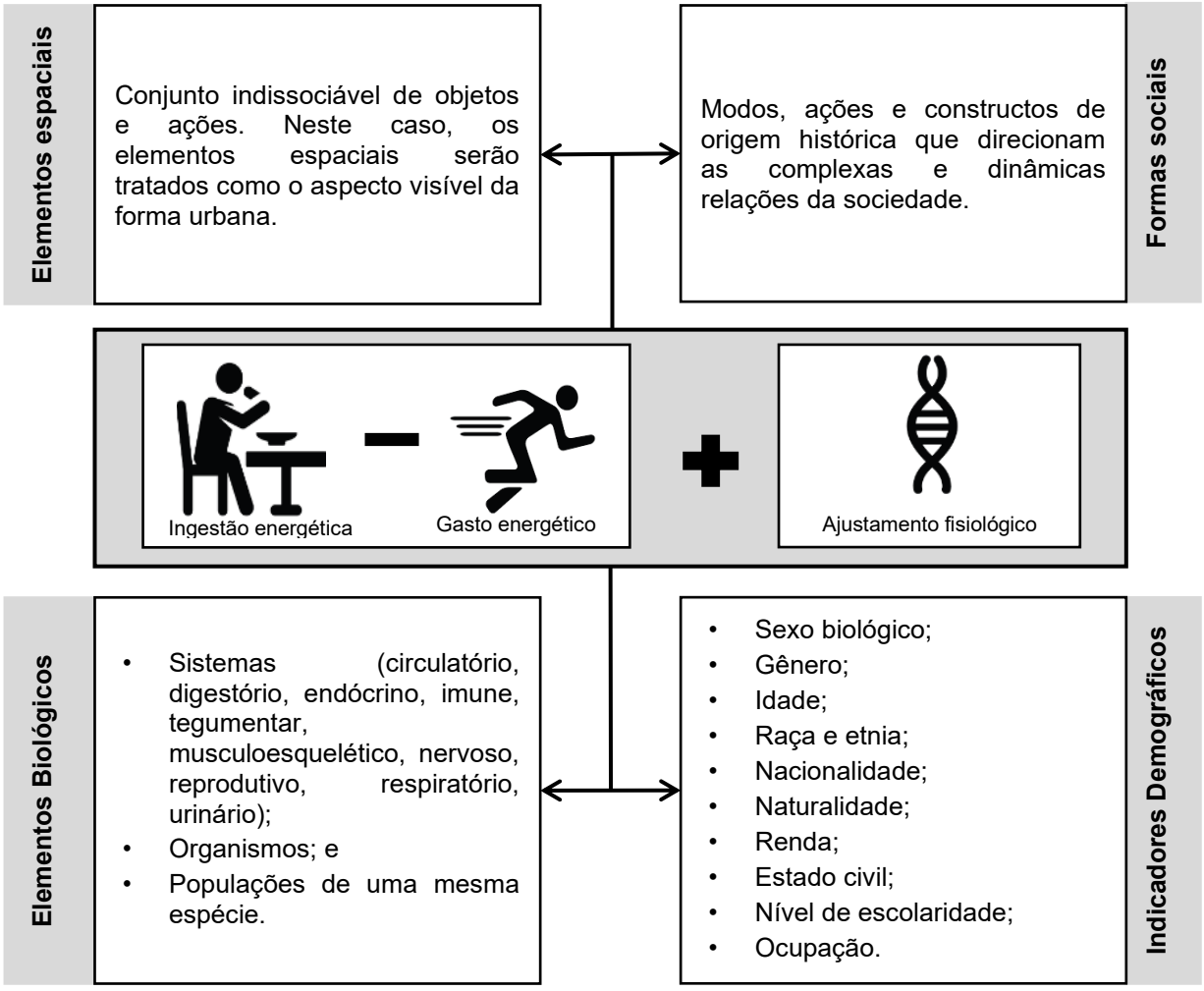
Nesta lógica, é preciso enfatizar que, no quadro de conhecimentos que amparam esta tese, espaço e atividades são uma única coisa, mas será necessário abordá-los de modo tradicional, com suas divisões de propriedades e características. Assim, avançamos para a estruturação do modelo socioecológico a ser seguido pela tese, acrescentando os elementos espaciais, suas relações com as formas sociais e a fricção das dinâmicas urbanas no espaço (Figura 11).

Figura 10: Manejo de variáveis ambientais associadas à obesidade.



Fonte: O autor, 2022.

Figura 11: Dissociação entre elementos espaciais e formas sociais do modelo sistêmico da obesidade.



Fonte: O autor, 2022; fundamentado em Egger e Swinburn (1997), Mascaro (2021), Santos (2008) e Swinburn, Egger e Raza (1999).

No processo de alteração do quadro clínico de saúde do indivíduo, adotamos então a qualidade de ‘obesogênico’ para designar a força de influência

empenhada para o incentivo de estilos de vida que favoreçam a obesidade da população, sobretudo a alimentação inadequada e comportamentos sedentários (MATOZINHOS et al., 2022; SWINBURN; EGGER; RAZA, 1999). Enquanto 'leptogênico' é abordado pela força de influência exercida para a promoção de hábitos alimentares saudáveis e o estímulo à prática de atividade física (SWINBURN; EGGER; RAZA, 1999).

E é nesse contexto que verificamos a necessidade e a possibilidade de um olhar estratégico para o espaço como dimensão analítica, auxiliando na compreensão de padrões e fatores que afetam a saúde urbana, neste caso, a conformação e manutenção de espaços obesogênicos em entornos urbanos. Consequentemente, o mapeamento dos elementos espaciais e formas sociais torna-se fundamental para a indiciação desses espaços (obesogênicos e leptogênicos).

Diante da extrapolação didática do modelo socioecológico, com a dissociação dos elementos espaciais e formas sociais, a próxima seção explora as múltiplas e complexas variáveis que compõem os ambientes alimentares, com ênfase no conjunto de interações que existem ou devem existir entre sujeito e ambiente para potencializar a promoção de hábitos alimentares saudáveis e um estilo de vida mais ativo. A revisão, portanto, ultrapassa o mapeamento dos Índices de Vulnerabilidade Social (IVS) para o mapeamento das interações, de forma que as reflexões geradas articulem estratégias do modo de ser do humano, sistematizando a compreensão da sinergia dos elementos e atividades relacionados ao ambiente alimentar urbano, sobretudo os aqui denominados como obesogênicos.

3.2 AMBIENTE ALIMENTAR: A RELAÇÃO ENTRE O ESPAÇO COM AS OPORTUNIDADES OU CONDIÇÕES DE ESCOLHA

Modelos conceituais foram elaborados para estudar as múltiplas e complexas variáveis correlacionadas ao ambiente alimentar que compõem o sistema alimentar urbano, considerando os elementos e as atividades associadas à produção, ao processamento, à distribuição, à preparação e ao consumo de alimentos, envolvendo insumos, espaços, processos e pessoas (RECINE; BRITO, 2022, p. 24). O sistema alimentar refere-se a uma estrutura mais abrangente que engloba todos os aspectos da produção, distribuição, processamento, comercialização, consumo e descarte de alimentos (KEARNEY, 2010). Inclui desde

as práticas agrícolas até a disponibilidade de alimentos nos mercados e lojas, bem como a regulação governamental relacionada à produção e à segurança alimentar (IPES FOOD, 2017). Por outro lado, o ambiente alimentar refere-se ao conjunto de elementos físicos, sociais, econômicos e políticos que influenciam as escolhas alimentares das pessoas em um determinado contexto (CASPI et al., 2012). Isso inclui a disponibilidade, acessibilidade, qualidade e preço dos alimentos, bem como fatores como a publicidade de alimentos e as normas culturais e sociais relacionadas à alimentação (HORTA et al., 2022; MENDES; PESSOA; COSTA, 2022).

Essas distinções são fundamentais, pois elucidam as características e interfaces do ambiente alimentar urbano e seu impacto nas escolhas alimentares individuais e coletivas. Os elementos e as atividades associados ao ambiente alimentar têm a capacidade de modificar tanto as dinâmicas internas do “sistema” quanto as externas, visto que ele se encontra como uma parte integrante de um todo interconectado e interagindo constantemente em diversos níveis (CAIAFFA et al., 2008). A descrição e a modelagem desses eventos podem auxiliar na compreensão de padrões e fatores emergentes que afetam a saúde urbana. Nessa perspectiva, são apresentados, em ordem cronológica de publicação, os principais modelos conceituais de ambientes alimentares que incluem o espaço e sua relação com a obesidade, compondo um painel analítico capaz de subsidiar a indiciação de espaços obesogênicos.

3.2.1 Cronologia dos modelos conceituais de ambientes alimentares

Em 1999, Swinburn, Egger e Raza (1999) propõem o “Quadro de análise para ambientes ligados à obesidade” (ANGELO). Neste modelo, foram estabelecidas duas escalas de interferência ambiental associadas ao consumo de alimentos e a prática de atividade física, que são:

- a *microescala*, que condiz a cenários locais, com grupos de pessoas reunidas para um fim específico, como casa, escola, trabalho, pontos de serviços de transporte, espaços de saúde, varejos e postos de alimentos; e

- a *macroescala*, que se refere a contextos regionais, nacionais ou internacionais que são comuns à população em geral, como mídia, desenvolvimento urbano/rural, sistemas de transporte e sistema de saúde.

Os autores também apresentaram, a partir dessas duas escalas, categorias e tipologias para diferentes situações ambientais relacionadas à alimentação e à prática de atividade física, classificando-as em: *físicas*, que refere ao que está disponível, envolvendo fatores menos tangíveis como, oportunidades de treinamento e especialização em nutrição e exercícios; *econômicas*, que condiz aos custos; *políticas***,** pertencentes à esfera legal e reguladora; e *socioculturais*, englobando atitudes, crenças e valores de uma comunidade (SWINBURN; EGGER; RAZA, 1999). Por fim, os autores apresentam um quadro com exemplos de espaços que se enquadram na escala micro e os setores que fazem parte da escala macro (Quadro 1).

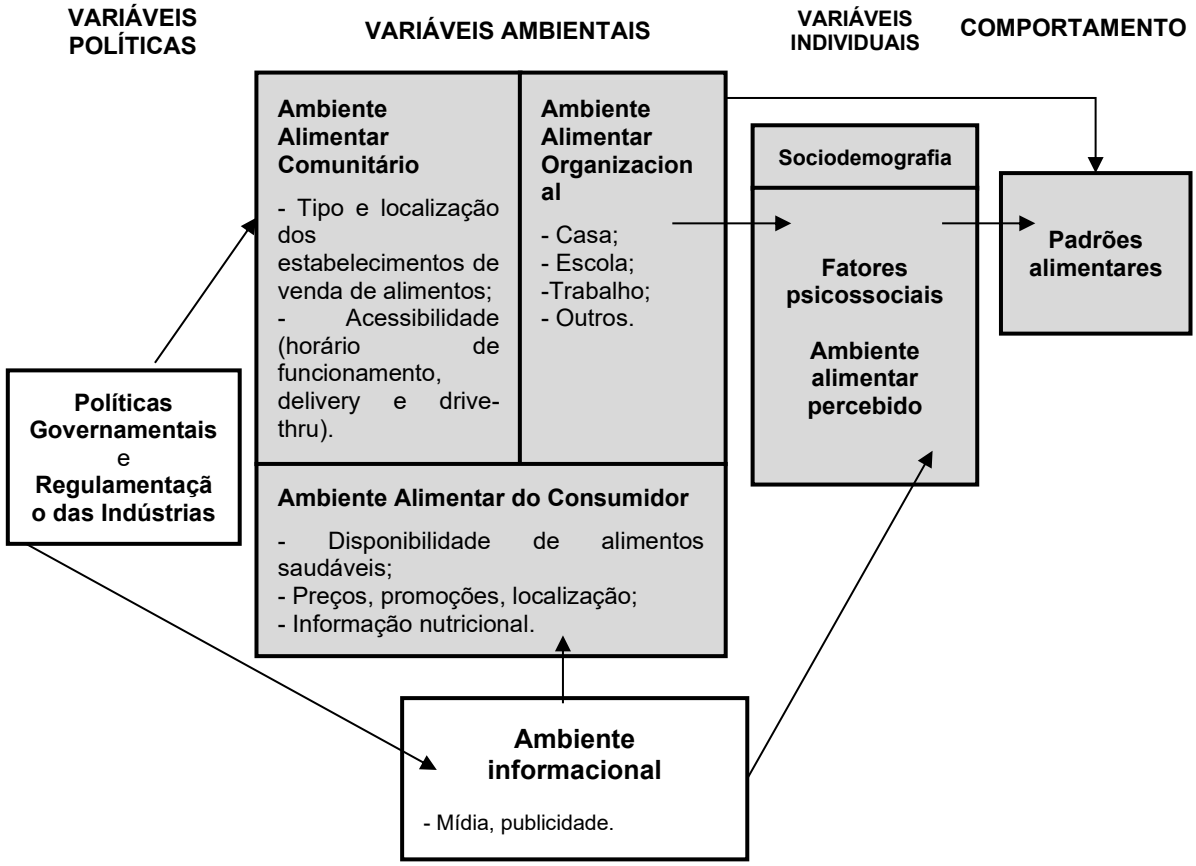
Quadro 1: Exemplos de ambientes na escala micro.

Micro	Casa; Trabalho; Escola; Universidades / Instituições terciárias; Grupos comunitários (ex.: clubes, igrejas); Espaços comunitários (ex.: parques, shoppings); Varejo de alimentos (ex.: supermercados); postos de alimentação (ex.: lanchonete, restaurante); Instalações de recreação (ex.: piscina, academia); Vizinhança (ex.: ciclovias, ruas seguras); Pontos de Serviços de transporte (ex.: aeroportos, estação de ônibus); Espaços de saúde (ex.: hospital).
Macro	Tecnologia/design (ex.: dispositivos de economia de trabalho, arquitetura); Mídia (ex.: revistas); Produção/ importação de alimentos; Fabricação de alimentos; Marketing de alimentos (ex.: publicidade de fast-food); Serviços de alimentação; Setor de esportes/lazer (ex.: programas de treinamento de instrutores); Desenvolvimento urbano/rural (ex.: planejamento urbano, conselhos municipais); Sistemas de transporte (ex.: transporte público); Sistema de saúde (ex.: Ministério da Saúde, escolas de medicina, associações profissionais.

Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Swinburn, Egger e Raza (1999).

Em 2005, a multidimensionalidade e complexidade do ambiente alimentar foram retratadas por Glanz *et al.* (2005), na publicação "*Healthy nutrition environments: Concepts and measures*". Os autores elaboraram um modelo (Figura 12) a partir de constructos hipotéticos dos campos de saúde pública, psicologia da saúde, psicologia do consumidor e planejamento urbano, classificando espacialmente os ambientes alimentares em quatro tipos distintos, segundo a interação com o indivíduo e como influenciam seus padrões alimentares (GLANZ *et al.*, 2005).

Figura 12: Modelo teórico que classifica espacialmente os ambientes alimentares.



Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Glanz et al. (2005).

O primeiro tipo é o *ambiente alimentar comunitário*, que serve à distribuição das fontes de alimentos, possuindo características tipológicas, localização e suas proximidades. O segundo é o *ambiente organizacional*, que se refere às entidades alimentares que se encontram dentro de instituições, como as demandas e regras logísticas para, por exemplo, cantinas, comércios dentro de escolas, locais de trabalho, igrejas, entre outros. O *ambiente alimentar doméstico* (residências particulares) está incluído nessa categoria, devido à similaridade de sua dinâmica de funcionamento. O *ambiente alimentar dos consumidores*, que é o terceiro tipo, está relacionado às condições internas dos estabelecimentos, como situações de promoção, preço, layout do espaço físico, rotulagem dos produtos e atendimento. Por fim, o último tipo trata do *ambiente alimentar informacional*, que lida com a mídia e a publicidade de alimentos.

É importante ressaltar que, nesta época (por volta do ano de 2005), foram conduzidos diversos estudos que investigaram a associação entre padrões de saúde, fatores socioeconômicos e aspectos raciais com o acesso a fontes de

alimentos, tais como supermercados e estabelecimentos de *fast-food* (BLOCK; SCRIBNER; DESALVO, 2004; MORLAND et al., 2002; WECHSLER et al., 1995). Além disso, foram publicadas pesquisas que identificaram relações entre o comportamento de consumo e características específicas de determinadas vizinhanças (MORLAND; WING; ROUX, 2002; TURRELL et al., 2004). No entanto, Glanz *et al.* (2005) alertam para o fato de que esses modelos tendem a simplificar os sistemas e as interações, demandando uma análise cuidadosa dos resultados e, consequentemente, uma abordagem cautelosa na formulação de medidas de intervenção.

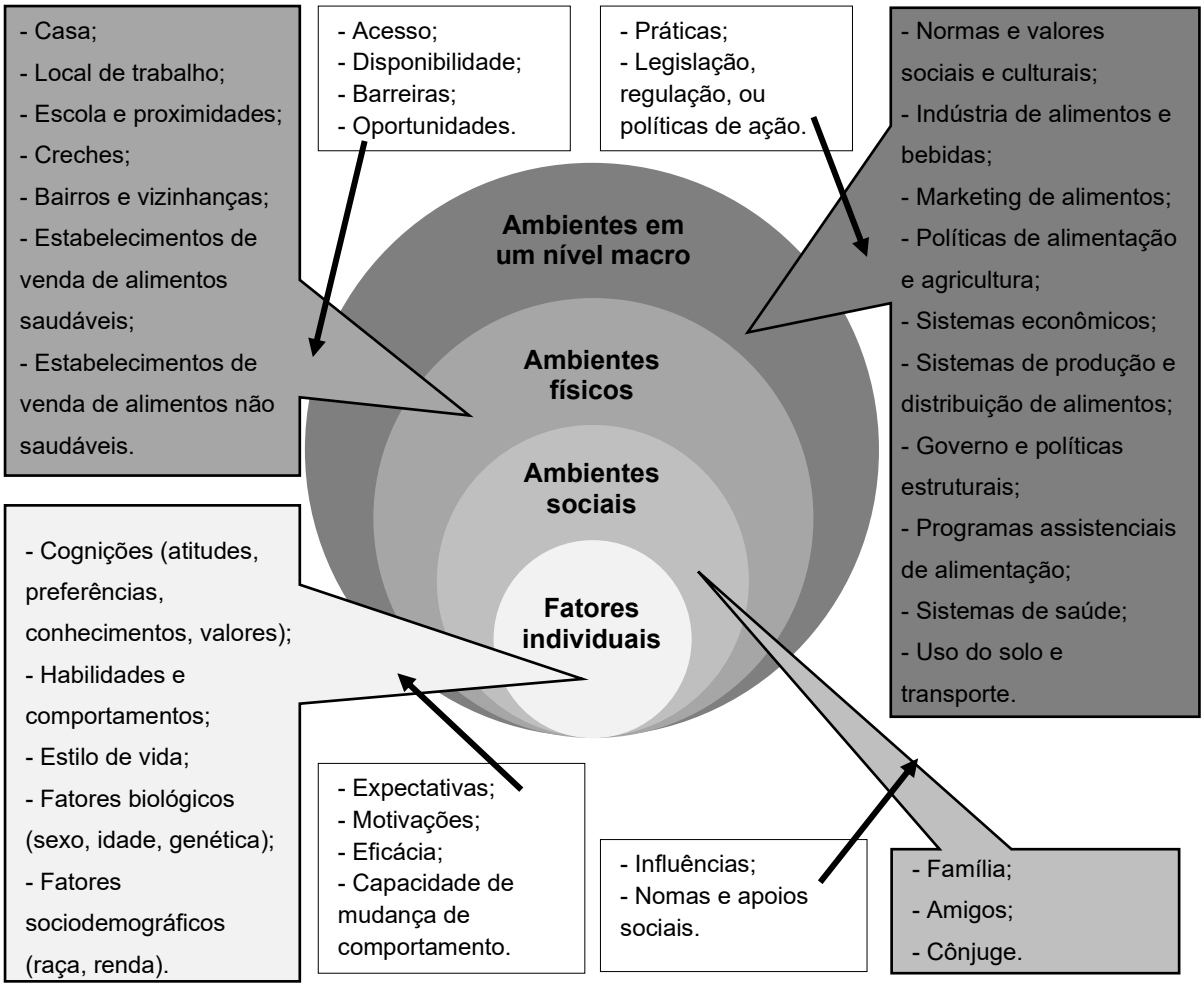
Concordamos com essa afirmação e acrescentamos que a modelagem de sistemas complexos requer uma abordagem abrangente e detalhada. Todavia, devido à complexidade inerente à descrição, compreensão, previsão, gestão, concepção e/ou modificação de seus componentes, interconexões, interações e interdependências, é imperativo que a investigação se concentre na narrativa da formação de padrões a partir da interação entre as partes, e, sobretudo, como estes padrões influenciam o que está sendo observado (FOLLONI, 2016).

Essa abordagem complexa é necessária por duas razões fundamentais: em primeiro lugar, as propriedades do sistema emergem em um nível superior como resultado de interações entre os componentes individuais do sistema. Por exemplo, ao considerar o ambiente alimentar urbano, os padrões de consumo e acesso aos alimentos em uma comunidade específica podem surgir da interação entre fatores como a disponibilidade de estabelecimentos, a renda familiar, a publicidade e a cultura alimentar. Em segundo lugar, o próprio padrão emergente exerce uma influência descendente nos níveis inferiores dos quais emergiu. Por exemplo, se determinadas áreas de uma cidade têm acesso limitado a alimentos *in natura* e saudáveis, isso pode levar a padrões de consumo de alimentos processados e ultraprocessados, gerando um ciclo que reforça a falta de acesso. Portanto uma abordagem multinível, que combine técnicas qualitativas e quantitativas é essencial para compreender as dinâmicas e os efeitos destes sistemas complexos.

Prosseguindo com os modelos adotados na literatura, em 2008, Story *et al.* publicam o trabalho "*Creating healthy food and eating environments: Policy and environmental approaches*", o qual apresenta um modelo abrangente que aborda as múltiplas influências sobre as escolhas alimentares das pessoas (Figura 13). Este modelo, contextualizado no ambiente alimentar, inclui os *ambientes sociais*, que

compreendem as interações sociais de apoio e as normas culturais relacionadas à alimentação; os *ambientes físicos*, que englobam os locais onde as pessoas consomem ou adquirem alimentos; e os *ambientes em nível macro*, que exercem influência distal e indireta sobre os comportamentos alimentares. Contudo, destaca-se que determinadas interações exercem um forte impacto sobre as escolhas alimentares, como os sistemas de produção e distribuição de alimentos. Além disso, Story *et al.* (2008) argumentam que as tipologias propostas pelo modelo interagem tanto diretamente quanto indiretamente entre si, resultando em efeitos significativos sobre os comportamentos alimentares dentro de uma comunidade.

Figura 13: Modelo que descreve as múltiplas influências sobre o que as pessoas comem.



Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Story et al. (2008).

Com base no modelo proposto, Story *et al.* (2008) sustentam que o comportamento individual na escolha de uma alimentação equilibrada é favorecido em ambientes que ofereçam, de forma acessível, opções alimentares saudáveis. Os

autores corroboram essa afirmação com referências a estudos anteriores que associam o ambiente construído a desfechos de saúde, como os realizados por Cheadle *et al.*(1991); Laraia *et al.* (2004); e Wang *et al.* (2007). No entanto, ressalta-se novamente a incerteza quanto aos mecanismos causais pelos quais as influências ambientais podem interagir com outros fatores que afetam os comportamentos alimentares. Nesse sentido, para progredir na compreensão dessa temática, é crucial validar medidas ambientais que possam capturar de forma precisa e abrangente essas interações.

Em setembro de 2011, a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou a *High-Level Meeting*, que evidenciou o considerável impacto decorrente da má alimentação e da inatividade física associadas às Condições Crônicas Não Transmissíveis[7] (CCNT), especialmente a obesidade. Em resposta a esse comunicado, surgiu o INFORMAS (Rede Internacional de Pesquisa, Monitoramento e Apoio à Alimentação, Obesidade e CCNTs), uma iniciativa global composta por organizações e pesquisadores de interesse público. Seu objetivo primordial é monitorar, avaliar e apoiar a implementação de medidas tanto no setor público quanto privado, visando à promoção de ambientes alimentares saudáveis e, por conseguinte, à redução da incidência de casos de obesidade e das CCNTs correlacionadas (SWINBURN et al., 2013).

O INFORMAS, por sua vez, propôs uma investigação em escala global, desenvolvendo quadros conceituais e indicadores de monitoramento para a coleta e a análise de dados. Essa abordagem possibilitou a avaliação e comparação das informações em diferentes contextos geográficos e culturais, estabelecendo *benchmarks* como ponto de referência. O estabelecimento desses termos padronizados visou uniformizar as práticas de investigação (Quadro 2).

[7] O termo “Condições Crônicas Não Transmissíveis” é adotado ao invés do uso de “Doenças Crônicas” por ser mais abrangente, preciso e relevante para descrever o espectro completo de condições de saúde que afetam as populações.

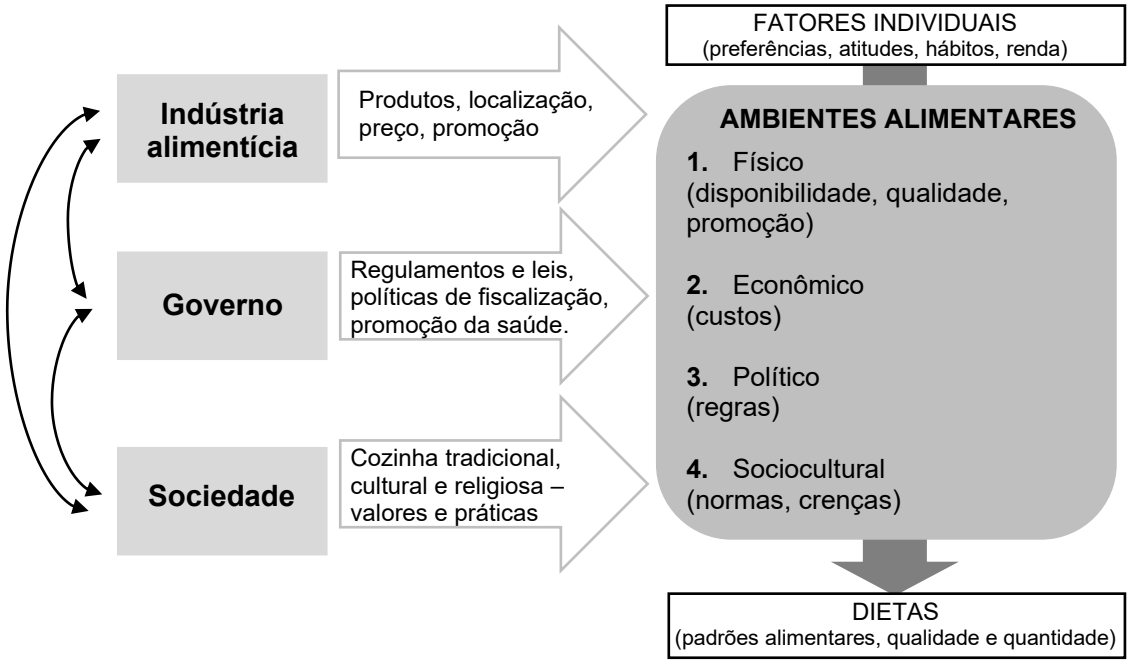
Quadro 2: Definições-chave usadas para o modelo conceitual.

Ambientes Alimentares	O ambiente coletivo físico, econômico, político e sociocultural, oportunidades e condições que influenciam as escolhas de alimentos e bebidas e o estado nutricional das pessoas.
Ambientes Alimentares Saudáveis	Ambientes nos quais os alimentos, bebidas e refeições, que contribuem para uma dieta da população, atenda às diretrizes dietéticas nacionais e estão amplamente disponíveis, com preços acessíveis e amplamente promovidos.
Acesso aos alimentos	O conceito de acesso aos alimentos tem cinco dimensões: disponibilidade, proximidade, acessibilidade, aceitabilidade e acomodação.
Soberania alimentar	O direito dos indivíduos a alimentos saudáveis e culturalmente apropriados, produzidos por métodos socialmente justos e ecologicamente sensíveis. Implica no direito da sociedade em participar nas tomadas de decisão e definir seus próprios sistemas de alimentação, agricultura, pecuária e pesca.
Abordagem mínima	O conjunto mínimo de dados de qualidade aceitável que precisa ser coletado/agrupado para cada país participante, exigindo recursos mínimos para a coleta.
Abordagem expandida	Conjunto de dados adicionais a serem coletados/agrupados se houver recursos adicionais e capacidade disponível para coleta / agrupamento de dados.
Abordagem ideal	Conjunto de dados desejáveis a serem coletados/agrupados dentro dos limites de recursos, capacidade e viabilidade.
Benchmark	Um padrão ou ponto de referência contra o qual aspectos dos ambientes alimentares podem ser avaliados e comparados.

Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Swinburn et al. (2013).

O modelo de ambientes alimentares, proposto pelo INFORMAS (SWINBURN et al., 2013), funda-se em quatro componentes principais: físico, econômico, político e sociocultural, e é delimitado por três principais influências, que são: a indústria alimentícia, o governo e a sociedade (Figura 14). A estrutura de monitoramento desenvolvida pelo INFORMAS representou um marco como o primeiro esforço global coordenado para mapear as características dos ambientes alimentares, bem como as políticas e as ações governamentais e de organizações que moldam esses ambientes. Contudo, é essencial reconhecer que os estudos, até então, se concentraram, formalmente, na disponibilidade, qualidade e promoção de alimentos, sem aprofundar-se na complexidade existente nos aspectos físicos do ambiente.

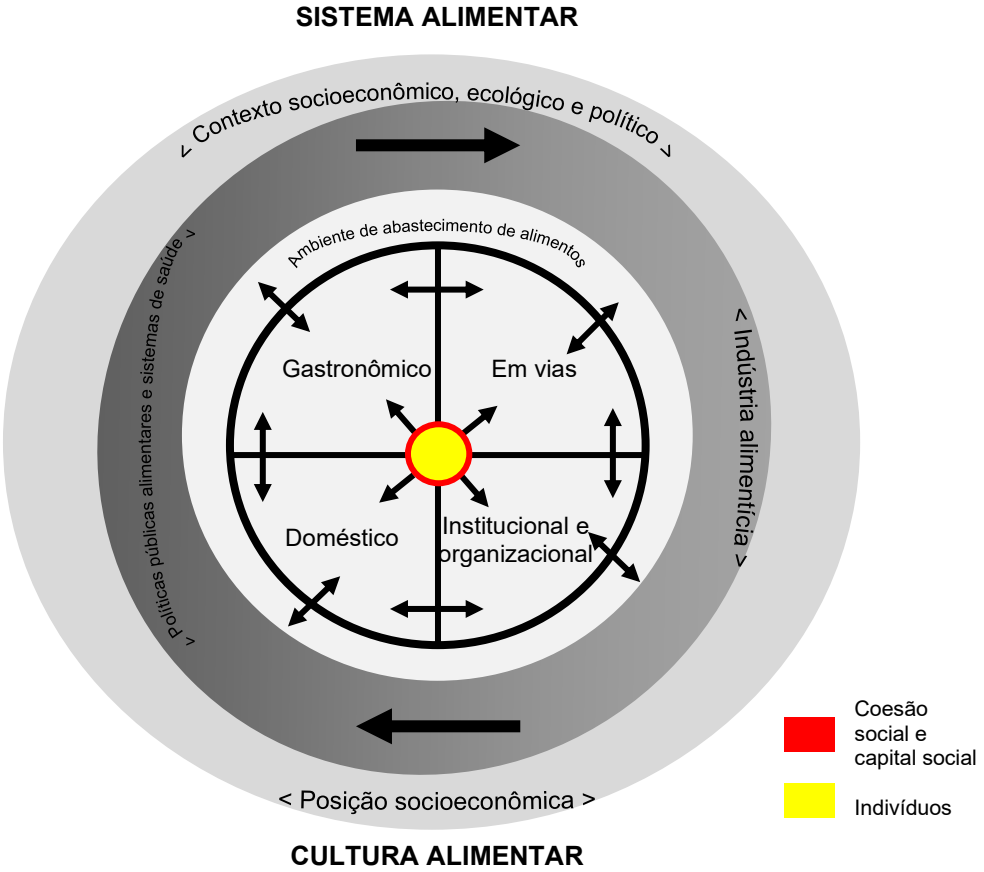
Figura 14: Modelo de ambiente alimentar proposto pelo INFORMAS.



Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Swinburn *et al.* (2013).

Em 2017, Gálvez-Espinoza *et al.* (2017) propuseram um modelo conceitual inovador para compreender os fatores condicionantes dos ambientes alimentares e sua influência no comportamento da população Chilena (Figura 15). Este modelo representa um marco significativo, sendo o primeiro a ser desenvolvido com base nos padrões culturais de um país da América Latina. No âmbito desse modelo, a cultura e o sistema alimentar são considerados como variáveis mais amplas, exercendo uma influência substancial nos demais subsistemas, especialmente nos ambientes alimentares. Além disso, o estudo identifica os determinantes sociais como fatores estruturais (GÁLVEZ ESPINOZA et al., 2017), com impacto direto nos ambientes alimentares (AA), destacando a indústria alimentícia e as políticas públicas de alimentação e nutrição como elementos centrais discutidos pelos autores. Por fim, a coesão social e individual é reconhecida como parte integrante do modelo, representando os principais movimentos dos grupos e indivíduos em relação aos AA.

Figura 15: Modelo conceitual sobre ambientes alimentares e seus fatores condicionantes no Chile.

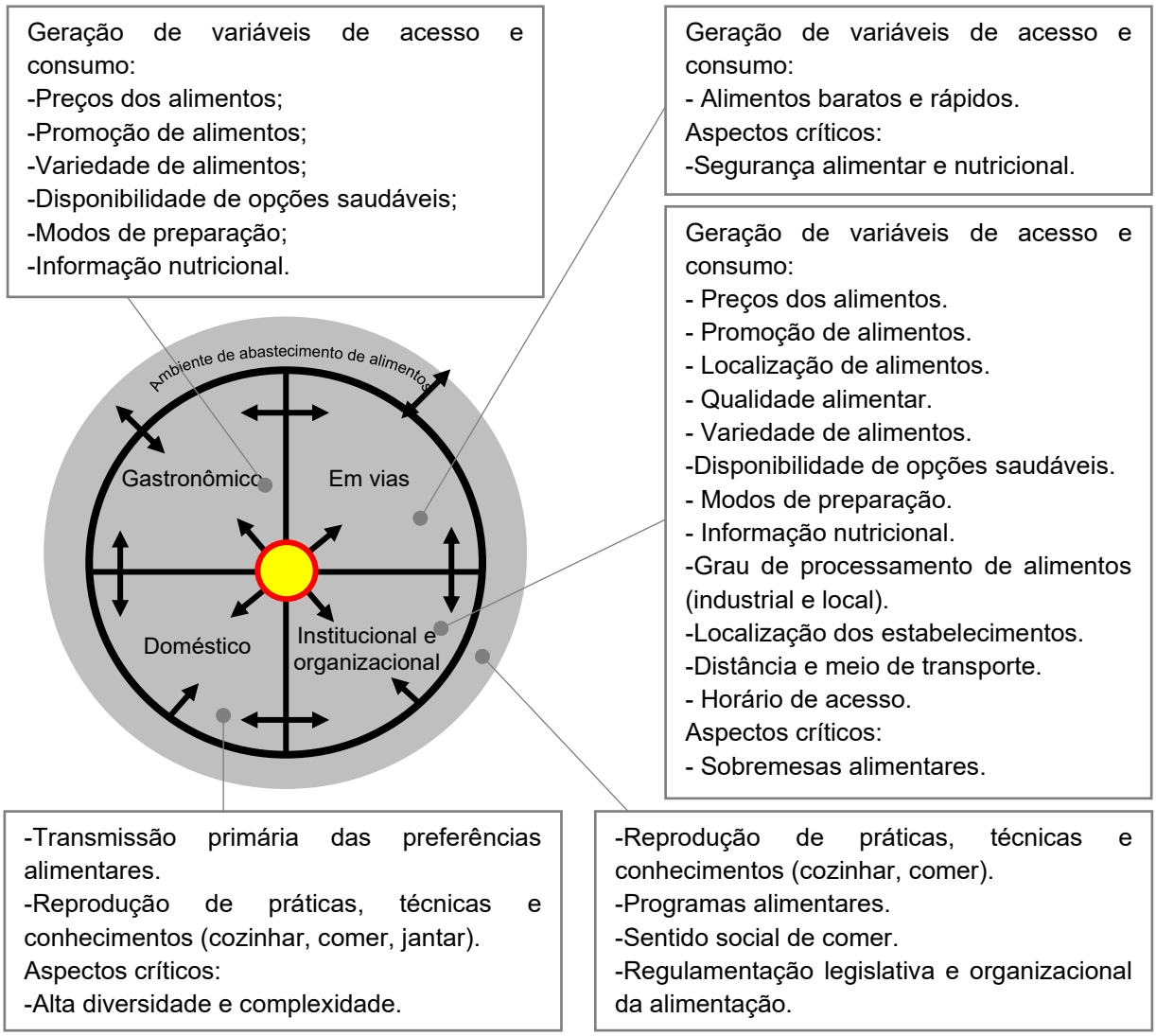


Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Gálvez-Espinoza et al. (2017).

Adicionalmente, Gálvez-Espinoza *et al.* (2017) incorporam em seu modelo a concepção de cinco ambientes alimentares inter-relacionados, cada um com características e funções específicas (Figura 16). Nesse modelo, o primeiro AA abordado é o *doméstico*, sendo considerado o mais complexo, pois abrange a diversidade subjetiva dos domicílios, além de serem o lugar de socialização primária, na transmissão de tradições e simbolismos alimentares. Em seguida, o AA em *vias públicas* refere-se aos espaços para venda e consumo de alimentos nas ruas, praças e meios de transporte. Muitos não são nem registrados pelos órgãos municipais, constituindo-se na maioria das vezes por produtos com preços acessíveis e de fácil ingestão. Os autores articulam esse ambiente com a dimensão popular da cultura local, bem como com parte dos fluxos e dinâmicas advindas da migração populacional. O AA *institucional e organizacional* abrange os locais onde alimentos são fornecidos a uma coletividade, como escolas, universidades, empresas, hospitais, penitenciárias, entre outras tipologias. Também fazem parte dessa modalidade as máquinas de café e/ou de venda automática de alimentos e

refeitórios. Nessa categoria, faz-se necessário reconhecer a definição e subordinação às regras e práticas específicas de cada espaço, que são intrínsecos ao tempo, capital humano e bens materiais.

Figura 16: Esquema sobre as funções relevantes dos ambientes alimentares.



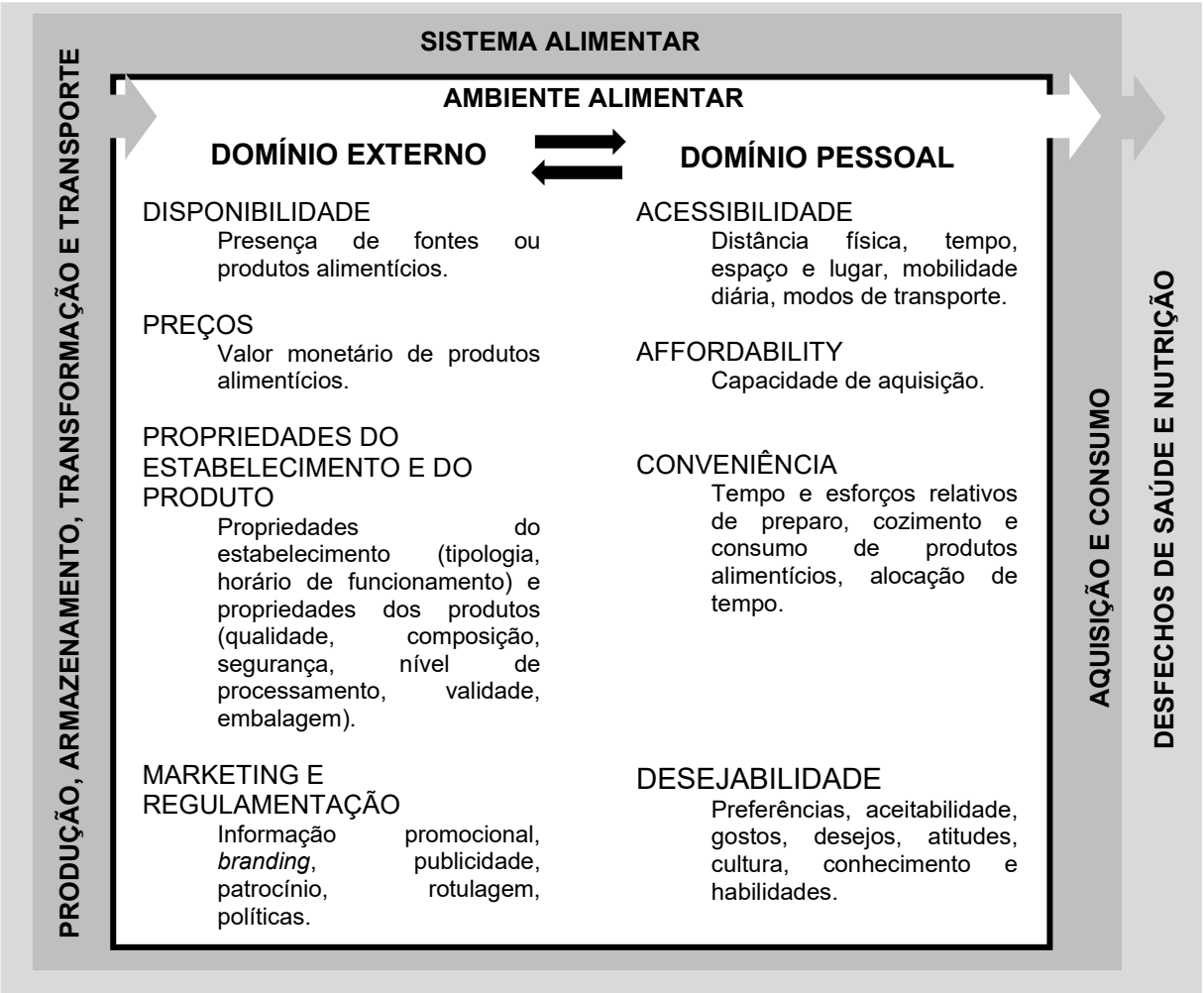
Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Gálvez-Espinoza et al. (2017).

No que diz respeito ao AA *gastronômico,* ele se refere ao hábito de realizar refeições fora do ambiente doméstico, englobando espaços como restaurantes, bares e hotéis. Gálvez-Espinoza *et al.* (2017) relatam que entre 38% e 74% das calorias ingeridas pela população adulta decorrem de alimentos provenientes dessa categoria. Contudo, fatores como idade, sexo, local de residência, nível socioeconômico e renda desempenham um papel fundamental nessa associação. É importante ressaltar que os fatores culturais influenciam diretamente a escolha do

local de alimentação, dada a ampla variedade de estabelecimentos existentes na cidade contemporânea. Por fim, o AA de *abastecimento* é apresentado como tendo duas dimensões: uma relacionada ao próprio ambiente alimentar em si e outra que influencia os demais AA mencionados anteriormente. No entanto, essa relação é mediada por diversos fatores, tais como econômicos, determinantes sociais, disponibilidade e acessibilidade, além de aspectos estruturais do sistema alimentar em que o ambiente se insere.

Nessa linha de raciocínio, Turner *et al.* (2018) propõem uma visão do ambiente alimentar como uma interface ou elo entre o ambiente alimentar e as dietas. Os autores apresentam um modelo (Figura 17) baseado em uma nova definição e estrutura conceitual, incluindo domínios subdivididos em externos e pessoais, proporcionando uma compreensão mais clara e abrangente do ambiente alimentar (Quadro 3).

Figura 17: Modelo conceitual proposto por Turner *et al.* (2018).



Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Turner *et al.* (2018).

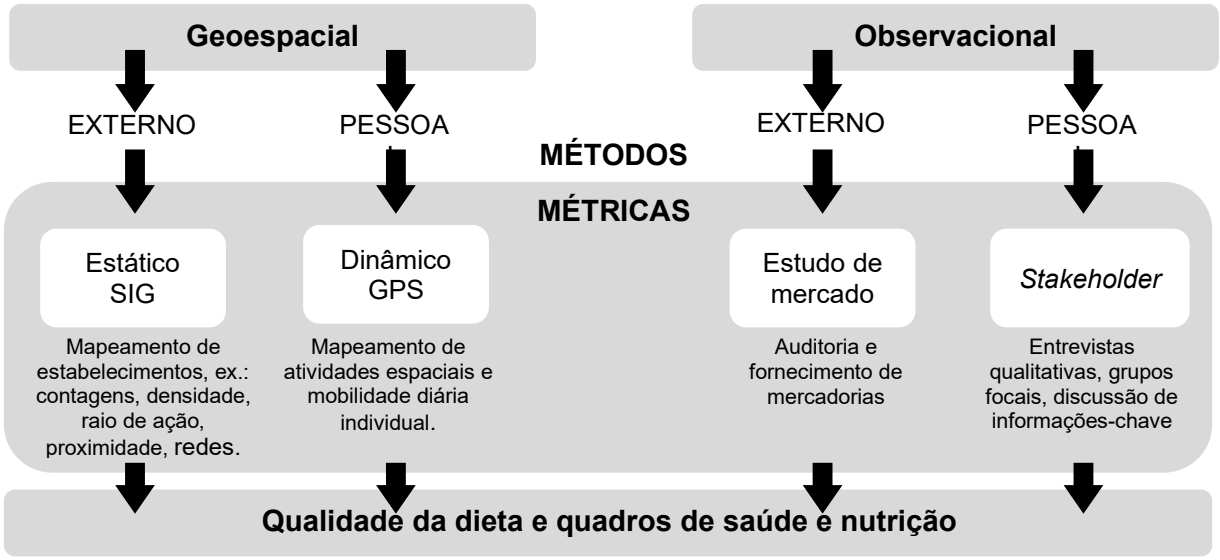
Quadro 3: Definições-chave usadas para o modelo conceitual de Turner *et al*. (2018).

Disponibilidade **Acessibilidade**	As duas dimensões são comumente usadas e confundidas na literatura. *Disponibilidade* refere a presença de um estabelecimento ou produto dentro de um determinado contexto e sempre precede a acessibilidade. Já a *acessibilidade* é relativa aos indivíduos e altamente dinâmica, pode incluir distância, tempo, espaço, lugar, mobilidade diária e modos de transporte, moldando coletivamente os espaços de atividades individuais.
Preços ***Affordability***	Os *preços* referem-se ao custo dos produtos alimentícios e interagem com o poder de compra individual para determinar a *affordability*. Preços e *affordability* são dimensões bem estabelecidas na pesquisa do ambiente alimentar e são sensíveis às flutuações na disponibilidade e acessibilidade dos alimentos.
Propriedades do estabelecimento e do produto **Conveniência**	As *propriedades do estabelecimento e do produto* referem-se aos aspectos como tipologia, horário de funcionamento e serviços prestados, bem como os ativos de composição intrínsecos aos alimentos, como qualidade, segurança, nível de processamento, prazo de validade e embalagem. Coletivamente, esses aspectos estruturais interagem com fatores individuais, como alocação de tempo e instalações de preparação para determinar a *conveniência*, porém há pouco estudo público desse domínio.
Marketing e Regulamentação **Desejabilidade**	O *marketing e a regulamentação* incluem informações promocionais, *branding*, publicidade, patrocínio, rotulagem e regulamentos de política relativos à venda de alimentos. Tomados em conjunto, esses aspectos interagem com as preferências individuais das pessoas, como aceitabilidade, gostos, desejos, atitudes, cultura, conhecimento e habilidades para moldar a *desejabilidade* de estabelecimentos e produtos. Embora bem estabelecida em outras disciplinas de pesquisa, a influência do marketing e da regulamentação sobre a desejabilidade ainda não apareceu com destaque na pesquisa do ambiente alimentar.

Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Turner *et al.* (2018).

Esse modelo representa um avanço significativo na temática da investigação, ao introduzir uma distinção entre as abordagens estáticas, ou no caso, externas, das abordagens dinâmicas ou pessoais (TURNER et al., 2018). Essa diferenciação é de suma importância, pois reconhece a complexidade intrínseca dos ambientes alimentares, que são influenciados por uma infinidade de fatores e interações dinâmicas. Além disso, o quadro conceitual metodológico apresentado pelos autores (Figura 18) oferece uma estrutura valiosa para a avaliação sistemática dos diferentes domínios do ambiente alimentar. Ao integrar abordagens geoespaciais e observacionais e recorrer a métodos mistos, o modelo proposto proporciona uma análise abrangente e aprofundada, permitindo uma compreensão holística e integrada dos ambientes alimentares.

Figura 18: Quadro conceitual metodológico proposto por Turner *et al.* (2018).



Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Turner et al. (2018).

Em 2020, Downs *et al.* (2020) publicaram o estudo: "*Food Environment Typology: Advancing an Expanded Definition, Framework, and Methodological Approach for Improved Characterization of Wild, Cultivated, and Built Food Environments toward Sustainable Diets*", que se destaca como o modelo mais atual e completo disponível na literatura sobre o tema. As autoras conceberam um modelo, representado graficamente na Figura 19, em que definem o ambiente alimentar como:

> "[…] a interface do consumidor com o sistema alimentar que engloba a disponibilidade, uma facilidade de uso, conveniência, promoção e qualidade e sustentabilidade de alimentos e bebidas em espaços selvagens, cultivados e construídos que são influenciados pelo ambiente sociocultural e político e pelos ecossistemas em que estão inseridos"[8] (DOWNS et al., 2020, p. 5).

Além disso, Downs *et al.* (2020) afirmam que o ambiente alimentar emerge como um ponto crucial do sistema alimentar para implementar intervenções voltadas ao estabelecimento de dietas sustentáveis. Essas intervenções são essenciais para lidar com os desafios complexos associados à abordagem sindêmica do problema. Os ambientes alimentares oferecem escopo e interfaces suficientes para influenciar

[8] "[…] the consumer interface with the food system that encompasses the availability, affordability, convenience, promotion and quality, and sustainability of foods and beverages in wild, cultivated, and built spaces that are influenced by the socio-cultural and political environment and ecosystems within which they are embedded." (DOWNS et al., 2020, p. 5).

comportamentos e decisões que podem mitigar os riscos climáticos. Adicionalmente, são apresentadas algumas palavras-chave e suas definições, conforme Quadro 4, enriquecendo o domínio linguístico e conceitual da temática.

Figura 19: Estrutura e processos do sistema alimentar proposto por Downs et al. (2020).

Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Downs *et al.* (2020).

Quadro 4: Definições-chave usadas para o modelo conceitual de Downs *et al.* (2020).

Promoção	Como um item alimentício é apresentado, comercializado, promovido e rotulado para influenciar a conveniência dos alimentos.
Affordability	Os preços dos alimentos em relação a outros alimentos ou a um padrão de renda definido
Disponibilidade	Se um item alimentício está presente dentro de um determinado intervalo físico.
Sustentabilidade	O impacto ambiental e social associado ao item alimentício
Qualidade	Características externas dos alimentos, incluindo frescura, integridade, segurança, perfis de nutrientes e fitoquímicos, atributos sensoriais objetivos.
Conveniência	Tempo para obter, preparar e consumir um item alimentício.

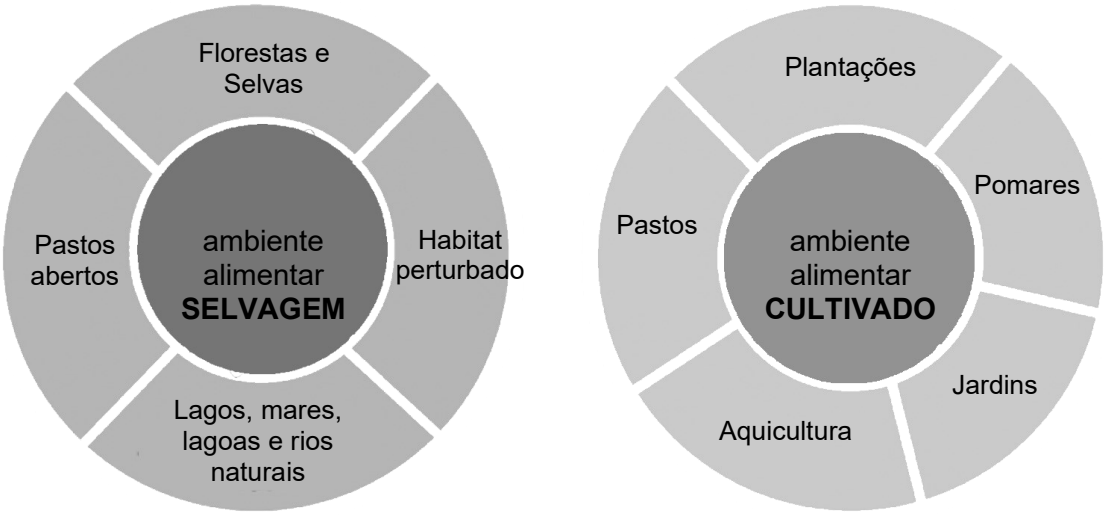
Fonte: O autor, 2022; adaptado de Downs et al. (2020).

Downs *et al.* (2020) propõem uma abordagem classificatória para estudar os ambientes alimentares, dividindo o fenômeno em várias tipologias distintas. Por meio dessa classificação, as autoras delinearam os diferentes tipos de ambientes alimentares (AA) disponíveis para acesso global, possibilitando a compreensão e análise comparativa desses estudos em diferentes contextos geográficos e socioeconômicos.

Na taxonomia sugerida, são identificados dois tipos principais de ambientes alimentares: o natural e o construído, como ilustrado na Figura 20 e Figura 21,

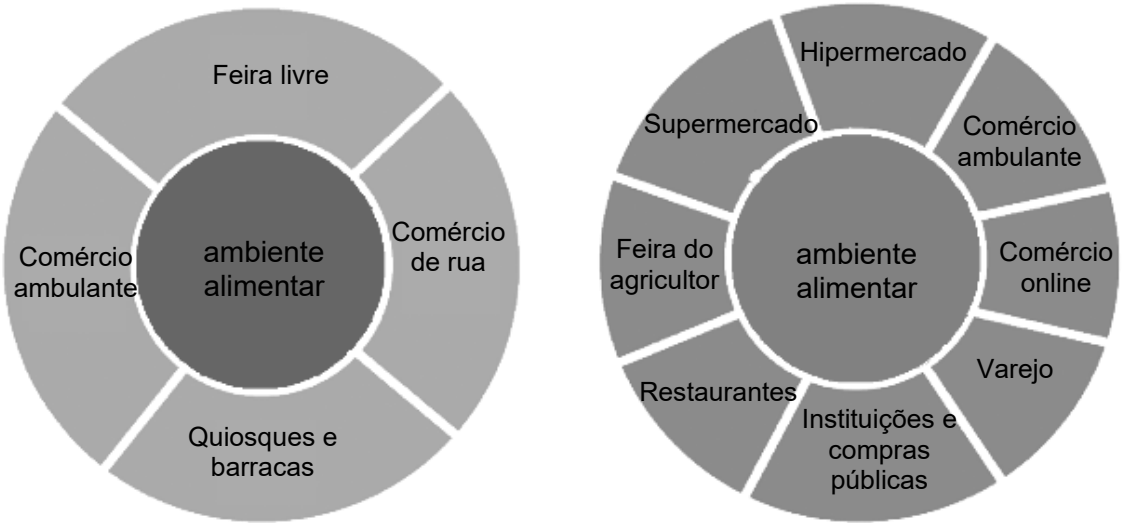
respectivamente. O *ambiente alimentar natural* (Figura 20), também denominado como ‘de subsistência’, é subdividido em duas categorias: Selvagem e Cultivado. Ressalta-se que as fazendas de grande escala voltadas para a produção de alimentos não se enquadram nessa classificação, uma vez que não são locais de acesso direto para o consumidor final e a comercialização dos produtos é realizada no ambiente construído. Essa divisão reforça a definição precisa do que constitui um AA, delineado anteriormente. Por outro lado, o *ambiente alimentar construído* (Figura 21) é categorizado como Informal e Formal, dependendo da regulamentação e formalização dessas tipologias pelas estruturas governamentais, em qualquer nível de governo. O Quadro 5 oferece uma descrição detalhada das tipologias estabelecidas por Downs *et al.* (2020) e suas características distintas.

Figura 20: Tipologias de ambiente alimentar natural.



Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Downs et al. (2020).

Figura 21: Tipologias de ambiente alimentar construído.



Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Downs *et al.* (2020).

Quadro 5: Tipologias de AA de transição.

Tipologia	Subtipo	Descrição
		AMBIENTE NATURAL
Ambiente alimentar selvagem	Florestas e Selvas	Florestas, selvas, bosques, pântanos e outros habitats naturais intactos nos quais as pessoas podem obter alimentos.
	Habitat perturbado	Margens de estradas, terrenos baldios e outras áreas onde crescem ervas daninhas e outras plantas selvagens.
	Pastagens abertas	Áreas terrestres incluindo pradarias e savanas nas quais animais selvagens e domesticados vagueiam e pastam.
	Lagos, mares, lagoas e rios naturais	Oceanos, lagos e rios dos quais as pessoas obtêm alimentos.
Ambiente alimentar cultivado	Plantações	Áreas agrícolas de pequeno, médio e grande porte, nas quais os agricultores cultivam para consumo próprio ou venda direta ao consumidor.
	Pomares	Frutas, nozes, árvores ou arbustos plantados para a produção de alimentos.
	Pastagens	Áreas de cultivo para gado, em que animais domesticados vagueiam e pastam.
	Jardins	Hortas domésticas, de cozinha, comunitárias e em terraços, cultivadas para alimentação.
	Aquicultura	Criação, reprodução e colheita de peixes, mariscos e plantas (por exemplo, algas marinhas).
		AMBIENTE CONSTRUÍDO
Ambiente alimentar informal	Feira livre	Mercados diários ou semanais que vendem principalmente alimentos frescos, muitas vezes diretamente pelos produtores e ao ar livre.
	Comércio de rua	Vendedores não licenciados que estão posicionados nas ruas/calçadas e que vendem uma variedade de alimentos.
	Quiosques e barracas	Quiosques são boutiques informais ou pequenas barracas/lojas que vendem comida.
	Comércio ambulante	Vendedores que viajam (por exemplo, de motocicleta) para um determinado local (por exemplo, vila rural) para vender alimentos. Esses fornecedores estão presentes apenas em horários específicos do dia, semana ou mês e não possuem infraestrutura permanente no local.
Ambiente alimentar formal	Supermercados	Supermercados, mercearias, mercearias independentes de pequena escala, cooperativas e lojas especializadas.
	Hipermercados	Shopping centers, megastore, big box ou outras grandes lojas de varejo que vendem produtos alimentícios e não alimentícios e geralmente fazem parte de uma cadeia de lojas.
	Varejo	Lojas que vendem comida.
	Feira do agricultor	Mercados formais que ocorrem frequentemente ou periodicamente e que vendem alimentos diretamente da fazenda para o consumidor.
	Restaurantes	Refeições casuais, jantares sofisticados, fast food e cafés onde as refeições preparadas são vendidas para serviço de mesa, viagem ou entrega.
	Instituições	Cafeterias e máquinas de venda automática de alimentos em escolas, locais de trabalho, creches, hospitais e centros recreativos.
	Comércio ambulante	Vendedores ambulantes formais, como *food trucks* que possuem licença para operar
	Comércio online	Vendedores on-line que vendem e entregam mantimentos e alimentos preparados (por exemplo, *Uber Eats*).

Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Downs et al. (2020).

Outra questão relevante advém da natureza dinâmica e mutável dos ambientes alimentares, que estão sujeitos a alterações decorrentes de diversas interações. Para contemplar essas possíveis variações, Downs *et al.* (2020) identificam seis padrões de transição entre as tipologias estabelecidas, que vão desde ambientes silvestres, sem intervenção humana, até ambientes agrários de subsistência, de trocas de mercadorias, em desenvolvimento, desenvolvidos e, por fim, a condição ideal de um AA capaz de melhorar as escolhas alimentares, alinhadas com dietas sustentáveis e contextos locais.

Por fim, o estudo aponta estratégias metodológicas com potencial para medir diferentes elementos de um AA, com ênfase na aplicabilidade em diferentes contextos geográficos e econômicos (DOWNS et al., 2020). Dessa forma, o estudo estabelece uma base conceitual e metodológica que permite uma caracterização dos ambientes alimentares, com potencial para subsidiar futuros estudos empíricos voltados para a medição e compreensão dos padrões alimentares que promovam quadros favoráveis à saúde.

3.2.2 Síntese

Esta seção apresentou uma análise cronológica dos principais modelos conceituais e metodológicos de ambientes alimentares na literatura (Figura 22). Contudo, é evidente que *não há um consenso comum sobre as métricas de avaliação desses ambientes*, o que dificulta a concepção, implantação e avaliação de medidas que auxiliem na saúde humana, urbana e planetária (DOWNS et al., 2020). Muitos dos protocolos encontrados na literatura são restritos em seu escopo e falham em capturar adequadamente as interações das pessoas com os ambientes alimentares (SACKS; ROBINSON; CAMERON, 2019). Portanto, a próxima seção abordará estratégias de análise sintática e de redes para estudos configuracionais que podem ser aplicadas aos ambientes alimentares. Essas estratégias possibilitam a compreensão da sinergia entre os elementos e atividades envolvidos na produção, processamento, distribuição, preparação e consumo de alimentos, considerando tanto o espaço urbano quanto os processos, as instituições, as pessoas, os insumos e as infraestruturas.

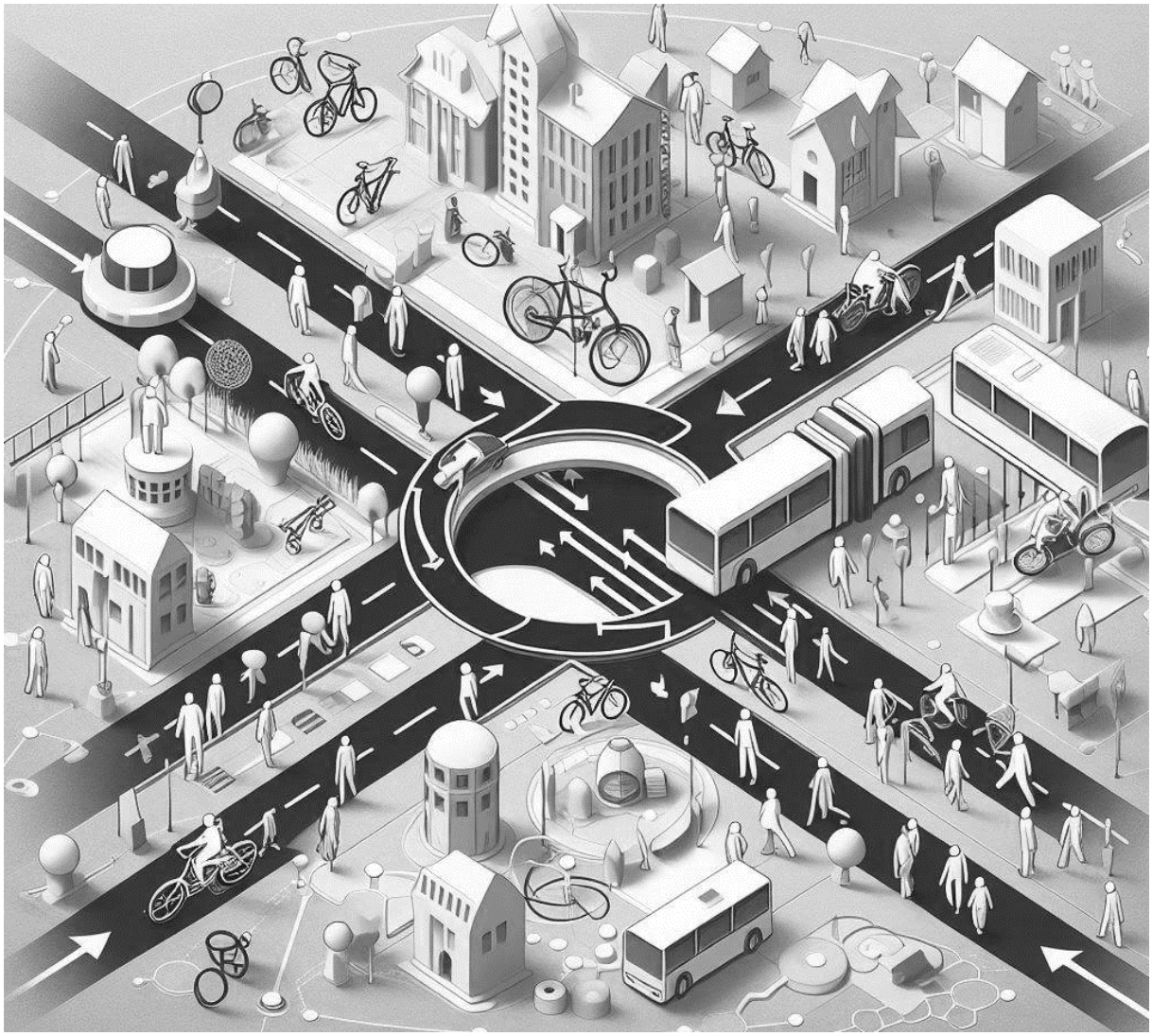
Figura 22: Análise histórica dos modelos conceituais de ambiente alimentar

Fonte: O autor, 2023; fundamentado em Egger e Swinburn(1997); Swinburn, Egger e Raza (1999); Glanz et al. (2005); Story et al. (2008); Swinburn et al. (2013); Gálvez-Espinoza et al. (2017); Turner et al. (2018); Downs et al. (2020).

3.3 ANTECEDENTES DAS TEORIAS CONFIGURACIONAIS DO ESPAÇO URBANO

“Interação espacial” é um termo amplo que abrange qualquer movimento no espaço gerado por um processo humano. Inclui, por exemplo, jornadas para o trabalho, migração, fluxos de mercadorias, deslocamentos de pessoas e participação em eventos, uso de equipamentos públicos e privados, entre outros aspectos (Figura 23). As abordagens que consideram o conceito de “interação espacial” existem desde a época de Vitrúvio, no século I, quando ele tentou criar modelos para compreender como o espaço influenciava um comportamento humano.

Figura 23: Interação espacial ilustrada



Fonte: O autor, 2024, gerado a partir de prompt de comando para ilustração do termo interação espacial com inteligência artificial (COPILOT, março 2024).

Atualmente, abandonamos a ideia de que o ato humano corresponde a um espaço exterior a esse sistema de ação. Em outras palavras, a interação espacial se transformou, ao longo dos estudos de arquitetura, numa mônada que descreve a substância básica da realidade espacial: a ação no mundo dos homens, ou, como postularia Heidegger (1962), o ser-no-mundo-dos-homens (com hifens enfatizando a holística no tratamento desses fenômenos). Ou seja, diversos autores argumentam que não há sentido em separar o espaço da ação humana (Figura 24).

Figura 24: Espaço e ação humana são indissociáveis.

Fonte: O autor, 2024; adaptado de http://comoprojetar.com.br/5-tipos-de-diagramas-que-podem-fazer-com-que-pessoas-entendam-seu-projeto-mais-facilmente/.

O termo “interação” torna-se, então, um particulado que, de acordo com seu movimento na dimensão espaço-temporal, estabelecerá ordenações com outros particulados. Essas ordenações são chamadas aqui de configurações, em um sentido mais simples, conforme discutido por Arnheim (2016), ao estudar a percepção humana: **apreendemos primeiramente a configuração dos fenômenos, para, depois, os percebermos como formas**. Esse mecanismo precioso para a humanidade foi o que permitiu transportar a ordem contida em nossas narrativas, sobre uma percepção, passando de uma para outra, e entender comparações mais amplas, ultrapassando os significantes e criando “reservas paradigmáticas”[9] para a linguagem. Por exemplo, isso nos permite entender a

[9] Em Linguística, Saussure define como paradigma o conjunto de elementos similares que se associam na memória e que assim formam conjuntos para compor uma narrativa. Podemos dizer que um paradigma é a percepção geral e comum – não necessariamente a melhor – de se expressar

comparação entre um estado político de um país e as nuvens negras chuvosas prestes a desabar, numa grande tempestade.

A configuração, portanto, é uma ordem percebida através dos fenômenos, da manifestação das coisas. Nesta tese, ao analisar os espaços urbanos, incluindo calçadas, jardins, leitos de rua, edifícios e esquinas, além do movimento das pessoas e suas atividades, utilizaremos as configurações como uma linha e dois vértices para representar a totalidade do fenômeno. Embora essas representações tenham sido usadas na criação de formas tridimensionais, como aponta o professor Geoffrey Broadbent (1973), há cerca de 40 mil anos (desenhos canônicos), as teorias configuracionais começaram a surgir a partir dos estudos do matemático suíço Leonhard Euler (1707 - 1783), no século XVIII, que é considerado o precursor da teoria dos grafos[10]. Nessa concepção, este estudo também aborda a representação em forma de grafo, especialmente a representação adotada pela teoria da Sintaxe Espacial e Análise de Rede Urbana[11], que analisa as descrições das relações geométricas entre elementos do ambiente construído de forma quantitativa, mantendo simultaneamente uma representação espacial intuitiva.

Por outro lado, Peter Collins remonta sua visão sobre a data das origens do movimento moderno a partir de ideais que tomaram luz a partir de 1750, dentre eles os processos da “analogia”. A analogia do conhecimento de outros campos de estudos para os espaços arquitetônicos e urbanos ganhou, assim, proximidade com uma variedade rica de assuntos. A mais conhecida talvez seja a *analogia biológica,* que introduziu preocupações com as relações entre forma e função na arquitetura e urbanismo, sobretudo por volta de 1860, quando Darwin se popularizou com suas publicações.

No âmbito do urbanismo, Sir Ebenezer Howard, inglês radicado na América do Norte e repórter, notabilizou-se com o impacto de suas ideias, na Inglaterra, sobre a cidade jardim, a qual foi inicialmente formulada e publicada em 1898 em “*To-morrow! A Peaceful Path to Real Reform*” (HOWARD, 1898, 1902). Ressalta-se

---

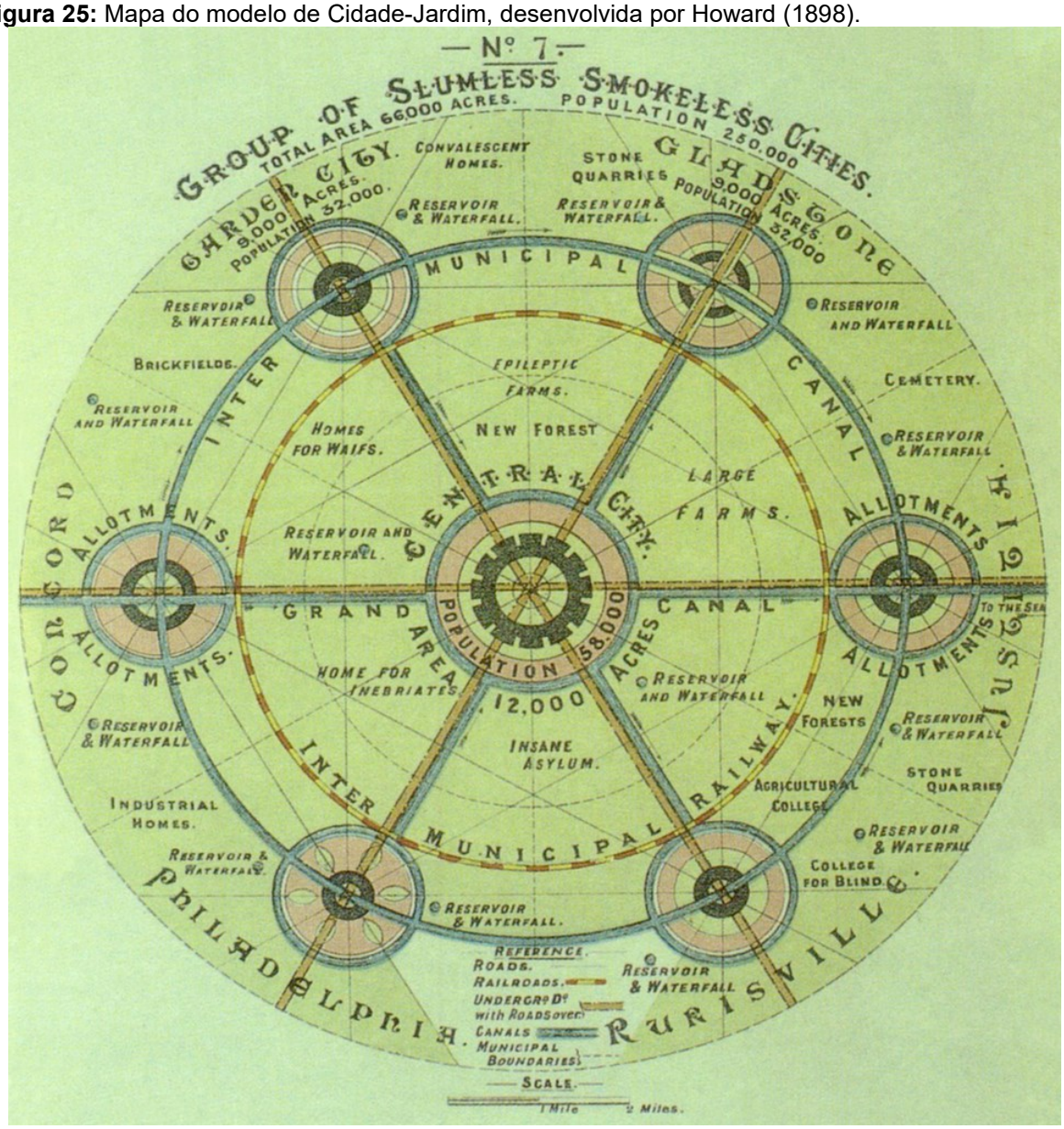
determinada coisa, seja um objeto, um fenômeno ou um conjunto de ideias. Ao mesmo tempo, ao ser aceito, um paradigma serve como critério de verdade, validação e reconhecimento nos meios em que se é adotado.

[10] A teoria dos grafos é uma das poucas áreas da matemática que apresenta uma data de origem estabelecida: o primeiro documento conhecido sobre o assunto foi redigido pelo matemático suíço foi publicado no volume da Academia de Ciências de São Petesburgo, em 1736 (BRITO, 2014).

[11] As representações, unidades de medida e relações da sintaxe espacial e análise de redes serão apresentadas na próxima seção.

que Sir Ebenezer não produziu nenhum desenho urbano tal como se conceberia hoje, mas apenas configurações explanatórias que foram capazes de comover o mundo, concebendo com círculos e linhas um modelo de descentralização, articulando as partes de assentamentos urbanos com áreas verdes (Figura 25). Muito embora suas aplicações práticas tenham se mostrado um fracasso nos dois empreendimentos urbanos particulares em que se construíram cidades jardins inglesas (Letchworth e Welwyn), percebe-se que o conceito comoveu e se espalhou pelo mundo, como uma possível retomada do sonho dos subúrbios florestados, resgatando a vida social no convívio da natureza e solucionando problemas enfrentados pelas metrópoles modernas.

Figura 25: Mapa do modelo de Cidade-Jardim, desenvolvida por Howard (1898).



Fonte: Ebenezer Howard (1850-1928), Domínio público, via Wikimedia Commons.

Nesse contexto, a analogia dos grafos transladada para diversas áreas da arquitetura e do urbanismo talvez tenha sido maior após a Segunda Guerra Mundial, quando um processo de “cientificar” tomou conta das preocupações epistemológicas e acompanhou a disciplina de metodologia do projeto arquitetônico, sendo considerada atualmente ultrapassada. Christopher Jones, com seu livro “*Métodos de desenho*”, de 1976, que surgiu após o 1º Seminário Internacional de Métodos de Arquitetura, Urbanismo e Design, em 1952 (GREGORY et al., 2009). No livro, Jones (1976) compilou um menu de métodos dentre os quais figuravam aqueles que se apropriaram da teoria dos grafos para tentarem se aproximar de uma ciência capaz de domesticar a criatividade, sempre sem lugar nos processos de objetivos de produção industrial. Podemos dizer que esse embaraço metodológico permaneceu até a década de 1980, quando ações mais frutíferas surgiram, como nos avanços da teoria do movimento natural e da lógica social do espaço.

3.4 A TEORIA DO MOVIMENTO NATURAL

> “Assim é claro que nenhuma destas coisas move-se por si, mas cada uma tem um princípio de movimento (*arkhê kinêseos*), não de causar movimento (*kinein*), ou de agir (*poiein*), mas de passivamente ser submetida a ele (*paskhein*). Se, então, todas as coisas [prossegue Aristóteles] que estão em movimento ou movem-se de acordo com suas próprias naturezas ou por violá-las e sob violência; se todas as coisas cujo movimento é violento, e contrário à natureza, são movidas por algum agente [motor] externo a elas, diferente delas próprias; e se todas as coisas cujo movimento é natural são, também, movidas por algum agente – tanto aquelas que são movidas por si [como, por exemplo, os animais], como aquelas que não são movidas por si, como, por exemplo, as coisas leves e pesadas, que são movidas ou diretamente por aquilo que de algum modo gerou (*gennêsantos*) a coisa como tal e a fez leve ou pesada, ou incidentalmente por aquele que liberta o que estava impedindo ou prendendo – se tudo isto é assim, segue [conclui Aristóteles] que todas as coisas em movimento são movidas por algum agente [motor].” (ARISTOTLE, 1980b, VIII, 4, 255b 30-256a 5 *apud* ÉVORA, 2006, p. 290).

Essa seção se inicia com uma citação de Aristóteles, que discorre sobre o fato de que tudo o que está em movimento ou se move possui um princípio de movimento, mas não necessariamente é o agente causador desse movimento. Aristóteles (1980a) distingue entre movimento natural, que ocorre de acordo com a natureza das coisas, e movimento violento, que ocorre devido à intervenção de uma força externa, concluindo que todas as coisas em movimento são impulsionadas por

algum agente externo, seja este algo que as gere ou algo que as liberte para se mover.

Assim, a teoria do movimento natural, uma concepção filosófica clássica que remonta aos antigos pensadores gregos, desempenhou um papel fundamental na compreensão inicial do movimento e da ordem do universo (ARISTOTLE, 1980b). Proposta por Aristóteles e desenvolvida por outros pensadores da antiguidade, essa teoria postula que os corpos no cosmos possuem um movimento intrínseco e natural em direção ao seu lugar apropriado no universo. Aristóteles (1980b) argumentou que a Terra, por exemplo, tende a se mover para o centro do universo, enquanto os elementos mais leves são naturalmente atraídos em direção às esferas celestes (ÉVORA, 2006). Esta concepção influenciou profundamente a filosofia e a ciência por séculos, moldando percepções sobre o mundo natural e o lugar da humanidade nele.

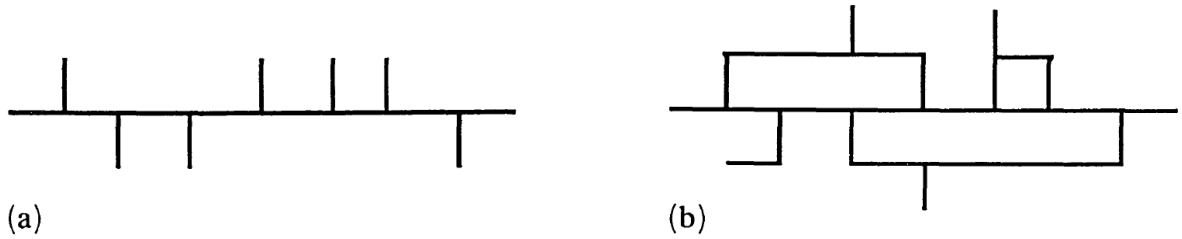
No contexto urbano contemporâneo, essa teoria ecoa de forma intrigante, sendo postulada como uma abordagem que analisa a organização e o movimento dentro do espaço (HILLIER et al., 1993). Em sua essência, é notável que a teoria desempenha um papel significativo na compreensão das dinâmicas urbanas, particularmente na formulação da teoria da lógica social do espaço de Bill Hillier, Julienne Hanson e seus colaboradores.

A teoria do movimento natural, adaptada neste contexto, sugere que a organização intrínseca da malha urbana influencia os padrões de movimento de forma semelhante à ordem natural do cosmos, postulada por Aristóteles. Em outras palavras, a organização espacial das cidades gera padrões distintos de movimento, influenciando diretamente a distribuição dos usos do solo e, consequentemente, a formação das redes urbanas. É importante ressaltar que um dos principais conceitos da teoria de Hillier é a compreensão de que a configuração da malha urbana exerce influência primordial sobre os padrões de deslocamento dos pedestres, independente da distribuição dos usos do solo (HILLIER et al., 1993).

Na Figura 26, suponhamos que seja um recorte geográfico representado por linhas. Na Figura 26(a), observamos que a via principal tende a possuir um maior uso em comparação com as vias (linhas) secundárias, devido à necessidade de passar por ela em todos os deslocamentos possíveis. Por outro lado, na Figura 26(b), é provável que os fluxos sejam menos concentrados, pois a configuração

permite o deslocamento entre as linhas verticais, recorrendo a outras vias horizontais além da principal.

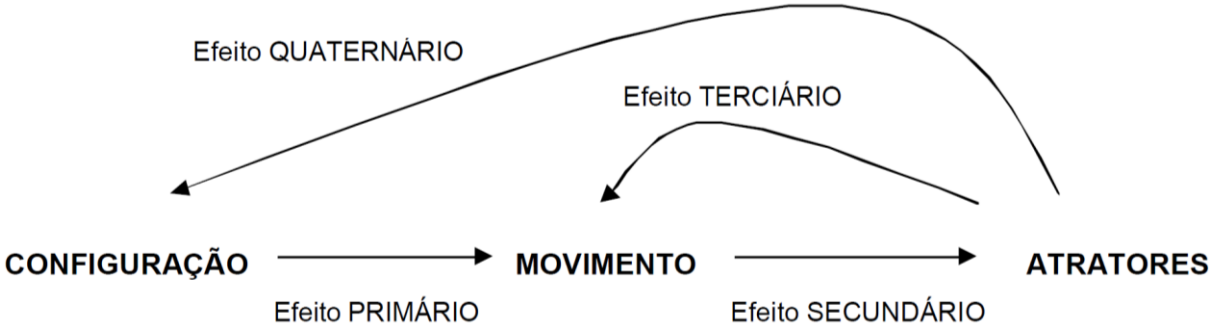
Figura 26: Exemplo esquemático da relação configuração e padrão de movimento.



Fonte: HILLIER *et al*., 1993.

Medeiros (2006) apresenta um esquema do ciclo de movimento que segue uma sequência dinâmica, conforme ilustra a Figura 27. Para o autor, a estrutura da rede viária, a partir de sua articulação, determina a hierarquia do movimento, identificando áreas de alta e baixa concentração de fluxo: esse é considerado como o efeito primário da configuração. Por conseguinte, as áreas com alta concentração de fluxo tendem a atrair certas atividades que se beneficiam desse movimento, como o comércio e serviços, sendo considerado como efeito secundário de convergência dos atratores. Esses atratores, devido à sua natureza, atraem novos fluxos e mais movimento, levando ao efeito terciário, o que também pode direcionar para a modificação da configuração do espaço construído, o qual Medeiros considera como efeito quartenário, completando todo o ciclo de movimento.

Figura 27: Esquema do ciclo do movimento segundo a lógica do *movimento natural*.



Fonte: Medeiros, 2006, p. 103.

Por conseguinte, o conceito de movimento natural, a partir dos estudos de Hillier *et al.* (2013), não pode ser considerado um fenômeno uniforme. Ele teria características únicas, influenciadas pelo contexto cultural que o originou, um efeito

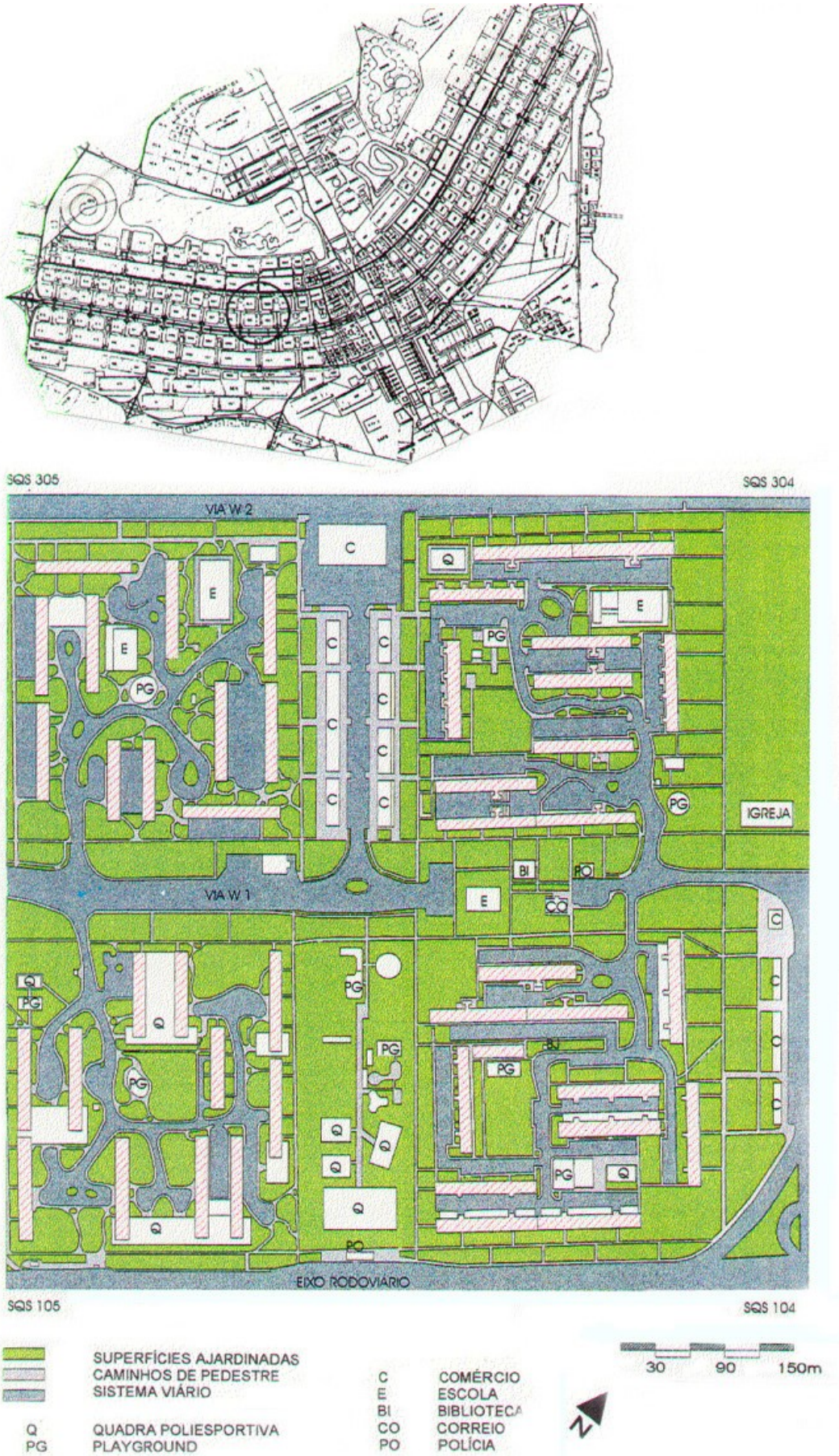
da maneira como a rede viária é estruturada e organizada. Segundo Medeiros (2006, p. 103):

> “O chamado movimento natural não seria um fenômeno invariável, comum a todas as culturas e regiões do mundo. Ele assumiria características próprias de acordo com o escopo cultural que o gerou, efeito que é da forma de articulação e disposição da malha viária. Entretanto, algumas feições são argumentadas como constantes, a exemplo da tendência à concentração de certas atividades em locais precisos. O que seria invariável é a lógica que conecta a configuração espacial com a geração de movimento” (MEDEIROS, 2006, p. 103).

Por exemplo, em uma cidade com uma rede viária em grade, como Nova York, o movimento natural pode ser diferente do que o de uma cidade com uma rede viária mais orgânica, como Boston. Contudo, Medeiros (2006; 2013) aponta que alguns fatores podem ser considerados constantes, independente do contexto cultural. A tendência de atividades se concentrarem em locais específicos é uma delas, com áreas comerciais em ruas principais e áreas residenciais em ruas secundárias. O que seria constante em todas as culturas e regiões, segundo o autor, é a lógica que vincula a configuração espacial à geração de movimento. Independentemente do layout da rede viária, a configuração espacial influencia o movimento das pessoas. Embora o “movimento natural” possa variar de um lugar para outro, a lógica subjacente que liga a configuração espacial ao movimento é uma constante universal. Isso destaca a importância do planejamento urbano e do design da rede viária na facilitação do movimento eficiente e natural das pessoas.

Além disso, estudos que recorrem à teoria do movimento natural no Brasil são menos comuns do que em outros países. No entanto, podemos destacar o trabalho apresentado por Holston (1993), ao realizar a análise de vizinhanças clássicas do movimento moderno, exemplificado pelo Plano Piloto de Brasília. A partir do ideário de uma cidade racional-funcionalista, embasado em referências históricas como cidades-jardim e Hof, o plano piloto (Figura 28) incorpora elementos do planejamento moderno, como a setorização de atividades e o conceito de superquadras, que consistem em blocos residenciais dispostos ao redor de áreas verdes. Embora tenha sido projetado para promover a convivência comunitária e a diversidade socioeconômica, na prática, os estabelecimentos comerciais tendem a se localizar nas áreas de maior movimento; isto é, nas bordas das principais vias, devido à maior concentração de pessoas nessas áreas (HOLSTON, 1993).

Figura 28: Desenhos do Plano Piloto de Brasília.



Fonte: Finotti, 2011.

Outro exemplo ilustrativo é o trabalho notável de Raquel Rolnik, urbanista e professora da Universidade de São Paulo (USP), que discute a relação entre o desenho urbano e os padrões de movimento nas cidades brasileiras como no livro “A cidade e a lei: legislação, política urbana e territórios na cidade de São Paulo” (ROLNIK, 2013). Embora não cite diretamente a teoria do movimento natural, suas análises sobre a dinâmica urbana refletem conceitos relacionados à influência do desenho urbano nos padrões de movimento e na distribuição dos usos do solo. A partir desse exemplo, é inegável que o espaço urbano se converte em um bem cujo valor é determinado por características físicas; embora fatores como relevo e padrão construtivo sejam importantes, a acessibilidade em relação aos principais centros urbanos é crucial (ROLNIK, 1994).

Portanto, a teoria do movimento natural oferece uma perspectiva para a compreensão dos padrões de movimento e organização espacial nas cidades. Ao reconhecer a influência da configuração nos fluxos de pessoas e atividades, essa teoria destaca a importância de considerar os elementos estruturais da malha urbana ao analisar, planejar e projetar os espaços urbanos. Esta discussão serve como introdução à próxima seção, que aborda detalhadamente a lógica social do espaço urbano, incluindo uma visão geral de sua teoria e evolução.

3.5 A LÓGICA SOCIAL DO ESPAÇO

Hillier e Hanson (1984) foram pioneiros ao aplicar as técnicas de representação e análise da teoria dos grafos nos estudos de redes urbanas. A Sintaxe Espacial emerge, então, como teoria da lógica social do espaço ao utilizar a topologia para tratar da concreção da forma do espaço físico e do fenômeno social (NETTO, 2016), possibilitando investigações que abarcassem, por exemplo, o movimento de pedestres e a ocorrência de crimes (HILLIER; HANSON, 1984). Hillier e Hanson (HILLIER; HANSON, 1984) conceberam, então, um instrumental que permitiu a análise de configurações urbanas, a partir das relações entre os componentes substanciais do espaço em uma determinada ordenação territorial.

No contexto acadêmico do urbanismo brasileiro, a teoria da Lógica Social do Espaço tem-se estabelecido como um arcabouço teórico relevante para a compreensão da relação entre a morfologia urbana e as interações sociais. Frederico de Holanda é um autor brasileiro importante, conhecido por suas

contribuições no campo da sintaxe espacial no Brasil. Em suas obras (HOLANDA, 2007, 2018), o autor discute a aplicação dos princípios da teoria na compreensão da organização e estruturação das cidades brasileiras, além de abordar como a relação entre forma urbana, visibilidade e acessibilidade influencia as interações sociais e a vitalidade urbana. Valério de Medeiros também se destaca nos estudos sintáticos de cidades brasileiras. Em suas pesquisas, Medeiros (2013) investiga a configuração urbana de cidades brasileiras e globais, buscando padrões específicos que caracterizem uma tipologia configuracional brasileira. O autor recorre ao geoprocessamento e à teoria da lógica social do espaço, levantando questões acerca da singularidade da estrutura urbana no Brasil.

Também destacamos a investigação realizada por Lopes (2022), a qual analisa como a mudança para habitações sociais afetou o Capital Espacial da Vida Cotidiana (CEVC), focando no programa do governo Minha Casa, Minha Vida em Natal, Brasil. CEVC refere-se às vantagens ou desvantagens resultantes da maneira como a configuração urbana, o uso do solo e o sistema de transporte público afetam o acesso a oportunidades na cidade (LOPES, 2022). Em essência, a autora apresenta uma medida do acesso que os indivíduos têm a pessoas e lugares em seu dia a dia, levando em consideração fatores como a distância, a facilidade de deslocamento e a disponibilidade de serviços e atividades.

Esta tese estabelece uma conexão intrínseca com o estudo realizado por Lopes (2022), uma vez que ambos reconhecem a significativa influência da configuração urbana sobre as escolhas e os comportamentos dos seres humanos. Enquanto a pesquisa de Lopes se dedicou a examinar as implicações sociais e de acesso a oportunidades urbanas, analisando padrões de acessibilidade antes e depois de mudanças específicas, recorrendo à teoria da sintaxe do lugar (*place syntax*)[12], o escopo desta tese investiga especificamente os fatores ambientais que impactam os padrões alimentares da população, propondo uma abordagem metodológica de indiciação espacial fundamentada nas teorias do movimento natural e nos cálculos gravitacionais. Em nosso trabalho, o foco está na compreensão da variável de atração, sobretudo na concepção de um modelo para a avaliação da

[12] As diferenças entre a teoria da sintaxe do lugar (*place syntax*) e os cálculos gravitacionais serão melhor abordadas na seção 3.6.1 apresentando distinções analíticas e epistemológicas entre as teorias.

obesogenicidade de ambientes urbanos, incorporando os elementos espaciais, suas relações com as formas sociais e as dinâmicas urbanas no espaço.

Por conseguinte, a próxima subseção oferece uma visão geral da sintaxe espacial, suas unidades, métricas e relações que compõem o painel analítico no contexto urbano.

3.5.1 Visão geral da Sintaxe Espacial e sua evolução

Segundo Lopes (2022, p. 35):

> "[...] a Sintaxe do Espaço foca no estudo da configuração dos espaços vazios, fundamentalmente em como os espaços entre as barreiras e as permeabilidades por onde as pessoas fazem seu deslocamento diários, estão conectados entre si de maneira a facilitar ou não o ir e vir no espaço. Na busca de desvendar regras formais e estruturais da rede de vazios para fazer a conexão entre a materialidade concreta da cidade e o potencial de encontros no espaço, os autores propõem a Análise Sintática do Espaço. Este é um método de suporte à teoria que envolve um conjunto de técnicas de representação e análise da relação entre as partes da cidade."

Dessa forma, podemos dizer que a sintaxe espacial apresenta uma estrutura lógica e intrínseca às atividades humanas, incluindo os campos de visão e os caminhos percorríveis pelos agentes humanos, que são dinâmicos e mutáveis. Esses elementos podem ser representados tanto dentro dos espaços quanto no fora deles, por meio das linhas de visão e movimento (HILLIER; HANSON, 1984). O polígono formado pelo conjunto dos pontos visíveis a partir de um ponto 'raiz' é conhecido como *isovista* e se distingue do conceito de '*viewshade'* já consolidado pelo Sistema de Informações Geográficas (GIS), pois pode ser calculado para toda a geometria dos interiores e obstáculos externos. A partir dessas características, torna-se possível obter métricas para analisar diversas propriedades espaciais e suas inter-relações, como o número e/ou a densidade de portas e janelas em relação ao perímetro das paredes, e a quantidade de espaços cegos (obstruções), entre outros.

A análise sintática, portanto, investiga a relação entre a forma espacial e a função urbana. Ou seja, a partir de uma perspectiva relacional, a sintaxe não explora o significado do elemento ou do fato em si, mas as relações que um elemento ou fato estabelece com o todo (LOPES, 2022; MEDEIROS, 2013). Segundo Lopes (2022, p. 41), essas operacionalizações são realizadas a partir da:

> "[...] criação de uma matriz de relação entre todos os nós que resulta no que é conhecido como medidas sintáticas. Essas medidas são comumente traduzidas graficamente no mapa axial através de uma escala cromática que varia do azul profundo – espaços menos acessíveis / menos conectados – até o vermelho – espaços mais acessíveis/mais conectados." (LOPES, 2022, p. 41).

As linhas axiais[13] (Figura 29), portanto, são consideradas elementos fundamentais, pois representam não apenas a visão e o movimento das pessoas, mas também as dimensões possíveis de visualização e de itinerários. Tais linhas se tornam essenciais para a análise espacial e podem ser empregadas no cálculo de diversas métricas relacionadas, como conectividade, profundidade e integração, as quais serão detalhadas nos tópicos subsequentes.

Figura 29: Linhas axiais. Em azul, estão representadas três linhas axiais, sendo: a. Rua mármore; b. Rua Silvianópolis; c. Rua Bueno Brandão.

Fonte: O autor, 2023.

3.5.1.1 Relação de conectividade

A relação de conectividade refere-se à quantidade de interseções que uma linha axial tem com outras linhas axiais em um determinado recorte espacial. Em um contexto urbano, essa relação indica o número de cruzamentos que uma linha axial realiza com outras vias, podendo ser um indicador de acessibilidade (HANSEN,

[13] A linhas axiais são as maiores linhas retas capazes de cobrir todo o sistema de espaços abertos.

1959). A Figura 30 ilustra o bairro Santa Tereza, com vias representadas por linhas axiais, onde a linha azul representa a Rua Mármore, que possui uma relação de conectividade igual a 11; isto é, esse valor indica que a linha transpassa outras 11 vias nesse setor urbano.

Figura 30: Bairro Santa Tereza, em Belo Horizonte, com vias representadas por linhas axiais. A linha azul apresenta conectividade de 11, considerando que intersecciona com outras 11 linhas axiais.

Fonte: O autor, 2023.

3.5.1.2 Relação de profundidade

A relação de profundidade na sintática espacial é um conceito utilizado para analisar a organização espacial de um sistema e pode ser calculada a partir da análise das relações topológicas entre os espaços, as quais são representadas pela conectividade entre eles (HILLIER; HANSON, 1984). Essas relações topológicas são propriedades geométricas e espaciais que permanecem inalteradas quando o sistema é deformado, como frontalidade, lateralidade e outras medidas não euclidianas. Assim, essa medida torna-se importante para a análise urbana, permitindo a identificação de padrões de acessibilidade e conectividade em diferentes contextos.

A Figura 31 ilustra a distância axial entre as linhas "a" e "b". Essa distância é definida pelo número de passos topológicos necessários para alcançar a linha de destino. Neste caso, são necessários três passos topológicos para chegar à linha de

destino. O passo topológico, neste caso, é o número de mudanças de direção necessárias para passar de uma linha de origem à linha de destino.

Figura 31: Bairro Santa Tereza, em Belo Horizonte, com vias representadas por linhas axiais. A distância axial entre as linhas “a” e “b” são de 3 (três) passos topológicos.

Fonte: O autor, 2023.

3.5.1.3 Medida de integração (ou to-movement)

A medida de integração[14] na sintaxe espacial é calculada a partir da conectividade entre os elementos espaciais e a facilidade de movimentação entre eles. Segundo Hillier e Hanson (1984), a integração é medida pela soma das probabilidades de chegada ponderadas pelo número de vezes que cada ponto de partida é utilizado para alcançar os diferentes pontos de destino.

O cálculo da medida de integração requer a definição de um nó raiz, que é uma referência para a análise. Esse nó pode ser um ambiente interno (cômodo), uma rua em um contexto urbano ou, no nosso caso, uma linha axial (Figura 31). Ainda nesse exemplo, cada linha axial serve como um nó raiz para o cálculo da medida de integração. Ou seja, a medida de integração da rua “a” é apurada a partir da profundidade média dessa rua para todas as demais do sistema em que se está

[14] A medida de integração é o destaque da sintaxe espacial, sendo por anos a principal medida da teoria. No contexto urbano, ela tem a conotação do ‘movimento para’ (*to movement*), representando a relação entre cada via com todas as demais. Mais informações na próxima seção.

no contexto. Isso significa que a profundidade de cada elemento estudado do sistema em relação a todas as outras deve ser calculada e, em seguida, uma média aritmética é usada para representar todos os valores de profundidade média da distribuição.

A integração, portanto, nada mais é do que o inverso da distância média de cada espaço relativamente a todos os outros. Elas se marcam com cores quentes, modificando a saturação para as cores frias conforme maior distância ou maior profundidade. Repetindo: a integração é o inverso da profundidade. A profundidade média de uma linha axial (MD) é, portanto, obtida pela somatória das profundidades de todas as linhas axiais em relação a ela, dividida pelo número total de linhas, menos um, de acordo com a equação (1):

$$MD_I = \frac{\sum_{j-1}^{k} d_{ij}}{(k-1)} \quad (1)$$

Onde:

MDi = Profundidade média do espaço i;

dij = Profundidade da linha j em relação à linha i;

k = Número total de espaços do sistema.

Para mais, a medida de integração pode ser calculada em escala global ou local. Ou seja, análise em escala global deriva de uma matriz que descreve as conexões entre todos os nós do sistema (LOPES, 2022). Enquanto isso, as medições em escala local são baseadas em uma matriz que considera as relações entre os nós, porém limitadas aos nós dentro de um determinado número de mudanças de direção a partir do nó de origem (LOPES, 2022).

Em resumo, a integração é uma medida valiosa para avaliar a conectividade de diferentes espaços em uma rede espacial, permitindo a identificação de áreas bem conectadas e centrais na rede, bem como áreas mais isoladas e periféricas. Ou seja, trata-se de uma medida relacionada às dinâmicas locais e à densidade da malha urbana que influencia o deslocamento cognitivo na malha (CERVERO, 2002; LOPES, 2022), indicando a facilidade com que se pode percorrer o espaço urbano e destacando áreas que podem oferecer maior fluidez ou restrições de movimento (JACOBS, 1961; LOPES, 2022). Dessa forma, a aplicação dessa medida é

amplamente utilizada em áreas como o planejamento urbano e a arquitetura, com o objetivo de projetar espaços mais conectados e acessíveis às pessoas.

3.5.1.4 Indicador de escolha (ou through-movement)

O indicador de escolha opera por meio de uma lógica origem-destino (LOPES, 2022). A escolha (ou *through-movement*) é um indicador que avalia a probabilidade de alcançar uma linha axial a partir de qualquer ponto de origem ou destino do sistema em estudo. Em outras palavras, quanto mais trajetórias passam por uma linha específica, maior é sua medida de escolha na rede.

Essa métrica pode ser útil na compreensão da acessibilidade geral de determinados segmentos urbanos (HANSEN, 1959). Por exemplo, em um estudo sobre a acessibilidade do transporte público em uma cidade, a métrica de acessibilidade geral pode ser usada para identificar as áreas com baixa conectividade de transporte público e propor novas rotas de ônibus ou metrô para melhorar a acessibilidade dessas áreas.

3.5.1.5 Medida de integração + indicador de escolha (INCH)

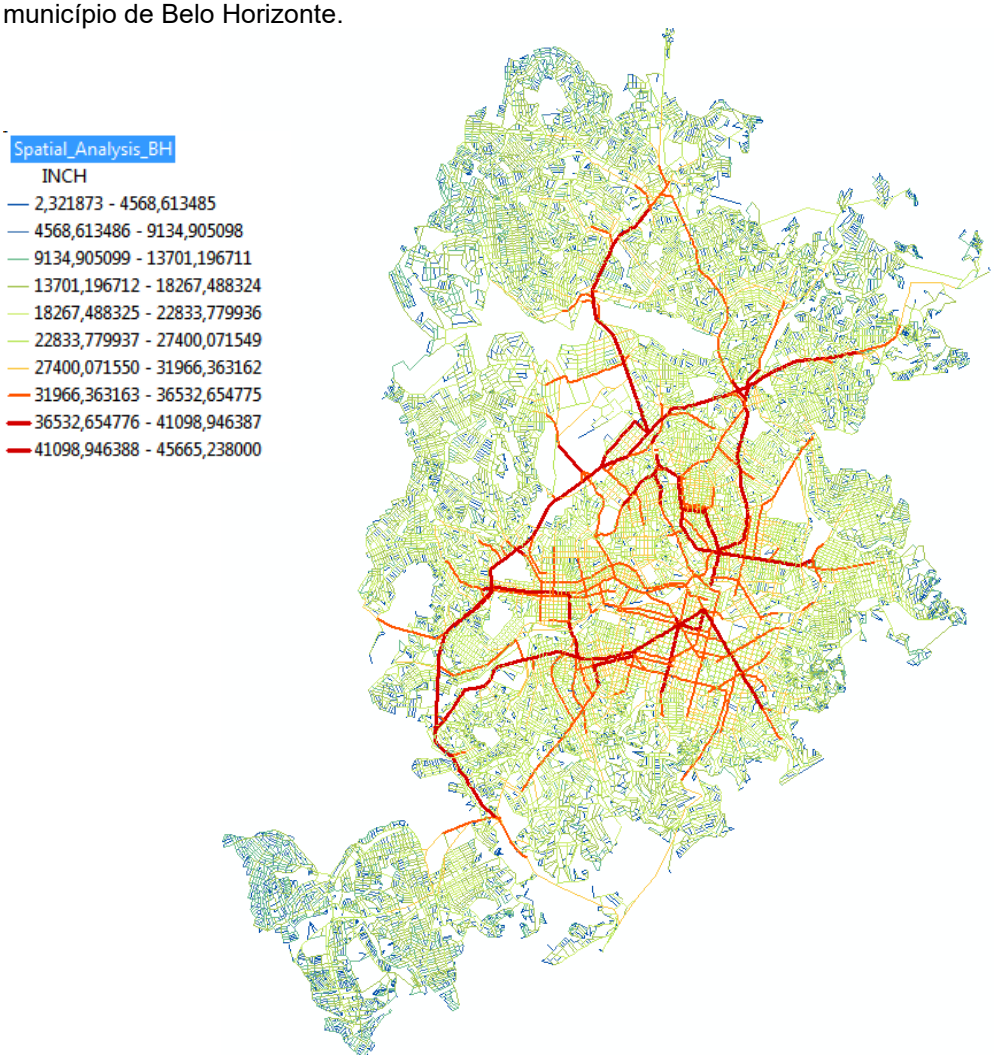
A combinação das medidas de integração e escolha (a qual denominaremos “INCH” = **IN**tegration + **CH**oice) resulta em uma compreensão mais completa da conectividade e hierarquia da rede espacial, permitindo identificar segmentos importantes que possuem alto potencial de atravessamento (medida de escolha) e, ao mesmo tempo, são bem conectados e centrais na rede (medida de integração). Em um estudo de planejamento urbano, a combinação das medidas de integração e escolha pode ser usada para identificar e selecionar locais estratégicos para a construção de infraestrutura de transporte, como corredores de ônibus, ciclovias e rotas de metrô. Por exemplo, Liu *et al.* (2016) analisaram a rede espacial da cidade de Xangai, na China, e identificou as principais vias que possuem alta medida INCH, considerando essas vias como importantes corredores de transporte e comprovando que são fundamentais para a mobilidade urbana na cidade.

Lopes (2022) também destaca alguns estudos que ilustram a combinação INCH e estão associadas com características de uso do solo, como: a identificação

de cenários de urbanidade (HOLANDA, 2013, 2018), a vitalidade urbana (NETTO et al., 2017; TENÓRIO, 2013), o desenvolvimento do capital social e/ou econômico (LEGEBY, 2013; LOPES, 2022). Em contrapartida, a autora relata que essa combinação também revelou algumas vulnerabilidades espaciais, como desurbanidades (HEITOR, 2001; LOPES, 2018) e propensões a ações antissociais.

A Figura 32 apresenta o resultado do cálculo global INCH realizado para a cidade de Belo Horizonte, em que uma escala de cores (quente-frio) representa a variação dessas medidas para os eixos em estudo (vias do setor urbano). Na imagem, podemos verificar que os eixos em vermelho refletem as maiores medidas INCH, sendo importantes corredores viários para o fluxo de mobilidade na cidade. Enquanto as representações mais periféricas demonstram sua baixa conectividade e potencial de atravessamento com a área central da capital mineira, necessitando de estudos mais detalhados para compreensão de fluxos de mobilidade.

Figura 32: Mapa com a representação dos resultados da medida INCH normalizados, para o município de Belo Horizonte.



Fonte: O autor, 2022.

3.5.1.6 Avanço da análise sintática: Turner e Sevtsuk

Em 2001, Alasdair Turner apresentou uma nova métrica de análise no 3º Simpósio Internacional de Sintaxe Espacial, em Atlanta. Essa métrica, chamada de análise angular de segmentos (TURNER, 2001), ampliou a aplicação da teoria, incorporando cálculos baseados em geometria, minimizando as limitações da teoria até aquele momento. Ou seja, a teoria passou a considerar também os segmentos – ou segmentos axiais, segundo a denominado de Turner (2001) – como objeto de análise, conforme ilustrado na Figura 33.

Figura 33: Rua Mármore (a), representada em mapa axial, composto por um único eixo e em mapa de segmentos, com 10 eixos, ampliando as possiibilidades de análise sintática do espaço.

Fonte: O autor, 2023.

Ao considerar os segmentos como objetos de estudo e análise, torna-se possível aplicar todas as relações, indicadores e medidas previamente desenvolvidos para a análise de linhas axiais também à análise de segmentos. Isso significa que os conceitos e operacionalizações como a relação de conectividade, a relação de profundidade, as medidas de integração e INCH e o indicador de escolha podem agora ser aplicados em nível micro, permitindo uma compreensão mais detalhada e sensível do contexto espacial.

Por conseguinte, em 2012, Andres Sevtsuk e Michael Mekonnen apresentaram a ferramenta "*Urban Network Analysis*" (UNA), que complementa a Sintaxe Espacial com cálculos[15] de centralidade (Quadro 6) e incorpora três características importantes que a tornam particularmente adequada para a análise espacial em redes viárias urbanas, a saber:

- elas podem levar em conta a geometria e a topologia das redes de entrada, usando a distância métrica, com unidades de medida padronizadas, ou a distância topológica, por exemplo, o número de voltas, considerados como fatores de impedância na análise;
- ao contrário das ferramentas de software anteriores que operam com dois elementos de rede (nós e arestas), as ferramentas UNA incluem um terceiro elemento de rede: *os edifícios*, que são usados como unidades espaciais de análise;
- a ferramenta permite opcionalmente que os edifícios sejam ponderados de acordo com suas características particulares, como edifícios mais volumosos, mais populosos ou mais importantes, os quais podem ser especificados para ter um efeito proporcionalmente mais forte nos resultados da análise. Assim, dois edifícios vizinhos nos mesmos segmentos de rua podem apresentar resultados de acessibilidade diferentes.

Quadro 6: Cálculos de centralidade pelo UNA.

Centralidade por alcance (*reach*)	Definida pelo cálculo de quantos elementos no entorno cada edifício pode alcançar, dado um determinado raio sobre a malha urbana.
Centralidade por intermediação ou menor reta (*betweenness*)	Calculada pela quantidade das menores distâncias entre pares de edifícios, numa malha urbana, que passa por um determinado edifício.
Centralidade por proximidade (*closeness*)	É o inverso da distância necessária para se atingir a todos os demais edifícios de uma malha, dado um raio que inclui o somatório das menores distâncias até aquele ponto.
Centralidade por acesso direto (*straightness*)	Mensurado pela distância para cada trajeto mais curto de um ponto de interesse até os demais edifícios, assemelhando-se ao cálculo euclidiano de distâncias diretas.
Centralidade por atração (*gravity*)	Medida de acessibilidade a um determinado edifício numa malha urbana como sendo diretamente proporcional aos pesos que outros edifícios assumem, em algum grau, como atratores, e inversamente proporcional à distância a eles.

Fonte: O autor, 2022; fundamento em Sevtsuk e Mekonnen, 2012; Sevtsuk, 2014.

[15] Todos os cálculos dependem de ferramentas e *software* que operem com o Sistema de Informação Geográfica (GIS), a partir do manuseio de dados georreferenciados.

Os cálculos de centralidade podem ser entendidos como métodos matemáticos para quantificar a importância de cada nó em um grafo (SEVTSUK; MEKONNEN, 2012). Como o próprio nome sugere, as métricas de centralidade concentram-se principalmente em quão central cada elemento do grafo está em relação aos demais elementos. Com isso, podemos dizer que essas operacionalizações se afiguram como promissoras para a compreensão da estrutura e dinâmica de redes complexas, como as redes urbanas. Elas nos permitem identificar padrões em uma rede a partir do impacto dos nós na identificação de informações, no movimento e na propagação de fenômenos.

Em suma, o desenvolvimento da análise angular de segmentos e a incorporação dos cálculos de centralidade pela ferramenta UNA representam avanços significativos para a aplicação da teoria de sintaxe espacial e para a compreensão da estrutura dinâmica das redes urbanas. Essas extrapolações teórico-metodológicas, portanto, permitem uma análise mais detalhada e sensível, eliminando algumas limitações da teoria até aquele momento. Dessa forma, à medida que nos aprofundamos nessas teorias, buscamos refinar nossa compreensão dos padrões de movimento e interação espacial, sobretudo no contexto de estimativa de espaços obesogênicos em ambientes urbanos.

Nesse sentido, os modelos de gravidade emergem como uma ferramenta potencial, cujo argumento e framework teórico-metodológico têm bases fundamentais na física moderna[16], com princípios de atração e repulsão entre locais. Esses princípios, aplicados nas teorias configuracionais urbanas visam estimar não somente a atratividade relativa entre diferentes elementos, mas também prever a probabilidade de interação entre eles. Na próxima seção, serão abordados os antecedentes dos modelos de gravidade nas teorias configuracionais urbanas, fornecendo um contexto histórico e teórico para compreendermos melhor como esses modelos foram desenvolvidos, suas potencialidades e limitações.

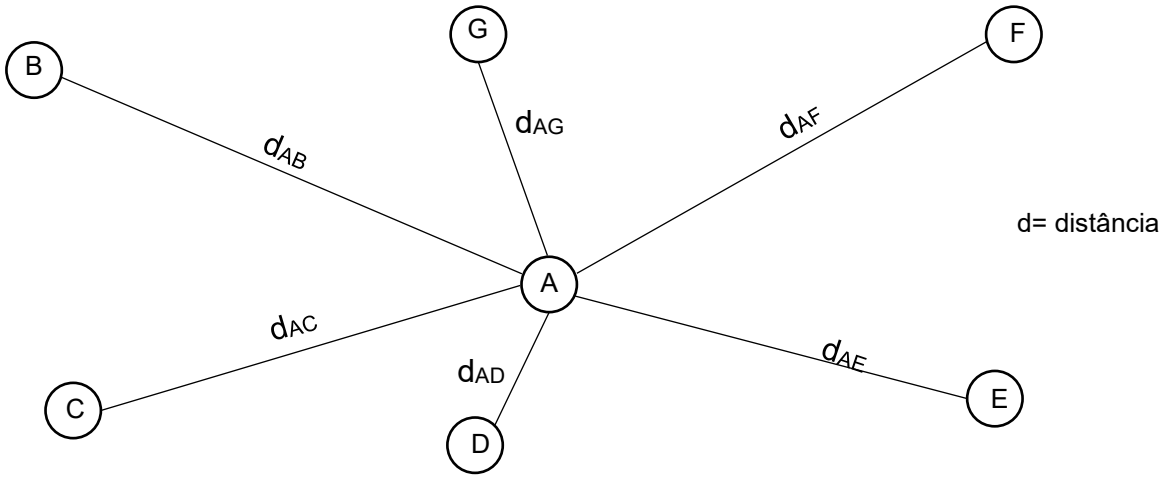
---

[16] Apesar de recorrermos à física moderna, a atratividade que postulamos nesta tese refere-se à capacidade de um local ou edifício atrair pessoas. Por exemplo, um supermercado pode ser considerado mais atraente do que uma padaria devido à sua variedade de produtos alimentícios. No entanto, a atratividade não é vista como uma força intrínseca ao elemento em si, mas como um fator experiencial que influencia o comportamento das pessoas.

3.6 MODELOS DE GRAVIDADE: POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES

O primeiro modelo encontrado na literatura que aborda a gravidade para estudar fenômenos sociais[17] surge da investigação realizada por William J. Reilly, em 1929, na *University of Texas* (STEWART, 1948). Reilly (1929) apresenta métodos para melhorar a compreensão de varejistas acerca de seu posicionamento na venda de diferentes tipos de mercadorias para as pessoas em diferentes cidades e vilas, demonstrando o ponto de equilíbrio em que duas cidades competem pelo comércio dos moradores circundantes. Consequentemente, em 1942, Stewart define o conceito de potencial populacional, o qual é considerado uma medida que representa a proximidade e a probabilidade de interação das pessoas com um determinado ponto de interesse (STEWART, 1948), conforme ilustra a Figura 34.

Figura 34: Aplicação de modelos gravitacionais sobre sistemas espaciais.



Fonte: O autor, 2022; adaptado de Haynes e Fotheringham, 1985.

A lógica desses pensamentos é calculada a partir do deslocamento do ser humano, de modo que, quanto mais longe se mora de um determinado ponto de interesse, menor será a contribuição desse ponto para o cotidiano (STEWART, 1948). Esses modelos baseavam-se na teoria Newtoniana de gravidade, que, naquela época, era considerada um campo de força de energia para caracterizar os movimentos das partículas, enquanto os eventos sociais deveriam se fundar na intenção (JENSEN-BUTLER, 1972). Salientamos que o nosso foco não está em

[17] Ressalta-se que no período em William J. Reilly e Stewart publicam suas teses existe uma corrente científica que busca estudar a física social, disciplina que pretendia racionalizar todos os eventos emergentes das relações sociais.

aprofundar-nos sobre as teorias da física, mas em demonstrar como foi estabelecida uma analogia em pesquisas voltadas ao planejamento urbano.

Já no século XXI, Sevtsuk e Mekonnen (2012) propõem operações automatizadas para a concepção de modelos gravitacionais, recorrendo a algoritmos do século passado, que somente com a capacidade computacional contemporânea puderam ser transladados e utilizados na representação de uma cidade inteira. Assim, os autores também compartilham das ideias iniciais da temática, segundo as quais a centralidade por atração (*gravity*) consiste na aferição da agilidade com que um conjunto de pontos de interesse (destinos) pode ser alcançado, a partir dos atributos: força de atração do destino e distância. Para os autores, o edifício torna-se a unidade de análise, permitindo a indiciação individual de cada edifício dentro de uma determinada rede urbana (SEVTSUK, 2014a). Para isso, Sevtsuk (2014a) comenta que é necessário levar em consideração a impedância espacial para alcançar cada um dos destinos da rede. Assim, o autor relata que:

> "[…] o cálculo de *gravidade*^{r} *[i]* de um nó *i*, em um grafo *G* e em um raio *r* postula que a centralidade de atração é inversamente proporcional à distância do caminho mais curto entre *i* e cada um dos outros nós em *G* que são alcançáveis de *i* dentro de um raio *r.* […] em que β é o expoente que controla o efeito do decaimento da distância em cada caminho mais curto entre *i* e *j*, enquanto *W[j]* é o peso de um determinado destino *j* que é alcançável de *i* dentro do limite de raio *r*. Se os edifícios em G são ponderados, então a medida da atração é proporcional ao peso de cada um dos outros edifícios que podem ser alcançados dentro do raio de busca dado."[18] (SEVTSUK, 2014a, p. 54–55).

E é dado pela seguinte equação (2):

$$Gravidade^{r}[i] = \sum_{j \in V(G)-\{i\}; d[i,j] \leq r} \frac{w[j]}{e^{\beta . d[i,j]}} \tag{2}$$

[18] "*Whereas the reach measure simply counts the number of destinations around each building within a given search radius (optionally weighted by building attributes), the gravity measure additionally factors in the spatial impedance required to reach each of the destinations (Hansen 1959). The gravity index, gravity r [i] of a node i in graph G at a radius r, postulates that centrality is inversely proportional to the shortest path distance between i and each of the other nodes in G that are reachable from i within a geodesic distance r. [...] where b is the exponent that controls the effect of distance decay on each shortest path between i and j and W[j] is the weight of a particular destination j that is reachable from i within the radius threshold r. If the buildings in G are weighted, then the gravity measure is proportional to the weight of each of the other buildings that can be reached within the given search radius*." (SEVTSUK, 2014a, p. 54–55).

Caso β não seja atribuído a um valor, configurando-se como zero, o cálculo se transformará na centralidade por alcance (*reach*), proposta pelo mesmo autor. Além disso, a variável β é passível de influências pela escolha do modo de deslocamento, como caminhada, bicicleta e metrô, bem como pela unidade de medida adotada pelo aplicador (SEVTSUK, 2014a), incluindo mapa clinográfico e decisões do sujeito. O autor ainda complementa apresentando um estudo realizado por Handy e Niemeyer (apud SEVTSUK, 2014a), em Oakland, Califórnia, que sugeriu que o β aferido em caminhadas, medido em minutos, foi de aproximadamente 0,1813.

Embora consistentes operacionalmente (do ponto de vista estatístico), as teorias que recorreram aos modelos gravitacionais foram rebatidas com diversas críticas, demonstrando a fragilidade de se recorrer de forma pura, simples e análoga às teorias da física para descrever os fenômenos sociais. Autores da geografia humana, como Wilson (1967) e Jensen-Butler (1972), já diziam nas décadas de 1960 e 1970 que os modelos gravitacionais apresentam uma base sólida do ponto de vista estatístico; contudo, deve-se levar em consideração que esta tipologia de cálculo normatiza a modalidade de viagem, além de padronizar a sociedade em um grupo homogêneo.

Outras críticas a essa tipologia de estudo também sugerem que as interpretações das constantes adotadas nos modelos, geralmente associadas às variáveis de distância, são abordadas de forma estática, sobretudo em relação ao tempo (JENSEN-BUTLER, 1972). Por exemplo, o tempo de uma viagem entre dois pontos pode variar de acordo com o horário, o dia da semana, as condições climáticas, entre outros fatores. Esses fatores também são simplificados em sua determinação, não levando em consideração a complexidade exigida. Jensen-Butler (1972) afirma que a função de decaimento da distância é uma afirmação que advém de observações empíricas e não do modelo gerado, reforçando a necessidade de ajustes teórico-metodológicos para que os cálculos gerem resultados condizentes com a realidade. É importante lembrar que observações empíricas são apenas aproximações da realidade e estão sujeitas a erros e incertezas. Portanto, é crucial que os pesquisadores estejam cientes dessas limitações e as considerem ao interpretar os resultados de seus modelos.

Por fim, é importante reconhecer que os modelos gravitacionais apresentam semelhanças analíticas em relação aos modelos propostos pelas teorias do Capital

espacial (MARCUS, 2010, 2017) e da Sintaxe do Lugar (*Place Syntax*) (LOPES, 2022; STAHLE, 2008; STAHLE; MARCUS; KARLSTROM, 2005), outra abordagem significativa dentro das teorias configuracionais urbanas. Portanto, na subseção seguinte, destacaremos as nuances e as possíveis complementaridades entre essas duas perspectivas analíticas, a fim de prosseguirmos na construção do nosso modelo. Ao explorar as distinções analíticas entre os modelos gravitacionais e os modelos de sintaxe do lugar, buscamos enriquecer e otimizar nossa compreensão dos processos analíticos urbanos. Essa análise crítica e comparativa é fundamental para garantir que nosso modelo seja robusto e abrangente o suficiente para capturar os complexos padrões de interação espacial associados à saúde.

3.6.1 Comparativo analítico: Sintaxe do lugar e Cálculos gravitacionais

A *Place Syntax* pode ser compreendida como uma ferramenta (*Place Syntax Tool* - PST) que busca compreender a acessibilidade geográfica e o comportamento humano em ambientes urbanos (STAHLE, 2008; STAHLE; MARCUS; KARLSTROM, 2005). A ferramenta foi desenvolvida de forma a superar limitações analíticas identificadas nas pesquisas de acessibilidade, com o intuito de estabelecer uma metodologia que fosse capaz de mensurar a performance dos lugares, a partir de métricas de alcance (LOPES, 2022).

Em termos mais simples, a teoria/metodologia da Sintaxe do lugar expande os conceitos da Sintaxe espacial ao incorporar elementos de atração aos modelos analíticos (STAHLE; MARCUS; KARLSTROM, 2005). Suas premissas emergem de uma epistemologia empírica, fundamentada na observação e na experiência como forma de formular e testar hipóteses, preocupando-se com a natureza do conhecimento e a forma como esse conhecimento é adquirido. Ou seja, a Sintaxe do lugar trata do espaço cognitivo e da distância cognitiva, medida em termos de mudanças de direção, que são investigadas a partir de passos em linha axial (STAHLE; MARCUS; KARLSTROM, 2005).

Ambas as ferramentas, PST e UNA, podem ser consideradas promissoras para entender a acessibilidade geográfica e o comportamento humano em ambientes urbanos, pois consideram a acessibilidade atrativa dos lugares como variáveis importantes, recorrem a abordagens baseadas em rede para análise da

estrutura urbana e consideram a densidade populacional e a proximidade de amenidades.

Com isso, podemos afirmar que a ideia central do arcabouço teórico-metodológico da Sintaxe do lugar se assemelha bastante com os cálculos gravitacionais do UNA, pois adiciona a atração ao modelo espacial, aprimorando previsões de fluxo de pedestres e medidas de acessibilidade. Contudo, sua aplicabilidade tem sido utilizada para mensurar o capital espacial, uma teoria desenvolvida por Lars Marcus (MARCUS, 2010, 2017). O conceito de Capital espacial pode ser entendido como a valoração de um local, não apenas financeira, mas socioeconômica e ecológica, sendo influenciado pela infraestrutura, construções, vias de transporte, dentre outros (MARCUS, 2017). Dessa forma, o resultado da operacionalização proposta pela PST é considerado como o produto do cálculo de acessibilidade cumulativa em relação à diversidade de lotes e à densidade construída a partir de um determinado ponto, resultando em uma medida de atração para a origem que se traduz em capital espacial (LOPES, 2022).

E é justamente neste ponto, que nossa teoria se difere da sintaxe do lugar, pois nossa operacionalização busca extrapolar a modelagem ambiental fundamentada nas redes em si e suas medidas de acessibilidade, incorporando cada edificação com uma variável que possui características atrativas. Assim, diferentes edificações em um mesmo segmento de rua podem obter medidas distintas. Também recorremos a características do eixo viário ao incorporar um conjunto de variáveis, tais como distância, tempo e declividade, extrapolando a estaticidade da modelagem ambiental.

Além disso, propomos uma adaptação da equação de Drake para diferenciar cada tipologia das edificações em cenários probabilísticos. A adoção desse enfoque permite considerar uma variedade de fatores, que denominamos como "partes heterogêneas" (ou seja, as características que tornam um edifício atrativo para o consumo alimentar), e multiplicá-los pelas "probabilidades de interação dos ambientes alimentares" (aquelas calculadas pela sintaxe espacial). Essas probabilidades representam a chance de diferentes tipos de ambientes alimentares interagirem de maneira significativa com as pessoas que vivem ou trabalham nas proximidades.

É importante ressaltar que a Equação de Drake não tem a intenção de ser precisa, mas sim trabalhar com cenários de possibilidades. No caso de nossa

analogia, também adotamos essa conjunção, considerando uma variedade de fatores, como a configuração das redes urbanas, os pontos de interesse e os padrões de uso e ocupação do solo. Esses fatores são combinados em diferentes cenários para analisar e compreender como eles influenciam a formação de espaços obesogênicos. Dessa forma, o estudo visa contribuir para a temática, fornecendo uma abordagem inovadora para a estimativa da atratividade das edificações em um ambiente urbano em relação à obesidade.

3.7 SÍNTESE GERAL E DIRECIONAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DO MODELO

A revisão bibliográfica foi orientada para a ampliação do universo de discurso do pesquisador, envolvendo uma imersão profunda na literatura existente, com o objetivo de aumentar a compreensão e a perspectiva acerca da temática em estudo. A estratégia adotada consistiu na revisão narrativa, aliada à técnica de *snowball* (utilização do referencial teórico citado por autores-referências ou a relação inversa), que possibilitou uma análise qualitativa, interpretativa e crítica da literatura, desencadeando um processo investigativo sobre a natureza do fenômeno, as variáveis envolvidas e as características das relações entre as variáveis estudadas.

A seção 3.1 (MODELO ECOLÓGICO DA OBESIDADE E SUAS COMPLEXIDADES) narrou o paradigma ecológico da obesidade, fundamentando-se em teorias sistêmicas sob o ponto de vista do ambiente construído dinamicamente relacionado à condição de saúde. Ao adotar essa abordagem, **a obesidade é entendida como uma resposta normal a um ambiente anormal** (EGGER; SWINBURN, 1997; MATOZINHOS et al., 2022; MENDES; PESSOA; COSTA, 2022). Contudo, considerando que a principal característica dessa condição de saúde é o excesso de gordura corporal no indivíduo, identificamos a necessidade de dissociar os elementos espaciais das formas sociais, bem como de identificar e resolver os conflitos gerados por esses condicionantes, para que, assim, possam auxiliar a compreensão de padrões e fatores que afetam a saúde urbana, neste caso, a conformação e a manutenção de espaços obesogênicos nos ambientes urbanos. A **cena urbana que denominamos como espaços obesogênicos é caracterizada pela falta de acesso a alimentos saudáveis, pela oferta massiva de alimentos processados e ultraprocessados e pela precarização de espaços públicos de**

qualidade, que promovam, de modo equânime, uma vida urbana ativa nas cidades.

Em seguida, a seção 3.2 (AMBIENTE ALIMENTAR: A RELAÇÃO ENTRE O ESPAÇO COM AS OPORTUNIDADES OU CONDIÇÕES DE ESCOLHA) apresentou os principais modelos conceituais elaborados no campo da Nutrição e Saúde Pública para estudar as múltiplas e complexas variáveis associadas aos ambientes alimentares. A partir das diversas definições apresentadas na revisão da literatura, expandimos aqui a definição proposta por Downs *et al.* (2020). Assumimos, então, que o ambiente alimentar é **a interface espaço-temporal das pessoas com o sistema alimentar, para a qual deve-se levar em consideração fatores como acessibilidade, disponibilidade, uso, promoção, qualidade e sustentabilidade de alimentos e bebidas, sob influências formais, sociais, culturais, políticas e territoriais.**

Por conseguinte, adentramos na temática das teorias configuracionais urbanas, um campo disciplinar que se dedica a estudar métodos e técnicas para explicar as dinâmicas espaciais. Inicialmente, estudiosos acreditavam que a quantificação seria a solução para os problemas urbanos, na esperança de domesticar a cidade (CASTELLS, 2018; OLIVEIRA; ZAITTER, 2020). Críticas a esse pensamento levaram ao desdobramento dos estudos das cidades em duas abordagens: uma quantitativa, advinda das ciências exatas, e outra qualitativa e hermenêutica, sob domínio das ciências humanas. As duas correntes “evoluíram” de forma desconexa. Contudo, ao longo dos anos, nota-se a possibilidade de estabelecer uma interseção entre elas, permitindo a representação de qualidades dinâmicas e espontâneas de forma algorítmica, como é o caso da Sintaxe espacial (HILLIER, 2007; HILLIER; HANSON, 1984), que recorre à topologia para tratar da materialização da forma do espaço físico e do fenômeno social. Diante dessa linha de investigação e o avanço das tecnologias de informação e comunicação, **verificamos o surgimento de diversos instrumentos que permitem a implementação de dados em modelos computacionais, ampliando a preditibilidade do modelo**.

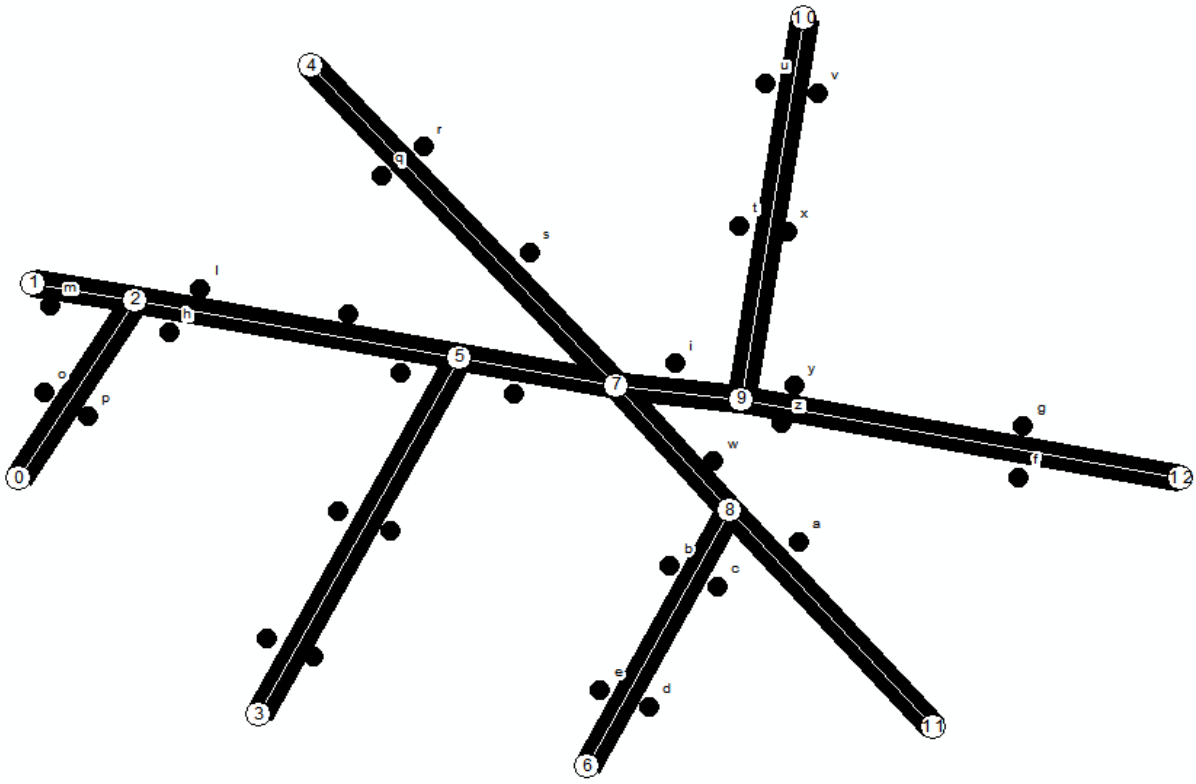
Além disso, a Sintaxe Espacial com suas relações, indicadores e medidas (HILLIER, 2007; HILLIER; HANSON, 1984) tem sido uma abordagem promissora na compreensão da estrutura e organização das cidades (LOPES, 2022; MEDEIROS, 2013). O avanço das ferramentas e a incorporação de novas operacionalizações,

como a análise de segmentos (TURNER, 2001) e a análise de rede urbana (SEVTSUK, 2014b; SEVTSUK; MEKONNEN, 2012), têm permitido aos planejadores urbanos, arquitetos e pesquisadores uma compreensão mais profunda e holística do ambiente construído. Essas teorias, que remontam ao século XX, propuseram uma abordagem inovadora para entender a estrutura e a dinâmica das cidades, enfatizando a influência da configuração espacial na organização urbana e nos padrões de movimento.

Podemos dizer que a sintaxe espacial se baseia na representação dual de grafos, em que as ruas são descritas matematicamente como “nós” e as interseções como “arestas” (SABOYA, 2007), permitindo que as análises tenham as ruas como objeto de investigação (PORTA; CRUCITTI; LATORA, 2006). Nessa lógica, para esta pesquisa, adotamos a abordagem de Turner (2001), recorrendo ao mapa de segmentos, uma vez que esses segmentos fazem parte do nosso escopo de estudo e análise. No entanto, verificamos a necessidade de ampliar os nossos objetos de investigação e, para isso, **utilizaremos a representação aplicada pela análise de redes**, a qual também se baseia em grafos, mas de uma maneira ligeiramente diferente. Nesta concepção, **os “nós” simbolizam os cruzamentos, as “arestas” referem-se às ruas e os edifícios são denotados como “pontos”**, conforme ilustra a Figura 35.

A representação em questão se correlaciona com a análise sintática do espaço, possibilitando que a pesquisa se concentre na estrutura espacial e em como a configuração pode influenciar o movimento e as atividades. Por exemplo, um cruzamento com várias ruas conectadas (um nó com múltiplas arestas) pode ser um local de alta atratividade, uma vez que proporciona diversas rotas pelo ambiente construído. Analogamente, um edifício situado nesse cruzamento (um ponto conectado a esse nó) pode usufruir de elevada acessibilidade e, consequentemente, ser um local com maior potencial de atração. Dessa forma, a representação da análise de redes fornece um meio de aplicar as relações da sintaxe espacial, permitindo a investigação sistemática e quantitativa do espaço construído, sobretudo com a inserção dos pontos (edifícios). Ou seja, essa representação permite que os índices ou medidas gerados sejam o cerne dos nós, permitindo a realização de quantificações das relações estabelecidas a partir de um ponto de interesse, neste caso, o edifício.

Figura 35: Representação gráfica aplicada pela análise de rede, em que nós simbolizam cruzamentos, as arestas as ruas, e os pontos, os edifícios.



Fonte: Souza, 2017, adaptado de Sevtsuk, 2010.

Para mais, as métricas utilizadas neste estudo estabelecem uma conexão substancial entre as formas sociais e a morfologia urbana no contexto da formação e manutenção de espaços obesogênicos por meio da análise da sintaxe espacial e de cenários probabilísticos. A sintaxe espacial examina a relação entre a forma espacial e a função urbana, utilizando abstrações como linhas axiais para representar as relações dinâmicas entre espaços e os caminhos percorridos pelas pessoas. Métricas como a medida de conectividade, profundidade e integração, derivadas da teoria, permitem avaliar a organização espacial e as relações topológicas entre elementos urbanos. Além disso, o cálculo de centralidades, incorporando edifícios como unidades de análise, amplia a compreensão da rede urbana, considerando fatores como distância e interações atraentes entre os destinos. Essas métricas buscam representar e analisar a complexa relação entre a forma urbana e a obesogenicidade, permitindo uma avaliação mais aprofundada da distribuição dos espaços obesogênicos.

Essa estratégia de investigação nos permite levar em consideração a multiplicidade de características que compõem os pontos de interesse, juntamente

com padrões de uso e ocupação do solo. Isso ocorre porque o aprimoramento dos modelos gravitacionais permite a instrumentalização e a parametrização de diferentes indicadores (formais, sociais, econômicos, culturais) para a indiciação de espaços obesogênicos a partir de análises de redes urbanas. Dessa forma, consideramos que **um edifício possui atributos e qualidades (sintáticas, semânticas e pragmáticas) que são capazes de torná-lo atraente para as pessoas, indicando maior ou menor congruência entre as formas sociais e elementos espaciais no processo de formação e manutenção de espaços obesogênicos.**

As revisões críticas de literatura foram conduzidas de modo a se aproximarem ao máximo da concreção da informação que cada narrativa representava, destacando-se que a modelagem de espaços obesogênicos deve avançar na complexidade exigida para composição do modelo. Portanto, **reconhecemos o fenômeno em estudo como um sistema complexo, capaz de ocasionar a emergência de efeitos indeterminados e interferentes na sua experiência**, sendo necessário revisar os quadros epistemológicos que abarcam essa tese diante da ordem imprevisível dos sistemas dinâmicos, ou seja, capaz de explicar o caos com que as informações são apreendidas (KELLERT, 1994; STROGATZ, 2018).

À medida que avançamos, é fundamental continuar explorando os princípios das teorias abordadas, adaptando-os às complexidades dos desafios urbanos contemporâneos e adequando-os ao contexto geográfico local, utilizando-os para conceber cidades mais saudáveis, inclusivas, sustentáveis e humanas. Dessa forma, a próxima subseção apresenta a estruturação das hipóteses e, subsequentemente, a definição dos pressupostos metodológicos e epistemológicos implementados para a experimentação do fenômeno e sua descrição em narrativas explicativas, reformuladas pela vivência do pesquisador.

3.7.1 Premissas teóricas e hipótese de pesquisa

A seguir, as premissas que orientam este estudo são delineadas, fornecendo uma breve contextualização teórica-metodológica para a formulação da hipótese testada a partir da construção do modelo proposto por esta tese. Dessa forma, partem-se das premissas de que:

- Os estudos sistêmicos de ambiente alimentar são fundamentados na teoria socioecológica (EGGER; SWINBURN, 1997) e no entendimento de que os comportamentos relacionados à saúde são determinados por fatores pessoais e ambientais inter-relacionados (RAO et al., 2007), fomentando os estudos de Saúde e Espaço Urbano (CAIAFFA et al., 2008; PEREIRA; CAIAFFA; OLIVEIRA, 2021).
- O mapeamento de elementos espaciais e formas sociais, dentro do domínio do ambiente construído, torna-se fundamental para a indiciação de espaços obesogênicos e leptogênicos (FARIA, 2024; FARIA; HOPPE; SOUZA, 2022), de modo que auxilie políticas de planejamento físico, territorial e socioeconômico para o combate à obesidade, através de modificações no uso e ocupação do solo (MATOZINHOS et al., 2022).
- A análise de rede urbana (SEVTSUK; MEKONNEN, 2012) permite avaliar os ambientes urbanos a partir de cálculos de centralidade.
- A centralidade por gravidade supõe que as edificações atraiam as pessoas na razão direta de fatores atratores e na razão inversa do quadrado das distâncias (SEVTSUK; MEKONNEN, 2012).

Com base nas premissas acima e na teoria que perturbações no ambiente construído direcionam mudanças estruturais nos sistemas vivos, resultando em novas performances de ação, ou seja, novos padrões comportamentais (MATURANA, 2001), a hipótese a ser testada neste estudo é:

- A análise das configurações urbanas permite identificar, avaliar e compreender a relação entre a morfologia urbana, os comportamentos alimentares e a saúde da população, indiciando maior ou menor congruência entre as formas sociais e a morfologia urbana no processo de formação e manutenção de espaços obesogênicos.

Além da hipótese central, este estudo também considera as seguintes hipóteses secundárias:

- Em uma vizinhança populacional bem delimitada, é possível determinar a centralidade por atração entre os edifícios, identificando aqueles que podem representar maior proximidade de oferta para comportamentos relacionados à indulgência alimentar.
- Existe uma correlação entre os edifícios e as vias em que se localizam, considerando suas respectivas medidas de integração e indicador de escolha (Sintaxe espacial das vias), verificando congruências e incongruências com as formas sociais estabelecidas na área.
- A partir da análise de rede do sistema de trânsito, é possível determinar a influência dos edifícios na delimitação de áreas servidas, utilizando curvas isocrônicas com alcance de até dez minutos de caminhada dos pedestres, considerando a declividade dos passeios como fator de impedância.
- Os resultados e interpretações advindos do arcabouço teórico-metodológico são discutidos em comparação com pesquisas qualitativas sobre a mesma vizinhança, observando narrativas históricas relacionadas às formas sociais.
- Quais são os fatores atratores que podem ser considerados indicativos válidos de maior ou menor atração por destinos que potencializam a indulgência alimentar, como restaurantes, bares, padarias, entre outros?

Cada uma dessas hipóteses secundárias complementa a hipótese central, sendo testadas ao longo da construção e operacionalização do modelo do fenômeno, o qual é descrito nos capítulos seguintes. A partir dessa modelagem, o estudo visa inicialmente avaliar a obesogenicidade de entornos urbanos por meio de cálculos gravitacionais. Essa análise fornecerá indicativos válidos sobre a congruência e incongruência entre as formas sociais e a morfologia urbana, com um foco adicional no mapeamento do espalhamento de locais obesogênicos.

Conforme o desenvolvimento da pesquisa, os cálculos gravitacionais serão também explorados, com destaque para suas limitações no contexto de estudos sobre configurações urbanas e eventos de saúde. Nesse sentido, o modelo concebido será avaliado quanto às suas relações multifatoriais e multivariáveis, além de ser analisado sob sua condição de experimentação estática do ponto de vista metodológico. Dada as lacunas na operacionalização dos modelos gravitacionais,

será necessária realizar uma descrição reversa do modelo, permitindo sua repetibilidade e adequação como um sistema adaptativo complexo.

Por fim, serão exploradas medidas que subsidiam políticas de planejamento físico, territorial e socioeconômico voltadas ao manejo da obesidade. Isso inclui modificações no uso e ocupação do solo, bem como da resolução de conflitos entre formas físicas e sociais, com o objetivo de promover ambientes urbanos saudáveis e sustentáveis.

Portanto, as hipóteses foram formuladas como proposições refutáveis, visando compreender como diferentes fatores influenciam a formação e manutenção desses espaços obesogênicos. A ênfase principal não está na busca por respostas definitivas, mas sim no empenho por uma compreensão aprofundada da complexa relação entre espaço e saúde, a qual orientará estudos futuros.

4 METODOLOGIA

Esta tese caracteriza-se como uma pesquisa exploratória e descritiva, com caráter prescritivo e efeito multiplicador indireto. Embora o objetivo principal não seja a formulação de diretrizes para o planejamento urbano, a investigação visa contribuir para o prognóstico de melhorias na qualidade de vida em vizinhanças urbanas. Utilizamos o estudo de caso como método para a concepção do modelo e a experimentação de ferramentas como estratégia de falseabilidade das hipóteses. Também foi necessário compor um painel analítico epistemológico para explicar o caos com que as informações são apreendidas e usar a teoria das redes complexas estabelecidas para compor uma multidisciplinaridade que propicie o exame do real entre as ciências, transcendendo os três planos clássicos de análise: sintático, semântico e pragmático, e evitando a tentação de buscar um conhecimento total e abrangente da realidade. A ênfase metodológica, portanto, recai sobre as abordagens configuracionais de teorias urbanas. Essas abordagens servem como ferramentas de apoio para os estudos de Saúde e Espaço Urbano, conforme descrito e detalhado nos procedimentos a seguir.

4.1 ENTRELAÇANDO O TEMA COM O MÉTODO DE PESQUISA

Quanto à classificação e tipologia da pesquisa, esta apresenta base **descritiva** e postura **exploratória**, com o objetivo de identificar, diagnosticar e descrever um problema (SANTOS, 2018). Quanto à sua natureza, a proposta enquadra-se como **aplicada**, pois sua meta decorre da busca de soluções práticas para situações reais (RICHARDSON, 1999). Além disso, podemos afirmar que a pesquisa apresenta um caráter **prescritivo** e **multiplicador indireto**, isso porque, embora o objetivo principal não seja estabelecer diretrizes para o planejamento urbano, a investigação contribui para o prognóstico de melhorias na qualidade de vida em vizinhanças urbanas.

A abordagem adotada pode ser considerada **híbrida**, visto que o foco está em compreender um fenômeno social, com intuito de "[...] descrever a complexidade de determinado problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos [...]" (RICHARDSON, 1999, p. 80), caracterizando-se como um estudo **qualitativo**, mas que visa **quantificar** determinadas relações, de modo a estabelecer **métricas de representação**.

Para a concepção do modelo, a pesquisa utiliza-se do estudo de caso. Esse método investiga fenômenos em situações reais, tomando como referência a escolha de uma unidade para observação e análise (GIL, 2002). Ressalta-se que, com a exploração de uma situação real, o estudo de caso possibilita a análise e o aprofundamento na compreensão de um fenômeno, permitindo possíveis reproduções em contextos distintos (SANTOS, 2018). Assim, ao adotar um recorte espacial para a concepção do modelo, torna-se possível estender as operacionalizações para outros recortes, obtendo como resultado o aperfeiçoamento metodológico na **estimativa da distribuição de espaços obesogênicos em ambientes urbanos.**

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

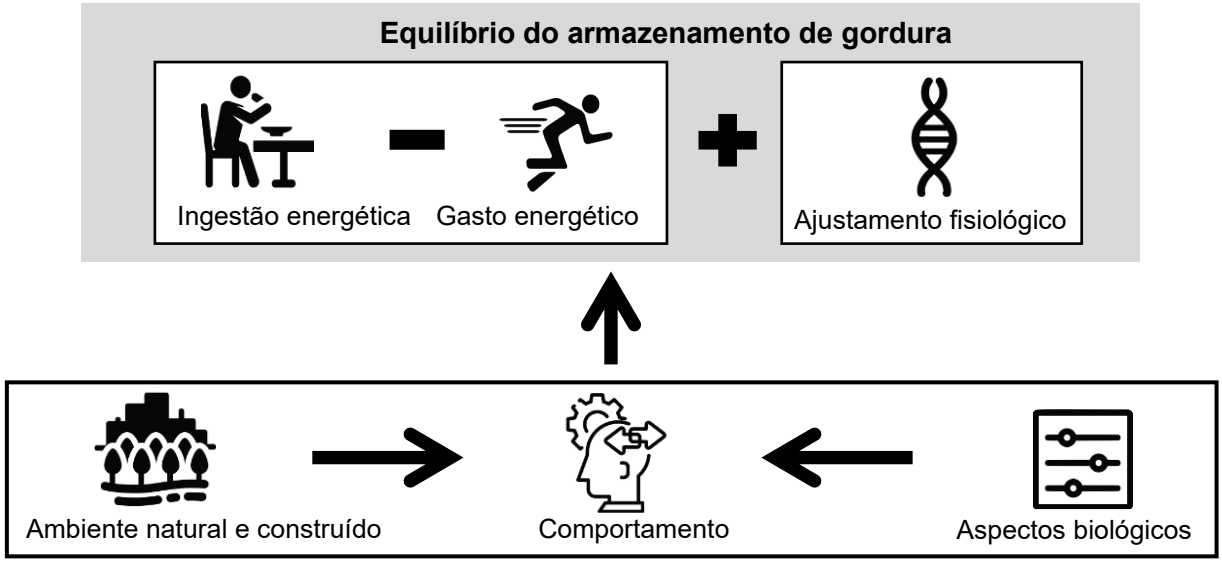
Os métodos de procedimento desta pesquisa estão intrinsecamente ligados aos objetivos específicos. Eles foram definidos para coletar e relacionar informações, compreender o fenômeno em estudo, relacionar as informações obtidas e sistematizar os conceitos e teorias, direcionando para a concepção de um

modelo para a avaliação da obesogenicidade de ambientes urbanos. Dessa forma, para esta pesquisa, adotamos diversas estratégias de procedimento, descritas a seguir.

A ênfase decorre de abordagens configuracionais das teorias urbanas, particularmente a sintaxe espacial (HILLIER, 2007; HILLIER et al., 1993; HILLIER; HANSON, 1984, 1997), implementada por Turner (2001), como instrumental de suporte para os estudos de Saúde e Espaço Urbano. Para o cálculo da centralidade por atração das edificações, utilizamos a ferramenta "*Urban Network Analysis*", de Sevtsuk e Mekonnen (2012), que se baseia em algoritmos de sintaxe do espaço e permite o cálculo de métricas que anteriormente eram impossíveis de serem obtidas manualmente.

No processo de avaliação, nosso foco está nos aspectos configuracionais que calculam o potencial de vias, a posição dos edifícios, suas características e seus usos, bem como a sobreposição desses dados às culturas locais. Para isso, também adotamos o modelo socioecológico da obesidade –Figura 36, inicialmente apresentada como Figura 8 –, desenvolvido por Egger e Swinburn (1997), um modelo contemporâneo que permite tais operações.

Figura 36: Modelo socioecológico da obesidade.



Fonte: Traduzido e editado pelo autor, 2022; adaptado de Egger e Swinburn (1997).

Nesse modelo e como já apresentado na seção de revisão bibliográfica, o balanço energético é influenciado por uma série de fatores, incluindo os aspectos biológicos; comportamentais e do ambiente em que os indivíduos estão inseridos.

Pesquisas recentes vêm demonstrando que o ambiente construído é capaz de influenciar as escolhas alimentares e os comportamentos espaciais do indivíduo, o que pode interferir na ocorrência e manutenção de casos de obesidade (DOWNS et al., 2020; GÁLVEZ ESPINOZA et al., 2017; MENDES; PESSOA; COSTA, 2022).

Em sequência, para a geração e a operacionalização do modelo, obtemos o mapeamento do sistema viário no *Open Street Map*©[19] (OPEN STREET MAP CONTRIBUTORS, 2021) e empregamos os recursos do módulo de análise de redes do software *ArcMap*™, que é parte integrante do *ArcGIS*® (ESRI, 2016). Adicionalmente, resgatamos narrativas da área estudada, a partir de várias fontes. Isso inclui literatura acadêmica existente em monografias e teses, bem como das vivências/experiências cotidianas dos pesquisadores, que vivem na região. Essas narrativas constituem uma parte significativa dos volumes aprovados pelo núcleo de Pós-Graduação e dos livros publicados sobre a história da capital mineira. Durante a discussão dos resultados desta tese, essas narrativas foram usadas como referência e comparadas com as nossas descobertas.

Uma vez que a pesquisa não contava com recursos para promover uma Observação Social Sistemática (OSS) ou a aplicação de outros processos das ciências sociais, recorreu-se a uma inspiração da equação de Drake[20] para diferenciar cada tipologia das edificações em cenários que permitissem estimativas. A equação de Drake foi inventada para estimar o número de civilizações avançadas da Via Láctea. A adoção desse enfoque permitiu considerar uma variedade de fatores diferentes, que denominaremos "partes heterogêneas", e multiplicá-los pelas "probabilidades de interação dos ambientes alimentares" (aquelas calculadas pela sintaxe espacial). Essas probabilidades representam a chance de diferentes tipos de ambientes alimentares interagirem de maneira significativa com as pessoas que vivem ou trabalham nas proximidades. Igualamos a atratividade à proximidade. Discutimos isso em outros trabalhos, pois não há sentidos análogos em tomar a atração gravitacional como força.

É importante ressaltar que a Equação de Drake não tem a intenção de ser precisa, mas sim trabalhar com cenários de possibilidades. No caso da nossa

---

19 O *OpenStreetMap*® é disponibilizado em dados abertos, sob a licença *Open Data Commons Open Database License* (ODbL) pela Fundação *OpenStreetMap* (OSMF).
20 A equação de Drake é usada para estimar o número de civilizações extraterrestres na Via Láctea. Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=wBQlZ0zNhrQ. Acesso em 10/07/2022.

analogia, também adotamos essa abordagem, considerando fatores como a configuração das redes urbanas, os pontos de interesse e os padrões de uso e ocupação do solo. Esses fatores são combinados em diferentes cenários para analisar e compreender como eles influenciam a formação de espaços obesogênicos. Dessa forma, o estudo visa contribuir para a temática, fornecendo uma abordagem inovadora para a estimativa da atratividade das edificações em um ambiente urbano em relação à obesidade. Reforçamos que não buscamos uma resposta definitiva, mas sim uma compreensão mais aprofundada dos fatores que contribuem para a caracterização de ambientes obesogênicos, visando o desenvolvimento de estratégias mais eficazes para enfrentar esse problema de saúde pública nas áreas urbanas.

4.2.1 Reflexão epistemológica das teorias em foco

A formulação da teoria da Lógica Social do Espaço foi fundamentada nos princípios do pensamento sistêmico e estruturalista (MEDEIROS, 2013). Originada da inquietação expressa por Hillier e Hanson (1997) quanto ao caráter excessivamente normativo e insuficientemente analítico das teorias em arquitetura, a sintaxe espacial ganhou popularidade ao empregar a topologia para analisar a concreção da forma do espaço físico e o fenômeno do movimento (NETTO, 2016), de modo simples e claro, com descrições didáticas que se assemelham a uma “ciência das cidades”.

Contudo, essa popularidade gerou críticas em diversas áreas, sendo a mais comum a respeito das relações entre sintaxe e semântica. Para Netto (2016), as linguagens mórficas contêm apenas “significados” genéricos sintáticos, produzidos pela comparação de uma informação com outras, por meio do reconhecimento de suas diferenças. A semântica, por outro lado, considera a associação a algo externo e distinto deste sistema de informação, o significado (NETTO, 2016).

Esclarecemos que usamos a palavra *informação* para nos referir às formas espaciais concretas (SOUZA, 2010), enfatizando que, no processo comunicacional, essas formas não são transmissíveis, pois elas mesmas são a informação (MATURANA, 1999, 2001). Somente quando narradas e após a experiência com elas é que essas formas entram nos domínios linguísticos. Assim, havendo linguagem mórfica, Netto (2016) argumenta que o significante tem precedência

sobre o significado. Contudo, salientamos que o professor Bill Hillier afirmava que, mesmo no campo da forma arquitetônica e da estética, a semântica depende primeiramente do "significado" sintático.

Em relação à necessidade de delimitar uma ciência da cidade, lembramos que, no século XXI, seus modelos envelheceram devido às transformações advindas pelo adensamento populacional das cidades, com mais da metade da população mundial vivendo nos centros urbanos após 2008, além das mudanças políticas globais e da complexificação tecnológica. As cidades tornaram-se extremamente complexas e seus modelos perderam a sintonia com a realidade que buscavam prever, exigindo, assim, novas abordagens sistêmicas (FARIA; HOPPE; SOUZA, 2022).

Consequentemente, ao questionar os limites da Sintática Espacial, Netto (2016) discorda da afirmação de Hillier, que diz: "*Em sistemas urbanos, a configuração é o gerador primário dos padrões de movimento pedestre e, em geral, os atratores são ou equalizáveis ou trabalham como multiplicadores no padrão básico estabelecido pela configuração*"[21] (HILLIER et al., 1993, p. 31). Dessa forma, os atratores são considerados meras consequências da configuração (NETTO, 2016), uma ideia que também aparece implicitamente nos cálculos de atração[22] propostos por Sevtsuk e Mekonnen, em 2012, quando apresentaram sua ferramenta "*Urban Network Analysis*", no mesmo ano em que Netto (2016)[23] publicou seu texto inicial no II ENANPARQ.

Para Netto (2016) e para Sevtsuk e Mekonnen (2012), o indiciamento de atração dos edifícios é uma tarefa simples, e a maioria de seus exemplos considera a área construída. Entretanto, nesta tese **acreditamos que a indiciação de pesos atratores requer pesquisa aprofundada, pois envolve múltiplos elementos e**

---

[21] "In urban systems configuration is the primary generator of pedestrian movement patterns, and, in general, attractors are either equalisable or work as multipliers on the basic pattern established by configuration" (HILLIER et al., 1993, p. 31).

[22] Para Sevtsuk e Mekonnen (2012) os atratores entram no cálculo das centralidades, como área construída e número de andares dos edifícios.

[23] Neto publica o texto "*O que sintaxe espacial não é?*" pela primeira vez em 2012, no II Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Em outubro de 2013, o mesmo texto é publicado pelo A*rquitextos*, São Paulo, ano 14, n. 161.04, Vitruvius, Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/14.161/4916>. Já em 2016, o autor publica *"What is space syntax not?" Reflections on space syntax as sociospatial theory,* pelo *URBAN DESIGN International*.

agentes que estão interagindo e se entrelaçando, auxiliando, assim, a compor uma metodologia para o indiciamento das centralidades por atração.

Podemos dizer, então, que as teorias urbanas que recorrem aos atratores salientam apenas a associação entre o movimento e as formas construídas finais. Medeiros (2013), por exemplo, destaca que não há exploração das relações entre os espaços vazios que existem entre essas estruturas, como sugerido tanto pelo pensamento sistêmico quanto pela abordagem estruturalista. O autor argumenta, ainda, que essa lacuna é especialmente evidente nos estudos de transporte, os quais se concentram quase exclusivamente em aspectos quantificáveis. Isso demonstra a necessidade de esforços contínuos para o aprimoramento desses atratores, especialmente no que se refere à capacidade de tomada de decisão para o planejamento urbano.

Diante do exposto, destacamos que **ainda é necessário explorar e desenvolver metodologias para o indiciamento desses atratores urbanos**. É justamente nesse ponto que esta tese pretende contribuir, direcionando seus esforços para propor um arcabouço teórico-metodológico multidisciplinar que incorpore a teoria das redes complexas e permita uma análise mais ampla e profunda dos fenômenos urbanos. Para isso, acreditamos que diversas problemáticas podem ser modeladas e implementadas com dados que aumentam a preditibilidade do modelo.

Essa abordagem reconhece a necessidade de compreender a cidade como um sistema complexo, o que demandará uma avaliação cuidadosa de sua eficácia diante das relações abertas com o meio ambiente. Devido à dificuldade para descrever, entender, prever, gerenciar, projetar e/ou mudar os seus componentes e interconexões, bem como suas interações e interdependências, torna-se crucial narrar a formação de padrões a partir da interação entre as partes, considerando como esses padrões afetam o ambiente em que surgem (FOLLONI, 2016). Essa abordagem complexa é necessária por duas razões: primeiro, as propriedades do sistema emergem em um nível superior, como resultado de interações entre os componentes do sistema, e segundo o próprio padrão emergente exerce uma causação descendente no nível inferior do qual emergiu.

Finalizamos, portanto, essa discussão epistemológica, reforçando que o caos na apreensão das informações pode ser entendido como uma manifestação da complexidade intrínseca dos sistemas que estamos tentando compreender

(FOLLONI, 2016; KELLERT, 1994; STROGATZ, 2018). Em que a teoria de redes complexas oferece uma abordagem poderosa para lidar com essa complexidade, permitindo-nos modelar e analisar sistemas multidisciplinares de maneira integrada. Ao aplicar essa teoria, podemos examinar o real entre as ciências além dos três planos clássicos de análise: sintático, semântico e pragmático. No plano sintático, analisamos a estrutura e forma das redes. No plano semântico, investigamos os significados e as funções dos nós, das conexões e dos pontos. No plano pragmático, consideramos as consequências e os efeitos das interações na rede. Ao transcender esses três planos, podemos começar a apreender a complexidade do real, sem cair na tentação de buscar um conhecimento total e abrangente da realidade. Em vez disso, buscamos compreender os padrões emergentes e as interações dinâmicas que dão forma ao caos aparente das informações.

4.3 ÁREA DE RECORTE DO ESTUDO

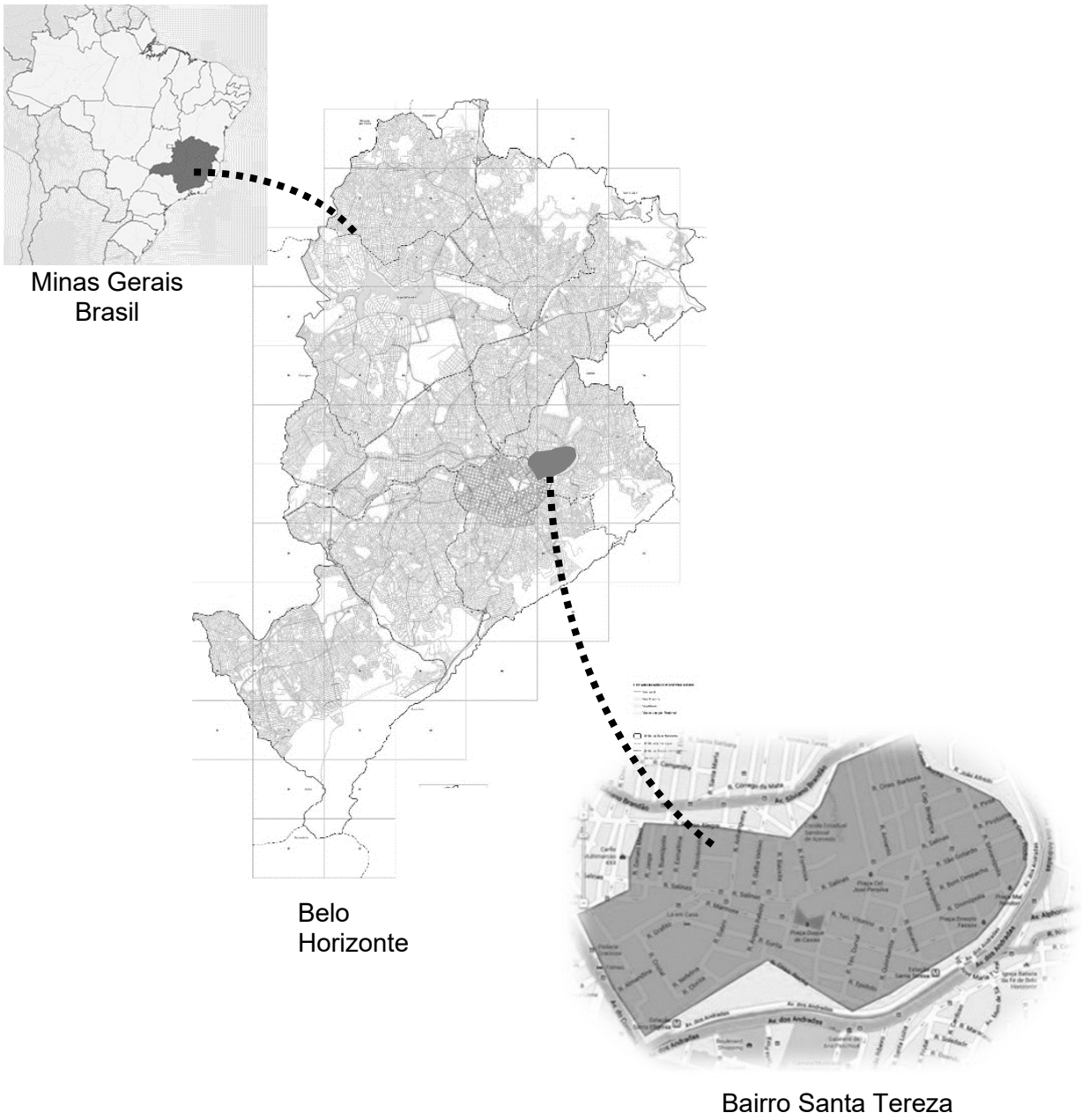
O bairro de Santa Tereza, na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais (Figura 37), foi escolhido para o experimento por caracterizar-se como uma "vizinhança identificável"[24] (ALEXANDER; ISHIKAWA; SILVERSTEIN, 2013). Além disso, esse bairro tem sido o foco de uma quantidade razoável de pesquisas sobre seus aspectos históricos, antropológicos e socioeconômicos, faltando-lhe estudos de sintática espacial (*Space Syntax*).

Situado na região leste da cidade, Santa Tereza desenvolveu-se durante o período de projeto e construção da capital entre 1894 e 1897. Esse desenvolvimento ocorreu fora dos limites do centro da cidade, delimitado pela Avenida do Contorno. O engenheiro responsável pelo projeto, Aarão Reis, havia planejado cinco colônias

[24] Nos parâmetros de Christopher Alexander e colaboradores, uma vizinhança identificável é um espaço urbano com características físicas e sociais distintas, tornando-o reconhecível e único. Alexander (2013) enfatiza a importância da participação dos usuários no processo de projeto, acreditando que apenas as próprias pessoas que formam parte de uma comunidade são capazes de dirigir um processo de crescimento orgânico. Isso implica que os agentes locais devem estar envolvidos na criação e desenvolvimento de seu ambiente construído, pois são eles que melhor entendem suas necessidades e desejos. Além disso, o autor publica sua obra "Uma linguagem de padrões" como uma síntese dos conceitos básicos da arquitetura. Essa linguagem busca estabelecer relações entre forma e contexto, entre a natureza e o engenho humano, entre espaço e comportamento, e entre partes e totalidade. Dessa forma, uma "vizinhança identificável" reflete os padrões e as necessidades de seus habitantes, criando um senso de pertencimento e identidade. É um lugar moldado pela participação ativa de seus membros, resultando em um ambiente funcional e significativo para aqueles que o habitam.

agrícolas ao redor da cidade (BARRETO, 1996). Todavia, essas colônias deram lugar a ocupações naturais, impulsionadas pelas moradias dos trabalhadores responsáveis pela construção da capital. Essas ocupações espontâneas[25] deram origem a um desenho urbano único, formado por movimentos naturais e orgânicos, em vez de um planejamento rígido e pré-determinado.

Figura 37: Localização do bairro Santa Tereza – Belo Horizonte – Minas Gerais.



Fonte: O autor, 2022.

[25] Processo pelo qual as áreas urbanas se desenvolvem organicamente e são construídas e modificadas pelos próprios habitantes, em vez de serem planejadas e construídas por profissionais de urbanismo.

Segundo Silva (1991), o local que viria a se tornar o bairro de Santa Tereza foi inicialmente ocupado pelo 9º Batalhão de Ouro Preto, em um galpão rejeitado pelos soldados, mas que posteriormente se transformou no complexo que constitui a praça central, o colégio militar e, em 1924, o Batalhão da Polícia Militar de Minas Gerais. A movimentação das pessoas era facilitada pela crista do morro (demarcado pelo plano vertical vermelho na Figura 38), que se transformou na rua de entrada do bairro, a Rua Mármore. O bairro foi inicialmente chamado de “Imigrantes” (SILVA, 1991). O lado sul da encosta recebeu imigrantes italianos, enquanto o norte acolheu espanhóis. As laterais do monte faziam limite, ao sul, com o Ribeirão Arrudas e, ao norte com uma área pantanosa que se transformaria na avenida sanitária Silviano Brandão, conforme Figura 38.

Figura 38: Modelo tridimensional gerado no City Engine™ com a medida de integração das vias, em linhas axiais, calculada pelo próprio software.

Fonte: O autor, 2022.

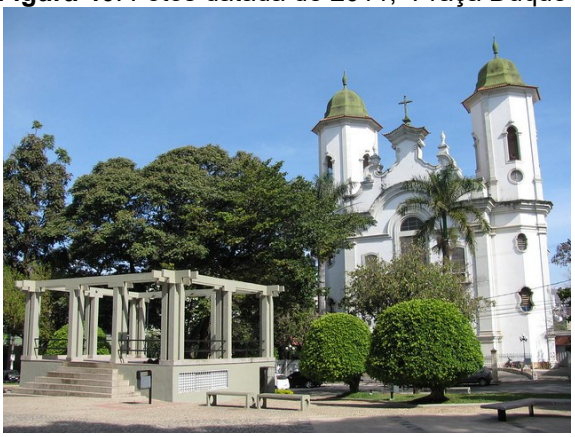
Quanto aos primeiros anos do bairro, é importante destacar alguns marcos arquitetônicos e urbanísticos que, segundo Ticle (2016), apresentam diferentes temporalidades e territorialidades da história do bairro. Esses marcos abrigaram e/ou ainda abrigam importantes instituições. Por exemplo, o Hospital de isolamento (Figura 39), ativo de 1910/11 até 1965 (TICLE, 2016), foi demolido e substituído pelo

prédio do Mercado Distrital, que teve suas atividades interrompidas em 1970 (BAGGIO, 2005). Atualmente, recebe eventos esporádicos, sem uma agenda consolidada. Outro marco é a Praça Duque de Caxias (Figura 40), inaugurada em 1937, que passou por várias reformas e remodelações ao longo do século XX (TICLE, 2016). Localizada na área central e uma das mais altas do bairro, a praça é um importante espaço público de lazer, sociabilidade e encontro. Por fim, há a linha férrea (Figura 41), cujo ponto de referência no bairro é a Praça Ernesto Tassini, onde atualmente está localizada a Parada do Cardoso (TICLE, 2016). A linha corre pelas partes sul e leste mais baixas de Santa Tereza, acompanhando o curso natural do Ribeirão Arrudas.

Figura 39: Foto da década de 1910, Hospital Cícero Ferreira.

Fonte:Disponível em: < https://bhnostalgia.blogspot.com/2012/05/hospital-de-isolamento-localizado-no.html>. Acesso em 03/05/2024.

Figura 40: Fotos datada de 2011, Praça Duque de Caxias.



Fonte: Disponível em: < https://www.skyscrapercity.com/threads/o-bairro-santa-tereza-em-belo-horizonte-aonde-nasceu-o-clube-da-esquina-o-sepultura-o-skank-e-que-guarda-muitas-outras-surpresas.1439397/>. Acesso em 03/05/2024.

Figura 41: Foto aérea do Bairro Santa Tereza, com ênfase na linha férrea.

Fonte: Disponível em: <https://vejadecima.com/2016/04/10/santa-tereza-belo-horizonte-mg/>. Acesso em 03/05/2024.

O bairro é considerado um local tradicional, sobretudo pela mídia, que destaca suas semelhanças com pequenas cidades interioranas, em que os vizinhos mantêm estreitos laços sociais. Santa Tereza também é marcado por baluartes da boemia e pela contribuição ao cenário musical mineiro (PEREIRA, 2017; TICLE, 2016). Em 2015, o bairro foi tombado pelo Conselho Deliberativo do Patrimônio Cultural do Município de Belo Horizonte, e trezentos imóveis, incluindo casas, igrejas, restaurantes, bares e praças, integram a lista de tombamentos. Essa estratégia municipal visou à preservação do carácter histórico, arquitetônico, além das referências de ocupação boêmia que concedem ao bairro sua singularidade.

Em relação à estrutura urbana, o bairro de Santa Tereza se destaca por apresentar um arruamento que reflete as características do relevo local. Os quarteirões são subdivididos em lotes, muitos dos quais possuem frentes mais estreitas. Essa particularidade resulta na formação de pequenos aglomerados residenciais em certos pontos do bairro. Em alguns lotes, é possível observar espaços vazios, provavelmente utilizados como quintais, proporcionando uma atmosfera acolhedora e familiar ao bairro. Quanto às edificações multifamiliares, estas estão presentes principalmente em prédios que atingem, no máximo, sete pavimentos. No entanto, é importante notar que poucas unidades alcançam essa altura, sendo a maioria das edificações composta por prédios de três ou quatro pavimentos (Figura 42), o que contribui para a manutenção de uma paisagem

urbana mais homogênea e agradável. Além disso, é possível verificar uma característica histórica na implantação das edificações do bairro, muitas das quais foram construídas junto ao alinhamento da rua, sem o afastamento frontal. Assim, as janelas estão voltadas diretamente para as calçadas (Figura 43), permitindo uma maior interação entre os espaços privados e públicos e reforçando o caráter comunitário de Santa Tereza.

Figura 42: Fotografia aérea do bairro, demostrando as diferenças de altimetria, notando-se poucos edifícios com mais de quatro pavimentos.

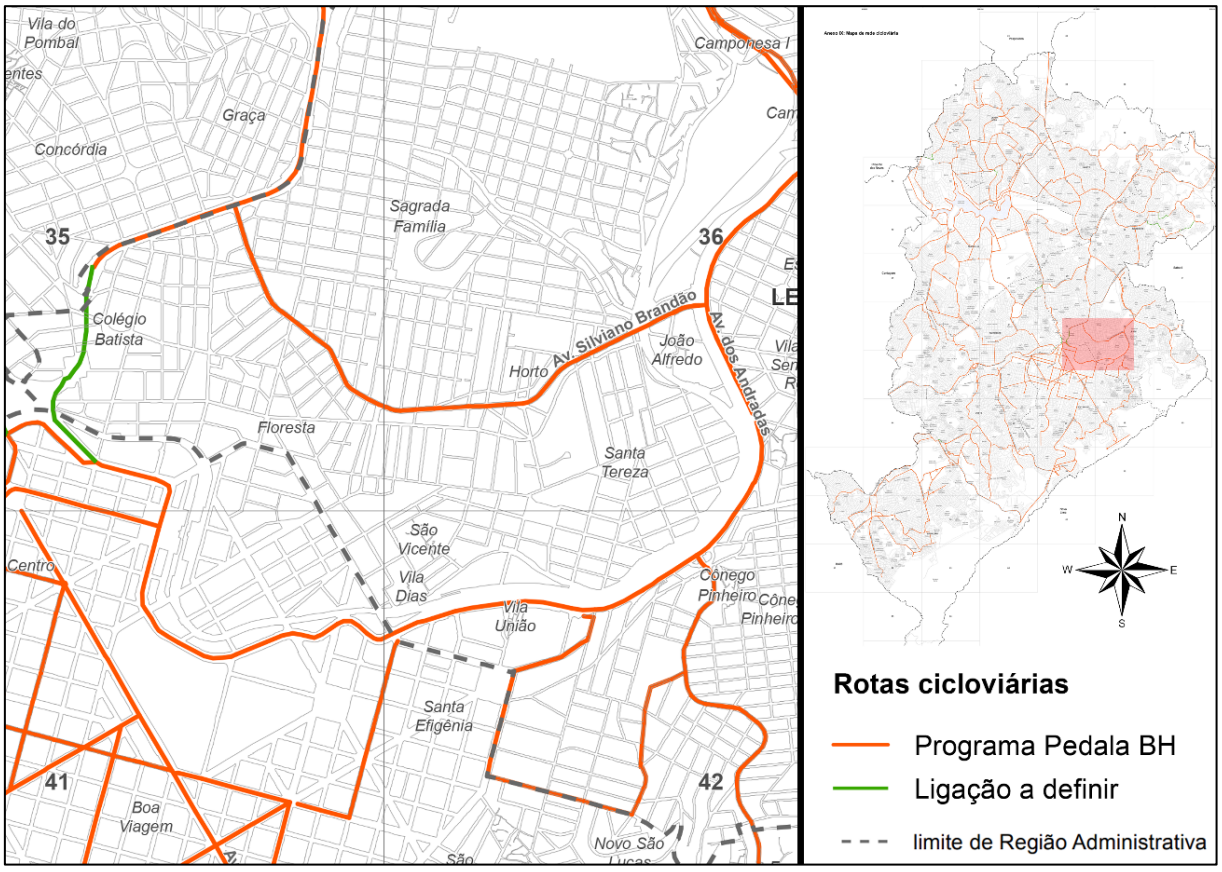
Fonte: Disponível em: <https://vejadecima.com/2016/04/10/santa-tereza-belo-horizonte-mg/>. Acesso em 03/05/2024.

Figura 43: Residências na Rua Ângelo Rabelo, demonstrando as janelas voltadas para a calçada.

Fonte: Disponível em: < https://www.skyscrapercity.com/threads/o-bairro-santa-tereza-em-belo-horizonte-aonde-nasceu-o-clube-da-esquina-o-sepultura-o-skank-e-que-guarda-muitas-outras-surpresas.1439397/>. Acesso em 03/05/2024.

Em relação aos serviços, Santa Tereza dispõe de uma ampla variedade, incluindo saúde (hospitais, clínicas, farmácias); alimentação (bares, supermercados, mercearias, açougues, doces, sorveterias, ambulantes); lazer (praças, clubes recreativos, academias); educação (escolas, cursos de idiomas, música, dança); segurança pública; comércios gerais (bancos, correio, loteria, postos de gasolina, loja de roupas, papelarias); religiosos e culturais, entre outros. Além disso, a região é bem atendida pelo transporte público, com duas linhas de ônibus da BHTrans (Empresa de transportes e Trânsito de Belo Horizonte**)** que cobrem todo o bairro (linhas 9103 e 9201), além de acesso ao metrô, pontos de táxi e transporte por aplicativo. Destaca-se, ainda, que o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte (Lei n° 11.181/2019) inclui a rota cicloviária, observando-se que Santa Tereza é circundada por essa infraestrutura (Figura 44).

Figura 44: Rota cicloviária da Lei nº 11.181/2019.

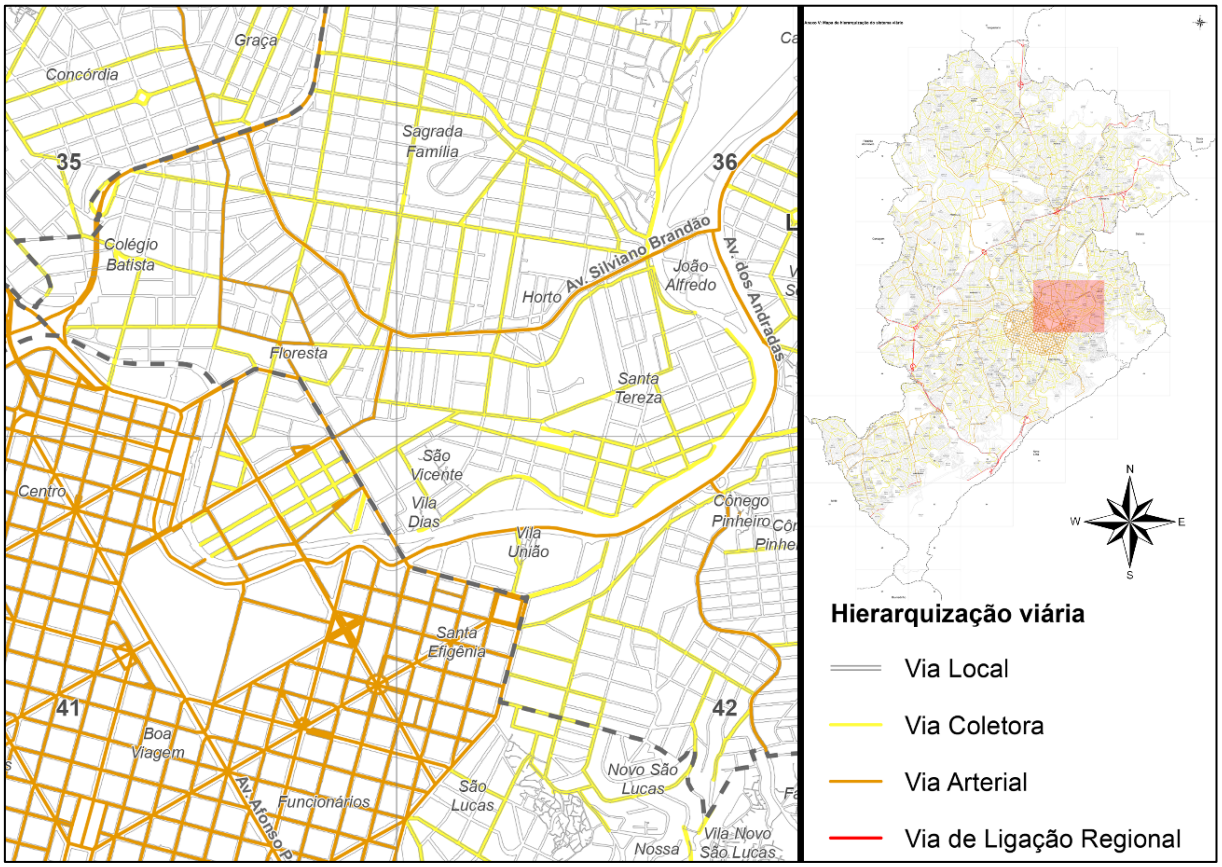


Fonte: Editado pelo autor, 2022; Plano Diretor do Município de Belo Horizonte, 2019.

No que se refere aos principais acessos (Figura 45), como vias arteriais, tem-se a Avenida do Contorno e Av. Flávio dos Santos, que fazem a ligação da região centro-sul ao bairro, interligando-o também à área hospitalar, no bairro Santa

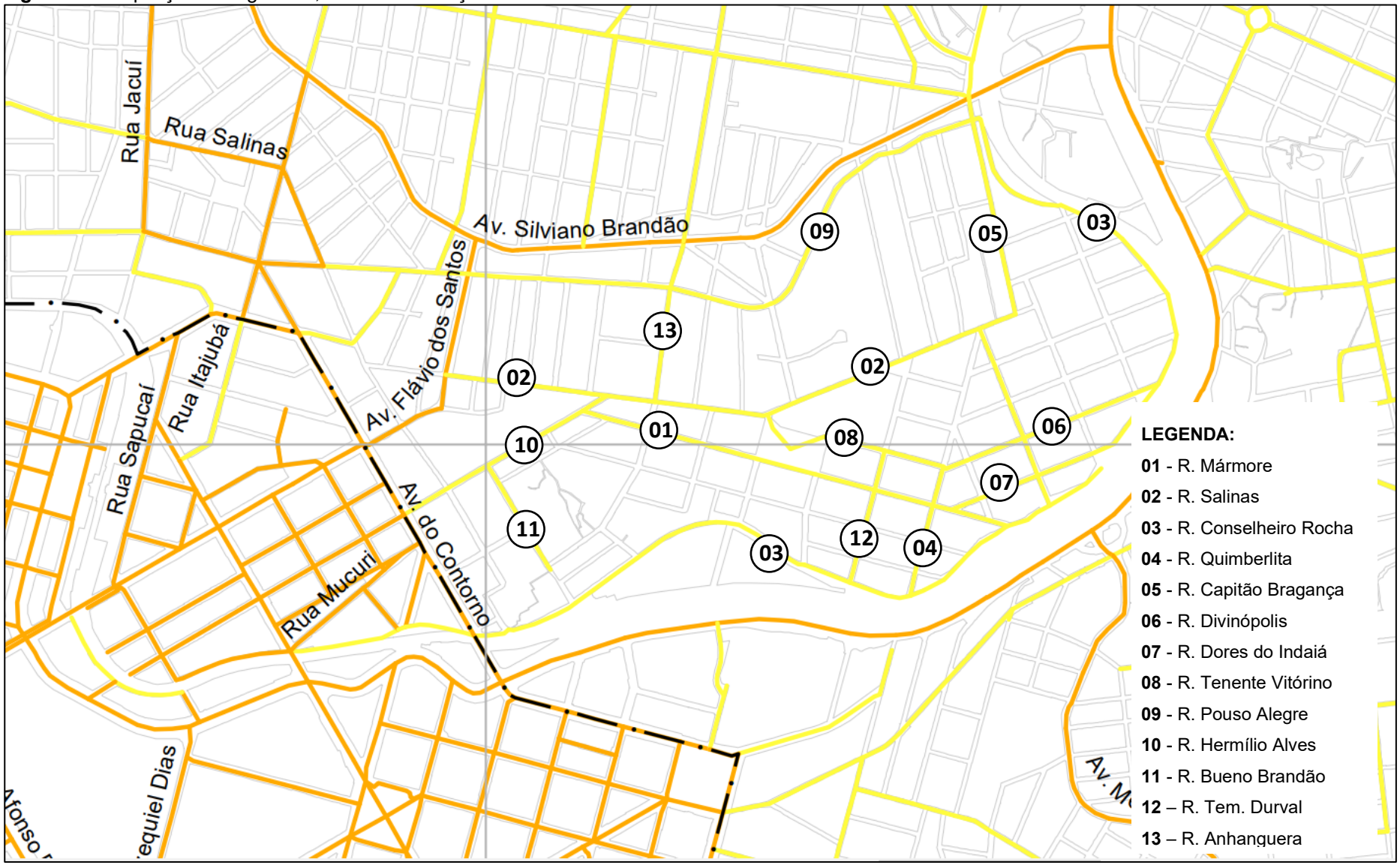
Efigênia. Já a Avenida Silviano Brandão é uma via de conexão com a Avenida Cristiano Machado, que acessa a região norte da cidade. Por fim, a Avenida dos Andradas permite a ligação do bairro com a área central e demais bairros da região leste. O bairro possui duas vias coletoras principais, sendo a Rua Mármore, com sentido para se adentrar ao bairro, e a Rua Salinas, que pode ser definida como rua de saída do bairro. Contudo, a legislação urbana do município também define as ruas Conselheiro Rocha, Quimberlita, Capitão Bragança, Divinópolis, Dores do Indaiá, Tenente Vitórino, Tenente Durval, Anhanguera, Pouso Alegre, Hermílio Alves e Bueno Brandão como vias coletoras do bairro (Figura 46). As demais ruas são consideradas como vias locais e de baixo tráfego (PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE, 2019).

Figura 45: Acesso ao bairro Santa Tereza.



Fonte: Editado pelo autor, 2022; Plano Diretor do Município de Belo Horizonte, 2019.

Figura 46: Ampliação da Figura 45, com denominação das vias.



Fonte: Editado pelo autor, 2023; Plano Diretor do Município de Belo Horizonte, 2019.

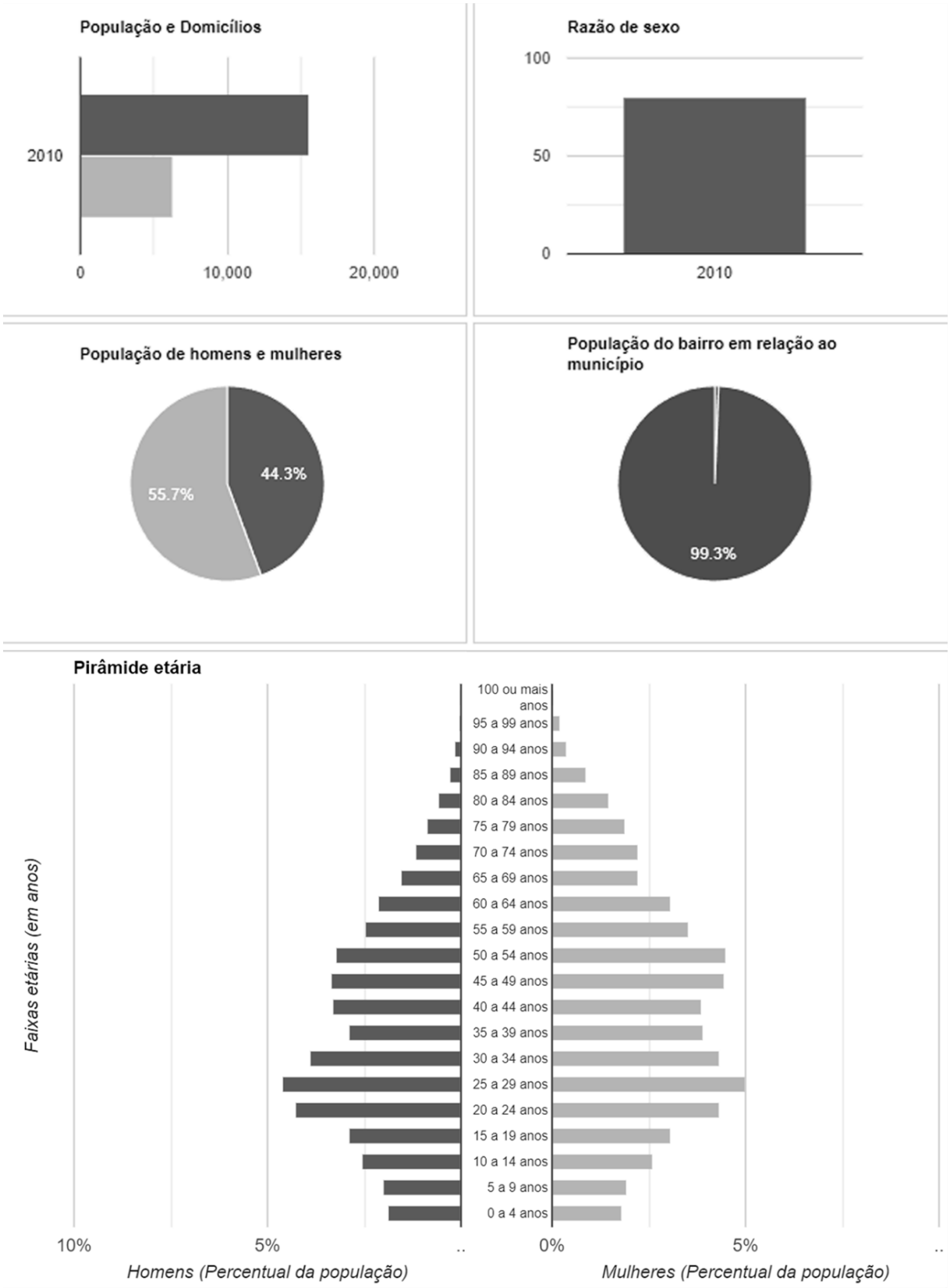
No que tange os aspectos legais urbanísticos, em 1996 foi implementada a Área de Diretrizes Especiais (ADE)[26] em Santa Tereza, como resultado de uma luta significativa dos moradores, liderados pela Associação Comunitária do bairro, contra a construção de grandes edifícios por corporações imobiliárias (BAGGIO, 2005). Dessa forma, devido às características singulares do bairro são adotadas políticas específicas, com parâmetros urbanísticos[27], fiscais e de funcionamento de atividades que se sobrepõem aos do zoneamento convencional estabelecido pela Lei n° 11.181/2019.

Por fim, apresentam-se algumas características demográficas da população do bairro. De acordo com o Censo realizado no ano de 2010, a população do bairro de Santa Tereza é de 15.607 habitantes, com um total de 6.330 domicílios, correspondendo a 0,7% da população total da capital mineira (Figura 47). Além disso, considerando a população jovem (faixa etária de 0 a 14 anos), a população adulta (faixa etária de 15 a 64 anos) e a população idosa (faixa etária de 65 anos ou mais), temos que 73,2% da população total do bairro corresponde à população adulta, 16,5% à população jovem e 14% à população idosa (IBGE, 2010).

[26] As Áreas de Diretrizes Especiais (ADE) são definidas por critérios específicos de ocupação urbana que se aplicam a determinados bairros e regiões da cidade. Esses critérios buscam preservar a identidade cultural, histórica e arquitetônica, além de priorizar a qualidade de vida dos moradores.

[27] Conforme legislação vigente (Lei n° 11.181/2019), na ADE de Santa Tereza, o coeficiente de aproveitamento é restrito a 1,20 para edificações residenciais e 1,0 para as de uso não residencial ou misto. A altura máxima de edificações é de 15 metros e a área máxima para instalação de determinadas atividades é de 400 m², como por exemplo, escolas, farmácias, lojas. Para outras atividades, a área varia de 150m² a 300m². Essas diretrizes ajudam a manter a escala humana do bairro e a preservar seu caráter residencial e histórico.

Figura 47: Dados censitários (2010) sobre a população do bairro Santa Tereza, BH.



Fonte: Editado pelo autor, 2022; adaptado de IBGE, 2010.

4.4 DADOS

Compreender as variáveis do ambiente construído que influenciam as dinâmicas da sindemia de obesidade é fundamental para a criação de cidades que promovam hábitos mais saudáveis para a população. A análise de parâmetros urbanos pode contribuir para reflexões sobre a produção espacial, com foco na avaliação, planejamento e gestão de estruturas urbanas que priorizem o equilíbrio energético do ser humano, considerando os padrões comportamentais relacionados à ingestão de alimentos e à prática de atividade física. Isso abre caminhos para a definição de unidades de intervenção mais adequadas à realidade das cidades, associando diferentes medidas objetivas do ambiente construído na caracterização de espaços obesogênicos e suas correlações com a sindemia de obesidade. No entanto, a literatura sobre o ambiente alimentar ainda apresenta uma variedade de medidas inconsistentes e sem um consenso. Além disso, enfrentamos o problema crônico apontado por Milton Santos: **a falta de dados atuais e de qualidade** (FARIA; BORTOLOZZI, 2009). Ainda sabemos pouco sobre a validade dos resultados obtidos ou se eles são passíveis de interpretações que direcionem análises profundas e concretas para a promoção de condições favoráveis à saúde urbana.

Nesse contexto, recorremos a um estudo transversal, no qual não houve interação direta com a população amostral, configurando-se como um estudo observacional e exploratório. Os dados amostrais, relacionados aos ambientes alimentares, foram coletados em bases de dados secundárias (as bases de dados utilizadas nesta pesquisa serão descritas detalhadamente nas próximas subseções) e inseridos em Sistemas de Informação Geográfica, processados e sobrepostos para fornecer a indicação de áreas com maior potencial obesogênico.

As subseções seguintes visam elucidar a estruturação inicial do modelo, incluindo a realização do mapeamento e a coleta de dados em bases secundárias.

4.4.1 Exportando dados de mapas do Open Street Map©

O mapeamento da rede viária da área de estudo foi obtido no *Open Street Map*© (OSM) – um projeto colaborativo para a criação de mapas livres e editáveis do mundo) –, a partir da exportação de dados na forma de *Road Centre Line* (RCL).

Embora não exista um consenso sobre a obtenção dos dados de RCL no OSM, muitas pesquisas têm testado, analisado e aprimorado técnicas para que os dados obtidos pela plataforma colaborativa sejam coerentes com as análises angulares de segmento, como é o caso de Saboya (2024), Donegan eTavares (2022) e Kolovou et al. (2017).

Desde a introdução dessa tipologia de análise por Turner (2001), surgiram questões sobre a adequação dos mapas RCL para essa finalidade, mas até o momento não se chegou a um consenso coletivo (KOLOVOU et al., 2017). Esse processo também apresenta desafios, especialmente no que se refere à precisão dos resultados e eficiência no processamento, uma vez que o RCL inclui estradas não abertas ao movimento multimodal, um número excessivo de segmentos que afetam a Análise de Segmento Angular (DONEGAN; TAVARES, 2022), necessitando ajustes manuais para a preparação do mapa sintático de acordo com o objetivo desejado.

No entanto, é notório que os clássicos mapas axiais vêm sendo progressivamente substituídos por mapas do tipo RCL, como os do OSM, devido à maior facilidade de obtenção dos dados e preparação do mapa base para as análises quantitativas da rede urbana, sobretudo em análises da sintática do espaço. Apesar das dúvidas e desafios do processo de modelagem de um mapa configuracional, a oferta de ferramentas gratuitas vem se tornando cada vez mais acessível a um número maior de pesquisadores e pesquisadoras (SABOYA, 2024), possibilitando o teste e a avaliação de processos de simplificação do modelo de forma que não invalide os resultados das análises.

Nesse contexto, optamos por essa técnica justamente pela facilidade de obtenção dos dados e como uma possibilidade de experimentação da ferramenta e validação dos métodos empregados. Os passos seguidos[28] para extrair a base RCL foram:

- **Acesso:** inicialmente, realizou-se o acesso ao site do OpenStreetMap (https://www.openstreetmap.org);

[28] Os passos apresentados consistem em um processo simplificado, para detalhes específicos, sugerimos a realização de cursos ou investigações de tutoriais na internet e mídias audiovisuais, como o Youtube.

- **Localização**: a área de estudo, o bairro Santa Tereza, em Belo Horizonte, foi localizada no mapa a partir da barra de pesquisa disponível na parte superior da página;
- **Visualização e Seleção**: foi realizada a seleção da área de estudo. Este processo envolveu o desenho de um retângulo ao redor da área de interesse;
- **Exportação de dados**: com o recorte geográfico selecionado, procedeu-se à exportação dos dados do mapa. Esse passo foi realizado por meio do botão "Exportar", localizado no menu superior da página. O OSM permite a exportação dos dados na extensão *.osm*;
- **Georreferenciamento**: os dados exportados foram georreferenciados, garantindo precisão e compatibilidade com outras bases de dados. Isso incluiu a atribuição de coordenadas geográficas aos elementos do mapa. Em nosso caso, os dados obtidos foram operacionalizados para o ArcMap™/ArcGIS® versão 10.8/2020. Assim, no módulo ArcMap, foi necessário utilizar a extensão "*OpenStreetMap Toolbox*", para sua correta importação.
- **Composição do banco de dados das vias**: inicialmente as informações viárias foram convertidas para um mapa sintático e aprimorado com dados adicionais para realizar análises de rede. Todos os procedimentos adotados durante a simplificação do mapa RCL e demais operacionalizações são descritos no capítulo 4, Processo de Modelagem do Fenômeno.

Após a coleta do mapeamento com o OSM, a construção do modelo avançou para a aquisição de informações adicionais, de modo a ampliar a estrutura do banco de dados para futuras operacionalizações. Dessa forma, a seguir são apresentadas informações detalhadas sobre os dados coletados para a investigação.

4.4.2 Dados secundários

Como em qualquer campo de pesquisa, a consistência e a integridade dos dados podem variar entre diferentes regiões, conforme destacado no estudo "*Measuring the food environment in Canada"* (2013). No Brasil, a principal fonte de

dados populacionais é o Censo, conduzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O território brasileiro é dividido em setores censitários para fins de coleta de dados. Entretanto, essas divisões nem sempre correspondem às divisões administrativas municipais. Isso pode exigir ajustes na estruturação desses setores para permitir compatibilidade com outras bases de dados. O último censo realizado no Brasil foi o de 2022, porém, nem todos os dados coletados foram divulgados até o momento. Segundo o IBGE[29], a divulgação dos dados é um processo que ocorre em etapas e pode levar algum tempo para ser concluído. Também houve atraso na coleta de dados, a qual estava prevista para 2020, decorrente da Pandemia de Covid-19, questões orçamentárias e dificuldades logísticas (conforme notícias divulgadas nas mídias). Outra questão importante a destacar é que a contagem populacional que geralmente ocorre no meio da década (estava previsto para 2015) , não foi realizada, contribuindo para uma grande defasagem de dados no país[30].

Diante do exposto, ao recorrermos aos dados do Censo nesta pesquisa, é importante reconhecer que, em alguns casos, estamos trabalhando com dados coletados em 2010. Além dos motivos destacados anteriormente, os estudos para esta tese iniciaram-se em 2020, período em que os dados de 2010 eram a fonte mais recente de informações disponíveis. Também é relevante mencionar que recorremos a alguns dados do Censo, especialmente quando geramos cenários de obesogenicidade por meio da extrapolação da equação de Drake (5.7 O USO DE DRAKE PARA A CONCEPÇÃO DA MEDIDA DE OBESOGENICIDADE), utilizando dados demográficos para prever tendências na prevalência de obesidade. Portanto, embora estejam desatualizados, esses dados ainda fornecem uma base sólida para a construção do quadro teórico-metodológico e para as análises desta tese, especialmente quando complementados com outras fontes de dados.

Dessa forma, outras bases de dados utilizadas para esta pesquisa foram:

- **Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM):** Este sistema de registro nos forneceu informações espaciais que representam a estrutura urbana. Ele

29 Mais informações disponíveis em: <https://censo2022.ibge.gov.br/pt/censo-2022-inicio.html?lang=pt-BR>. Acesso em 03/01/2024.
30 Mais informações disponíveis em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2023-06/atraso-causou-diferenca-entre-previsao-e-resultado-final-do-censo>. Acesso em 03/07/2023.

inclui indicadores geométricos e descritivos, derivados de várias camadas de informações, como aspectos sociais, ambientais, habitacionais, redes de infraestrutura, equipamentos, dentre outros.

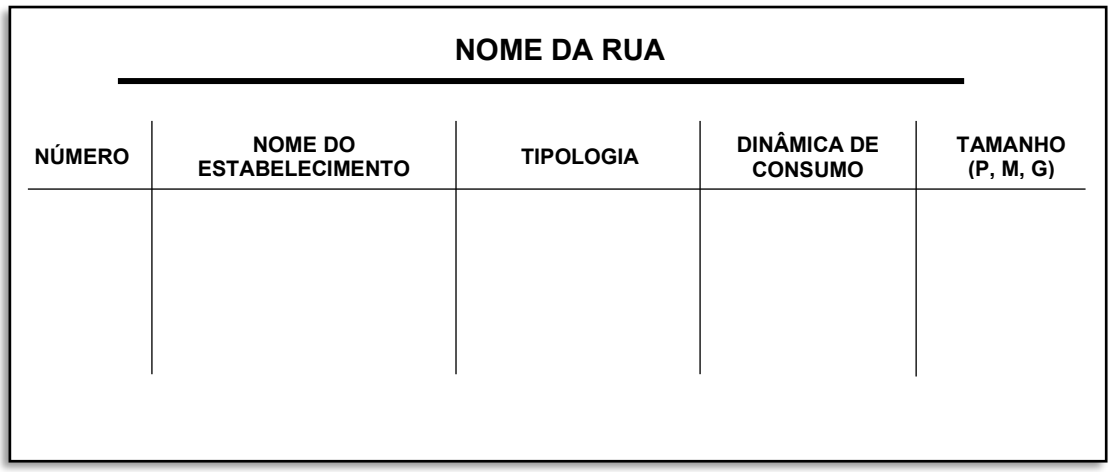
- **Dados de Posteamento dos Fornecedores de Luz:** Esses dados são considerados mais precisos do que os do Censo 2010. Eles fornecem informações detalhadas sobre a localização e a distribuição dos postes de luz, o que pode ser útil para entender a infraestrutura urbana e a distribuição populacional.

4.4.3 Coleta de dados adaptada por auditoria em campo

A auditoria em campo consiste em uma técnica para observação direta das condições físicas e sociais em um determinado recorte geográfico. O uso dessa auditoria teve como objetivo a sistematização do mapeamento de todos os estabelecimentos em que ocorre o armazenamento, venda e consumo de alimentos no recorte espacial em estudo, o bairro Santa Tereza.

Para isso, foram construídas fichas informacionais (Figura 48), com a determinação dos dados mínimos necessários para sua classificação e facilidade de georreferenciamento. Com isso, foi possível determinar e quantificar as características e informações a serem coletadas de maneira empírica. Além disso, a padronização permite que novos dados sejam coletados em diferentes períodos e inseridos em um banco de dados virtual, a partir de seu georreferenciamento.

Figura 48: Ficha de mapeamento de estabelecimentos.



Fonte: Os autores, 2022.

O título de cada ficha foi composto pelo nome da rua, permitindo que todos os estabelecimentos de um mesmo segmento de rua fossem mapeados de forma dinâmica e contínua, a partir da determinação do seu número de registro. Também foram anotados o nome fantasia do estabelecimento, a tipologia (Quadro 7)[31], a dinâmica de consumo (no local, para levar ou *delivery*) e o tamanho do estabelecimento (tomando-se como referência que P=0-30m², M=31-70m² e G=70⁺m²). Quando necessário, foram realizadas anotações específicas para questões particularizadas e registradas na tabela de dados.

Quadro 7: Classificação dos estabelecimentos mapeados.

1 de 3.

Tipologia	Subtipo	Descrição
Espaços de aquisição e consumo de alimentos	Açougue	Produtos de origem animal, *in natura* ou minimamente processados[32].
	Balas e doces	Produtos e bebidas açucaradas e alto teor de gorduras, basicamente produtos ultraprocessados.
	Bar	Destinado para consumo de bebidas alcóolicas e açucaradas e alto teor de gorduras em alimentos minimamente processados, processados e ultraprocessados.
	Cafeteria	Produtos minimamente processados, processados e ultraprocessados.
	Casa noturna	Funcionamento noturno, com disponibilidade de bebidas açucaradas e alcoólicas.
	Comércio local	Varejo local com oferta de produtos *in natura*, minimamente processados, processados e ultraprocessados.
	Conveniência	Produtos e bebidas açucaradas e alto teor de gorduras, processados e ultraprocessados.
	Distribuidora de bebidas	Produtos e bebidas açucaradas e alto teor de gorduras, basicamente produtos ultraprocessados.
	Drogaria	Produtos e bebidas açucaradas e alto teor de gorduras, basicamente produtos processados e ultraprocessados.
	Fast-food	Produtos e bebidas açucaradas e alto teor de gorduras.
	Feira livre	Varejo local com oferta de produtos *in natura*, minimamente processados, processados e ultraprocessados.

[31] Outra solução seria utilizar a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), contudo optamos pelo uso adaptado da técnica OSS de forma a considerar a situação atual e real dos estabelecimentos presentes na área de estudo, incluindo os estabelecimentos informais.

[32] Alimentos in natura e minimamente processados são aqueles diretamente obtidos de fontes vegetais e animais, com mínimas modificações, como lavagem e corte. Alimentos processados incorporam adições culinárias a esses alimentos, como sal e açúcar. Em contraste, alimentos ultraprocessados são submetidos a processamentos industriais complexos, frequentemente contendo ingredientes artificiais, como emulsificantes e corantes, o que pode resultar em produtos de baixo valor nutricional e alta densidade calórica

Quadro 7: Classificação dos estabelecimentos mapeados.

2 de 3.

Tipologia	Subtipo	Descrição
Espaços de aquisição e consumo de alimentos	Hamburgueria	Produtos e bebidas açucaradas e alto teor de gorduras, basicamente produtos processados e ultraprocessados.
	Padaria	Produtos e bebidas açucaradas e alto teor de gorduras, basicamente produtos minimamente processados, processados e ultraprocessados.
	Pastelaria	Produtos e bebidas açucaradas e alto teor de gorduras, basicamente produtos processados e ultraprocessados. Presença de bebidas açucaradas e alcóolicas.
	Pizzaria	Produtos e bebidas açucaradas e alto teor de gorduras, basicamente produtos processados e ultraprocessados. Presença de bebidas açucaradas e alcóolicas.
	Restaurante	Produtos *in natura*, minimamente processados, processados e ultraprocessados. Presença de bebidas açucaradas e alcóolicas.
	Sacolão	Produtos *in natura*.
	Sorveteria	Produtos e bebidas açucaradas e alto teor de gorduras, basicamente produtos minimamente processados, processados e ultraprocessados.
	Supermercado	Produtos *in natura*, minimamente processados, processados e ultraprocessados.
	Suplementos alimentares	Apenas ultraprocessados.
	Tabacaria	Produtos e bebidas açucaradas e alto teor de gorduras, somente produtos ultraprocessados.
	Vegano	Produtos somente de origem vegetal, *in natura* ou minimamente processados.
	Vegetariano	Produtos de origem vegetal, *in natura*, minimamente processados e processados.
Espaços para prática de atividade física	Artes marciais	Espaço privado para lutas.
	Academia privada/ Crossfit	Espaço privado para a prática de musculação.
	Academia pública	Equipamento público destinado para prática de musculação em espaços livres.
	Campos e quadras esportivas	Espaços para práticas de diversas modalidades de esportes.
	Clínicas de fisioterapia	Destinado para práticas funcionais e de reabilitação.
	Praça Pública	Espaço livre urbano.
	Recreacional	Espaços com acesso controlado, destinados para atividades recreacionais de diversas ordens, lazer passivo e ativo.
	Studio de dança	Espaço privado para prática de diferentes modalidades de dança.
	Yoga/Meditação	Destinado para práticas de atividades físicas, funcionais e mentais.
Instituições que podem vir a ter espaços de alimentação internamente	Casas de eventos	Espaço destinados para eventos esporádicos, tanto de domínio público, quanto privado.
	Cultural/Social	Estabelecimentos para fins de socialização, manifestações artísticas, paisagísticas, arqueológicas, históricas e turísticas.
	Coworking	Coletivos para compartilhamento de espaços e recursos para empreendedores e empresas.

Quadro 7: Classificação dos estabelecimentos mapeados.

3 de 3.

Tipologia	Subtipo	Descrição
Instituições que podem vir a ter espaços de alimentação internamente	Educacional	Escolas de ensino básico, fundamental e médio; estabelecimentos destinamos aos ensino-aprendizado em geral (música, artes, dentre outros).
	Financeira	Agências de banco e lotéricas.
	Hotelaria	Hotéis, albergues e pensões de caráter privado.
	Lar de idosos	Residências destinadas para o cuidado do idoso.
	Recreacional	Espaços com acesso controlado, destinados para atividades recreacionais de diversas ordens, lazer passivo e ativo.
	Religiosa	Igrejas, templos, terreiros, círculos, centros, dentre outros.
	Saúde	Hospitais, clínicas em geral, laboratórios, postos de saúde, dentre outros.
	Serviços públicos	Espaços destinados para serviços prestados à comunidade, regidos pela administração pública.
	Segurança pública	Delegacias, postos policiais, dentre outros.
	Sindicalista	Associações de representação de classes de trabalhadores.
Espaços de eventos	Casas de eventos	Eventos esporádicos.

Fonte: O autor, 2022.

O bairro abriga 62 logradouros, que foram mapeados a partir da dinâmica de percorrer toda a extensão da via. A Tabela 1 apresenta os dados quantitativos dos estabelecimentos para esses logradouros, tanto gerais quanto por tipologia.

Tabela 1: Quantitativo geral dos estabelecimentos mapeados por logradouro.

1 de 2.

Logradouro	Quantitativo por tipologia				Quantitativo geral
	Aquisição/ consumo alimentos	Prática de atividade física	Instituições	Eventos	
Avenida do Contorno	*13*	*1*	*7*	*1*	*22*
Avenida Flávio dos Santos	*2*	*3*	*1*	-	*6*
Rua Adamina	*5*	-	*1*	-	*6*
Rua Almandina	*1*	-	*1*	-	*2*
Rua Alvinópolis	*3*	*1*	-	-	*4*
Rua Amianto	*2*	-	*2*	-	*2*
Rua Ângelo Rabelo	-	-	-	-	-
Rua Anhanguera	-	*1*	*2*	-	*3*
Rua Azurita	-	-	-	-	-
Rua Barão de Saramenha	*1*	-	-	-	*1*
Rua Bauxita	-	-	-	-	-
Rua Bocaiúva	*2*	-	*1*	-	*3*
Rua Bom Despacho	*4*	-	*2*	-	*6*
Rua Bueno Brandão	*1*	*2*	*2*	*1*	*6*
Rua Buenópolis	-	-	-	-	-
Rua Capitão Bragança	*1*	*1*	*4*	-	*6*

Tabela 1: Quantitativo geral dos estabelecimentos mapeados por logradouro.

2 de 2.

Logradouro	Quantitativo por tipologia				Quantitativo geral
	Aquisição/ consumo alimentos	Prática de atividade física	Instituições	Eventos	
Rua Capitão Procópio	-	-	-	-	-
Rua Clorita	-	-	-	-	-
Rua Conselheiro Barbosa	-	-	-	-	-
Rua Conselheiro Rocha	*13*	*5*	*5*	-	*23*
Rua Cristal	*4*	*2*	*1*	-	*7*
Rua Diamante	-	-	-	-	-
Rua Divinópolis	*1*	-	*2*	*1*	*4*
Rua Dores do Indaiá	*5*	*1*	-	-	*6*
Rua Epidoto	-	-	*1*	-	*1*
Rua Esmaltina	*1*	-	-	-	*1*
Rua Estrela do Sul	*3*	*1*	*3*	-	*7*
Rua Eurita	-	-	*4*	-	*4*
Rua Formosa	-	-	*2*	-	*2*
Rua Gabro	-	-	-	-	-
Rua Gennaro Masci	*1*	-	-	-	*1*
Rua Gonçalves Chaves	*1*	-	*1*	-	*2*
Rua Grafito	-	-	*1*	-	*1*
Rua Hermílio Alves	*12*	*1*	*4*	-	*17*
Rua Itacolomito	-	-	-	-	-
Rua Jaspe	-	-	-	-	-
Rua Marechal Rondon	-	-	-	-	-
Rua Mons. João Martinho	-	-	-	-	-
Rua Mármore	*50*	*5*	*7*	-	*62*
Rua Matias Barbosa	*2*	-	*1*	-	*3*
Rua Nefelina	*3*	-	*1*	-	*4*
Rua Norita	*2*	-	*1*	-	*3*
Rua Oligisto	-	-	*1*	-	*1*
Rua Paraisópolis	*4*	-	*8*	-	*12*
Rua Pirite	*1*	-	*1*	-	*2*
Rua Pirolozito	-	-	*1*	-	*1*
Rua Pouso Alegre	*36*	*4*	*7*	*1*	*48*
Rua Prof. Galba Veloso	*3*	*1*	-	-	*4*
Rua Prof. Raimundo Nonato	*3*	*1*	*1*	-	*5*
Rua P. S. Mor. Azevedo	-	-	-	-	-
Rua Quartzo	-	-	*1*	-	*1*
Rua Quimberlita	*8*	-	*2*	-	*10*
Rua Raul Mendes	-	-	-	-	-
Rua Salinas	*14*	*2*	*6*	-	*22*
Rua Silvianópolis	*10*	*1*	-	*1*	*12*
Rua São Gotardo	-	-	*2*	*1*	*3*
Rua Teixeira Soares	*3*	*2*	-	-	*5*
Rua Tenente Durval	-	-	-	-	-
Rua Tenente Freitas	-	*1*	-	-	*1*
Rua Tenente Vitórino	*2*	-	*2*	-	*4*
Rua Thereza Mor. Ferreira	-	-	-	-	-
Rua Xisto	-	-	-	-	-
TOTAL	*217*	*36*	*89*	*6*	**348**

Fonte: O autor, 2022.

As visitas de campo foram realizadas nos dias 25, 26 e 27 de junho de 2022, seguindo o formato de uma caminhada exploratória. Durante essas visitas, coletamos alguns dados ambientais usando um dispositivo inteligente, o *Apple Watch – Versão Hardware 6,1 e Software 8.6*, conforme detalhado na Tabela 2. Ressalta-se que o tempo dispendido não está diretamente relacionado à distância percorrida, mas pode ser associada à densidade de estabelecimentos em cada logradouro percorrido no dia.

Tabela 2: Informações adicionais sobre o percurso de mapeamento.

DIA	TEMPO DE COLETA (horas)	DISTÂNCIA (quilômetro)
25/06/2022	5	16,15
26/06/2022	7	20,20
27/06/2022	2	1,42

Fonte: O autor, 2022.

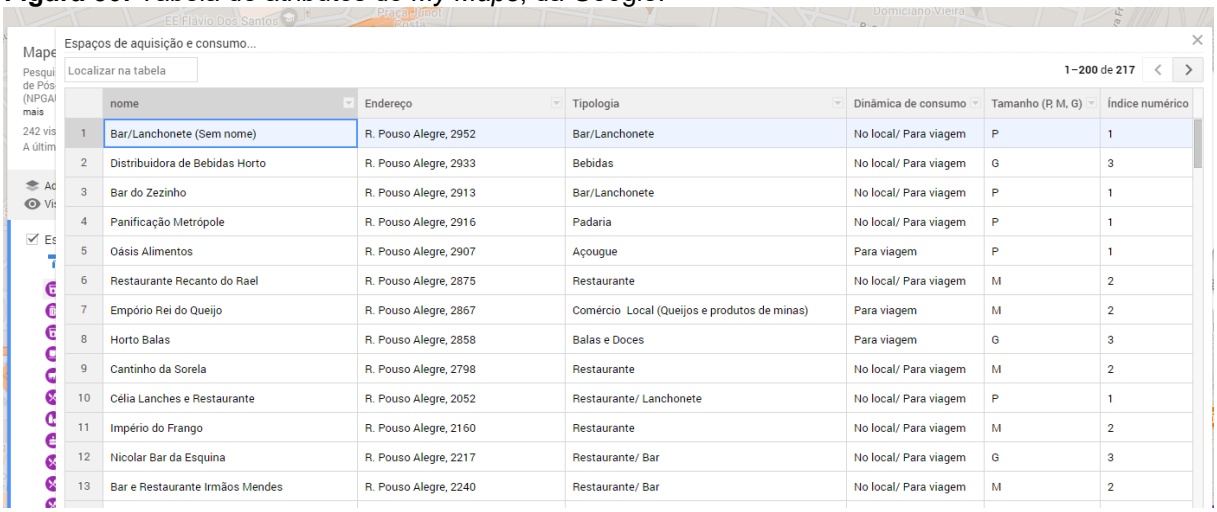
O georreferenciamento dos estabelecimentos foi realizado utilizando o sistema *My Maps* da Google®. O mapa resultante pode ser visualizado na Figura 49.

Figura 49: Mapa resultante da coleta de dados.

Fonte: O autor, 2022.

O sistema de criação do mapa oferece a funcionalidade de gerar tabelas de atributos, conforme ilustrado na Figura 50, que contêm camadas informacionais adicionais. Essas tabelas foram exportadas no formato KML e inseridas no modelo em construção, isto é, o banco de dados do ArcMap™/ArcGIS® versão 10.8/2020. Este processo permitiu uma maior robustez dos dados a serem analisados, contribuindo para a precisão do levantamento dos estabelecimentos reais no recorte geográfico.

Figura 50: Tabela de atributos do *My Maps*, da Google.



	nome	Endereço	Tipologia	Dinâmica de consumo	Tamanho (P, M, G)	Índice numérico
1	Bar/Lanchonete (Sem nome)	R. Pouso Alegre, 2952	Bar/Lanchonete	No local/ Para viagem	P	1
2	Distribuidora de Bebidas Horto	R. Pouso Alegre, 2933	Bebidas	No local/ Para viagem	G	3
3	Bar do Zezinho	R. Pouso Alegre, 2913	Bar/Lanchonete	No local/ Para viagem	P	1
4	Panificação Metrópole	R. Pouso Alegre, 2916	Padaria	No local/ Para viagem	P	1
5	Oásis Alimentos	R. Pouso Alegre, 2907	Açougue	Para viagem	P	1
6	Restaurante Recanto do Rael	R. Pouso Alegre, 2875	Restaurante	No local/ Para viagem	M	2
7	Empório Rei do Queijo	R. Pouso Alegre, 2867	Comércio Local (Queijos e produtos de minas)	Para viagem	M	2
8	Horto Balas	R. Pouso Alegre, 2858	Balas e Doces	Para viagem	G	3
9	Cantinho da Sorela	R. Pouso Alegre, 2798	Restaurante	No local/ Para viagem	M	2
10	Célia Lanches e Restaurante	R. Pouso Alegre, 2052	Restaurante/ Lanchonete	No local/ Para viagem	P	1
11	Império do Frango	R. Pouso Alegre, 2160	Restaurante	No local/ Para viagem	M	2
12	Nicolar Bar da Esquina	R. Pouso Alegre, 2217	Restaurante/ Bar	No local/ Para viagem	G	3
13	Bar e Restaurante Irmãos Mendes	R. Pouso Alegre, 2240	Restaurante/ Bar	No local/ Para viagem	M	2

Fonte: Captura de tela pelo o autor, 2022.

4.5 A MODELAGEM AMBIENTAL (GEOESPACIAL) PARA A PESQUISA

A modelagem ambiental vem desempenhando um papel crucial nas análises urbanas, pois nos permite visualizar, quantificar e entender as complexas interações existentes no ambiente construído. Para esta pesquisa, podemos dizer que a modelagem espacial se apresenta como uma ferramenta de suporte na investigação do estudo dos ambientes alimentares, sua centralidade no traçado urbano e sua provável relação com a obesogenicidade. A modelagem, então, nos permite estabelecer e analisar as diferentes relações entre espaços, fluxos e atividades, conhecidas como interações espaciais. Tais interações envolvem uma variedade de elementos distribuídos no espaço (que serão descritos no próximo capítulo), em movimento ou estáticos, que relacionam e atraem entre si. Assim, ao integrar dados georreferenciados e técnicas avançadas de análise espacial, é possível identificar padrões de centralidade e dispersão de locais obesogênicos, possibilitando

compreender algumas das dinâmicas dos fluxos urbanos e avaliar a configuração urbana frente ao fenômeno em estudo.

Para a modelagem geoespacial proposta nesta tese (descrita no capítulo subsequente), empregamos uma representação baseada na análise de redes, em que os nós representam cruzamentos, as arestas correspondem às ruas e os edifícios são simbolizados por pontos. O foco principal decorre da aplicação de cálculos gravitacionais para avaliar a "atratividade"[33] exercida por diversos pontos de interesse (destinos), recorrendo a atributos mensuráveis. As métricas adotadas estabelecem uma conexão significativa entre as estruturas sociais e a morfologia urbana, sobretudo no contexto da formação e manutenção de espaços obesogênicos, por meio da teoria da sintaxe espacial, da análise de rede urbana e de cenários probabilísticos. Essas métricas têm como objetivo representar e analisar a complexa relação entre a forma urbana e a obesidade, proporcionando uma avaliação da distribuição de espaços obesogênicos.

[33] Adotamos o termo "atratividade" entre aspas, pois não faz sentido em abordar a atração como força. Isso porque, assim como na física quântica, o conceito de atração é mais complexo e sutil do que na física clássica, envolvendo uma série de interações fundamentais mediadas por partículas (GRIFFITHS, 2008). Dessa forma, o conceito de atração adotado nesta tese vai além da simples noção clássica de força e envolve complexas interações probabilísticas mediadas por diversos elementos.

5 PROCESSO DE MODELAGEM DO FENÔMENO

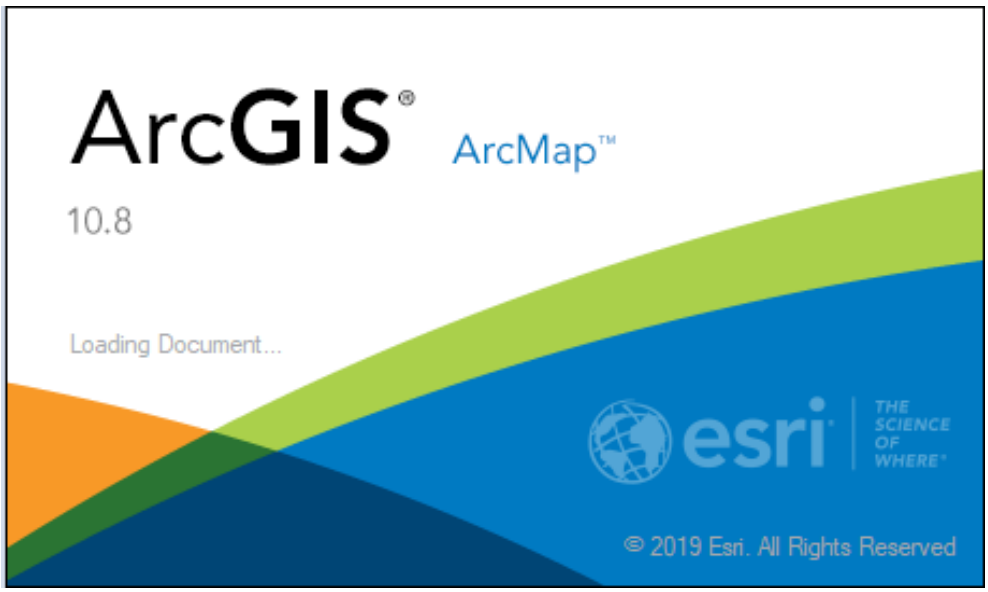
As estruturas complexas da sindemia global, sobretudo a de obesidade, são constituídas por eventos distintos que afetam a saúde da população, com características próprias e de difícil compreensão. Essas características fazem com que o fenômeno tenda a ser enigmático, assim como são os desastres naturais e outros fenômenos do universo. Como já apresentado anteriormente, a obesidade é uma resposta normal a um ambiente anormal, sob influências socioculturais, políticas e territoriais, exigindo a construção de um modelo estatístico complexo, o qual envolve diversas agendas em diferentes disciplinas, como saúde pública, tecnologia, nutrição, psicologia, logística, urbanismo, entre outros.

Tratando-se do ambiente construído, as lacunas da temática são sempre mencionadas a respeito de medição, avaliação, bem como dos testes de validade e confiabilidade das metodologias adotadas. Ademais, a não heterogeneidade dos dados evidencia a complexidade do fenômeno, sobretudo aqueles que tangenciam os aspectos socioespaciais. Assim sendo, este capítulo apresenta a estruturação e operacionalização de um modelo aberto de informação, com suporte nas teorias configuracionais da Sintaxe Espacial e da análise de redes urbanas, avançando-se na investigação e no conhecimento de ferramentais que permitem sistematizar a compreensão da sinergia dos elementos e atividades relacionados ao ambiente alimentar urbano, sobretudo os aqui denominados como obesogênicos.

5.1 *SOFTWARES* DE ANÁLISE ESPACIAL UTILIZADOS NA PESQUISA

Nesta pesquisa, utilizamos o ArcGIS®, um sistema de informação geográfica (SIG ou GIS) amplamente reconhecido por suas capacidades de análise espacial e visualização de dados. Em particular, o módulo ArcMap™, versão 10.8 (Figura 51), foi a principal ferramenta empregada para realizar a modelagem e a análise dos dados geoespaciais.

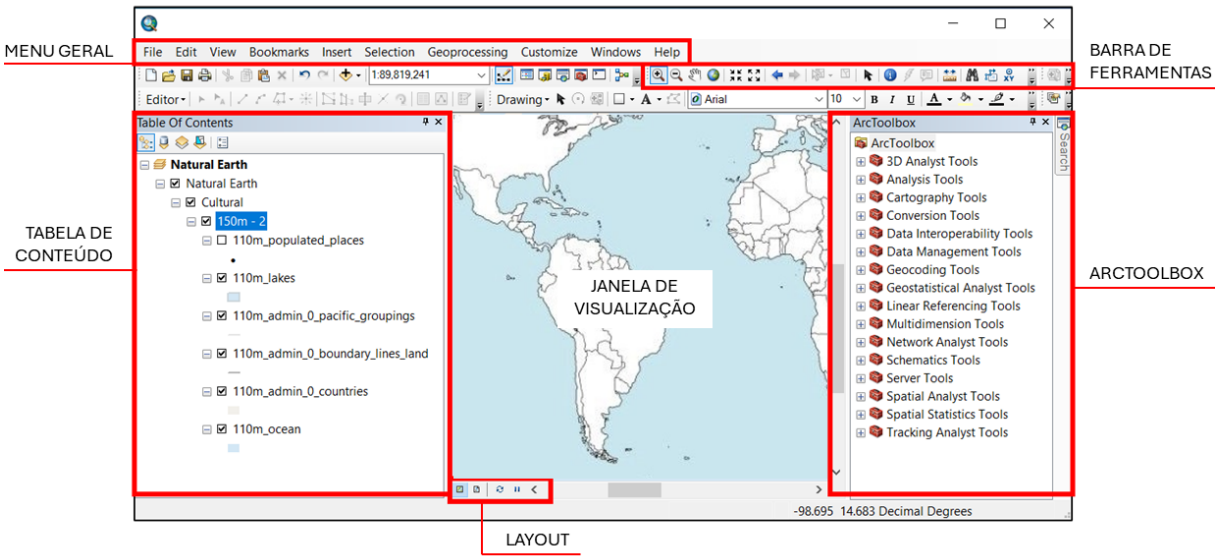
Figura 51: Versão do *software* utilizado.



Fonte: Captura de tela pelo autor, 2024.

O ArcGIS®/ ArcMap™ oferecem uma série de funcionalidades que facilitam a importação, manipulação e análise de dados geográficos. Suas ferramentas de geoprocessamento possibilitam a execução de diversas operações, como a criação de redes viárias, a análise de acessibilidade e a avaliação de centralidade, sobretudo quando comparados com softwares abertos, os quais exigem programações manuais para determinadas operações. Além disso, a familiaridade do pesquisador com a interface (Figura 52) do ArcMap™ foi fundamental para a modelagem, visualização e interpretação dos resultados, tendo os esforços direcionados para a concepção de mapas temáticos que sintetizassem as informações de maneira clara e acessível.

Figura 52: Interface do ArcGIS®/ ArcMap™



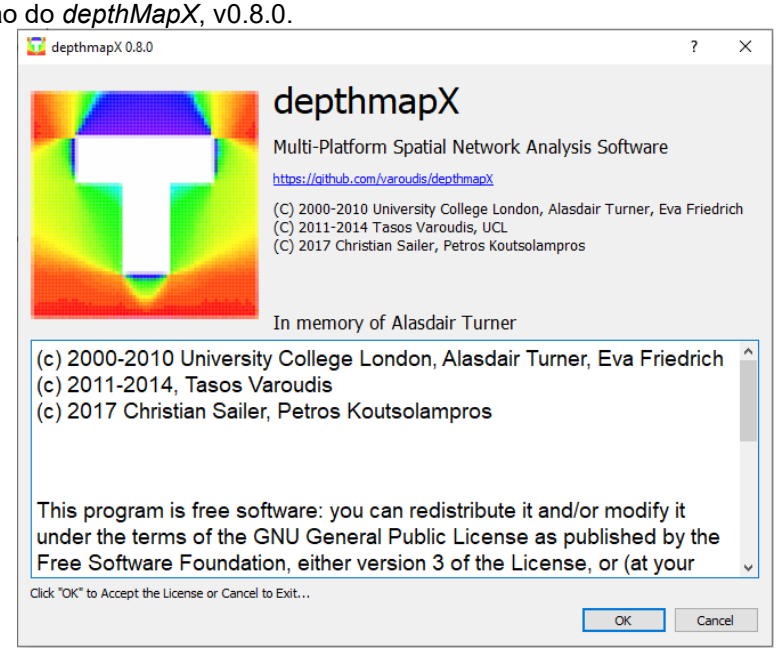
Fonte: Captura de tela, editado pelo Autor, 2024.

Como componentes centrais desta pesquisa, temos as abordagens configuracionais das teorias urbanas, neste caso, a sintaxe espacial (HILLIER et al., 1993; HILLIER; HANSON, 1984), implementada por Turner (2001), e a Análise de Redes Urbanas, baseadas na metodologia de Sevtsuk e Mekonnen (2012), concentrando-se nas interações espaciais do ambiente urbano. Assim, verificamos a potencialidade do módulo ArcMap™ para a criação e o processamento de redes viárias detalhadas, suportando a aplicação de métricas avançadas e operacionalizações estatísticas. Esses cálculos são (e foram) essenciais para entender a lógica social do espaço urbano (HILLIER, 2007), oferecendo uma visão detalhada de como os diferentes elementos do ambiente construído influenciam o comportamento das pessoas.

Outro *software* que utilizamos foi o *depthMapX*[34] versão 0.8.0 (Figura 53). Desenvolvido inicialmente por Alasdair Turner do *Space Syntax Laboratory* na *Bartlett School* da *University College London* (UCL), o software é disponibilizado em código aberto e não requer instalação. Sua interface é simples e apresenta poucos recursos, conforme ilustra a Figura 54. Seu uso foi fundamental para realizar os cálculos das medidas sintáticas, as quais foram exportadas posteriormente para o ArcGIS®/ ArcMap™, conforme descrições posteriores da construção do modelo.

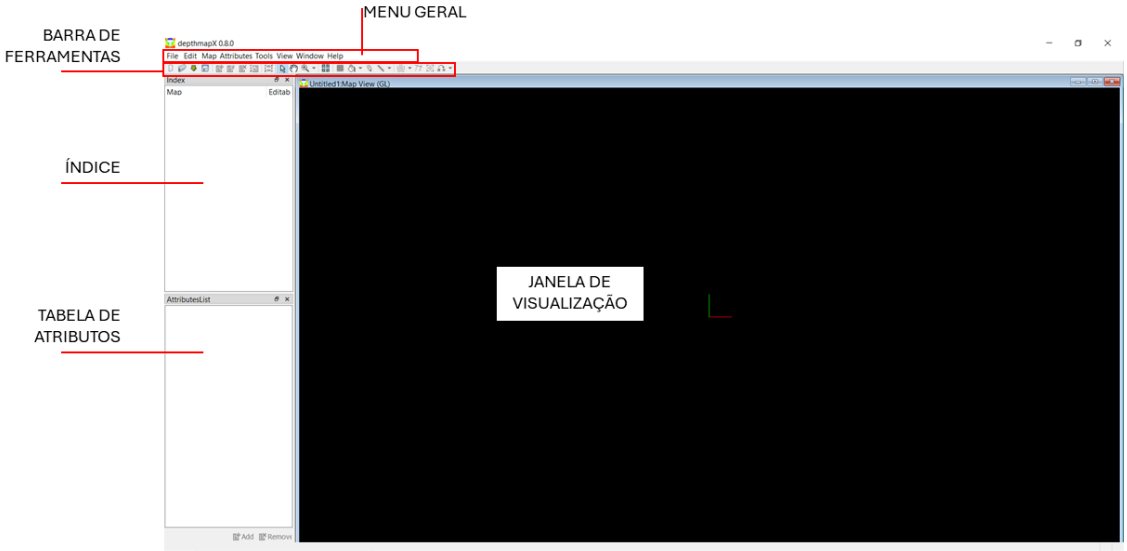
[34] Disponível para download em: <https://www.spacesyntax.online/software-and-manuals/depthmap/>. Último acesso em 04/07/2024.

Figura 53: Versão do *depthMapX*, v0.8.0.



Fonte: Captura de tela pelo autor, 2024.

Figura 54: Interface do *depthMapX*, versão 0.8.0.



Fonte: Captura de tela, editado pelo Autor, 2024.

Além dos softwares mencionados acima, também recorremos ao módulo CityEngine™ para modelagem experimental e realização de cálculos automáticos de algumas métricas da sintaxe espacial. Em conjunto, essas ferramentas e metodologias forneceram a base necessária para o desenvolvimento e operacionalização de um modelo aberto de informação, cujo processo de construção será detalhado nas seções seguintes.

5.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO CONFIGURACIONAL

A construção do modelo configuracional é uma etapa fundamental para as análises propostas por esta tese, pois, a partir desse modelo, é possível processar medidas e indicadores que serão correlacionados com o fenômeno, proporcionando dados mais consistentes e passíveis de comparação com pesquisas futuras. A modelagem parte do princípio de identificação de permeabilidades e barreiras do espaço urbano, de forma a representar as linhas de visão e movimento (HILLIER; HANSON, 1984; KRENZ, 2017). Por exemplo, como permeabilidade entendemos todos os espaços passíveis de movimento humano, como ruas e avenidas, enquanto as barreiras são todos os elementos que interrompem esse fluxo, como muros, linhas férreas, dentre outros.

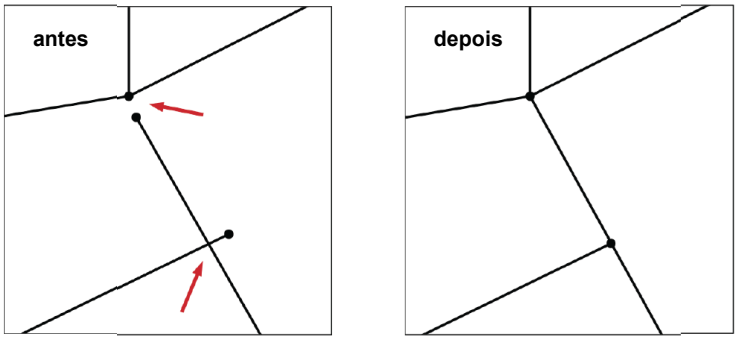
A construção do modelo configuracional desta tese foi realizada a partir da técnica derivada das *Road Centre Lines* (RCL). O uso dessa tipologia de dados para estudos sintáticos foi pioneiro por Thomsom (2003) e Dalton, Peponis e Dalton (2003), com estudos subsequentes de Turner (2005, 2007), Stavroulaki *et al.* (2017), Kolovou *et al.* (2017), Krenz (2017, 2018) e, mais recentemente, Donegan e Tavares (2022; 2022). Aplicamos uma adaptação dos estudos de Turner (2001, 2005, 2007), combinada à modelagem proposta por Krenz (2017, 2018). Esses estudos indicam que essa abordagem não apenas é uma alternativa viável aos modelos tradicionais, mas também propicia melhores correlações com dados de fluxo, minimizando inconsistências para sua futura operacionalização e permitindo sua replicabilidade.

Nesse contexto, uma RCL padrão classifica como permeabilidade o leito carroçável das pistas, necessitando ajustes para sua operacionalização, como a definição de barreiras ao movimento humano e o ajuste na definição e precisão dos nós. Importante ressaltar que essa abordagem não apenas identifica as vias em si, mas também as categoriza em termos de capacidade de facilitar ou impedir fluxos de pessoas.

Para Krenz (2018), três passos são fundamentais para a preparação do modelo, a saber: (1) correções de inconsistências topológicas (Figura 55), (2) ajustes em componentes de gestão de tráfego (Figura 56) e (3) limpeza de informações redundantes ou excessivas (Figura 57).

Figura 55: Correções de inconsistências topológicas.

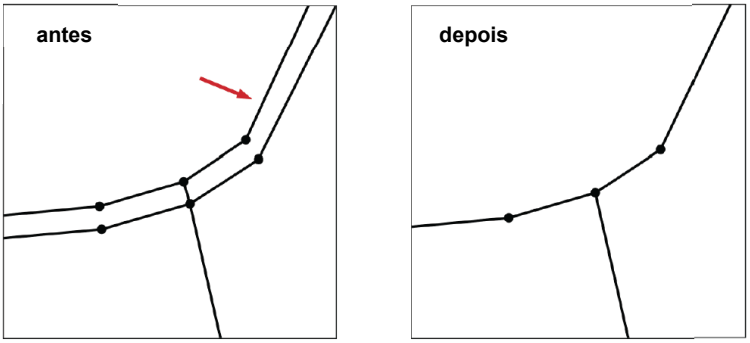
(1) inconsistências topológicas



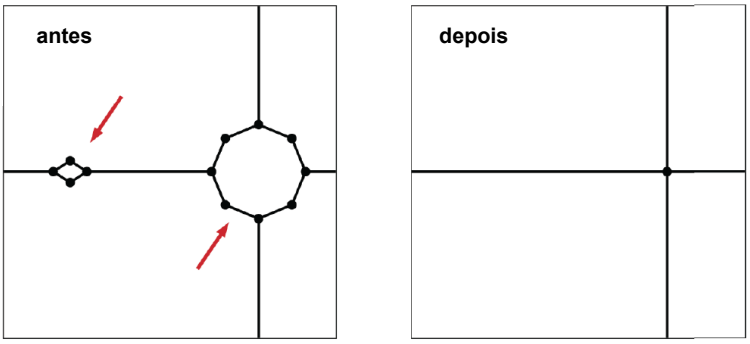
Fonte: Krenz, 2018; editado pelo autor, 2024.

Figura 56: Ajustes em componentes de gestão de tráfego.

(2a) remoção linhas duplas



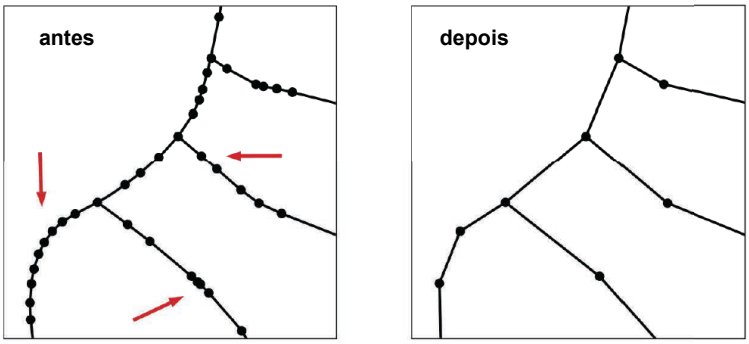
(2a) remoção de detalhes



Fonte: Krenz, 2018; editado pelo autor, 2024.

Figura 57: Limpeza de informações redundantes ou excessivas.

(1) simplificação das linhas

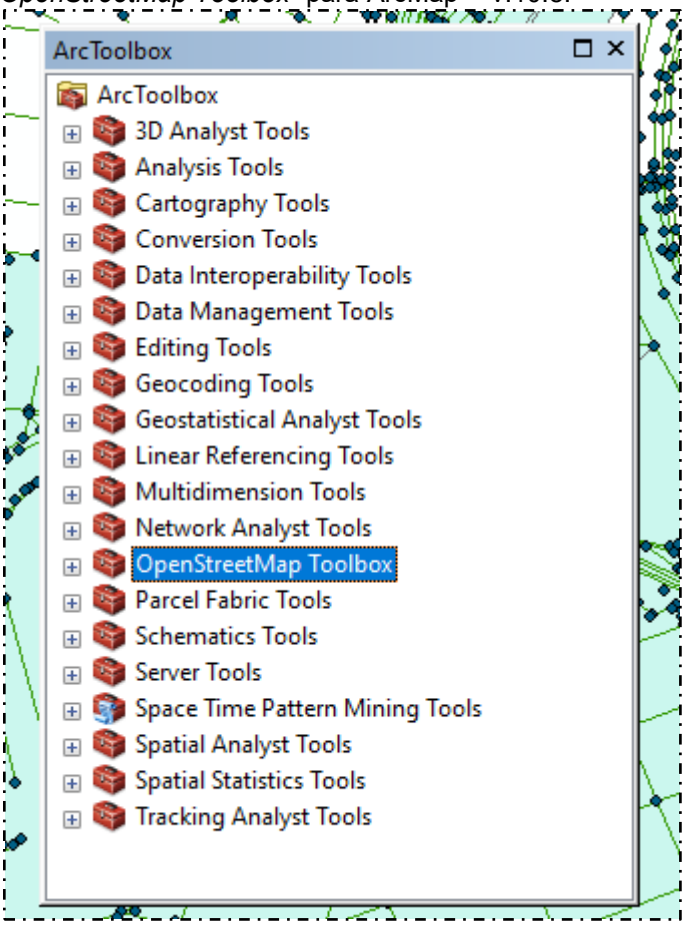


Fonte: Krenz, 2018; editado pelo autor, 2024.

Nesse contexto, a seguir são detalhadas as etapas de modelagem do mapa configuracional, a partir dos passos fundamentais de Krenz (2018), utilizando-se dos *softwares* mencionados anteriormente. Esse processo descritivo tem como intuito o relato dos processos e sua possível adaptação para outras ferramentas.

Primeiramente, importou-se o mapa das vias no formato *osm*[35], proveniente do OpenStreetMap (OSM), para o módulo ArcMap™. Para isso, foi necessário recorrer à extensão "*OpenStreetMap Toolbox*"[36] (Figura 58). Operacionalizações específicas do ArcMap™ foram requeridas, como a criação de *Geodatabase*[37], para posterior importação do mapa para o ArcMap™.

Figura 58: Extensão "*OpenStreetMap Toolbox*" para ArcMap™ v.10.8.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

---

[35] Conforme apresentado na seção 4.4.1 Exportando dados de mapas do Open Street Map©.

[36] O download da extensão pode ser realizado em: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=d3a986e2d2d94b958e879955b3f6b66f> Último acesso: 09/07/2024.

[37] Um *geodatabase* é um banco de dados que armazena, gerencia e acessa dados espaciais. Ele é usado para organizar e centralizar dados geográficos, permitindo um gerenciamento eficiente de conjuntos de dados espaciais complexos, como entidades geométricas, dados tabulares, rasters, relações, domínios, entre outros (SANTOS, 2019).

Os conjuntos de dados importados do OSM são divididos em quatro elementos: *linhas, nós, superfícies e relações* (KRENZ, 2017, 2018). Para nossa análise, somente a informação de linhas é suficiente; no entanto, nem todas as linhas são necessárias, sendo essencial dedicar-se ao tempo necessário para compreender e assimilar as diferentes categorias de linhas disponibilizadas pela ferramenta. Fóruns como o *Wiki*[38] *do OSM* são excelentes para auxiliar nessa tarefa. Por fim, apenas os componentes com a chave "*highway"* devem ser utilizados para análises de rede, pois são esses componentes que possuem a tipologia da via e sua hierarquia na rede (KRENZ, 2017, 2018; SABOYA, 2024).

Dessa forma, a partir dos componentes úteis, procedemos com a seleção dos tipos de vias de interesse para a pesquisa. Utilizando a ferramenta de seleção por atributos no ArcGis®, aplicamos a *string* apresentada no Quadro 8 para seleção e identificação das vias relevantes. As vias internas a conjuntos paisagísticos privados, trevos, vias de serviço e becos foram excluídos da análise por representarem áreas de acesso restrito ou interseções não significativas para os objetivos da pesquisa.

Quadro 8: *String* para seleção e identificação de vias relevantes para o estudo.

"highway" IN ('motorway', 'trunk', 'primary', 'secondary', 'tertiary', 'unclassified', 'residential', 'motorway_link', 'trunk_link', 'primary_link', 'secondary_link', 'tertiary_link', 'living_street', 'pedestrian', 'footway')

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Em seguida, para identificar todas as esquinas (cruzamentos), executamos a seguinte sequência de comandos: no menu principal, acessamos o "*ArcToolbox*", navegamos até "*Data Management Tools*", selecionamos "*Features*" e escolhemos a ferramenta "*Split Line at Vertices*" (caminho 01). Essa função de dividir as linhas em vértices é um processo comum em GIS para garantir que cada segmento de linha seja tratado de forma independente, sobretudo em análises sintáticas. Logo após, utilizamos o comando "*Spatial Join*" (caminho 02) para incorporar informações, como a classificação hierárquica das vias. Depois, recorremos à função "*Feature Vertices to Points*" (caminho 03) e configuramos a ferramenta para marcar os pontos finais de

[38] https://wiki.openstreetmap.org/

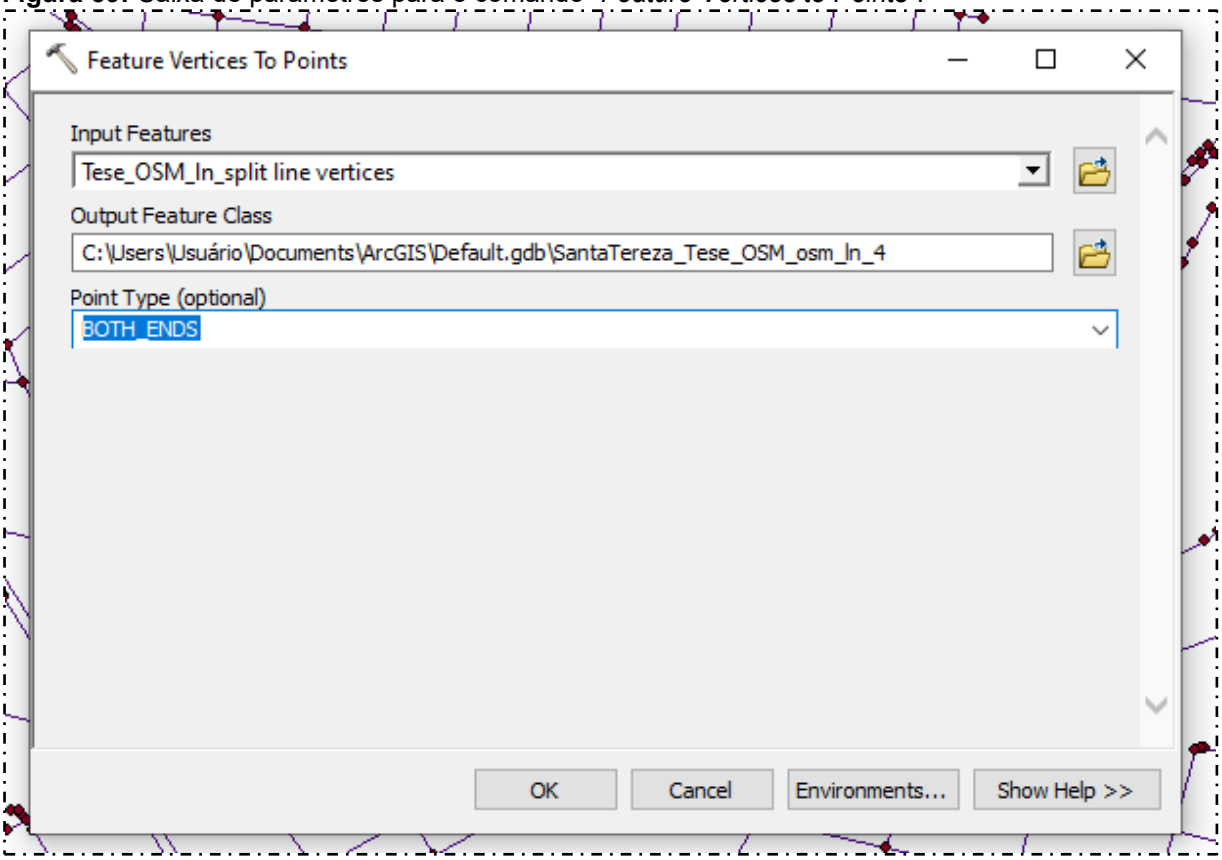
cada segmento de via, identificando assim todas as esquinas, conforme ilustra a Figura 59.

(01) ARCTOOLBOX > DATA MANAGEMENT TOOLS > FEATURES > SPLIT LINE AT VERTICES

(02) ARCTOOLBOX > ANALYSIS TOOLS > OVERLAY > SPATIAL JOIN

(03) ARCTOOLBOX > DATA MANAGEMENT TOOLS > FEATURES > FEATURE VERTICES TO POINTS

Figura 59: Caixa de parâmetros para o comando "*Feature Vertices to Points*".

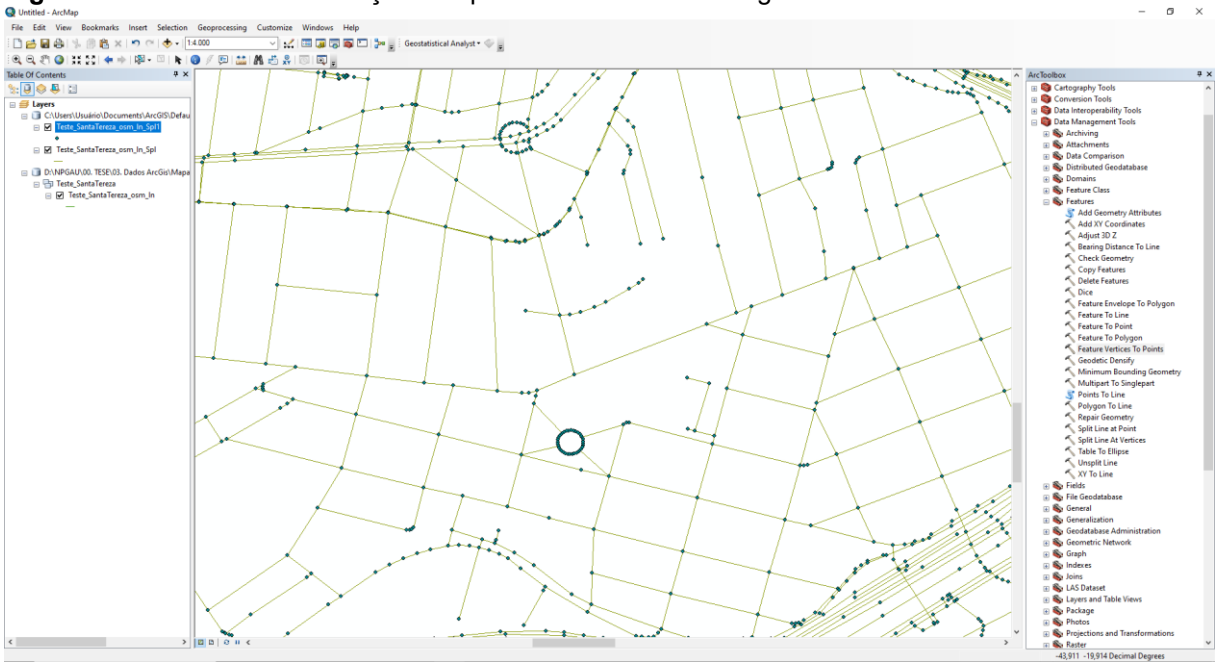


Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Após a execução dos comandos, obtivemos uma nova camada contendo todos os pontos de esquinas – neste caso, o processo foi realizado para todo o município de Belo Horizonte, evitando o efeito de borda em análises futuras. Essa etapa é fundamental para reduzir inconsistências topológicas, ou seja, quando segmentos de rua deveriam compartilhar um nó de conexão, mas, devido à imprecisão posicional, não o fazem (KRENZ, 2017, 2018). A Figura 60 ilustra a

distribuição desses pontos ao longo da malha viária, evidenciando as interseções marcadas.

Figura 60: Recorte da distribuição dos pontos finais de cada segmento de via.



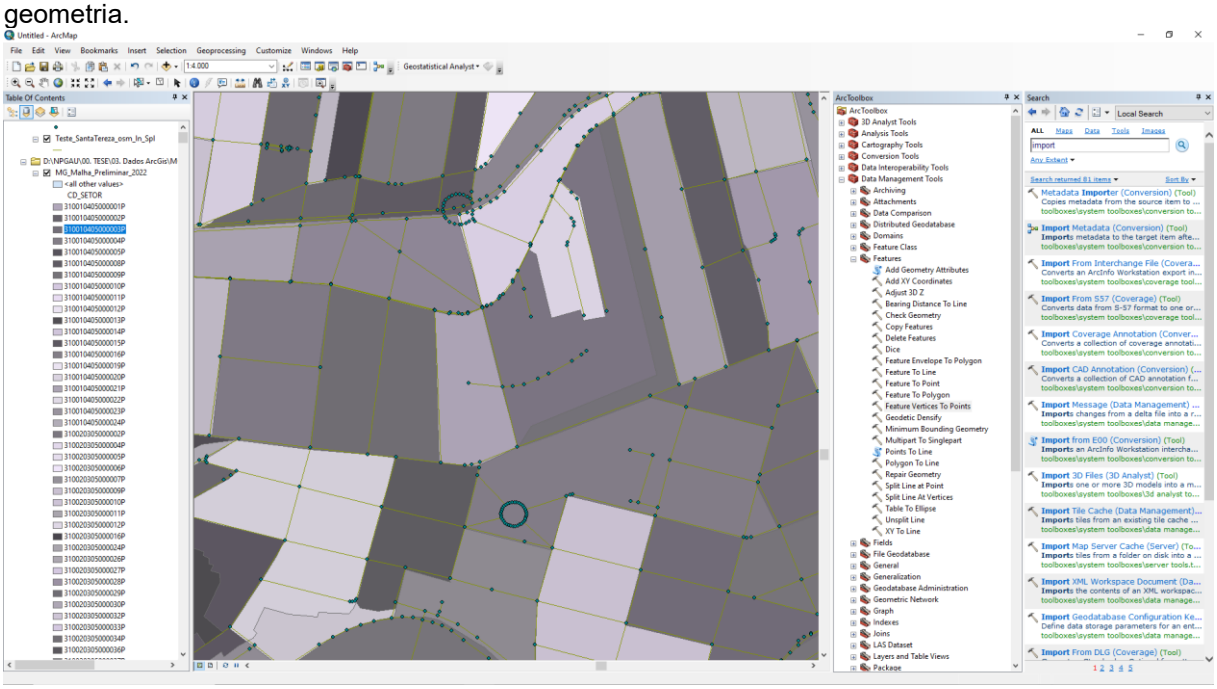
Fonte: Captura de tela pelo autor, 2024.

Posteriormente, geramos uma cópia da camada resultante e realizamos a sua sobreposição com os setores censitários de 2010 e uma camada das vias fornecida pela Prefeitura de Belo Horizonte (PBH). Para garantir a compatibilidade entre as diferentes bases de dados geoespaciais que compõem o modelo, foi necessário fazer ajustes manuais na camada obtida pelo OSM, a partir das demais, de forma a complementar todos os segmentos de via do município que são de interesse para o objetivo desta pesquisa. Importante ressaltar que, nesse momento, foi preciso alterar o sistema de projeção das camadas inseridas, convertendo-as para o WGS84 (EPSG 3857).

A Figura 61 ilustra o processo em que foram definidas todas as barreiras, ou seja, delimitando-se em arestas todas as possibilidades de movimento, removendo conexões em espaços que não permitiam a circulação de pessoas. Esses ajustes foram necessários para evitar o acúmulo de incompatibilidades e erros nas operações subsequentes. Como ponto negativo, destacamos a necessidade de dedicação de muitas horas para sua realização, bem como a possibilidade de gerar pequenas imprecisões e dificuldade de replicação, uma vez que as correções são manuais, baseadas na vivência do pesquisador na cidade. De todo modo

consideramos a etapa de ajustes e sobreposição de camadas fundamental, especialmente para minimizar possíveis erros de representação.

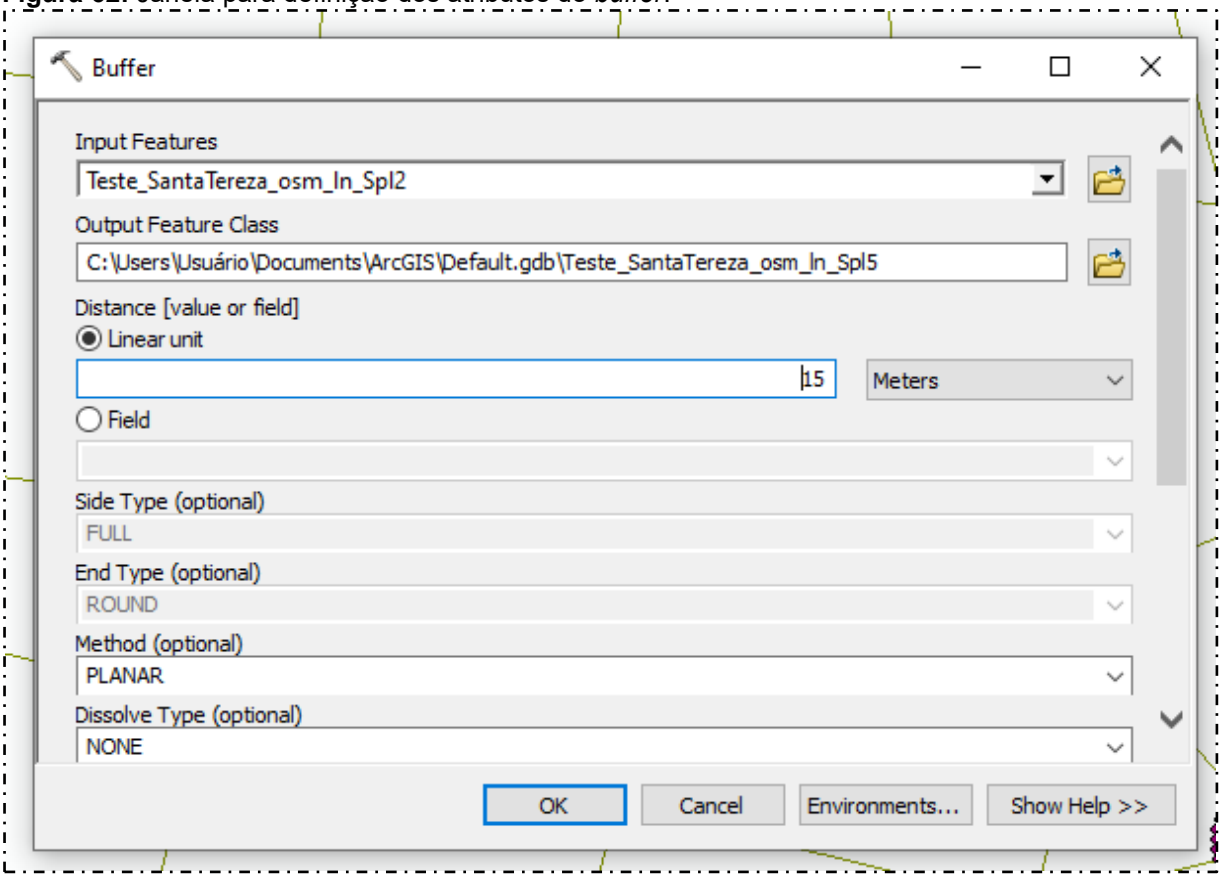
Figura 61: Camadas sobrepostas, vias da OSM, vias da PBH, Censo2010, para ajustes da geometria.



Fonte: Captura de tela pelo autor, 2024.

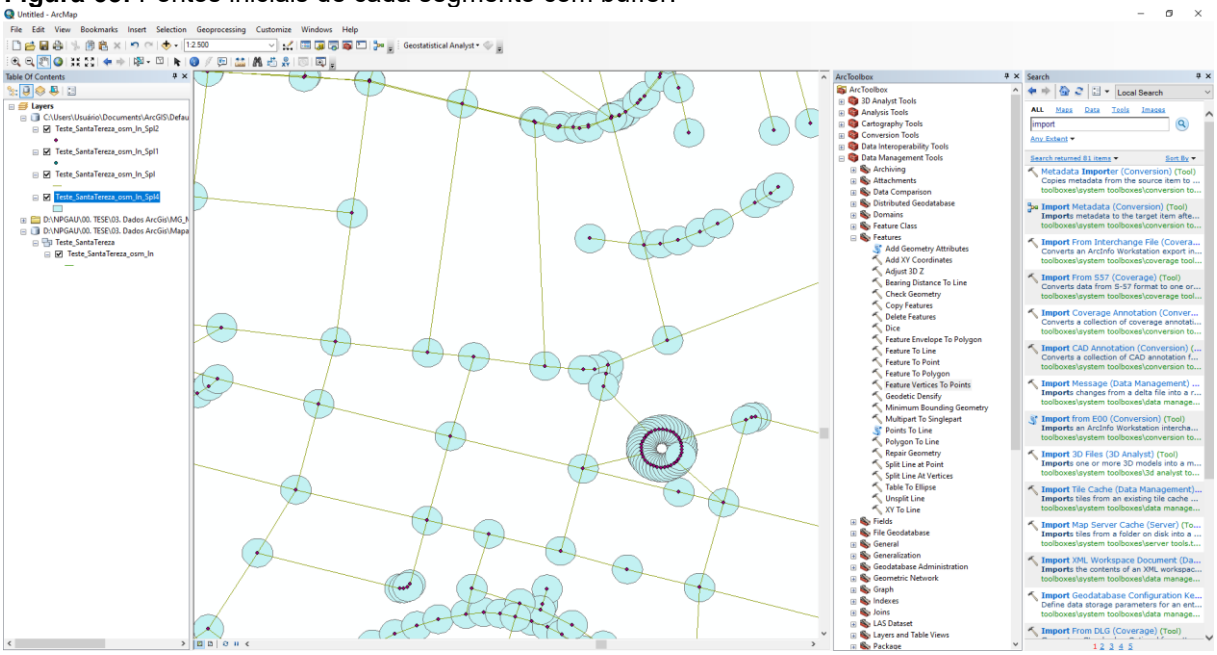
De forma a possibilitar diferentes operacionalizações em um mesmo modelo, os passos a seguir são complementares e não essenciais na composição de um mapa configuracional. Contudo, esta etapa foi importante para a interpretação dos nós (esquinas) condicionados por setor censitário. Para isso, criamos *buffers* ao redor dos pontos. Esta é uma técnica geomática, baseada no conceito de cruzamento proposto por Kevin Lynch (1960), que unifica diversas esquinas de um mesmo cruzamento. Os comandos para concepção dos buffers são GEOPROCESSING > BUFFER, cujos os atributos adotados estão na Figura 62 e o resultado da operacionalização é o que se mostra na Figura 63.

Figura 62: Janela para definição dos atributos do *buffer*.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Figura 63: Pontos iniciais de cada segmento com buffer.



Fonte: Captura de tela pelo autor, 2024.

Cada conjunto de sobreposição de *buffers* – também denominado pela literatura de *cluster* – será considerado um cruzamento para o modelo em desenvolvimento. Ou seja, cada *cluster* representa uma área em que múltiplas vias se cruzam. No entanto, os *clusters* de *buffers* são inicialmente armazenados como polígonos multipartes. Um polígono multiparte é um único registro que pode conter várias partes geométricas distintas, o que dificulta a contagem e a análise individual de cada cruzamento. Para simplificar essa análise, é necessário transformar esses polígonos multipartes em polígonos de uma única parte, permitindo que cada cruzamento seja tratado individualmente e associado ao setor censitário em que está localizado. Dessa forma, fragmentamos os polígonos de cada *cluster*, a partir da sequência de comandos:

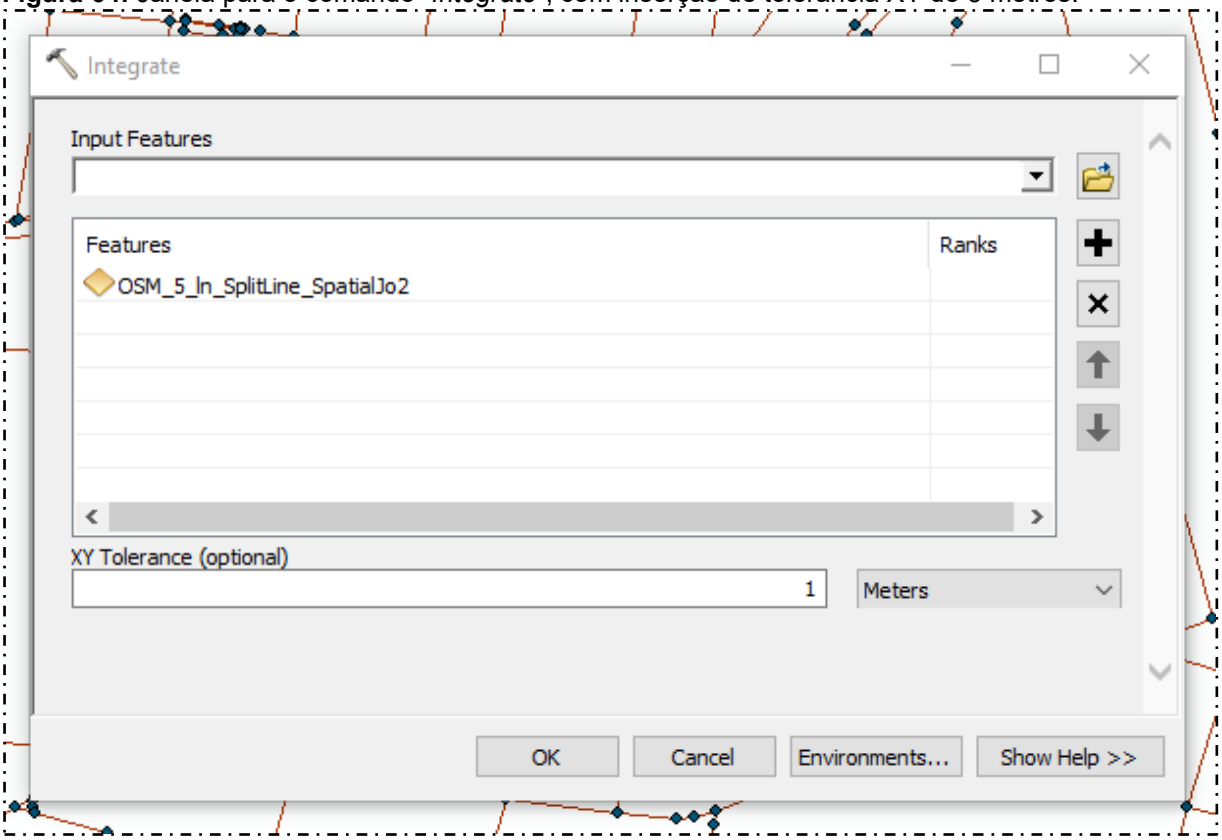
ARCTOOLBOX > DATA MANAGEMENT TOOLS > FEATURES > MULTIPART TO SINGLE PART

Os comandos anteriores permitiram a transformação de polígonos multipartes em polígonos de uma única parte, simplificando a representação e preparando uma camada de informações para futuras operacionalizações. É importante ressaltar que, até o momento, essas etapas foram complementares na construção do modelo, entretanto, os próximos passos são cruciais para a finalização do mapa configuracional e para os posteriores cálculos de métricas da teoria da sintaxe espacial.

Prosseguindo, utilizamos o comando "*Integrate*" (conforme as definições abaixo) para solucionar problemas nas interseções, preservando a integridade dos nós compartilhados. Estabelecemos um metro como parâmetro (conforme ilustrado na Figura 64), de acordo com o estudo de Krenz (2018). O resultado dessa operacionalização é o que se mostra na Figura 65.

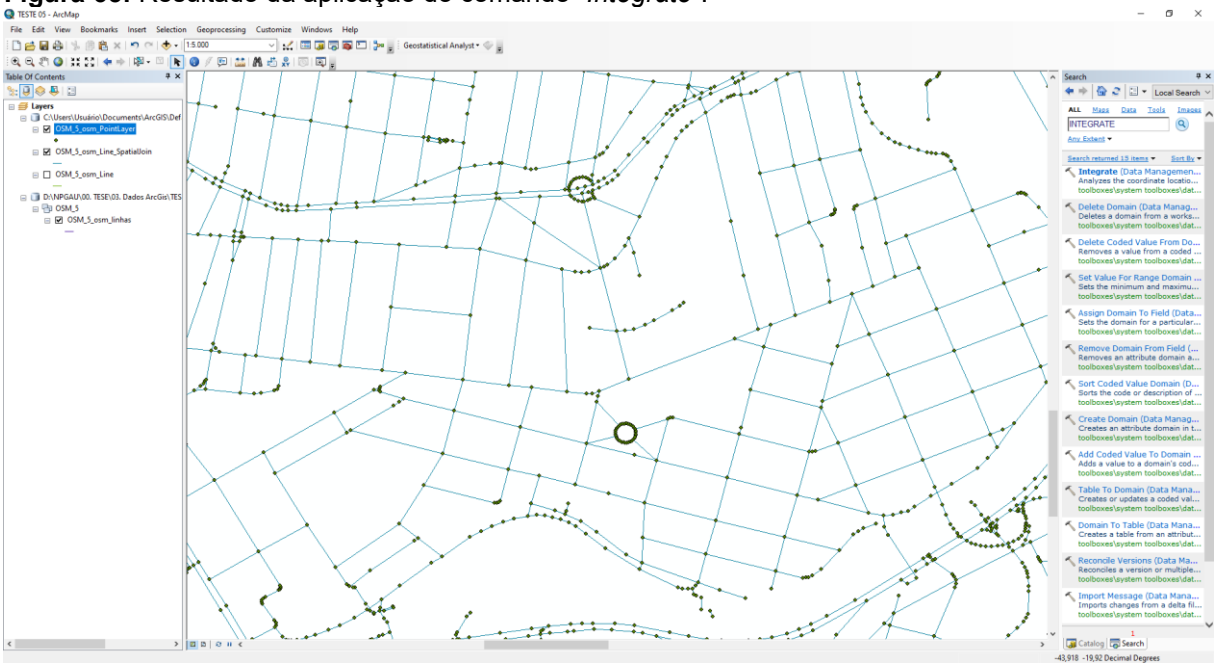
ARCTOOLBOX > DATA MANAGEMENT TOOLS > FEATURE CLASS > INTEGRATE

Figura 64: Janela para o comando "*Integrate*", com inserção de tolerância XY de 5 metros.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Figura 65: Resultado da aplicação do comando "*Integrate*".

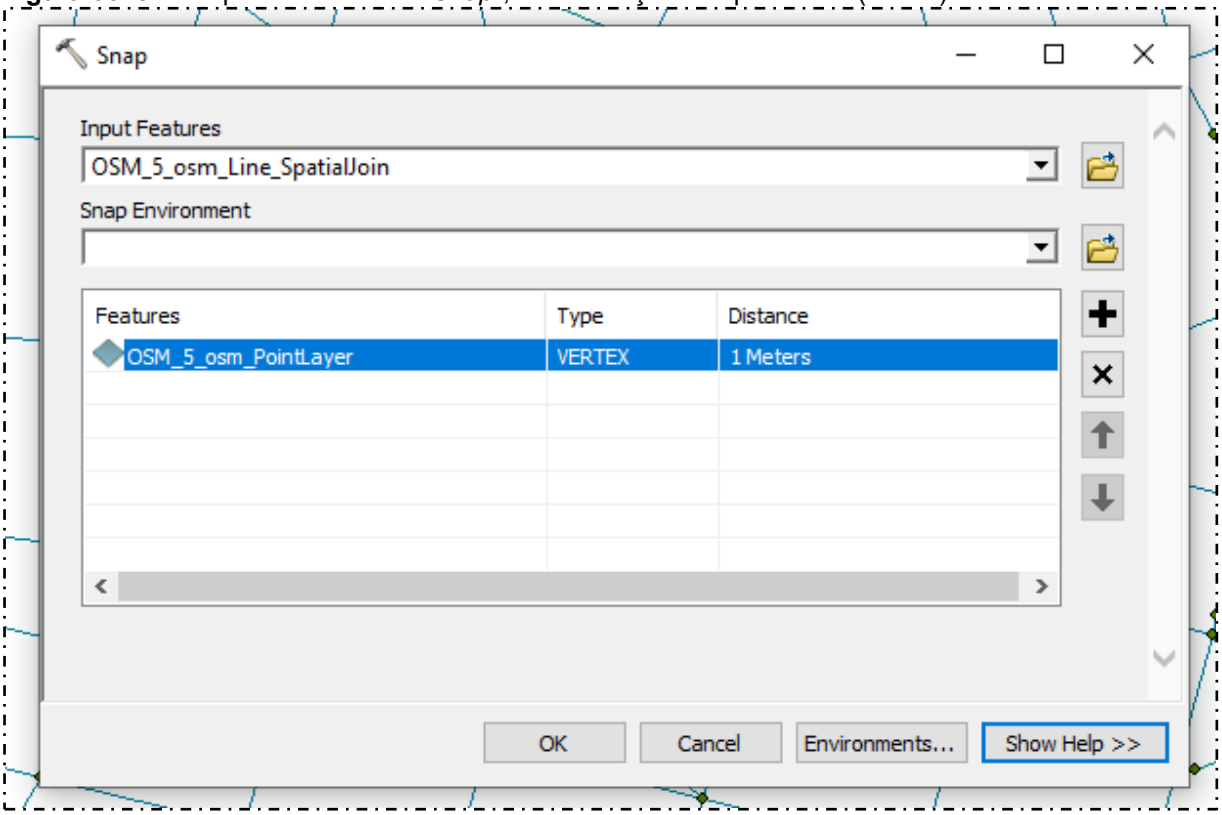


Fonte: Captura de tela pelo autor, 2024.

Após esse procedimento, aplicamos a funcionalidade "*Snap*" (caminho abaixo) para ajustar automaticamente a camada de vértices sobre a camada de linhas, com base na distância de tolerância de um metro (Krenz, 2018), como apresentado na Figura 66. Isso foi útil para garantir a precisão espacial e a conectividade das feições dentro do modelo, eliminando pequenos desalinhamentos, melhorando a qualidade dos dados geoespaciais e garantindo a integridade topológica.

ARCTOOLBOX > EDITING TOOLS > SNAP

Figura 66: Janela para o comando "*Snap*", com inserção de tipo vértice (vertex) e tolerância 1 metro.



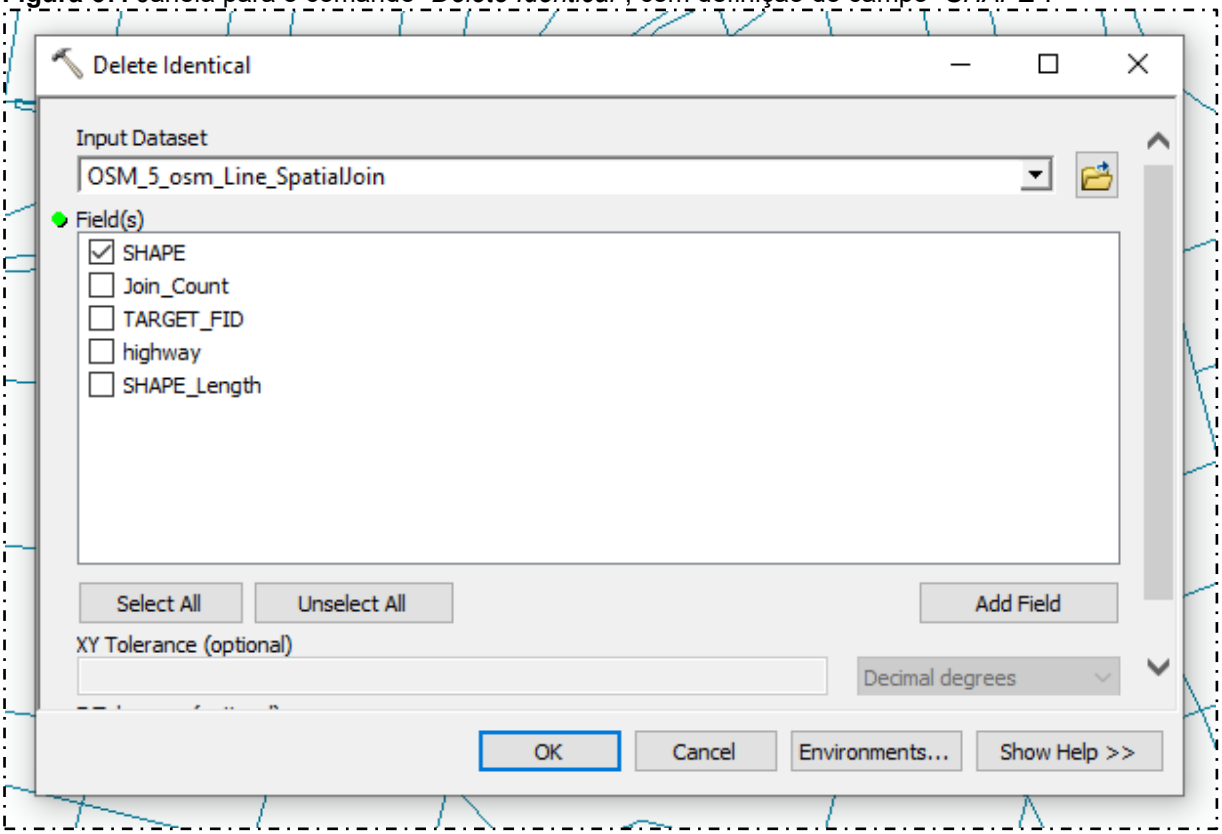
Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Em sequência, recorremos à função "*Delete Identical*" (caminho citado abaixo) para remover registros duplicados no conjunto de dados com base nos campos de atributos. Para essa etapa, selecionamos apenas o campo "*SHAPE*" (Figura 67), que será usado para identificar as duplicatas nos dados vetoriais (neste

caso, linhas). Consideramos essa etapa importante para evitar redundâncias que podem afetar a análise e visualização dos dados.

ARCTOOLBOX > DATA MANAGEMENT TOOLS > GENERAL > DELETE IDENTICAL

Figura 67: Janela para o comando "*Delete Identical*", com definição do campo "*SHAPE*".

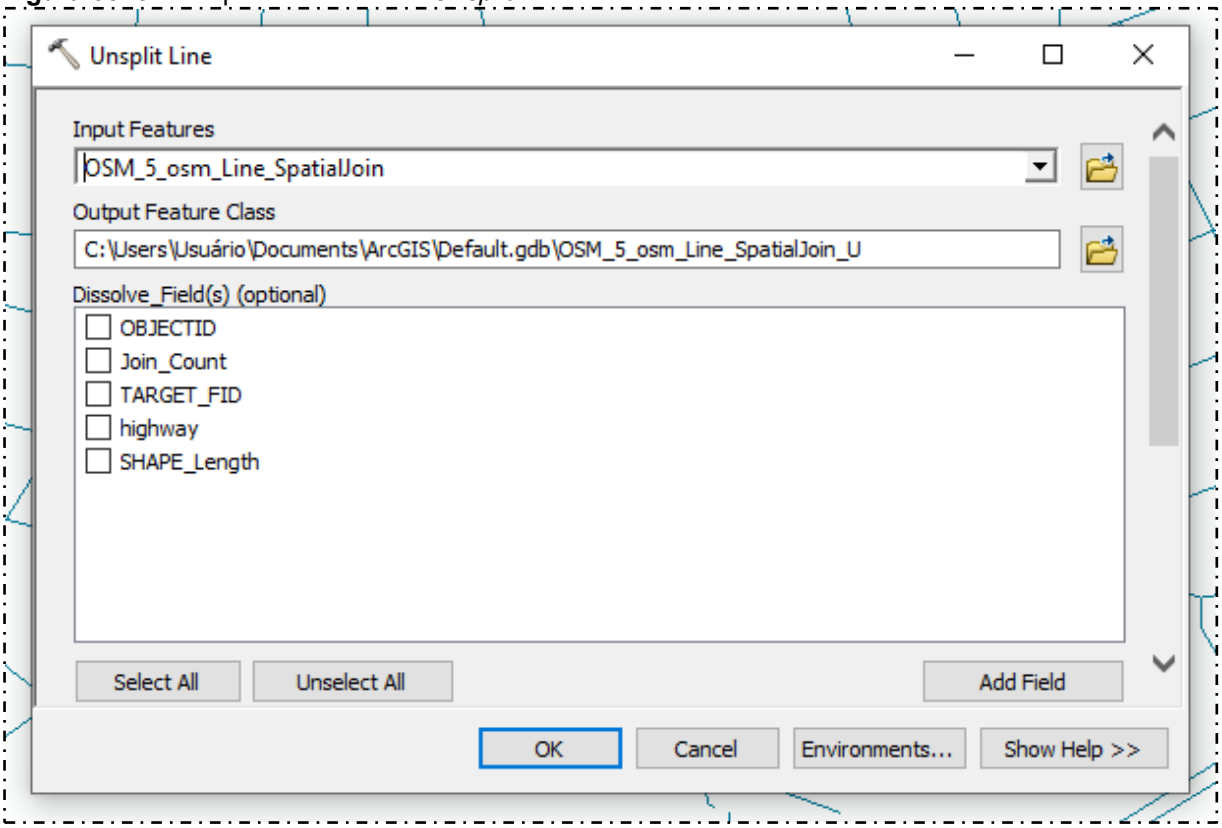


Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Continuamos com a aplicação da ferramenta "*Unsplit*" (Figura 68) para agregar partes separadas de linhas em segmentos contínuos. Segundo Krenz (2018), essa etapa mescla linhas que possuem terminais coincidentes, seja com base em informações de atributo ou, como no nosso caso, apenas considerando as relações geométricas. Esse processo permitiu consolidar os segmentos em uma linha contínua. O resultado pode ser observado na Figura 69.

ARCTOOLBOX > DATA MANAGEMENT TOOLS > FEATURES > UNSPLIT LINE

Figura 68: Janela para o comando "*Unsplit*".



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

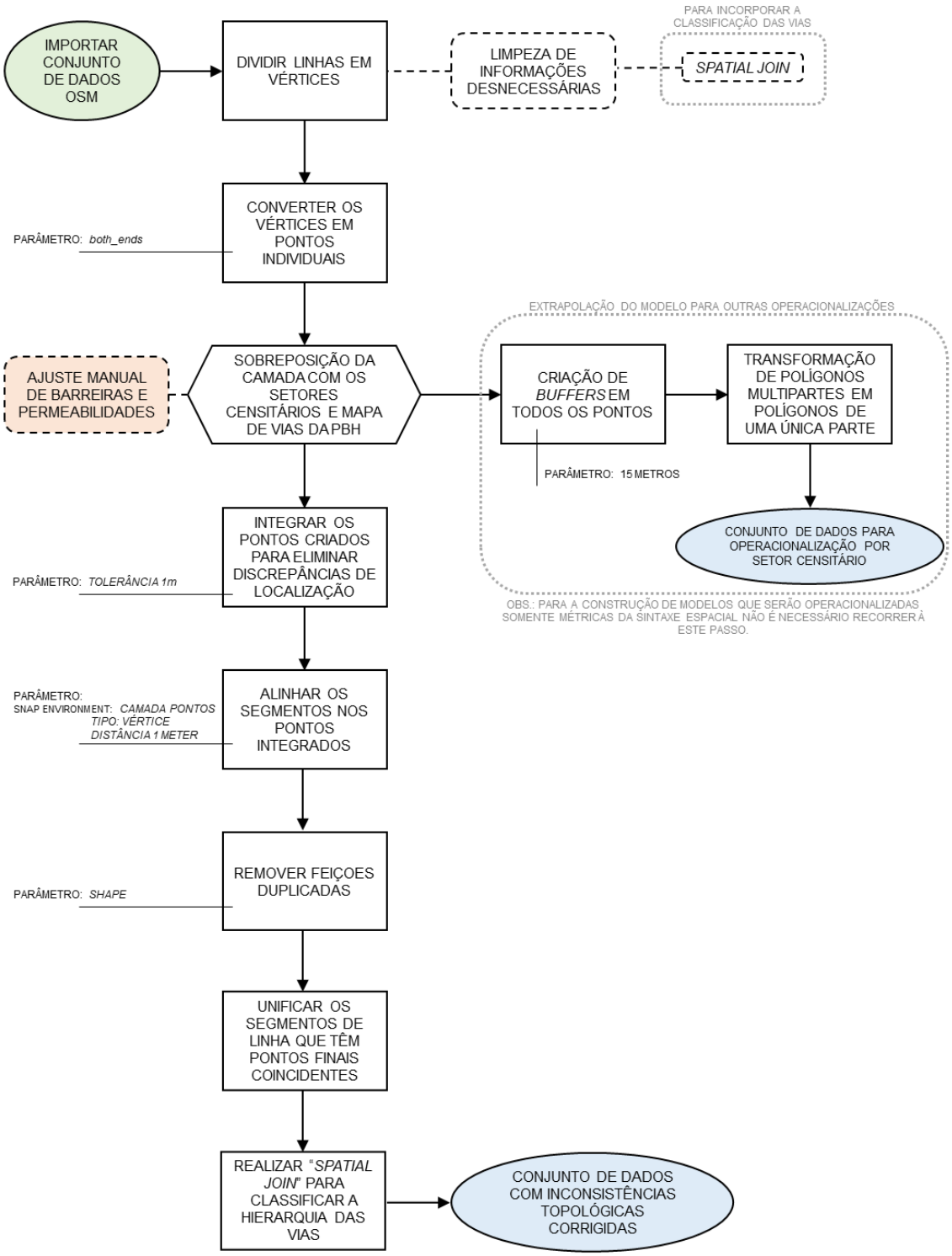
Figura 69: Resultado da aplicação do comando "*Unsplit*".

Fonte: Captura de tela pelo autor, 2024.

Finalizando a etapa de inconsistências topológicas, aplicamos novamente o comando "*Spatial Join*" para realizar a combinação de diferentes camadas com base na proximidade espacial. Ou seja, junta os pontos resultantes do ajuste com as

informações da camada de linhas. Esses processos (resumidos metodologicamente na Figura 70) resultam em um primeiro conjunto de dados com as inconsistências topológicas corrigidas, os quais serão usados para o próximo passo, proposto por Krenz (2018), relativo aos ajustes em componentes de gestão de tráfego.

Figura 70: Síntese metodológica dos processos para correções de inconsistências topológicas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024, com fundamentação em Krenz, 2017; 2018.

Dando continuidade, passamos aos ajustes na representação de detalhes de gerenciamento de tráfego e à presença de linhas duplas nos conjuntos de dados. Esses detalhes, como rotatórias e ilhas de tráfego, não apenas afetam o movimento angular, preservando a direção geral da jornada, mas também aumentam o número total de trajetos (rodovias de linhas duplas) e distorcem os resultados analíticos (KRENZ, 2017, 2018).

Para mitigar essas distorções, iniciaremos com o carregamento do conjunto de dados corrigidos topologicamente. Em seguida, utilizaremos "*Merge Divided Road*" (conforme caminho citado abaixo) para combinar os segmentos paralelos em uma única linha central. Por exemplo, as avenidas com canteiro central são representadas pelo RCL como duas linhas paralelas. Nesse caso, o processo de fusão baseia-se na classificação das vias e na proximidade entre elas.

ARCTOOLBOX > CARTOGRAPHY TOOLS > GENERALIZATION > MERGE DIVIDED ROADS

Contudo, antes de ajustarmos os parâmetros do campo de mesclagem, foi necessário gerar um novo atributo, classificando as tipologias de vias em um campo do tipo "*Long Integer*". Para essa classificação, optamos por uma expressão (Quadro 9) em linguagem *Python* para atribuir valores numéricos às categorias do campo "*Highway*" de forma automatizada.

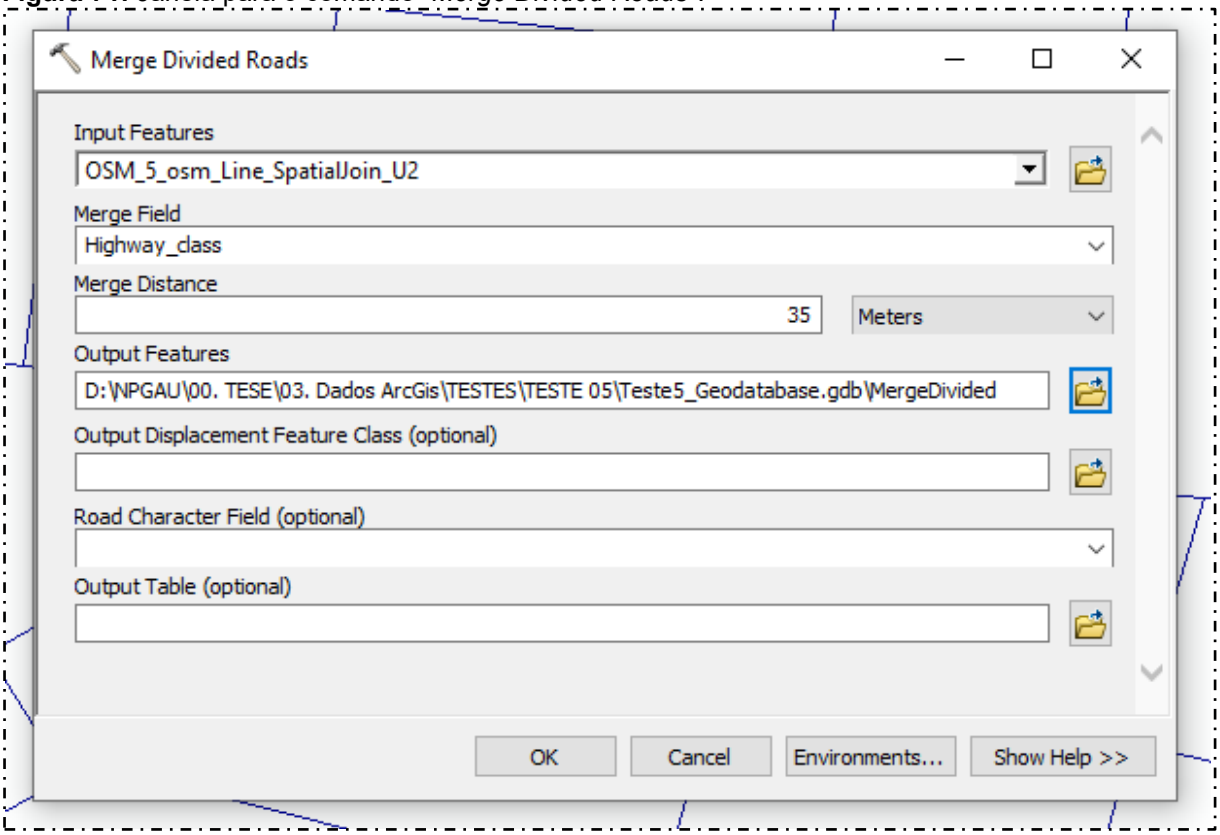
Quadro 9: Algoritmo (*Python*) para atribuir valores numéricos às categorias de vias.

```
def classify(highway):

    if highway == 'motorway':
        return 1
    elif highway == 'motorway_link':
        return 2
    elif highway == 'trunk':
        return 3
    elif highway == 'trunk_link':
        return 4
    elif highway == 'primary':
        return 5
    elif highway == 'primary_link':
        return 6
    elif highway == 'secondary':
        return 7
    elif highway == 'secondary_link':
        return 8
    elif highway == 'tertiary':
        return 9
    elif highway == 'tertiary_link':
        return 10
    elif highway == 'unclassified':
        return 11
    elif highway == 'residential':
        return 12
    elif highway == 'living_street':
        return 13
    elif highway == 'pedestrian':
        return 14
    elif highway == 'footway':
        return 15
    else:
        return 16

classify (!highway!)
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Ao aplicarmos o comando, optamos por manter os parâmetros definidos por Krenz (2018), sendo: “*Merge field*” = classificação das vias e “*Merge distance*” = 35 metros. Conforme ilustrado na Figura 71.

Figura 71: Janela para o comando “*Merge Divided Roads*”.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Logo depois, realizou-se a conferência visual de todos os segmentos que deveriam ser combinados, identificando aqueles que não foram mesclados pela automatização. Dessa forma, selecionamos esses segmentos manualmente e adotamos o comando “*Collapse Dual Lines To Centerline”*, conforme os comandos abaixo, para simplificar esses pares de segmentos em uma única linha central. Por exemplo, avenidas com canteiro central que foram representadas pelo OSM em duas linhas unidirecionais foram combinadas e representadas por uma linha bidirecional.

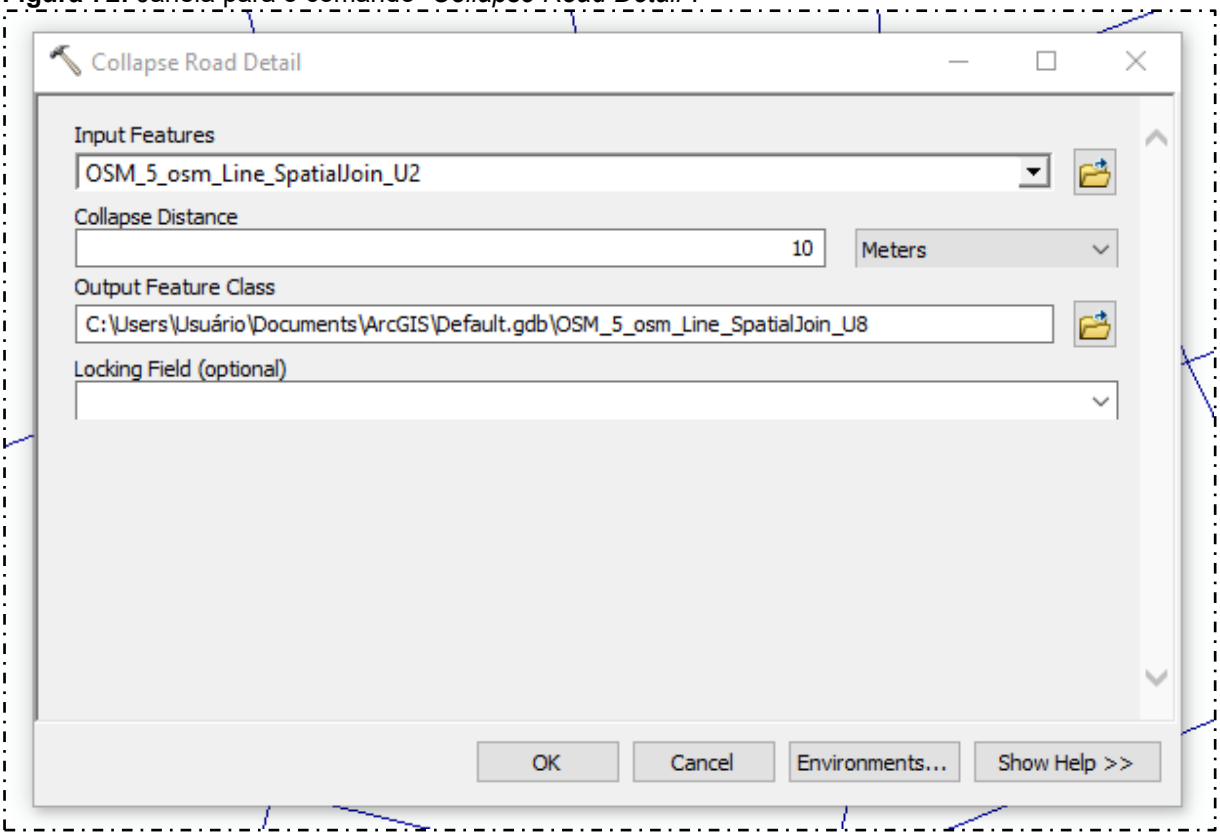
ARCTOOLBOX > CARTOGRAPHY TOOLS > GENERALIZATION > COLLAPSE DUAL LINES TO CENTERLINE

Em continuidade ao processo de concepção do modelo configuracional, utilizamos o resultado das últimas operacionalizações e prosseguimos para as remoções de detalhes viários, como rotatórias e áreas de convergência e divergência. Para isso, procedemos com três etapas metodológicas de seleção de detalhes viários para remoção, que são: a partir da camada por atributos, usando o comando "*Select Layer By Attribute*"; triagem de feições de pontos, utilizando o "*Point Feature Class*"; e baseada na densidade de nós, pela função "*Nodal Feature Density*".

Essas etapas devem ser realizadas um por vez, seguidas do comando "*Collapse Road Detail*". Nesta fase, foi configurada a distância de colapso, utilizando o parâmetro de dez metros (Figura 72). Após aplicar o comando, Krenz (2018) sugere que seja conferido o formato resultante, visto que é crucial que a camada seja do tipo "*Line*".

ARCTOOLBOX > CARTOGRAPHY TOOLS > GENERALIZATION > COLLAPSE ROAD DETAIL

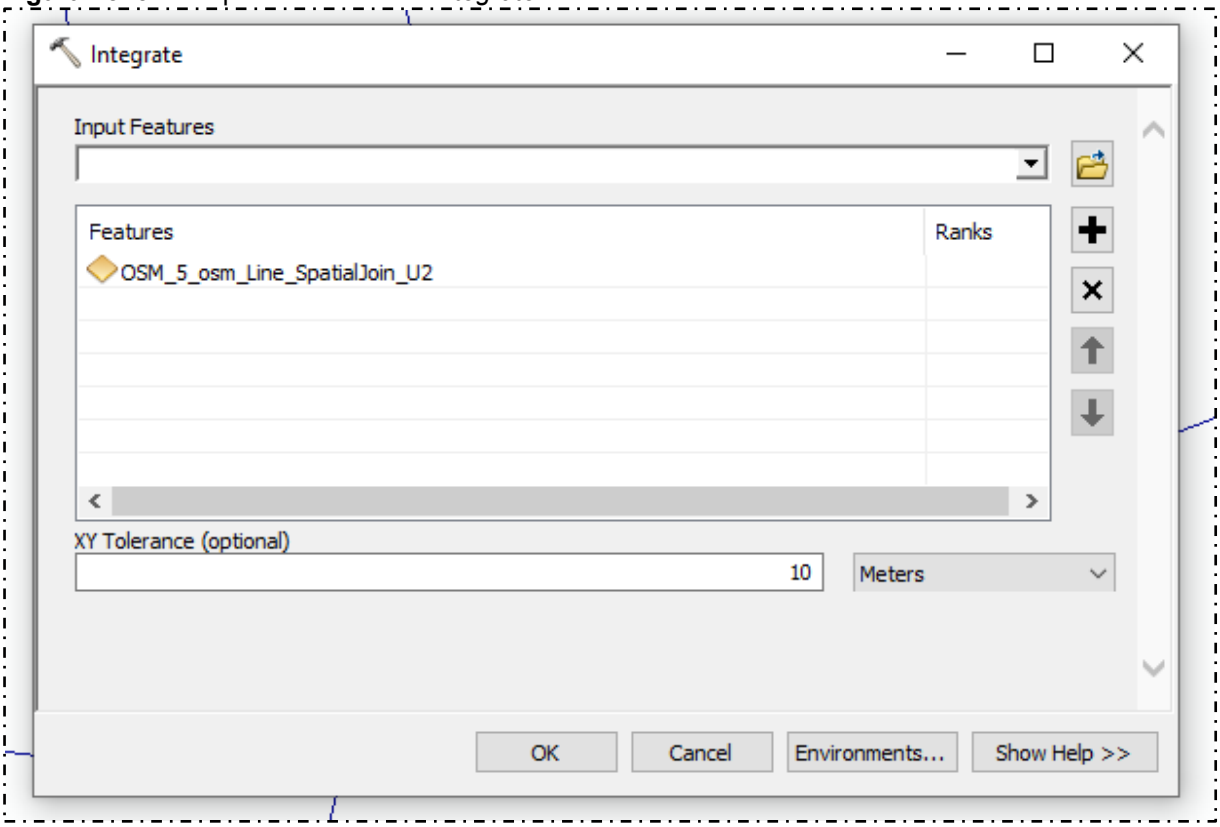
Figura 72: Janela para o comando "*Collapse Road Detail*".



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Em sequência, foi verificado visualmente todo o modelo resultante e identificados os detalhes viários que ainda permaneciam. Dessa forma, fez-se a seleção manual desses detalhes e, a partir da função "*Integrate*", foi configurada a tolerância XY (Figura 73), variando de acordo com o detalhe removido. Contudo, ressalta-se que todas as tolerâncias ficaram entre dez e quinze metros, conforme sugerido por Krenz (2018).

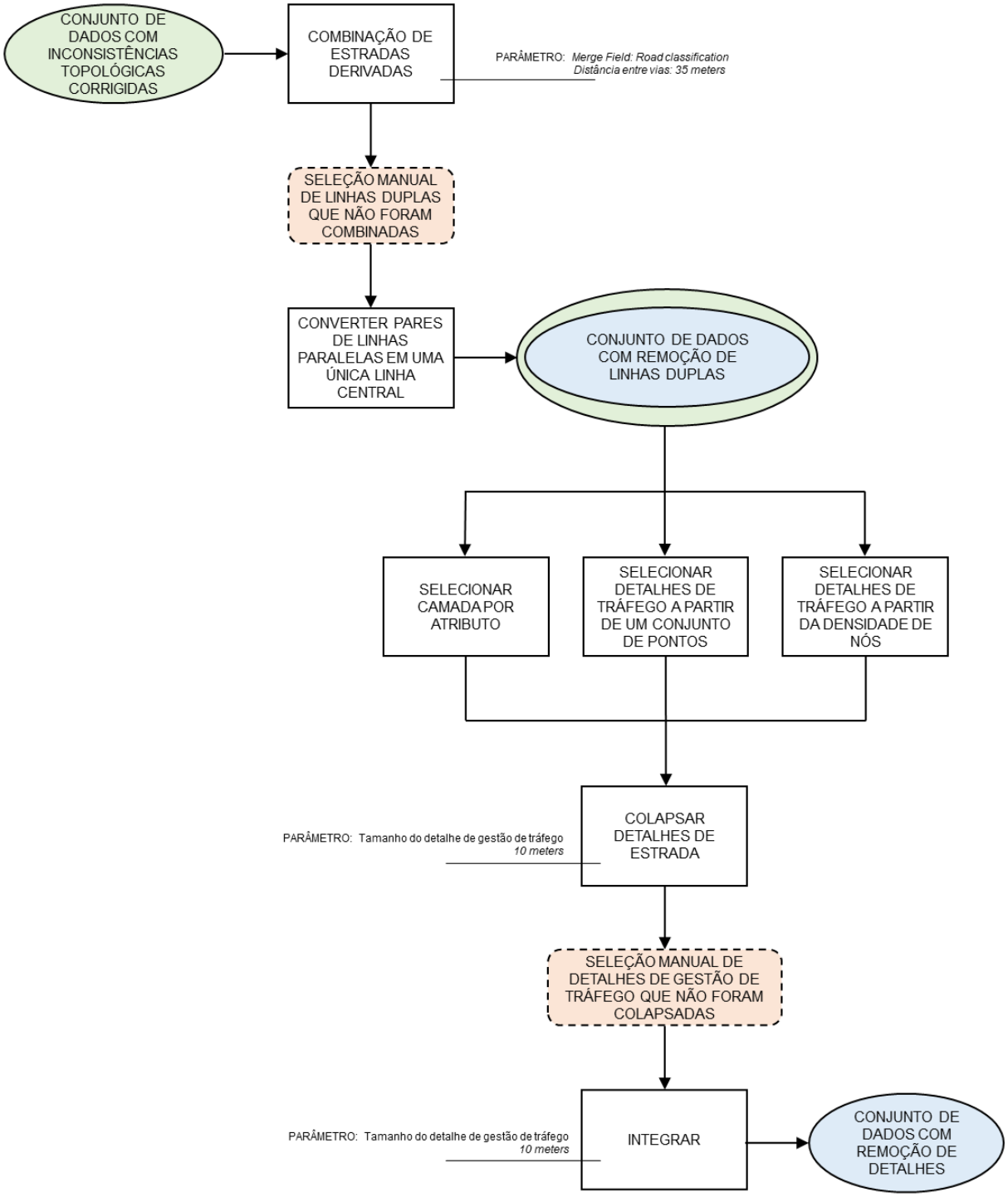
Figura 73: Janela para o comando "*Integrate*".



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Nesta etapa, destacamos que, embora o processo seja amplamente automatizado, há a necessidade de verificação e ajustes manuais, garantindo que todos os detalhes sejam corretamente tratados, o que demonstra uma fragilidade quanto à reprodutibilidade do modelo. Contudo, a documentação de passos sistemáticos assegura maior rigidez e solidez durante toda a concepção do modelo. Dessa forma, a Figura 74 ilustra a síntese metodológica dos procedimentos adotados para a remoção das inconsistências de representação: remoção de linhas duplas e detalhes viários.

Figura 74: Síntese metodológica dos processos para remoção de linhas duplas.



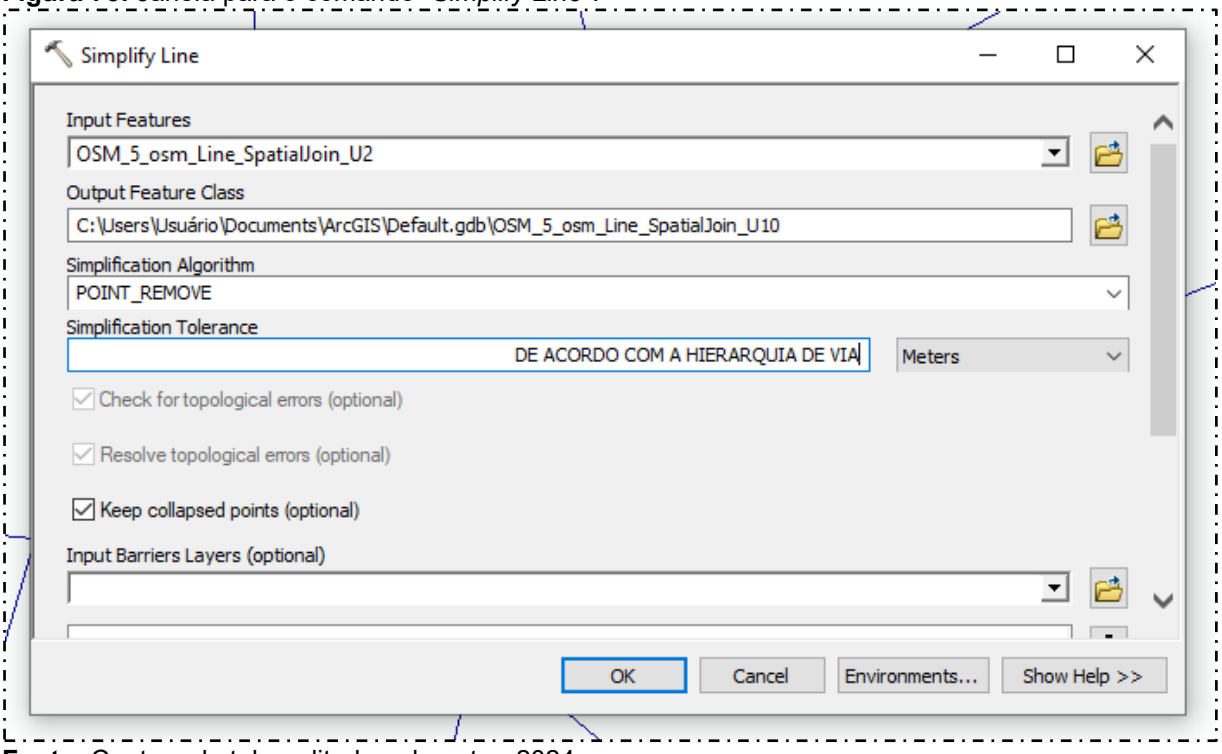
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024, com fundamentação em Krenz, 2017; 2018.

Para finalizar as etapas de construção do modelo configuracional, passamos à etapa descrita por Krenz (2017; 2018) como simplificação de linhas. No contexto da sintaxe espacial e da análise de redes, o uso de linhas de centro (*centerlines*) representam o meio da via, incluindo informações angulares excessivas que não

afetam o campo de visão, acessibilidade ou movimento (KRENZ, 2018). Dessa forma, para fins de representação e análises coerentes com a teoria, é necessária a redução e/ou remoção dos nós redundantes em um segmento. Para esse ajuste no modelo, empregamos a ferramenta "*Simplify Line*", que opera com o Algoritmo de Douglas-Peucker (DPA)[39] quando aplicada a função "*Point_Removal*". Assim, realizamos a extração da forma essencial dos segmentos, removendo os pontos excessivos com base em uma tolerância de desvio fundamentada pela classificação das vias, especialmente pelas larguras. Krenz (2018) sugere desvios variando entre dois e vinte metros, pois, quanto mais estreita a rua, menor o desvio (dois metros), e, de forma inversa, quanto maior a rua, maior o desvio (vinte metros). A Figura 75 ilustra a janela do comando para atribuição dos parâmetros.

ARCTOOLBOX > CARTOGRAPHY TOOLS > GENERALIZATION > SIMPLIFY LINE

Figura 75: Janela para o comando "*Simplify Line*".

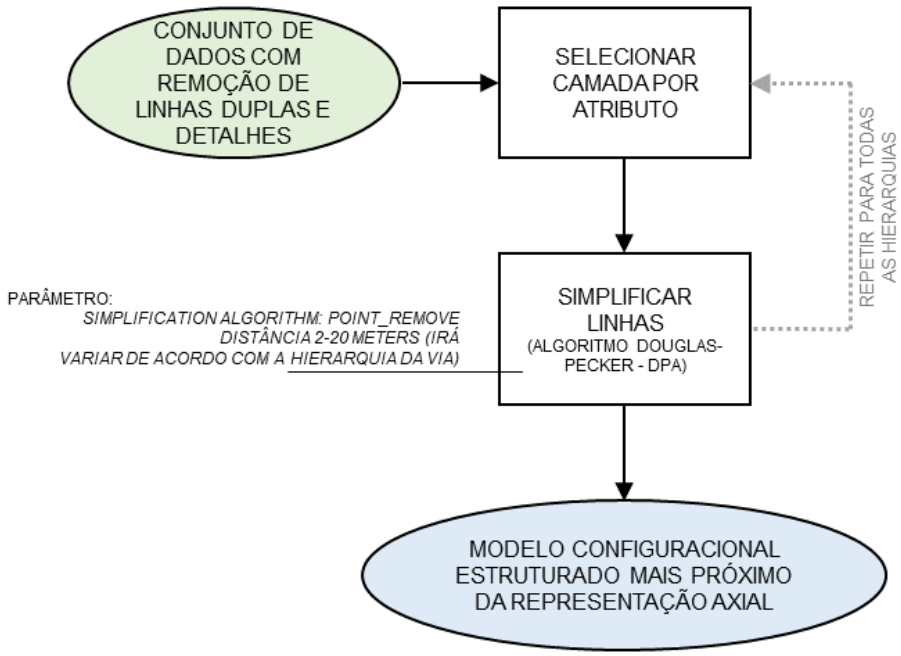


Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

[39] Método que tem por objetivo a redução do número de pontos em uma linha, mantendo sua forma geral dentro de um limite de tolerância especificado. Para mais, consultar Douglas e Peucker, (1973).

A etapa descrita corresponde a terceira e última fase delineada por Krenz (2017; 2018) na construção de um modelo configuracional simplificado. A Figura 76 apresenta a síntese metodológica desse processo, que envolve a remoção de informações excessivas e redundantes, como a eliminação de nós desnecessários.

Figura 76: Síntese metodológica de simplificação de linhas.



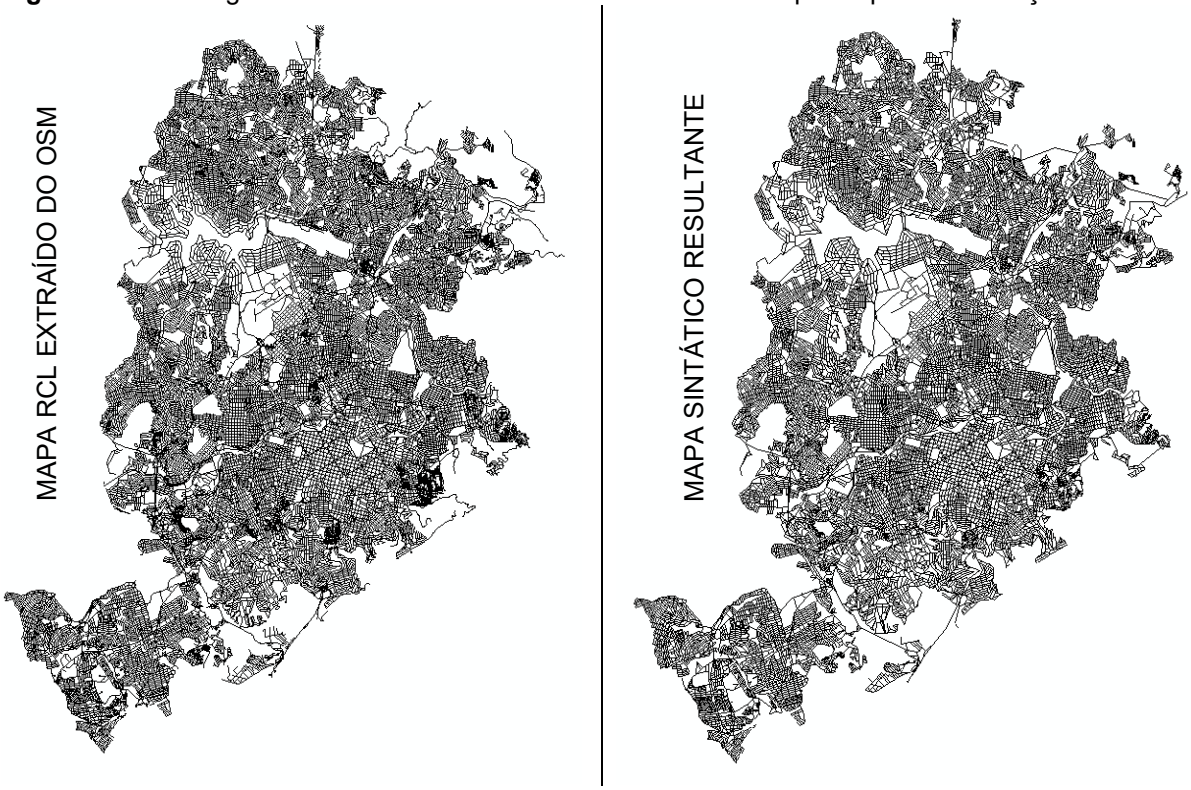
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024, com fundamentação em Krenz, 2017; 2018.

Por fim, para minimizar irregularidades insignificantes, conforme sugerido por Turner (2001, 2005, 2007), foram atribuídas ponderações específicas às mudanças de direção das vias. Mudanças de direção de até 30 graus foram ponderadas com o fator 0,25, enquanto mudanças de direção de até 60 graus receberam o fator 0,50. Essas ponderações auxiliam na criação de "semirretas" que representam de maneira mais precisa o movimento dos agentes ao longo das vias.

Em suma, o modelo foi estruturado de forma sistemática, seguindo todas as etapas mencionadas, desde o *download* de um mapa RCL no OSM. Ao integrar processos automatizados no ambiente do ArcGIS®/ArcMap™, o estudo resulta em uma representação mais próxima de um mapa axial, fundamental para as diversas

aplicações e análises propostas nesta pesquisa. O impacto dessa simplificação é ilustrado na Figura 77.

Figura 77: Vias originais RCL obtidas no OSM e vias estruturadas para operacionalização na tese.



Fonte: O autor, 2024.

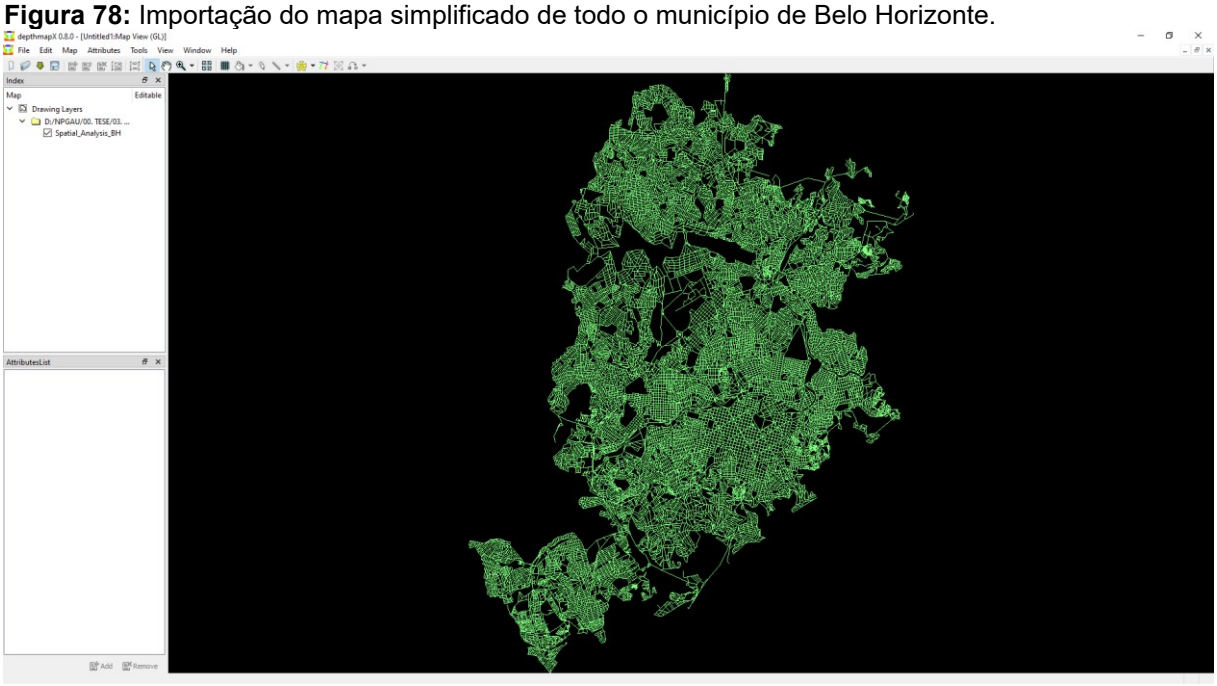
5.3 CÁLCULO DAS MÉTRICAS DA SINTAXE ESPACIAL PELO *depthMapX*

Esta seção relata os procedimentos aplicados para calcular as métricas da teoria da sintaxe espacial, utilizando o software *depthMapX,* versão 0.8.0. Foi utilizado o conjunto de dados resultante da construção do modelo configuracional, o qual foi exportado para o AutoCAD (*dwg*) e convertido para um arquivo de extensão *"dxf"*. As principais referências consultadas para essa seção foram: Castro (2016), Hillier (2008), Hillier, Yang e Turner (2012), Saboya (2016) e Turner (2001; 2004).

Iniciamos o processo selecionando FILE > NEW para iniciar um novo projeto. Para importar a base deve-se proceder para os comandos MAP > IMPORT. O resultado da importação é o que se mostra na Figura 78. Prontamente, também foi realizada a conversão da base vetorial para um mapa axial, recorrendo aos

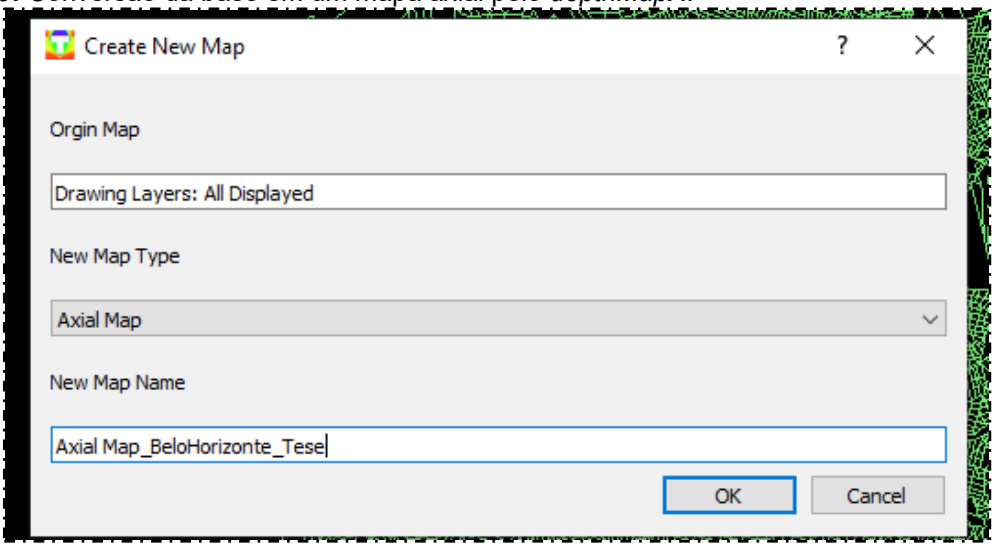
comandos MAP > CONVERT DRAWING MAP e definindo os parâmetros solicitados, conforme ilustra a Figura 79.

Figura 78: Importação do mapa simplificado de todo o município de Belo Horizonte.



Fonte: Captura de tela pelo autor, 2024.

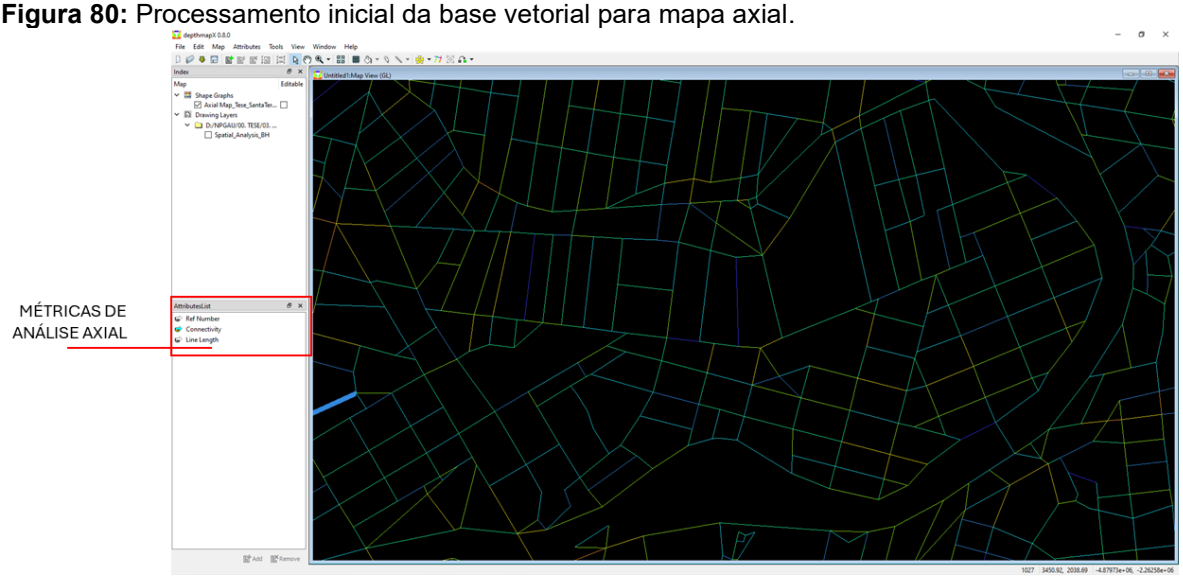
Figura 79: Conversão da base em um mapa axial pelo *depthMapX*.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Logo após o processamento, o resultado é apresentado com as medidas de conectividade, sendo que as medidas emergentes no canto inferior esquerdo da tela principal referem-se à análise axial (Figura 80).

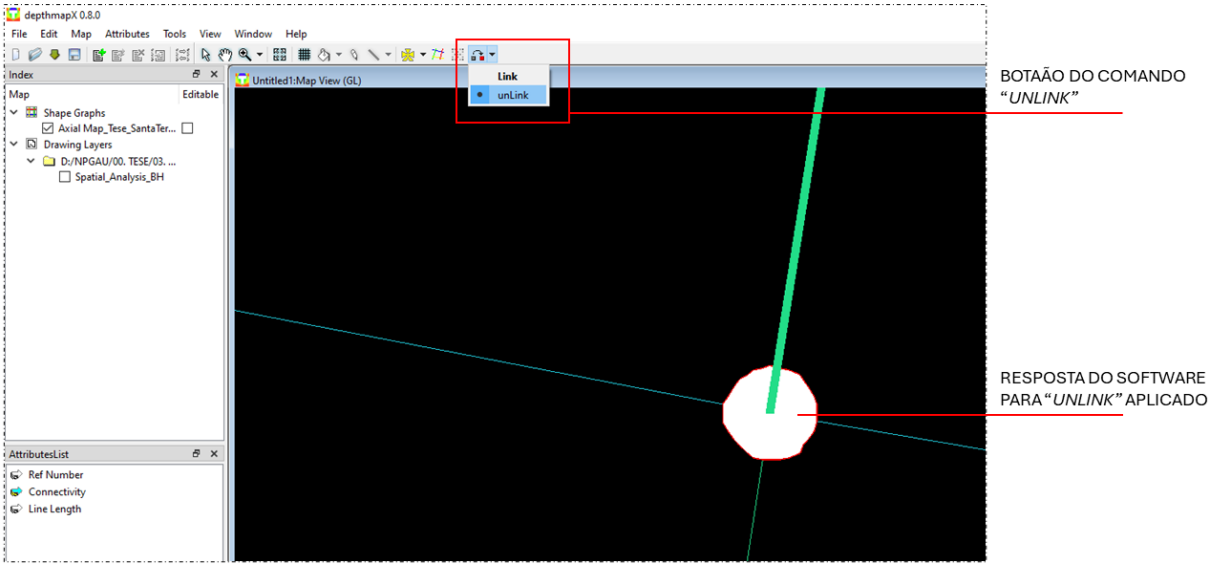
Figura 80: Processamento inicial da base vetorial para mapa axial.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Antes de converter o mapa axial em mapa de segmentos, é crucial verificar se há viadutos ou vias que aparentemente se cruzam, mas que, na realidade, não se conectam. Caso seja identificada essa condição, deve-se usar a função "*Unlink*", acessível pela barra superior da interface, selecionando os dois segmentos que não possuem conexão. Neste momento, o software responderá com uma circunferência, demonstrando que os segmentos não possuem mais vínculo (Figura 81).

Figura 81: Utilização da função "*Unlink*".

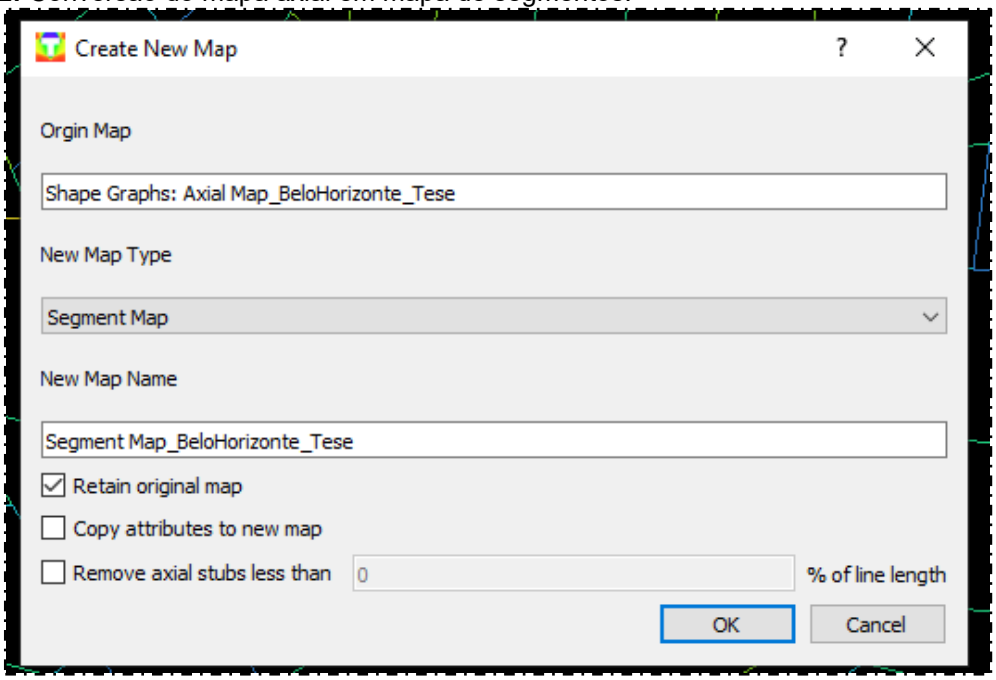


Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Após essa verificação, prosseguimos com a conversão do mapa axial em mapa de segmentos. Os comandos utilizados foram MAP > CONVERT ACTIVE MAP.

Na janela que se abriu, “*Create New Map*”, selecionamos “*Segment Map*” e deixamos a opção “*Retain original map*” ativada (Figura 82). As demais opções não são necessárias, visto que estamos trabalhando com um modelo oriundo de RCL. De todo modo, “*Copy attributes to new map*” refere-se a manter as medidas sintáticas obtidas no mapa axial, enquanto “*Remove axial stubs less than*” corresponde à remoção das extensões de linhas resultantes da construção manual de um mapa axial. Para esse campo, a literatura atual sugere valores entre 25% e 40% (CASTRO, 2016; SABOYA, 2016).

Figura 82: Conversão do mapa axial em mapa de segmentos.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

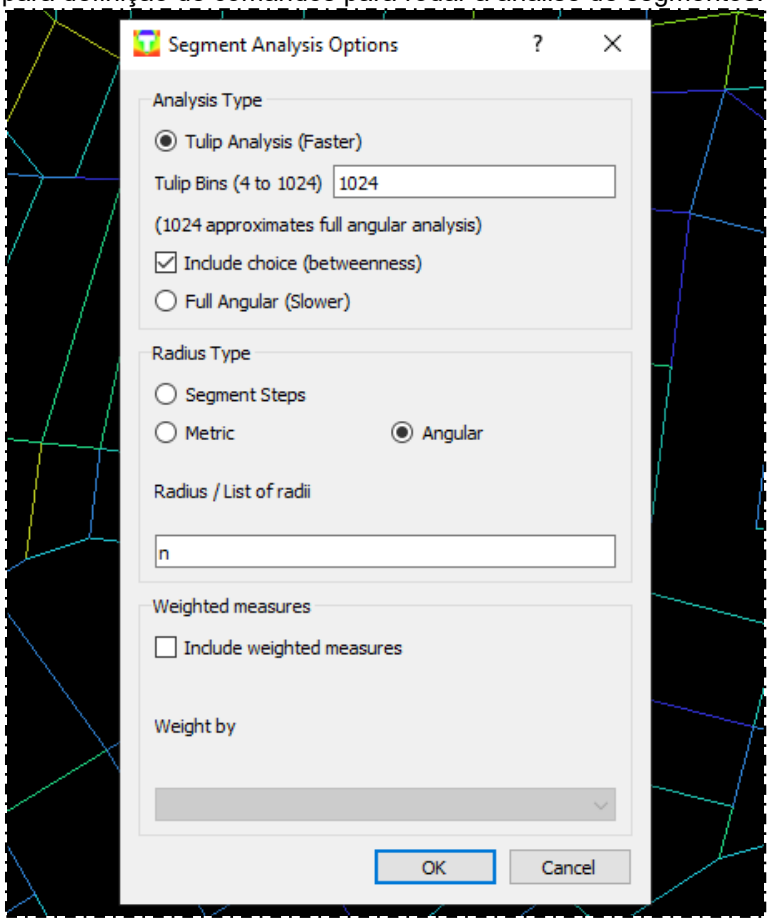
A partir do processamento, temos como resultado o mapa de segmentos, que apresenta de antemão os valores calculados para a relação de conectividade e o comprimento dos segmentos. Avançando para calcular as medidas adicionais, acessamos a ferramenta “*Run Angular Segment Analysis*”:

TOOLS > SEGMENT > GENERALIZATION > RUN ANGULAR SEGMENT ANALYSIS

Na janela que se abre (Figura 83), marcamos a opção "*Tulip Analysis (Faster)*" e mantivemos o valor padrão em "*Tulip Bins*" (1024). Selecionamos a opção "*Include Choice (Betweenness)*" para calcular o indicador de escolha e

definimos o raio como "*Angular*". Os demais campos não foram alterados. Por fim, clicamos em "*OK*" para iniciar o cálculo. Ao final do processamento, são apresentados na tabela de atributos os seguintes resultados: indicador de escolha (*Choice*), medida de integração (*Integration*), contagem de nós (*Node Count*) e profundidade total (*Total Depth*).

Figura 83: Janela para definição de comandos para rodar a análise de segmentos.

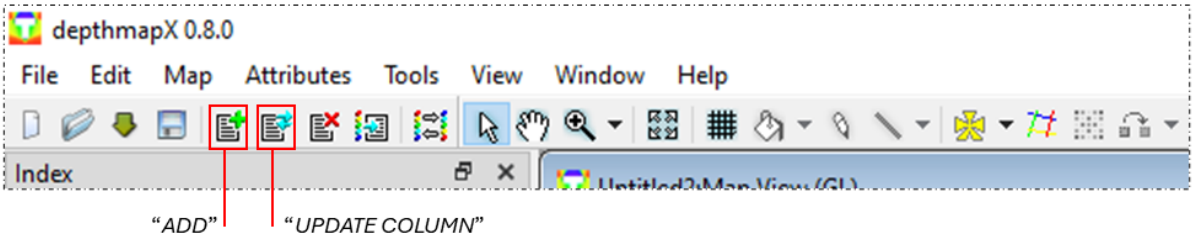


Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Também optamos por calcular as medidas normalizadas, o que possibilita comparações com diferentes sistemas urbanos, bem como a ampliação das discussões resultantes da operacionalização deste modelo. Dessa forma, para normalizar as métricas, conforme modelo proposto por Hillier, Yang e Turner (2012), clicamos em "*ADD*", na barra de ferramentas (Figura 84), e adicionamos os campos de NAIN (Medida de integração normalizada), NACH (Indicador de escolha normalizado) e INCH (combinação da medida de integração + indicador de escolha), conforme ilustra a Figura 85.

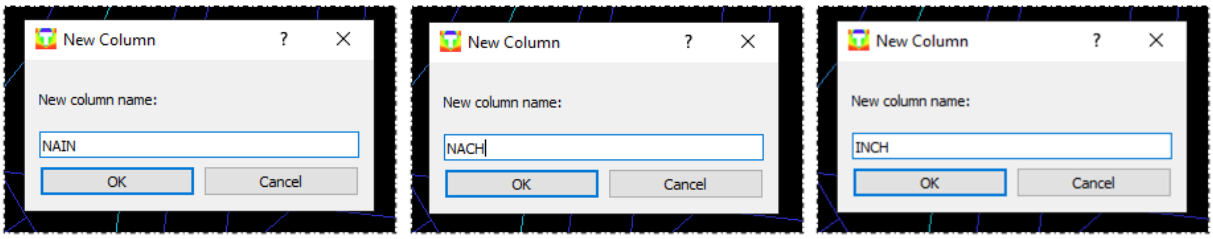
Em seguida, foi preciso adicionar as fórmulas matemáticas, em formato de *string*, para cada coluna criada. Na opção "*Update Column*" (que fica ao lado do comando "*ADD*", conforme Figura 84), acrescentamos as operações, descritas no Quadro 10, para cada atributo gerado.

Figura 84: Localização do comando "*ADD*" no *depthMapX*.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Figura 85: Adicionando os campos de NAIN (Medida de integração normalizada), NACH (Indicador de escolha normalizado) e INCH (combinação da medida de integração + indicador de escolha).



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Quadro 10: Fórmulas em *string* para cálculo das medidas NAIN, NACH e INCH.

Atributo	Fórmula
Medida de integração normalizada (**NAIN**)	value("T1024 Node Count")^1.2/(value("T1024 Total Depth")+2)
	Normaliza a medida de integração dividindo a contagem de nós elevada à potência de 1.2 pela profundidade total acrescida de 2.
Indicador de escolha normalizado (**NACH**)	log(value("T1024 Choice")+1)/log(value("T1024 Total Depth")+3))
	Normaliza o indicador de escolha utilizando logaritmos. O valor do indicador de escolha acrescido de 1 é dividido pelo logaritmo da profundidade total acrescida de 3.
Combinação da medida de integração + indicador de escolha normalizados (**INCH**)	(value("T1024 Integration"))*(log(value("T1024 Choice")+2))
	Esta fórmula combina a medida de integração com o indicador de escolha. O valor da medida de integração é multiplicado pelo logaritmo do indicador de escolha acrescido de 2.

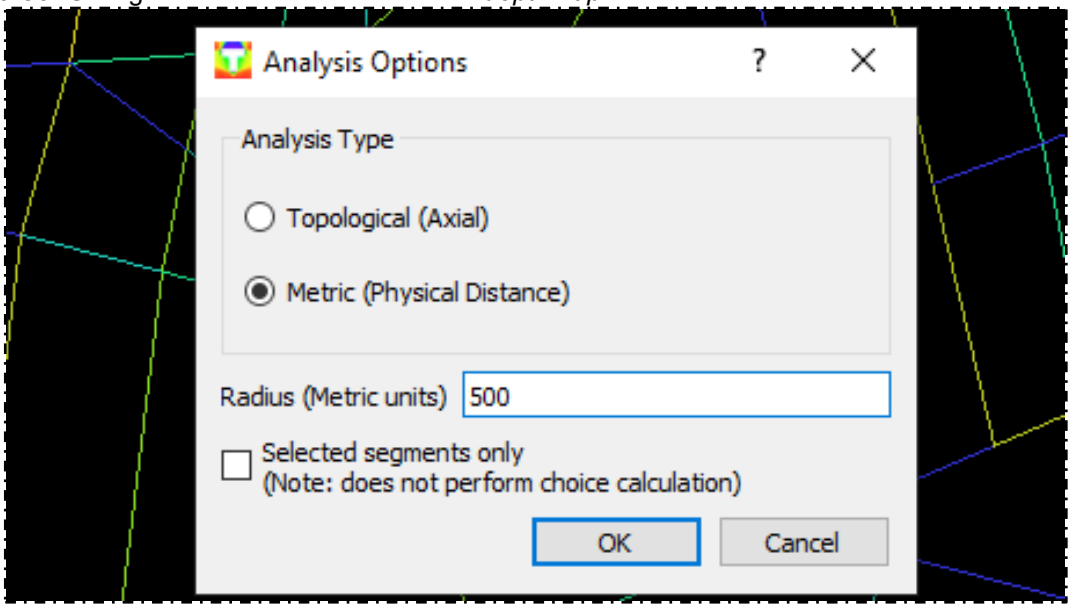
Fonte: Hillier, Yang e Turner (2012); Castro, 2016; editado pelo autor, 2024.

No *software,* também é possível realizar análises topológicas e métricas. Para isso, acessamos a função "*Run Topological or Metrical Analysis*":

TOOLS > SEGMENT > GENERALIZATION > RUN TOPOLOGICAL OR METRICAL ANALYSIS

Castro (2016) argumenta que em bases RCL, a análise topológica pode ser menos eficiente, devido ao nível de detalhamento, sendo preferível realizar análises métricas. Dessa forma, procedemos com a análise métrica, selecionando na janela de parâmetros o campo "*Metric (Physical Distance)*" e inserimos o valor do raio de quinhentos metros, conforme mostra a Figura 86.

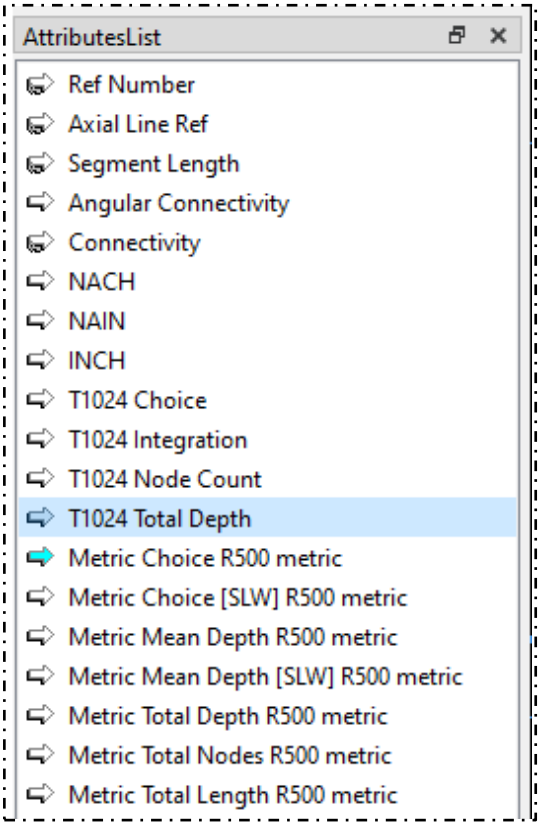
Figura 86: Configurando a Análise métrica no *depthMapX*.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

As medidas resultantes foram: indicador de escolha (*Choice*), profundidade média (*Mean depth*), profundidade total (*Total depth*), comprimento total (*Total length*) e nós totais (*Total nodes*), prefixadas com o termo "*Metric*" e sufixadas com o valor do raio escolhido, no nosso caso, R500 (Figura 87).

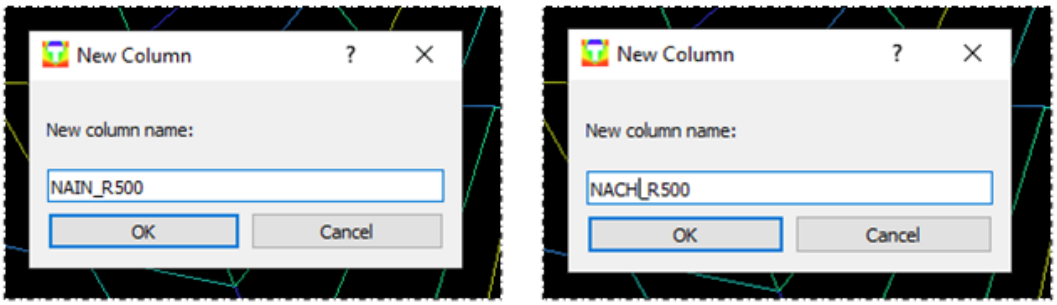
Figura 87: Análises métricas resultantes.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Para normalizar essas medidas, foi necessário seguir o mesmo procedimento adotado para a análise angular, gerando os campos de atributos (Figura 88) e inserindo as fórmulas matemáticas correspondentes. Neste caso, normalizamos a medida de integração (NAIN_R500) e o indicador de escolha (NACH_R500), conforme o Quadro 11.

Figura 88: Adicionando os campos de NAIN_R500 (Medida de integração métrica normalizada), NACH_R500 (Indicador de escolha métrico normalizado).



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Quadro 11: Fórmulas em *string* para cálculo das medidas métricas NAIN_R500, NACH_R500.

Atributo	Fórmula
Medida de integração métrica normalizada (**NAIN_R500**)	(“Metric Total Nodes R500 metric”)/value(“Metric Mean Depth R500 metric”)
	Normaliza a medida de integração métrica em um raio de 500 metros. Ela divide o total de nós métricos dentro do raio de 500 metros pela profundidade média métrica no mesmo raio.
Indicador de escolha métrico normalizado (**NACH_R500**)	log(value(“Metric Choice R500 metric”)+1)/log(value(“Metric Total Depth R500 metric”)+3))
	Normaliza o indicador de escolha métrico em um raio de 500 metros usando logaritmos. O valor do indicador de escolha métrico acrescido de 1 é dividido pelo logaritmo da profundidade total métrica acrescida de 3 dentro do raio de 500 metros.

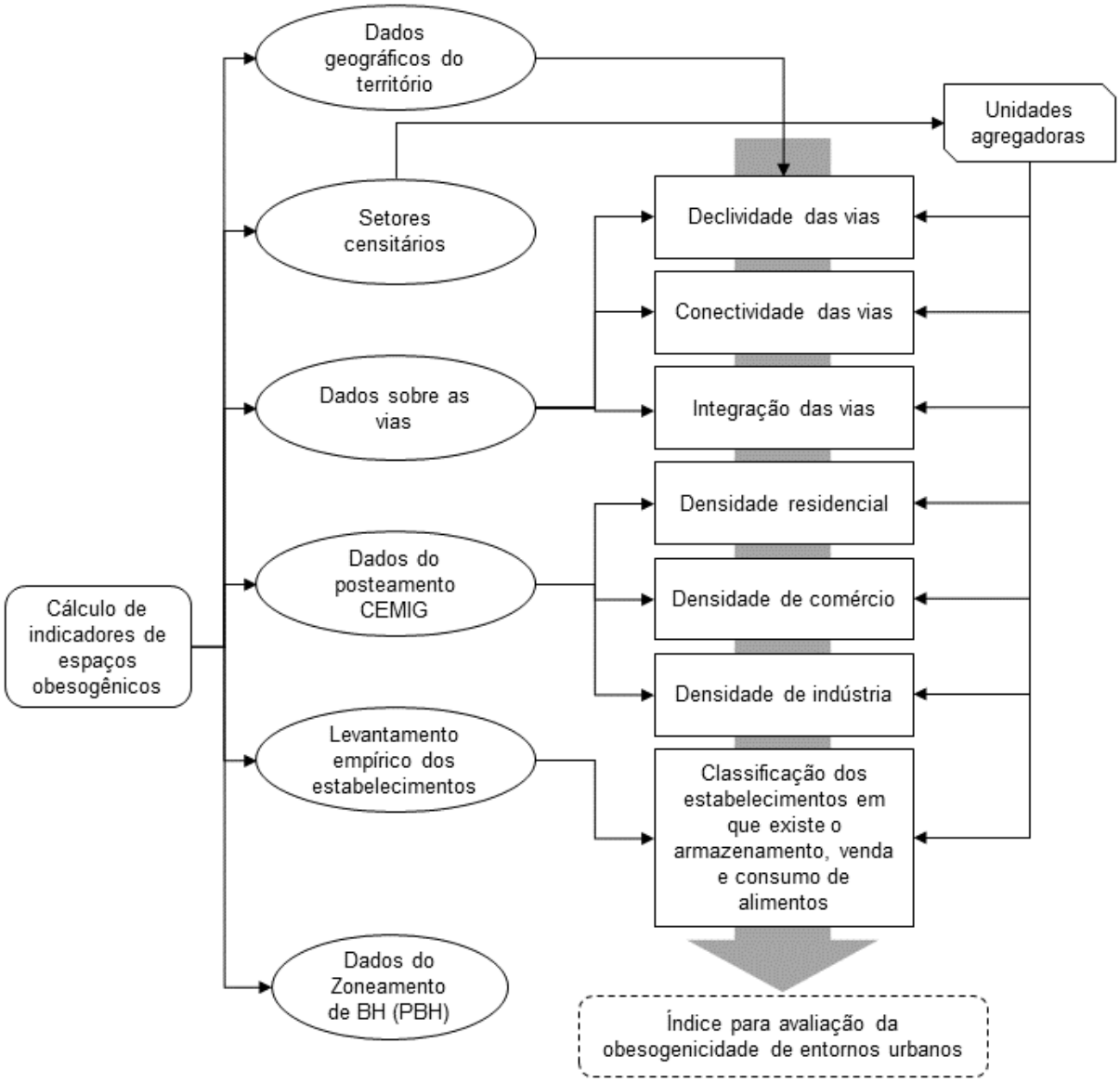
Fonte: Hillier, Yang e Turner (2012); Castro, 2016; editado pelo autor, 2024.

Por fim, as métricas calculadas foram exportadas no formato "*MapInfo File* (**.mif*)", compatível com diversos softwares SIG, incluindo o ArcGIS®/ArcMap™. Para isso, basta selecionar MAP > EXPORT > EXPORT MAP. Com esse arquivo, será feita a integração dos dados calculados com o modelo em construção para futuras operacionalizações. Dessa forma, a próxima seção descreve a inserção de informações adicionais para compor uma base de dados robusta passível de análise proposta nesta tese.

5.4 ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Conforme explicitado no capítulo 4 (METODOLOGIA), na seção 4.4 DADOS, para nossa análise, recorremos a informações de diversas fontes. Os dados do *OpenStreetMap* foram fundamentais, fornecendo informações detalhadas sobre a estrutura espacial urbana, orientando a concepção do mapa configuracional/sintático. Dados secundários complementaram e estruturaram o modelo com informações demográficas, socioeconômicas, declividade das vias, dentre outros. Também empregamos dados coletados por meio de uma técnica adaptada de auditoria em campo para obter o mapeamento atualizado e percepções sobre os estabelecimentos em que há o armazenamento, a venda e o consumo de alimentos. Dessa forma, a Figura 89 sintetiza metodologicamente a estruturação do modelo.

Figura 89: Síntese metodológica de análise espacial e estatística geoespacial



Fonte: O autor, 2023.

Como processamento inicial, submetemos os dados à uma rigorosa limpeza, formatação e preparação, conforme o Quadro 12. Esse processo envolveu a remoção de inconsistências e erros, garantindo a integridade e qualidade dos dados utilizados na análise, bem como a adequação dos dados aos requisitos do *software*, assegurando uma eficiente operacionalização na interface de análise geoespacial. Ressalta-se que, para nossa análise, utilizamos os setores censitários de 2010 como unidades agregadoras. Esses setores estavam definidos no sistema de coordenadas

SAD69 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas de 1969) na zona UTM 23S[40]. No entanto, para processar as operações propostas nesta investigação, realizamos uma modificação no sistema de coordenadas geográficas para um sistema de projeção. Assim, verificamos e convertemos todos os dados para o sistema WGS84 (*World Geodetic System* 1984), EPSG 3857. Essa transformação foi realizada por meio do comando "*Project*" disponível no *ArcToolbox*.

ARCTOOLBOX > DATA MANAGEMENT TOOLS > PROJECTIONS AND TRANSFORMATIONS > PROJECT

Quadro 12: Processo sistemático de importação e georreferenciamento dos dados no ArcMap™.

Importação	
1. Utilização da ferramenta "*Add Data*"	Abra o ArcGIS®/ArcMap™ e inicie um novo projeto (modelo).
	No menu principal, selecione a ferramenta "*Add Data*" localizada na barra de ferramentas padrão.
	Navegue até a localização dos arquivos *shapefiles* ou outras fontes de dados que você deseja importar.
	Selecione os arquivos desejados e clique em "*Add*" para importá-los ao modelo.
Georreferenciamento	
2. Verificação do sistema de coordenadas	Após a importação dos dados, é essencial garantir que todos os dados estão no mesmo sistema de coordenadas geográficas. Isso é importante para garantir que todas as camadas de dados se alinhem corretamente.
	Clique com o botão direito do mouse na camada importada no painel "*Table of Contents*" e selecione "*Properties*".
	Vá até a aba "*Source*" para verificar o sistema de coordenadas da camada. Certifique-se de que todos os dados estão usando o mesmo sistema de coordenadas geográficas. Se necessário, utilize a ferramenta "*Project*" para converter as camadas para um sistema de coordenadas comum. Definir: EPSG 3857.
Ajustes e correções	
3. Ajuste de dados desalinhados	Se encontrar dados desalinhados após a importação, utilize a ferramenta de georreferenciamento do ArcMap™, a qual permite ajustar a posição das camadas de dados para garantir que todas se alinhem corretamente.
	No menu principal, vá até "*Customize*" e selecione "*Toolbars*", depois escolha "*Georeferencing*".
	Utilize a ferramenta de georreferenciamento para ajustar manualmente os dados, criando pontos de controle e ajustando a posição da camada até que esteja corretamente alinhada com os outros dados do modelo.

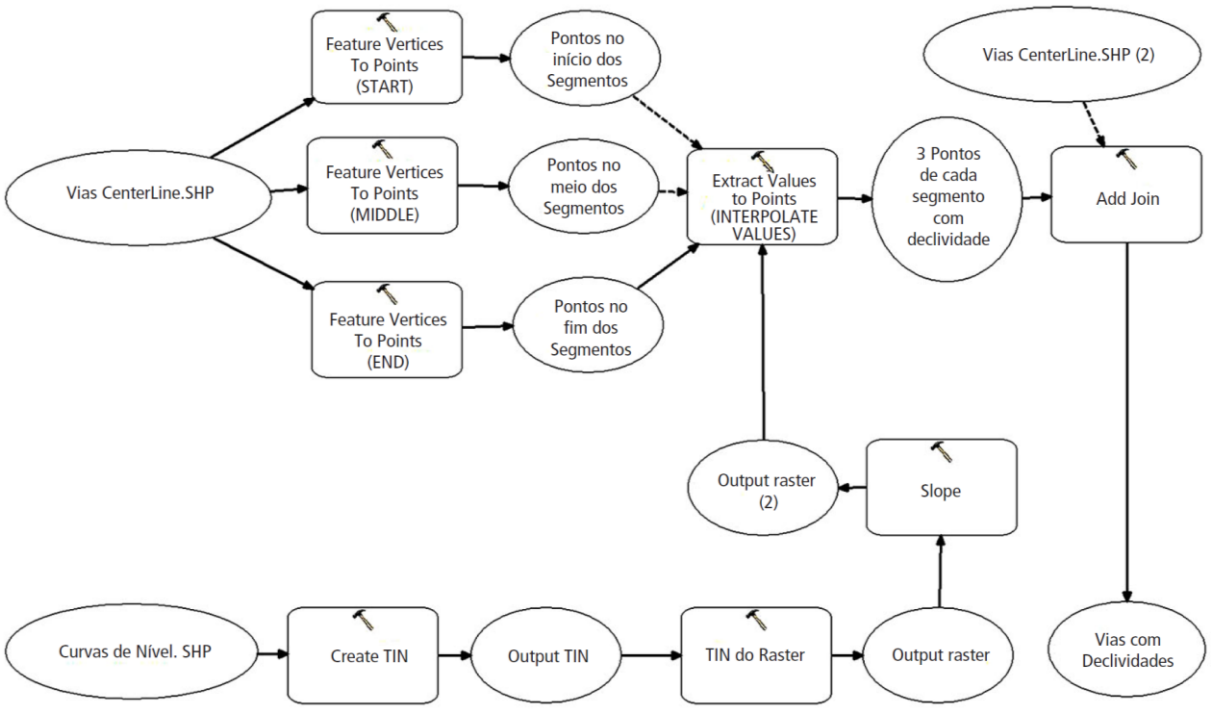
Fonte: O autor, 2024.

[40] Os dados do censo geralmente são obtidos no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000 (SIRGAS 2000). O SIRGAS 2000 é um sistema de referência geodésico adotado para padronizar e unificar as coordenadas geográficas nas Américas, proporcionando maior precisão e consistência na representação espacial dos dados (IBGE, 2010). Contudo, nossos arquivos estavam em Sistema Geodésico Sul-Americano 1969 (SAD69), pois foram cedidos pelo Laboratório de Geoprocessamento (LabGeo) da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Por conseguinte, procedemos à complementação de algumas informações do modelo, como a incorporação do tipo de cada segmento (ruas, avenidas, rodovias, becos, ruas internas a conjuntos paisagísticos), a velocidade máxima de cada segmento, bem como a declividade média de cada trecho viário.

Para o cálculo da declividade média dos segmentos, utilizamos a função matemática apresentada por Souza et al. (2016), cuja representação pode ser visualizada na Figura 90.

Figura 90: *Model Builder* ArcGis® para determinação da declividade média das vias.



Fonte: Souza et al., 2016.

Dessa forma, para a determinação da declividade média, foram necessários os seguintes passos:

- os segmentos do mapa configuracional resultante foram subdivididos em três pontos;
- utilizamos os dados das curvas de nível do município de Belo Horizonte para a criação de um mapa clinográfico[41] (ou mapa de inclinação);

[41] O mapa clinográfico apresenta como a inclinação varia em diferentes partes de uma superfície, permitindo análises do "terreno" com base nas diferenças de altitude entre pontos específicos (DIAS, 2015).

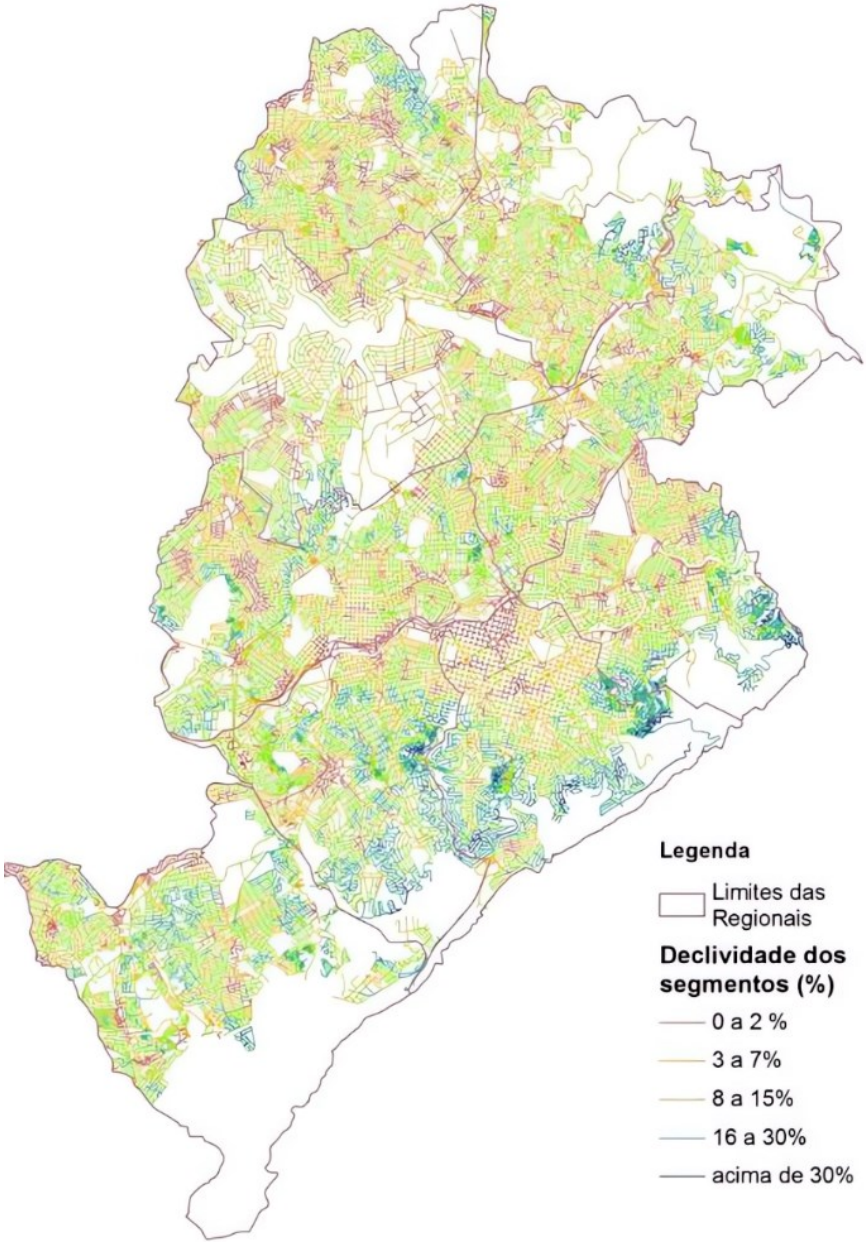
- a partir da sobreposição das camadas, calculou-se a inclinação para cada ponto dos segmentos, a partir do módulo *Network Analyst* do *ArcMap*, gerando uma tabela de atributos com essas medidas;
- realizou-se, no próprio *software*, o cálculo da média da inclinação a partir dos três pontos de cada segmento;
- as médias de declividade foram associadas à camada que continha os segmentos do modelo configuracional.

O resultado dessa operacionalização é apresentado na Figura 91. O mapa apresentado oferece uma visão da declividade média dos segmentos viários do município de Belo Horizonte, com a classificação das inclinações em diferentes faixas percentuais, indicada por uma escala de cores. As cores mais quentes, representando menores inclinações (0 a 2%), contrastam com as cores mais frias, que indicam maiores inclinações (acima de 30%). Esta visualização contribui para compreender a distribuição topográfica do município, que é notoriamente marcado por sua complexa geografia e morfologia urbana.

A partir da análise do mapa de declividade média dos segmentos viários, podemos dizer que ele nos revela uma íntima relação entre a topografia e a formação histórica e urbanística da cidade, evidenciando alguns dos conflitos entre os elementos espaciais e as formas sociais. Belo Horizonte foi planejada e construída no final do século XIX, em uma área de relevo acidentado, característica da Serra do Curral. As áreas de menor inclinação, indicadas pelas cores quentes, geralmente correspondem às regiões centrais e às áreas de expansão planejada.

Em contrapartida, as áreas de maior inclinação, mostradas pelas cores frias, estão localizadas principalmente nas periferias e regiões de ocupação mais recente, muitas vezes associadas a ocupações irregulares e assentamentos informais, destacando os desafios contemporâneos de urbanização. Essas áreas periféricas exemplificam como a topografia também se torna uma agravante das desigualdades sociais e espaciais, criando barreiras físicas que se traduzem em barreiras sociais. A falta de planejamento adequado e o déficit habitacional resultam em comunidades com acesso limitado a serviços essenciais, exacerbando a segregação socioespacial.

Figura 91: Resultado da declividade média dos segmentos de cada via de Belo Horizonte/MG.



Fonte: Arquivo pessoal do grupo de pesquisa Computação Ambiental em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Arquitetura da UFMG, 2016.

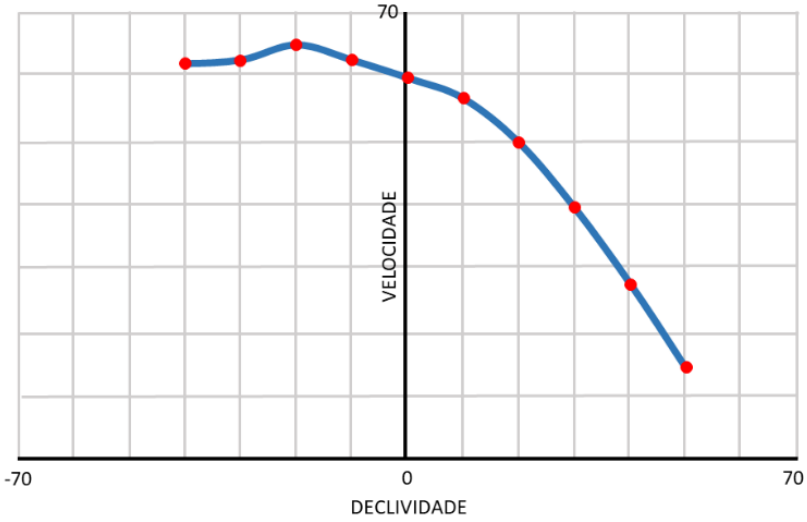
Além disso, é importante destacar que a camada com o shape das edificações foi obtida do LabGeo, Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. Essa camada teve origem no cadastro técnico Multifinalitário, sendo complementada com outras informações, especialmente as advindas do censo2010 e as coletadas pela auditoria em campo.

5.5 IMPLEMENTAÇÃO DOS DADOS DE IMPEDÂNCIA

O conceito de impedância, ou custo do esforço, refere-se à resistência encontrada pelo pedestre ao seguir um determinado trajeto (SOUZA et al., 2016). Este conceito é essencial para estudos de modelagem espacial e análise do movimento de pedestres, pois determina os custos associados aos trajetos, influenciando as escolhas dos caminhos. Diversos fatores podem contribuir para essa resistência, como a distância, aclives e declives do percurso, a sensação de segurança, a qualidade das calçadas, a temperatura, a insolação, a idade do caminhante, entre outros (DAAMEN; HOOGENDOORN; BOVY, 2005; SALVADOR; PFÜTZENREUTER; KANASHIRO, 2020). A compreensão e incorporação desses fatores são essenciais para avaliar como as características do ambiente construído afetam o comportamento do pedestre.

Para este estudo, adotamos as informações do gráfico apresentado na Figura 92, que relaciona a declividade em porcentagem (%) (eixo x) e a velocidade de caminhada em metros por minuto (eixo y). Os valores negativos referem-se à declividade em sentido descendente e os positivos em sentido ascendente. A modelagem da rede para análise do movimento de pedestres exigiu uma série de passos, que serão apresentados a seguir.

Figura 92: Velocidade e declividade no movimento de pedestres.

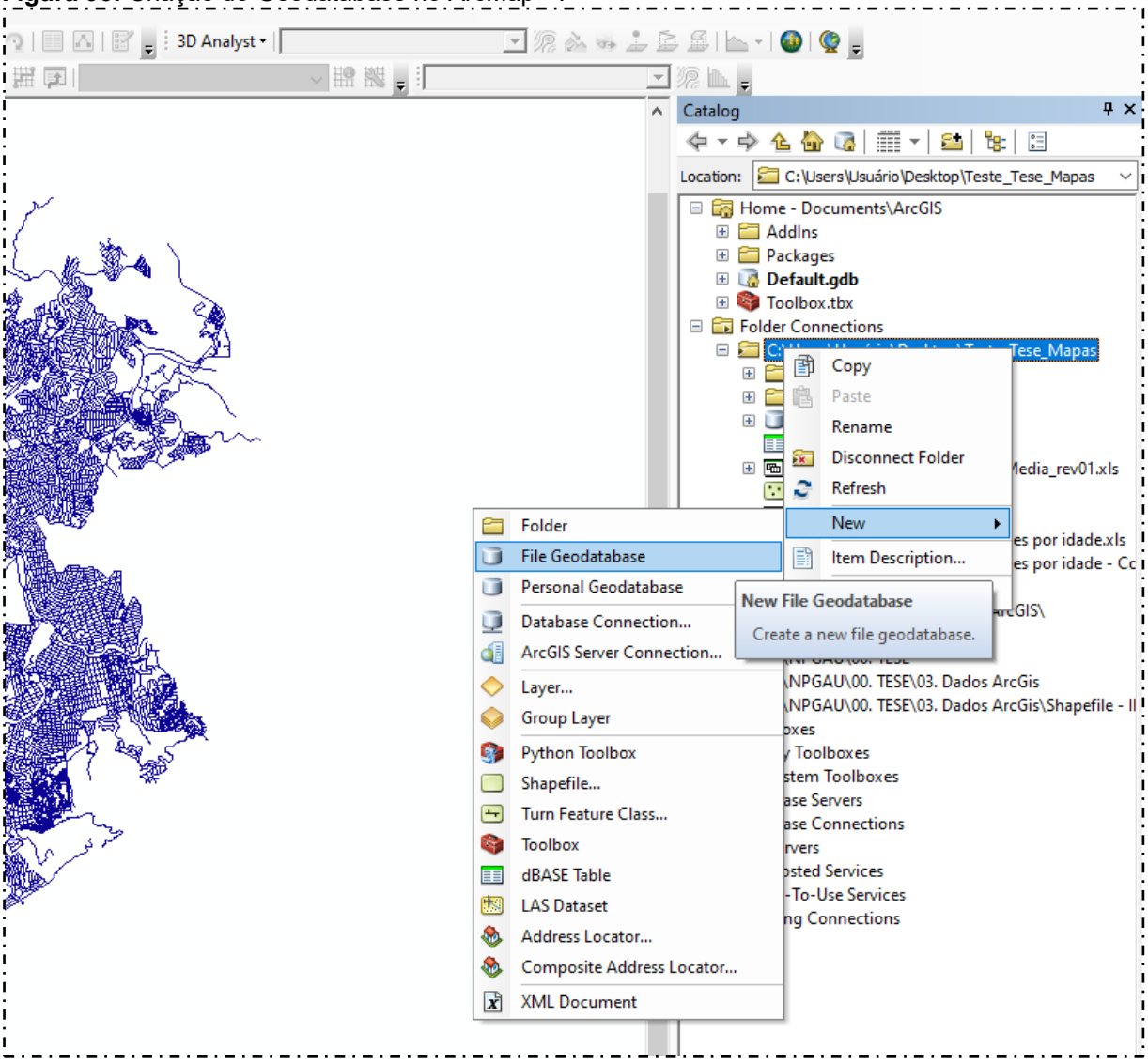


Fonte: O autor, 2023; fundamentado em Bovy, 1973.

Para a implementação dos dados de impedância no ArcGIS®/ArcMap™ utilizamos a função *Network Dataset* (ND) e especificamos seus atributos conforme

os passos a seguir. Inicialmente foi preciso criar uma *Geodatabase*. Dessa forma, selecionamos o disco de armazenamento e, clicando com o botão direito do *mouse*, fomos em "*New*" e selecionamos "*File Geodatabase*", conforme ilustra a Figura 93.

Figura 93: Criação de Geodatabase no ArcMap™.

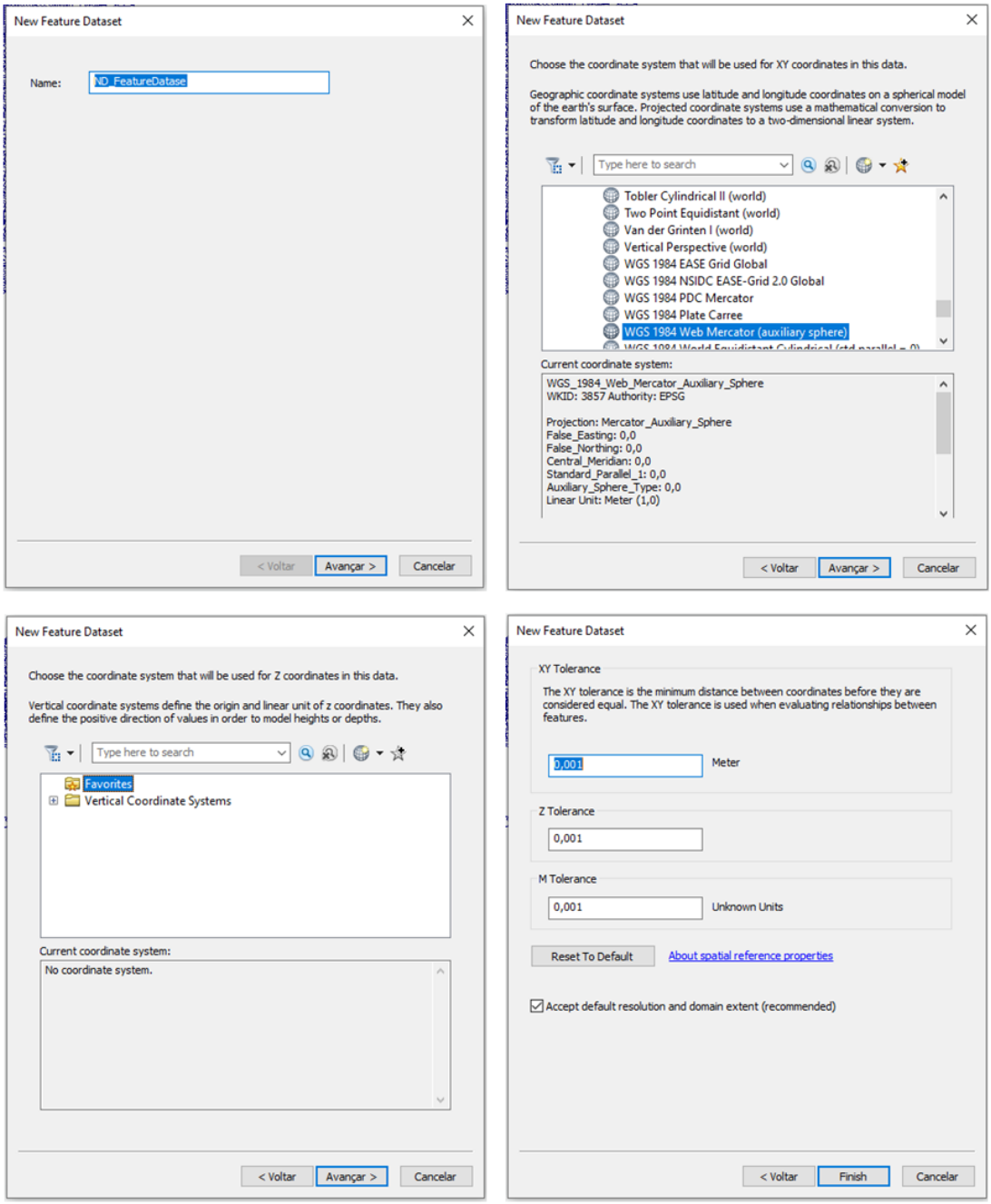


Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Em seguida, criamos uma "*New feature class*", a qual servirá para agrupar coleções de entidades geográficas que compartilham a mesma geometria, como pontos, linhas ou polígonos, e os mesmos atributos. Para isso, com o botão direito do *mouse*, clicamos sobre a *Geodatabase* e selecionamos NEW > NEW FEATURE DATASET. Após o comando, foi preciso definir uma nomenclatura para o conjunto, seguido de definição do sistema de coordenadas, certificando-se de que este esteja no mesmo sistema dos demais arquivos do modelo, no nosso caso EPSG:3857.

Para o campo de sistema de coordenadas para o eixo Z (alturas), mantivemos o "*Feature Dataset*" sem especificação, visto que estamos trabalhando com um sistema bidimensional. Por fim, definimos os níveis de tolerância, conforme a Figura 94.

Figura 94: Criação de um "*Featura Dataset*" no ArcMap™.

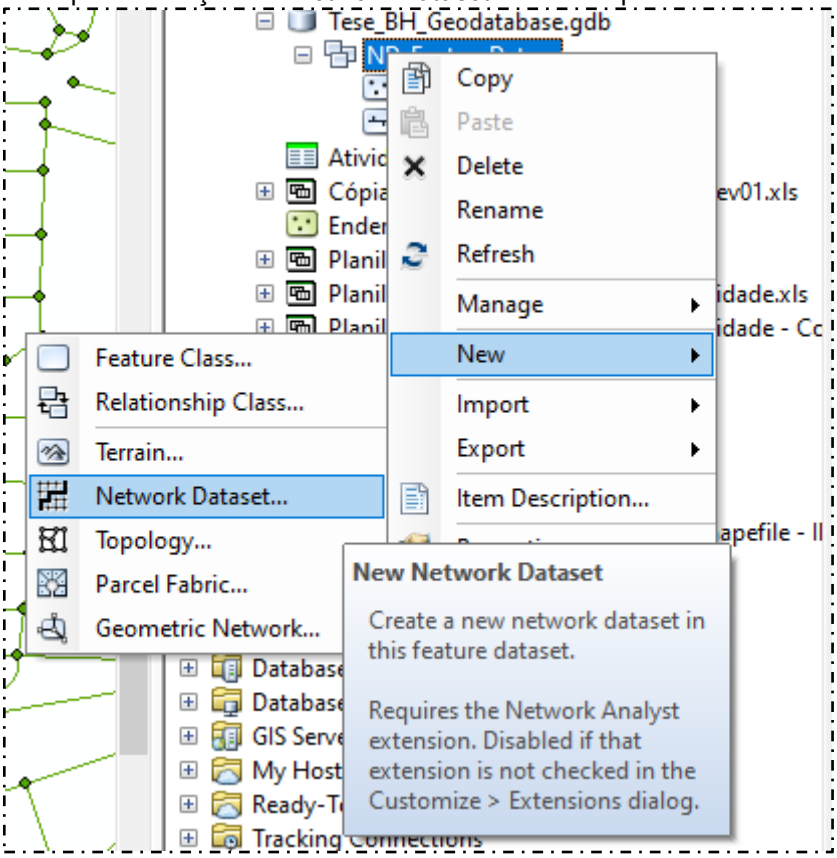


Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Continuando, importamos para dentro do "*Feature dataset*" a "*Feature Class*" que contém as vias do município de Belo Horizonte (exportadas do modelo

configuracional resultante. Consideramos importante que o *shapefile* contenha os seguintes atributos para futura operacionalização: Id; Código, Tipologia e Nome do Logradouro; Comprimento; Declividade; Velocidade Mínima e Velocidade Máxima dos Segmentos. A partir disso, prosseguimos para a criação (Figura 95) e especificação dos atributos do "*Network Dataset*" (ND), no qual incluiremos o tempo de caminhada como um fator de impedância.

Figura 95: Comando para a criação de "*Network Dataset*" no ArcMap™.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Na janela que se abre, nomeamos e escolhemos a versão 10.1 para o ND. Prontamente, determinamos as feições (vias e junções) para incorporá-las ao ND. O campo seguinte, "*Do you want to model turns in this network?"*, refere-se à opção de incluir ou não a modelagem de curvas. Isto é, considerar as regras e restrições associadas a mudanças de direção nas interseções, como proibições de conversão à esquerda, curvas permitidas somente à direita, ou restrições de tempo para certos tipos de conversões. Como estamos trabalhando com a modalidade de pedestre, marcamos a opção "Não". Posteriormente, definimos os atributos de conectividade, sendo "*End Point*" para vias. Quanto ao campo "*How would you like to model the*

elevation of your network features?", optamos por “não”, pois não estamos trabalhando com modelo tridimensional.

Seguidamente, adentramos no principal aspecto da criação de um ND, “*Specify the attributes for the network dataset*”. Este campo é crucial para definir os atributos que irão calcular e analisar diferentes aspectos do custo do esforço (impedância). O ND considera direções "*from-to*" e "*to-from*" para os segmentos das vias, o que é essencial para análises que envolvem veículos, pois permite levar em conta as direções permitidas em cada via. No entanto, em nosso modelo, que se concentra no movimento de pedestres, utilizamos a abordagem baseada nos dados apresentados na Figura 92.

Para o cálculo do tempo (t) de deslocamento de pedestres, consideramos a bidirecionalidade *from-to* e *to-from* para cada segmento da rede estudada. O cálculo é então realizado com base na associação dos dados de distância, na velocidade média dos pedestres e na declividade média dos segmentos, a partir de uma programação em *VBScript*, conforme o Quadro 13. Já para a configuração do atributo distância, foi preciso apenas determinar a variável em metros, utilizando o atributo comprimento do segmento como parâmetro de operacionalização. Isso permitiu que o sistema computacional estudasse as escolhas de trajetos mais econômicos, ou seja, de menor impedância de tempo e declividade.

Quadro 13: VBscript utilizado para o movimento de pedestres.

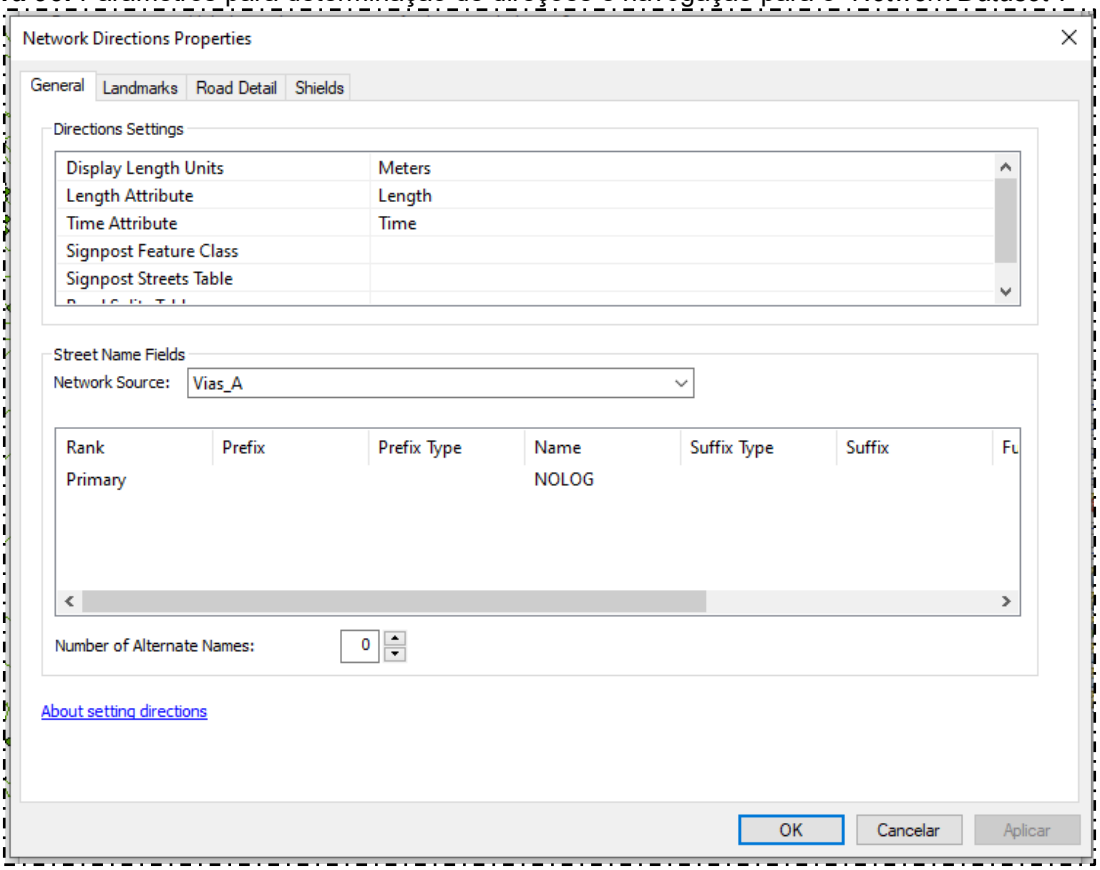
```
Dim t, sentido

If [Inicio] < [Fim] Then
   sentido = "sobe"
   If [Declividad] = 0 Then
      t = [Shape_Length] / 60
   ElseIf [Declividad] > 0 And [Declividad] <= 10 Then
      t = [Shape_Length] / 60
   ElseIf [Declividad] > 10 And [Declividad] <= 20 Then
      t = [Shape_Length] / 50
   ElseIf [Declividad] > 20 And [Declividad] <= 30 Then
      t = [Shape_Length] / 40
   ElseIf [Declividad] > 30 And [Declividad] <= 40 Then
      t = [Shape_Length] / 28
   ElseIf [Declividad] > 40 And [Declividad] <= 50 Then
      t = [Shape_Length] / 15
   End If
Else
   sentido = "desce"
   If [Declividad] > 0 And [Declividad] <= 10 Then
      t = [Shape_Length] / 60
   ElseIf [Declividad] > 10 And [Declividad] <= 20 Then
      t = [Shape_Length] / 65
   ElseIf [Declividad] > 20 And [Declividad] <= 30 Then
      t = [Shape_Length] / 63
   ElseIf [Declividad] > 30 And [Declividad] <= 40 Then
      t = [Shape_Length] / 61
   End If
End If
```

Fonte: O autor, 2022.

Em estudos que busquem analisar a impedância de veículos, a tabela de segmentos viários deve incluir outros dados, como sentido das vias, declividade, largura da via, velocidade máxima permitida, tipologia (SOUZA, et al., 2016). Como o estudo de viagens de automóveis não faz parte do escopo desta investigação, esses dados não foram inseridos no modelo, mas destaca-se a possibilidade de aplicar outras abordagens investigativas a partir da construção de um ND específico. Souza et al. (2016) comentam que, em determinadas cidades, esses dados podem ser obtidos em tempo real, como é o caso de Londres e Paris, em que as instituições responsáveis pelo controle de trânsito disponibilizam esse banco de dados.

O campo "*Do you want to establish driving directions settings for this network dataset*?" é destinado a análises que exigem direções específicas e navegação detalhada. Embora nossa análise não necessite desses atributos, optamos por defini-los, configurando metros como unidade de medida e ranqueando os resultados com base no nome da via, conforme indicado na tabela de atributos. A configuração deste campo pode ser conferida na Figura 96.

Figura 96: Parâmetros para determinação de direções e navegação para o "*Network Dataset*".

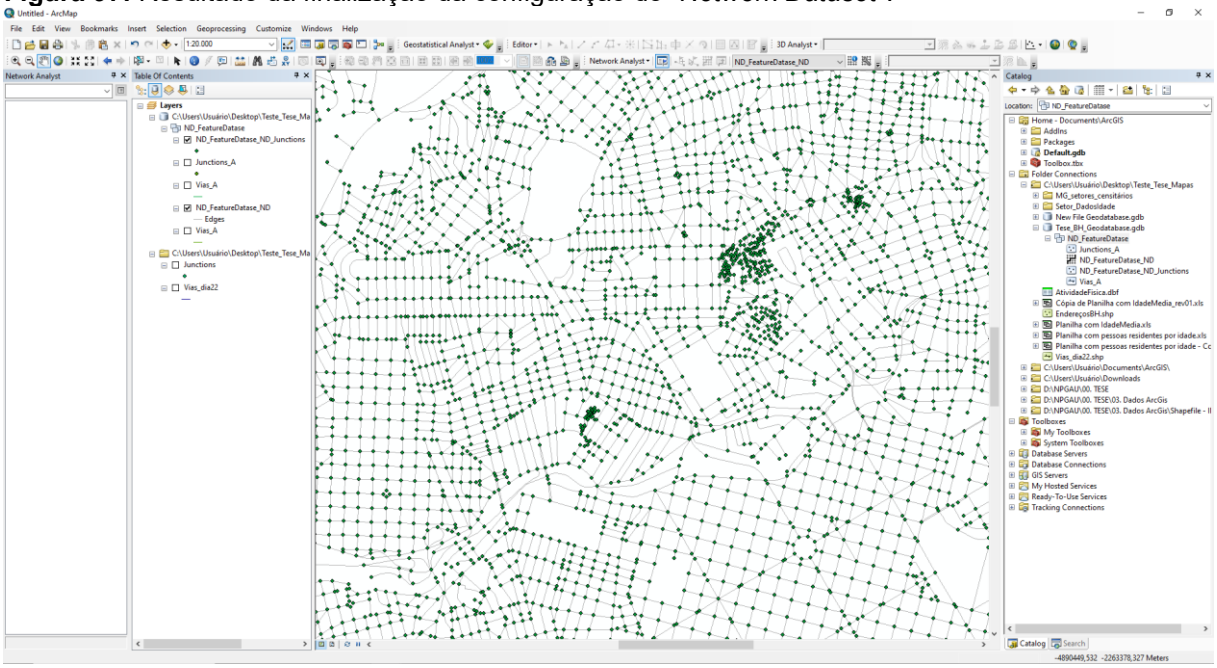


Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Por fim, assinalamos o campo "*Build service area index*", que está relacionado à configuração e ao cálculo das áreas servidas da rede. Essa função será essencial para nossas análises, visto que recorremos a uma etapa metodológica na qual dividimos o espaço em zonas baseadas no tempo de deslocamento do pedestre até os pontos de interesse, conforme será detalhado na seção 5.7.2, "Incorporação dos cenários ao modelo".

A partir disso, o *software* direciona para uma tela que contém um resumo de toda a programação atribuída à criação do *Network Dataset* e, após a finalização da função, o resultado é o que se mostra na Figura 97, na qual, além das vias, são demarcadas todas as junções (esquinas).

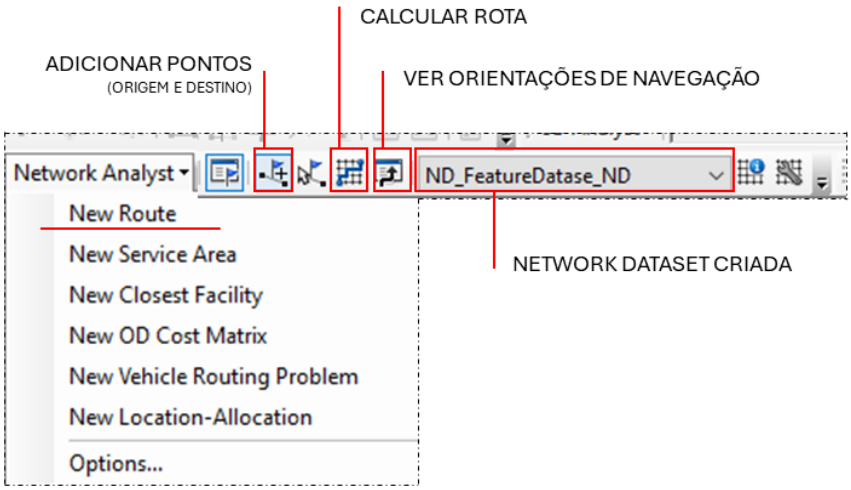
Figura 97: Resultado da finalização da configuração do "*Network Dataset*".



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

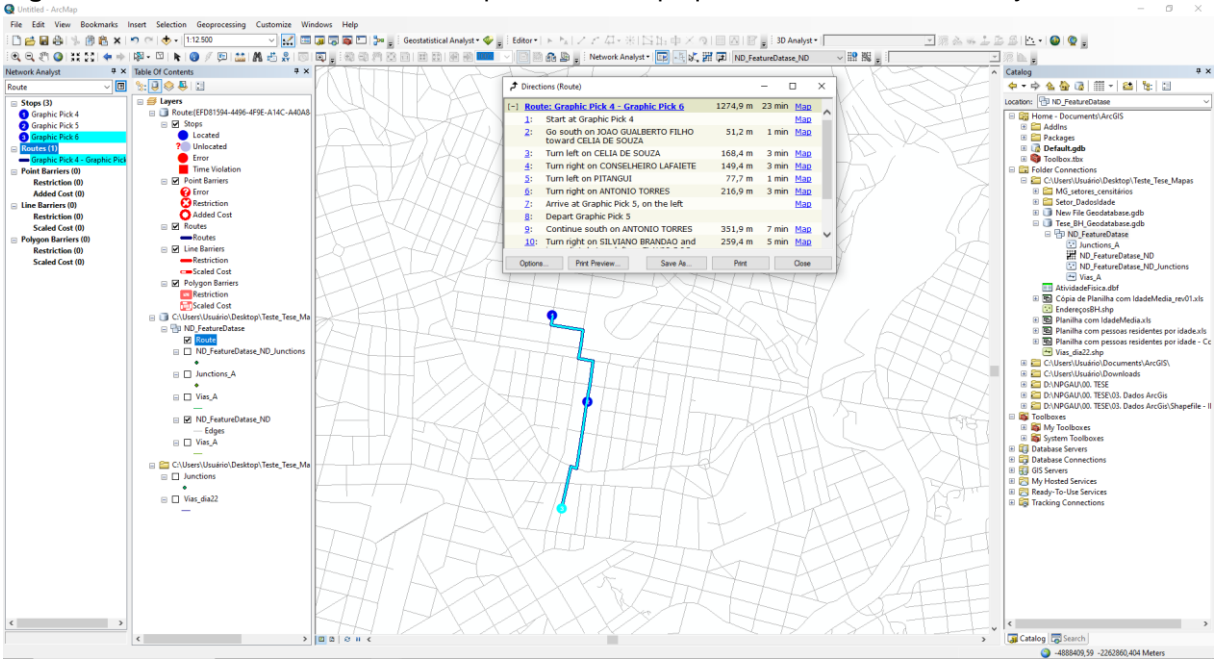
Para testar a funcionalidade do ND, realizamos um experimento utilizando o módulo "*Network Analyst*" no ArcMap™. Para iniciar o teste, selecionamos a opção "*New Route*" e escolhemos três pontos aleatórios na malha urbana, a partir dos comandos presentes na interface (Figura 98). O procedimento envolveu os seguintes passos: selecionar "*New Route*"; escolha dos pontos (os pontos devem ser inseridos na malha viária e não no meio das quadras); operacionalização da rota; visualização dos resultados (conforme Figura 99).

Figura 98: Interface do módulo "*Network Analyst*".



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

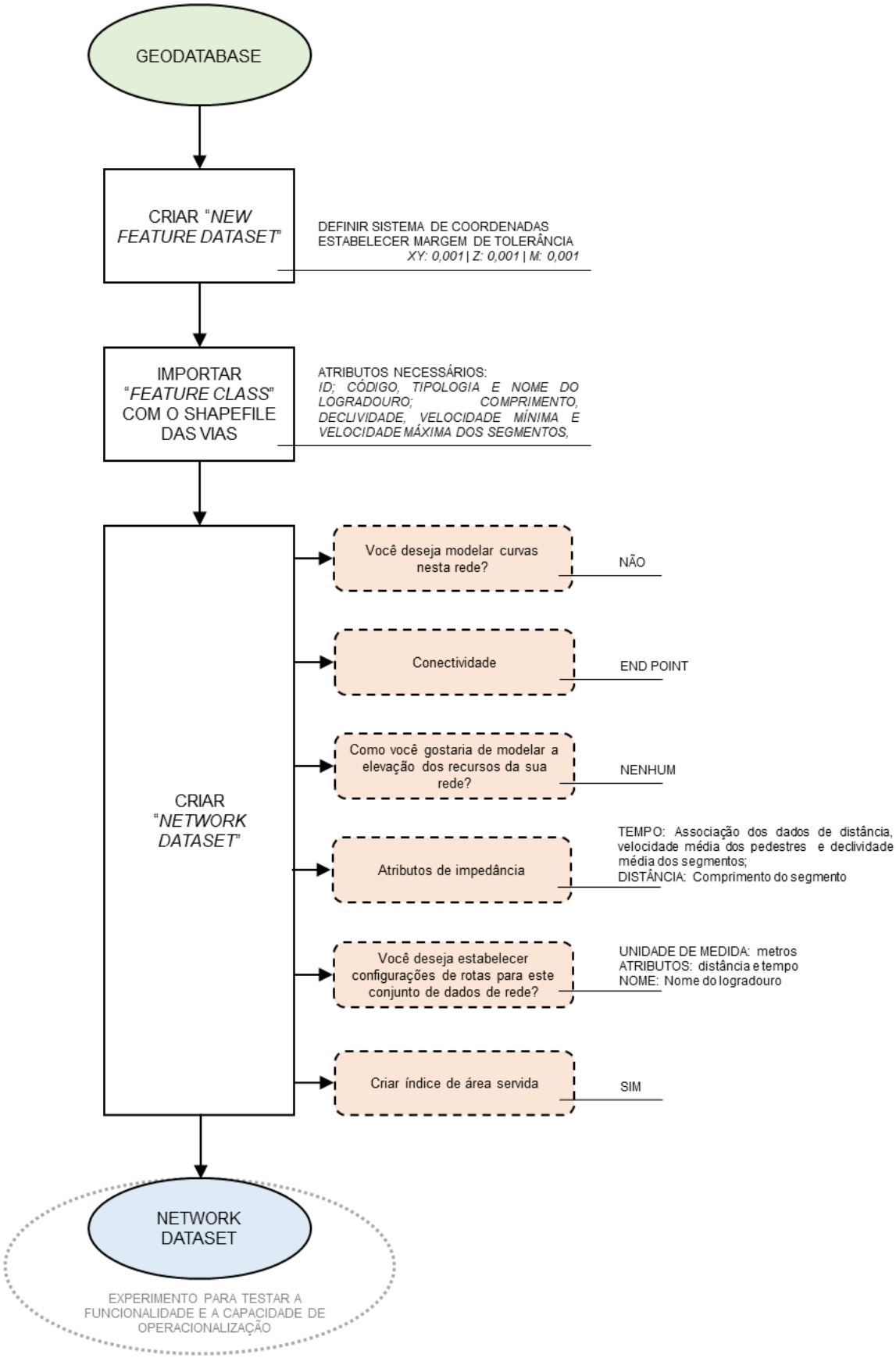
Figura 99: Resultado do cálculo de rota por menor tempo pelo módulo "*Network Analyst*".



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Este experimento confirmou a funcionalidade e a capacidade de gerar rotas a partir dos pontos selecionados e dos atributos configurados, demonstrando que o ND está configurado corretamente e pode ser utilizado para análises mais complexas. Para finalizar esta seção, apresentamos, na Figura 100, a síntese metodológica dos procedimentos que foram utilizados para a criação do *Network Dataset*.

Figura 100: Síntese metodológica para a construção do *Network Dataset*.

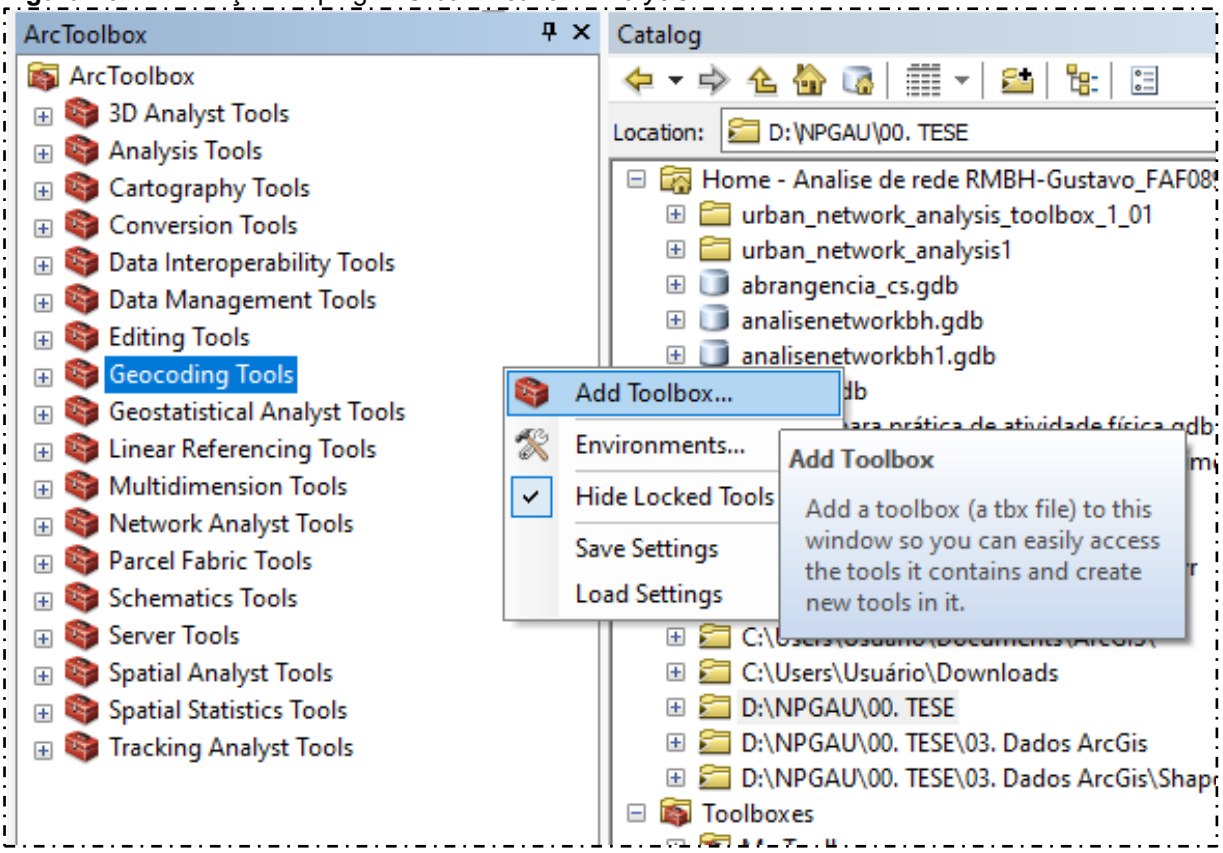


Fonte: O autor, 2024.

5.6 CÁLCULO DA CENTRALIDADE POR ATRAÇÃO PELO *PLUGIN* "*URBAN NETWORK ANALYSIS*"

Para o cálculo da centralidade por atração, foi necessário realizar o *download*[42] do *plugin* "*Urban Network Analysis*"[43] (UNA) e instalá-lo no ArcMap™/ArcGIS®, conforme a Figura 101.

Figura 101: Instalação do plugin "*Urban Network Analysis*".



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Após a instalação, a interface é aquela apresentada na Figura 102. A ferramenta requer como entrada (*Input*) arquivos de *shapefile* representando os polígonos ou pontos que marcam as localizações dos edifícios ou seus centroides. Esses edifícios servem como nós fundamentais para a análise de rede, em que os dados da tabela de atributos vinculados à camada são essenciais. Dessa forma,

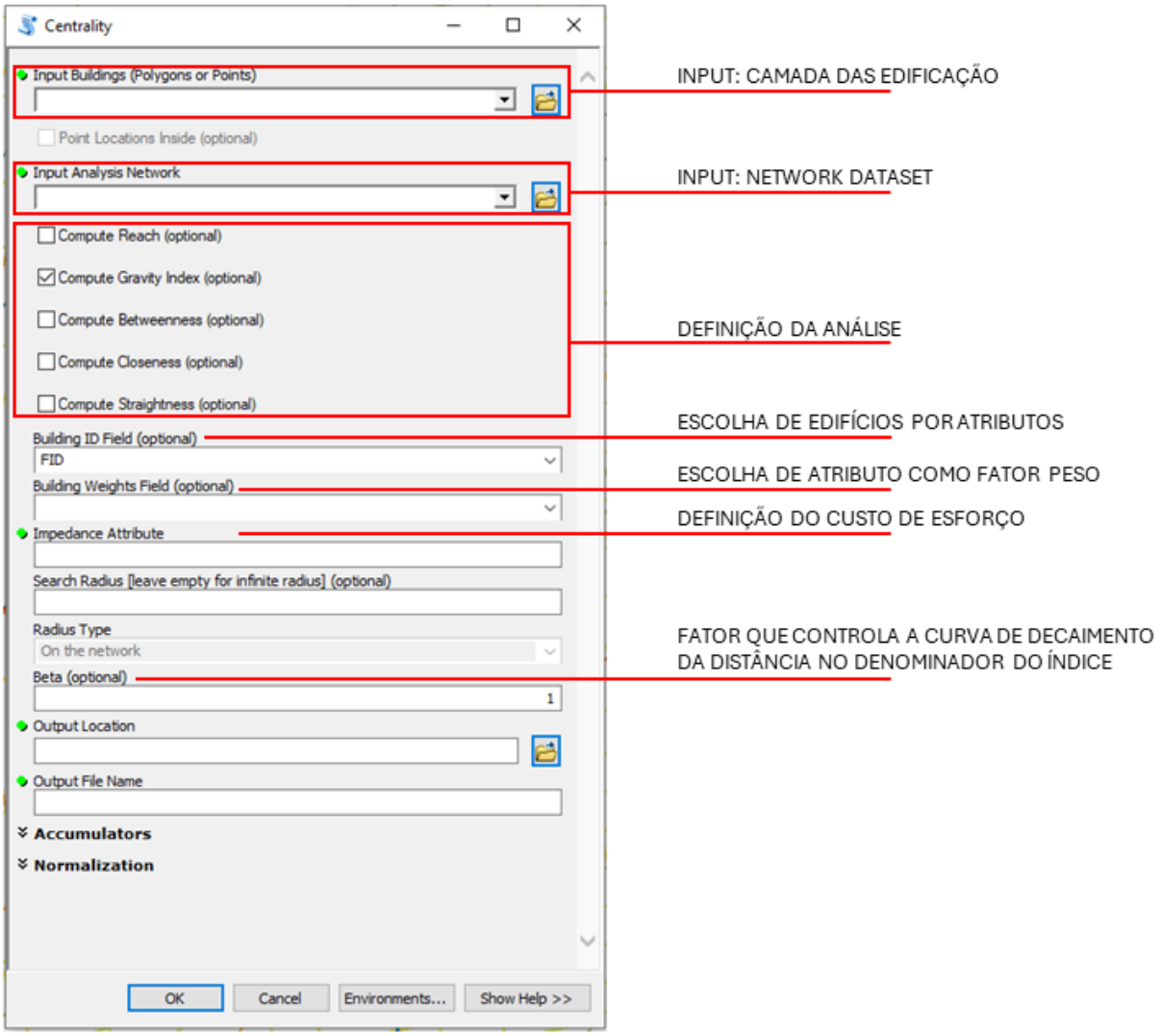
---

[42] O download pode ser realizado no site: <https://cityform.mit.edu/projects/urban-network-analysis>. Último acesso em 15/07/2024.

[43] The UNA Toolbox is licensed with Creative Commons Attribution, Non-Commercial, Share Alike 3.0 Unported License. Please see the full license description at: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/

todos os dados estruturados foram analisados e àqueles pertinentes às edificações foram incorporados, como área do lote, área edificada, número de registro no cadastro técnico Multifinalitário, número de pavimentos, código do setor censitário, renda por pessoa, renda por responsável, nível de escolaridade, pessoas por domicílio, tipologia de habitação, população, população por idade, entre outros.

Figura 102: Interface do plugin UNA.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Nesta etapa, também foi fundamental a implementação dos dados de impedância, ou custo do esforço. Este conceito é essencial para estudos de modelagem espacial e para a análise do movimento de pedestres, pois determina os custos associados aos trajetos, influenciando as escolhas dos caminhos. Assim, utilizamos o *Network Dataset* (ND) e especificamos seus atributos, incluindo o tempo

de caminhada como um fator de impedância, conforme os passos e parâmetros abordados na seção anterior (IMPLEMENTAÇÃO DOS DADOS DE IMPEDÂNCIA).

Prosseguindo com a construção do modelo, também precisamos avaliar a atribuição de peso às edificações, sendo essencial esclarecer as premissas subjacentes a essa relação. Para isso, adotamos uma série de etapas para garantir uma análise mais completa e reflexiva das interações entre a forma urbana, os tipos de alimentos disponíveis e as decisões dos indivíduos em relação à alimentação.

Inicialmente, consideramos apenas a ponderação da classificação do tamanho do estabelecimento (tomando-se como referência que esse tamanho possa ser *n* (P, M, G), onde por sua vez P = 0 a 30 m², M = 31 a 70 m² e G ≥ 70 m²). Quanto aos demais atributos, como a tipologia de alimentos oferecidos (*in natura*, processados e ultraprocessados) e a categoria de consumo (no local*, takeaway* ou *delivery*), foram considerados como reflexo dessa ponderação inicial.

A área dos estabelecimentos foi escolhida como o ponto de partida para a análise de centralidade, servindo como um indicador inicial para a distribuição espacial. A partir dessa ponderação da área, os demais atributos deverão ser atribuídos de acordo com as características dos estabelecimentos, permitindo uma abordagem integrada que considera tanto a dimensão física dos locais quanto os aspectos relacionados à oferta de alimentos e padrões de consumo. Essa estratégia visa capturar nuances importantes da relação entre centralidade, oferta de alimentos e obesogenicidade no ambiente urbano.

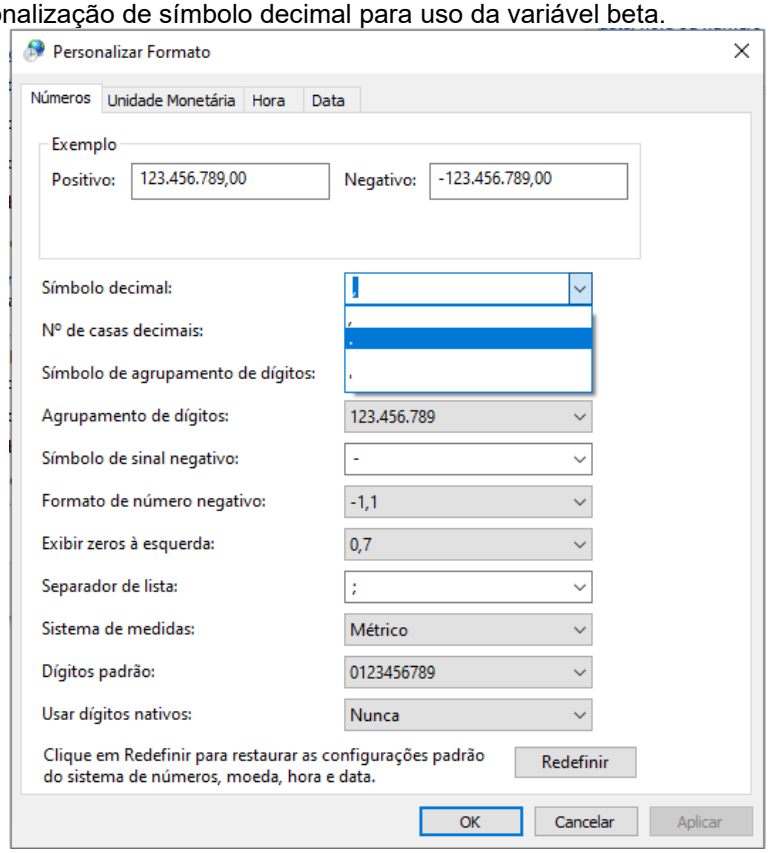
Outrossim, para o cálculo da centralidade por atração, é necessário recorrer a uma variável denominada *beta* (β). Sevtsuk e Mekonnen (2012) relatam que β desempenha um papel crucial na determinação da forma da curva de decaimento da distância no denominador do índice, isto é, o quão rapidamente a influência diminui com a distância. Os autores também indicam, fundamentados em Handy e Niemeier (1997), que para acessibilidade a pé, o valor de β em "minutos" é aproximadamente 0,1813. No entanto, para unidades de impedância em "metros", o valor é 0,00217; em "pés" é 0,000663; em "quilômetros" é 2,175; e em "milhas" é 3,501. Contudo, as equações e normalizações dessas medidas não são apresentadas e analisadas pelos autores.

Para inserir a variável *beta* no modelo, foi necessário alterar o sistema de caracteres, especificamente modificando o formato do símbolo decimal de vírgula para ponto (Figura 103). Essa mudança foi imprescindível, pois o plugin utilizado só

consegue ler a variável corretamente neste formato, evitando assim erros de leitura e processamento. Após a operacionalização e conferência dos dados retornados na tabela de atributos, é crucial retornar o símbolo decimal para vírgula. Essa etapa é essencial para garantir que outras operacionalizações do software não sejam afetadas negativamente, preservando a consistência e a integridade dos dados ao longo de todo o processo analítico. O caminho para essa alteração no sistema Windows 10 Pro é:

PAINEL DE CONTROLE > ALTERAR FORMATOS DE DATA, HORA OU NÚMERO > CONFIGURAÇÕES ADICIONAIS ... > SÍMBOLO DECIMAL

Figura 103: Personalização de símbolo decimal para uso da variável beta.



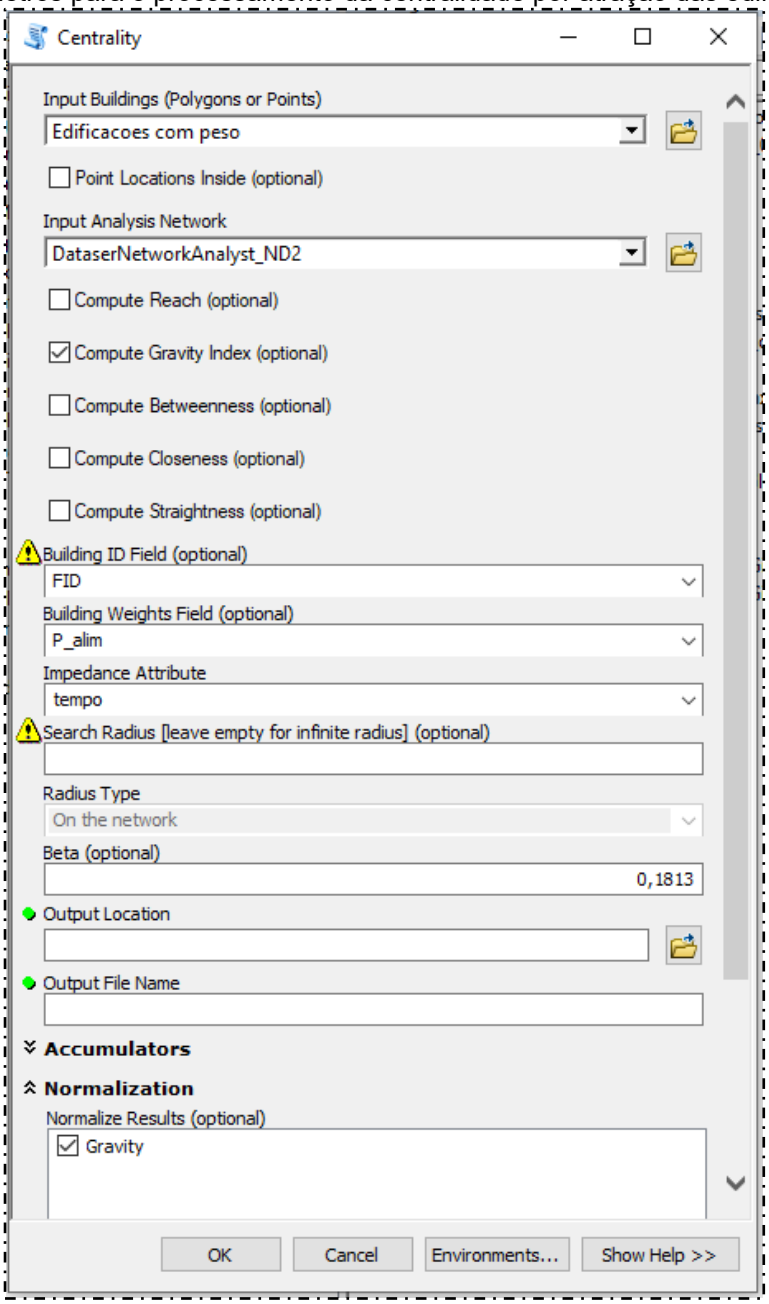
Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Apesar de adotarmos os valores citados acima, consideramos essa parametrização do valor *beta* como uma tentativa de calibrar a medida de gravidade para refletir mais acuradamente os padrões de mobilidade e acessibilidade específicos de diferentes modos de transporte. No entanto, a escolha do valor (*beta*) adequado é uma tarefa complexa e altamente contextual, exigindo uma compreensão profunda dos comportamentos socioespaciais e das características

específicas da rede viária em estudo. A aplicação de valores padronizados, sobretudo vindos de pesquisas em diferentes contextos geográficos, pode, por vezes, resultar em uma representação imprecisa das condições reais de acessibilidade e mobilidade, sublinhando a necessidade de uma abordagem mais adaptativa e baseada em dados empíricos robustos.

A partir das descrições acima da ferramenta UNA, foi realizado o processamento da centralidade por atração das edificações, com a atribuição de parâmetros conforme mostrado na Figura 104.

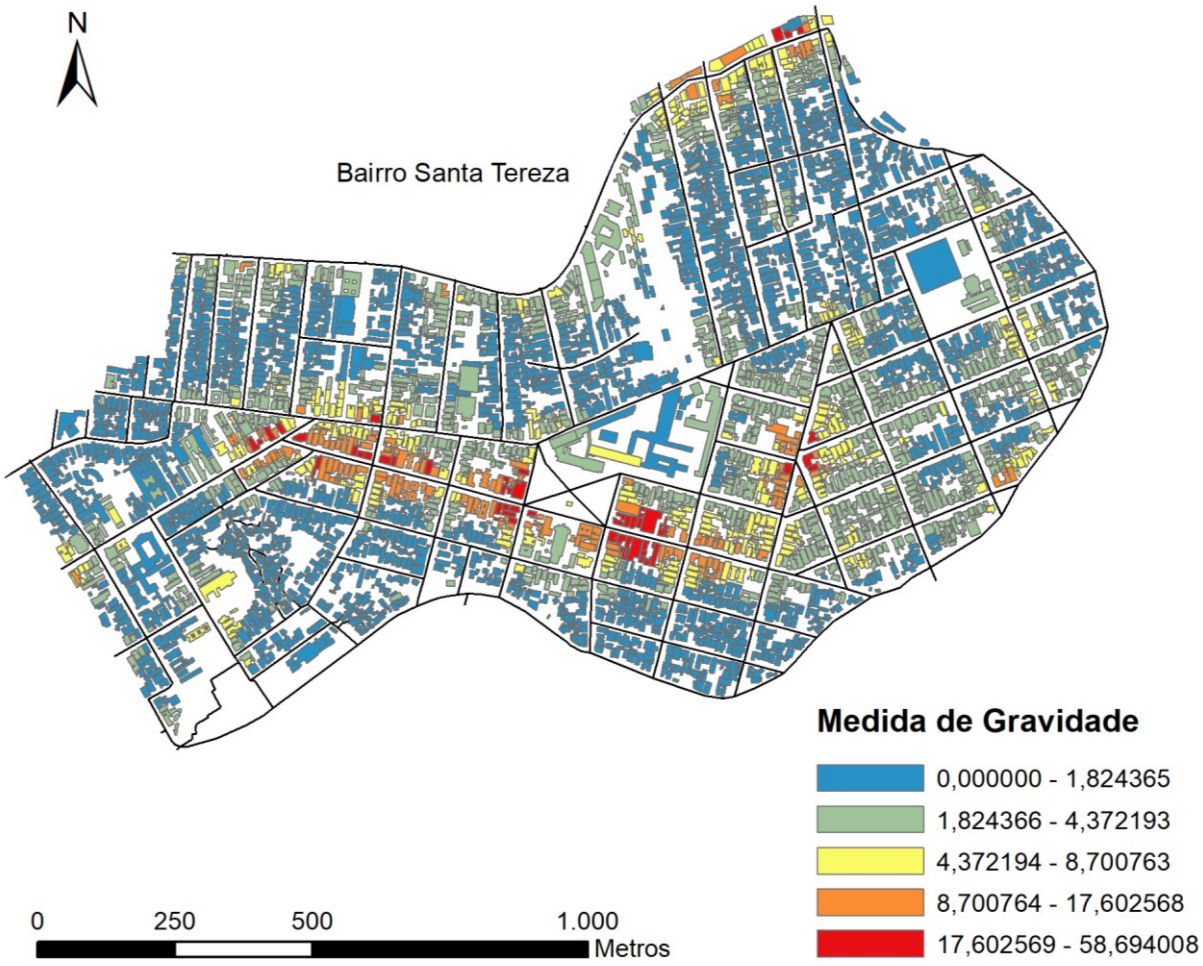
Figura 104: Parâmetros para o processamento da centralidade por atração das edificações.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

O resultado é o mapa apresentado na Figura 105. Nele, observa-se a distribuição da medida de gravidade das edificações no Bairro Santa Tereza. Esta medida avalia a capacidade de um local atrair movimento, considerando a acessibilidade e conectividade das vias, bem como a ponderação realizada para as edificações. A escala de cores utilizada vai de azul (indicando menor medida de atração) a vermelho (indicando maior medida de atração). A interpretação dos resultados será apresentada no capítulo 6 (RESULTADOS E DISCUSSÃO).

Figura 105: Centralidade dos edifícios por atração, calculada com o *plugin* UNA.



Fonte: O autor, 2024.

Os modelos de gravidade, embora sejam operacionais e estatisticamente robustos, enfrentam críticas significativas em sua aplicação. A analogia direta com as teorias da física clássica para descrever fenômenos sociais revela fragilidades, como a padronização da sociedade de maneira homogênea. Um exemplo é o uso da variável β em um espectro de valores, uma vez que diferentes valores de β podem

levar a interpretações divergentes dos dados. A abordagem estática das constantes também não considera a variabilidade temporal e geográfica, resultando em uma modelagem limitada que não captura a complexidade e a dinamicidade da vida urbana. Essas questões, entre outras, serão melhor abordadas no capítulo de Resultados e Discussão.

Portanto, propomos, na seção seguinte, uma abordagem experimental inovadora que, embora baseada nesses princípios gravitacionais, incorpora cenários probabilísticos para explorar a complexidade dos fenômenos urbanos. Essa experimentação busca considerar a variabilidade contextual, a dinamicidade temporal, a heterogeneidade social e as interações multiescalares, permitindo ajustes dinâmicos que reflitam as realidades específicas de cada contexto. Ao incorporar cenários dinâmicos, esperamos que essa proposição forneça *insights* mais precisos, que possam ser utilizados para o planejamento e gestão de agendas públicas, como a urbana e a saúde, superando algumas limitações e oferecendo uma modelagem mais sensível e adaptativa para as cidades contemporâneas.

5.7 O USO DE DRAKE PARA A CONCEPÇÃO DA MEDIDA DE OBESOGENICIDADE

Para enfrentar a complexa questão da obesidade em ambientes urbanos, propomos o desenvolvimento de um algoritmo inspirado na equação de Drake, utilizando dados georreferenciados e informações demográficas. A equação de Drake, originalmente concebida para estimar o número de civilizações extraterrestres comunicativas na Via Láctea, multiplica uma série de fatores, como a taxa de formação de estrelas, a fração de estrelas com sistemas planetários, o número de planetas potencialmente habitáveis, a fração de planetas onde a vida realmente se desenvolve, entre outros. Adaptando-se esse raciocínio ao estudo dos ambientes alimentares, consideramos diversas variáveis que são relevantes para a questão da obesidade, permitindo uma análise abrangente e detalhada dos fatores que influenciam a formação de espaços obesogênicos. De forma exploratória e experimental, partimos do pressuposto de que as seguintes variáveis são influentes no fenômeno em estudo:

1. **Densidade populacional**: áreas com maior densidade populacional podem apresentar maior probabilidade de ter um número elevado de estabelecimentos alimentares.
2. **Renda média da área**: áreas com renda média mais alta podem ter diferentes tipos de estabelecimentos alimentares (por exemplo, mais restaurantes de alta qualidade nutricional em comparação com *fast-food*).
3. **Idade média dos residentes**: diferentes grupos etários podem ter preferências e comportamentos alimentares distintos.
4. **Educação média dos residentes**: o nível educacional pode influenciar o conhecimento e as atitudes em relação à alimentação e saúde.
5. **Número e tipo de estabelecimentos alimentares na área**: supermercados, restaurantes *fast-food*, restaurantes de alta qualidade nutricional, lojas de conveniência, entre outros.
6. **Disponibilidade de espaços públicos para atividades físicas**: parques, academias, entre outros.

A partir da combinação dessas variáveis, o algoritmo busca oferecer uma abordagem inovadora para estimar a atratividade das edificações em um ambiente urbano e sua relação à obesidade. Reforçamos que nosso objetivo não é encontrar uma resposta definitiva, mas sim obter uma compreensão mais detalhada dos fatores que influenciam a formação e manutenção de espaços obesogênicos, visando, assim, promover novas investigações na busca de estratégias mais eficazes para o manejo desse problema de saúde pública.

Em sequência, observamos que é possível estabelecer uma correlação entre a teoria da sintaxe espacial, os cálculos de centralidade e o uso de uma variedade de fatores, como a configuração das redes urbanas, os pontos de interesse e os padrões de uso e ocupação do solo como instrumento de experimentação na investigação de espaços obesogênicos. No entanto, é fundamental adotar uma abordagem baseada em cenários, como a extrapolada a partir da equação de Drake, considerando uma variedade de fatores e suas probabilidades de interação. Acreditamos que essa estratégia, quando bem estruturada teórica e metodologicamente, considerará a multiplicidade de características dos pontos de interesse, juntamente com os padrões de uso e ocupação do solo, oferecendo uma visão abrangente e experimental do fenômeno. Dito isso, a seguir são apresentadas

as estruturas de três equações, considerando um cenário simplista, outro ponderado, e um terceiro com alcance incorporado.

5.7.1 Estruturação dos cenários: simplista, ponderado e alcance incorporado

A equação de Drake é considerada como sendo um produto de diversas variáveis que representam incertezas, ou seja, são probabilidades. Inspirando-se neste conceito, propomos uma estrutura análoga para analisar espaços obesogênicos, considerando a multitude de variáveis envolvidas nesse fenômeno. Essa medida[44] deve considerar as diferentes combinações entre os fatores, fornecendo uma medida relativa do potencial de um determinado local para promover comportamentos e condições que contribuem para a obesidade. Suponhamos que as seguintes variáveis sejam relevantes para estimar a obesogenicidade em um ambiente urbano:

- **DHSO** = Densidade populacional
- **RM** = Renda média
- **Idade** = Idade média dos residentes
- **EM** = Educação média dos residentes
- **TE** = Número e tipo de estabelecimentos alimentares na área em estudo
- **DEP** = Disponibilidade de espaços para prática de atividades físicas

A construção de um índice para medir a obesogenicidade (IO) de diferentes áreas pode ser realizada com base nessas variáveis. No entanto, é importante reconhecer que cada variável na equação dependerá do entendimento específico da situação e dos dados disponíveis. Assim, um algoritmo plausível pode ser estruturado da seguinte maneira (Equação 3):

$$(IO_1) = DHSO \times RM \times Idade \times EM \times TE \times DEP \quad (3)$$

---

[44] Todas as vezes que referimos ao índice ou à medida de obesogenicidade (IO) nesta tese, aludiremos ao índice relativo do potencial de uma determinada localidade em promover comportamentos e condições que favorecem o desenvolvimento de quadros clínicos da obesidade.

Esse cenário simplista considera que cada uma dessas variáveis é multiplicada entre si, sem considerar as complexidades das interações entre elas, presumindo que todos os fatores têm o mesmo peso na medida. Embora forneça uma visão inicial e direta da combinação desses fatores para um determinado recorte geográfico, na prática, é provável que essas variáveis tenham pesos diferentes, refletindo sua importância relativa. Para uma análise mais precisa, é necessário atribuir pesos diferentes a cada variável (Equação 4):

$$(IO_2) = (DHSO \times w1) \times (RM \times w2) \times (Idade \times w3) \times (EM \times w4) \times (TE \times w5) \times (DEP \times w6) \quad (4)$$

Os pesos (w1, w2, etc.) seriam determinados com base na análise de dados e no julgamento de especialistas. Por exemplo, se a renda média (RM) e o número e tipo de estabelecimentos alimentares (TE) forem considerados fatores mais importantes, pesos maiores seriam atribuídos a eles. Para o nosso estudo, consideramos como peso atrator a classificação do tamanho do estabelecimento, categorizado como P ≤ 30m², M ≥ 31 ≤ 70m² e G ≥ 71m². Estudos futuros são necessários para avaliar a ponderação desses pesos atratores.

Adicionalmente, variáveis como TE e DEP devem considerar a acessibilidade e a distribuição espacial dos estabelecimentos. Não apenas sua presença ou quantidade, mas também a distância das diferentes partes do recorte geográfico até esses espaços deve ser avaliada. Dividir o espaço em zonas com base na distância de espaços de interesse e atribuir valores diferentes à variável é necessário.

Este cenário ponderado parte de uma equação simplista, com potencial indicativo de distribuição espacial, acrescida da ponderação das variáveis. Essa abordagem integrada considera tanto a dimensão física das edificações quanto os aspectos relacionados à oferta de alimentos e padrão de consumo. No entanto, apesar de incorporar certo grau de complexidade do fenômeno, essa estratégia pode não abranger todas as nuances importantes da relação entre atratividade, disponibilidade e consumo de alimentos na obesogenicidade do ambiente urbano.

Para uma análise mais refinada, recorrendo aos avanços da teoria da sintaxe espacial, propomos a experimentação de um terceiro cenário, denominado

alcance incorporado. O algoritmo calcula a "medida de obesogenicidade" multiplicando as "partes heterogêneas" – ou seja, as variáveis citadas anteriormente –, por suas "probabilidades de interação com os ambientes alimentares", sendo estimadas com base na proximidade geográfica – calculada a partir da centralidade por alcance - *reach*.

Nesta versão da equação, cada variável é multiplicada tanto por seu peso (w1, w2, ..., w6) quanto por seu valor de *REACH* associado (*reach*1, *reach*2, ..., *reach*6). Cada valor de *reach* seria uma medida da proximidade geográfica ou da acessibilidade do ambiente alimentar associado à variável correspondente. A versão da equação (5) que incorpora o alcance é definida por:

$$(IO_3) = (DHSO \times w1 \times reach1) \times (RM \times w2 \times reach2) \times (Idade \times w3 \times reach3) \times (EM \times w4 \times reach4) \times (TE \times w5 \times reach5) \times (DEP \times w6 \times reach6) \quad (5)$$

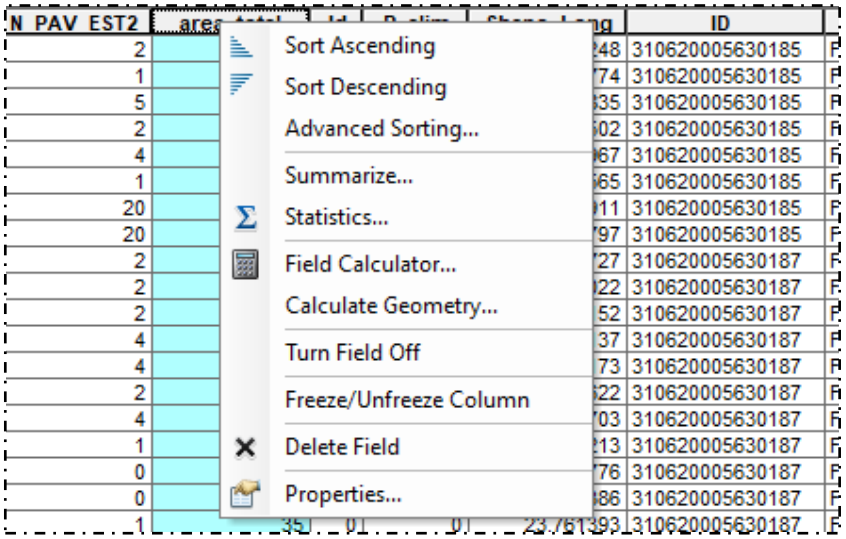
Incorporando o alcance na equação, consideramos não apenas as características socioeconômicas e demográficas, mas também a geografia e a acessibilidade dos recursos alimentares. Essa abordagem experimental permite uma análise mais contextualizada do fenômeno, passível de replicação em outros contextos geográficos e culturais. Com base nas considerações teóricas expostas, nosso estudo emprega os cálculos gravitacionais para quantificar a atração exercida por diferentes pontos de interesse (destinos), levando em consideração atributos mensuráveis. A escolha dessas métricas se justifica pela capacidade de estabelecer conexões significativas entre as estruturas sociais, a morfologia urbana e a formação e manutenção de espaços obesogênicos. A seguir, detalharemos o processo de incorporação das equações no modelo computacional em construção.

5.7.2 Incorporação dos cenários ao modelo

Para calcular as variáveis necessárias no ArcMap™/ArcGIS®, é fundamental utilizar diversos conjuntos de dados e técnicas especializadas. O processo começa com a utilização de um banco de dados estruturado e georreferenciado, a partir do qual realizamos as operacionalizações básicas que culminaram na obtenção das variáveis finais para o cálculo dos cenários.

A maioria das operações foi conduzida por meio da “Tabela de Atributos” da camada que contém as edificações. Nesta camada, todos os dados relevantes foram integrados, permitindo fácil acesso e manipulação das informações. Para operações simples, utilizamos o campo “*Field Calculator*” (Figura 106), que possibilita realizar cálculos diretos sobre os atributos.

Figura 106: “Field Calculator” da tabela de atributor



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

Primeiramente, para calcular a densidade populacional (DHSO), utilizamos os dados de contagem populacional por setor censitário e realizamos uma operação matemática simples, conforme a equação (6) abaixo:

$$\text{DHSO} = \frac{\text{População do setor censitário}}{\text{Área do setor censitário}} \qquad (6)$$

Para a renda média (RM), recorremos inicialmente aos dados fornecidos pelo Censo2010, simplificando o atributo ao calcular a RM a partir da renda do responsável. No entanto, a literatura indica que populações com maior renda têm facilidade de acesso a alimentos saudáveis e frescos, enquanto aquelas com renda mais baixa frequentemente enfrentam limitações econômicas que as levam a optar por alimentos mais acessíveis, muitas vezes ultraprocessados e de menor valor nutricional (DARMON; DREWNOWSKI, 2008; DREWNOWSKI; SPECTER, 2004; ROCHA et al., 2024). Para capturar essa dinâmica no modelo, adotamos uma abordagem em que a influência da renda média foi invertida. Em termos práticos, a

variável foi calculada como 1 dividido pela RM (Equação 7), de modo que, à medida que a renda aumenta, sua contribuição para a obesogenicidade diminui. Essa abordagem permite que o modelo reflita a complexidade da relação entre renda e obesogenicidade, garantindo que áreas de alta renda sejam corretamente avaliadas como menos propensas a serem obesogênicas, enquanto as áreas de baixa renda, onde o acesso a alimentos saudáveis pode ser limitado, sejam destacadas como áreas de maior risco.

$$\mathrm{RM} = \frac{1}{\text{Renda do responsável}} \tag{7}$$

O cálculo da idade média (Idade) é mais complexo devido à forma como os dados são apresentados no Censo2010, que fornece a população dividida por faixas etárias, conforme apresentado no Quadro 14. Assim, o cálculo da idade média requer um tratamento matemático mais elaborado para agregar essas faixas etárias em uma única medida representativa.

Quadro 14: Descrição das variáveis por faixa etária do Censo2010.

Cód.	Descrição	Cód.	
V32	Pessoas residentes, 0 ano de idade	V53	Pessoas residentes, 21 anos de idade
V33	Pessoas residentes, 1 ano de idade	V54	Pessoas residentes, 22 anos de idade
V34	Pessoas residentes, 2 anos de idade	V55	Pessoas residentes, 23 anos de idade
V35	Pessoas residentes, 3 anos de idade	V56	Pessoas residentes, 24 anos de idade
V36	Pessoas residentes, 4 anos de idade	V57	Pessoas residentes, 25 a 29 anos de idade
V37	Pessoas residentes, 5 anos de idade	V58	Pessoas residentes, 30 a 34 anos de idade
V38	Pessoas residentes, 6 anos de idade	V59	Pessoas residentes, 35 a 39 anos de idade
V39	Pessoas residentes, 7 anos de idade	V60	Pessoas residentes, 40 a 44 anos de idade
V40	Pessoas residentes, 8 anos de idade	V61	Pessoas residentes, 45 a 49 anos de idade
V41	Pessoas residentes, 9 anos de idade	V62	Pessoas residentes, 50 a 54 anos de idade
V42	Pessoas residentes, 10 anos de idade	V63	Pessoas residentes, 55 a 59 anos de idade
V43	Pessoas residentes, 11 anos de idade	V64	Pessoas residentes, 60 a 64 anos de idade
V44	Pessoas residentes, 12 anos de idade	V65	Pessoas residentes, 65 a 69 anos de idade
V45	Pessoas residentes, 13 anos de idade	V66	Pessoas residentes, 70 a 74 anos de idade
V46	Pessoas residentes, 14 anos de idade	V67	Pessoas residentes, 75 a 79 anos de idade
V47	Pessoas residentes, 15 anos de idade	V68	Pessoas residentes, 80 a 84 anos de idade
V48	Pessoas residentes, 16 anos de idade	V69	Pessoas residentes, 85 a 89 anos de idade
V49	Pessoas residentes, 17 anos de idade	V70	Pessoas residentes, 90 a 94 anos de idade
V50	Pessoas residentes, 18 anos de idade	V71	Pessoas residentes, 95 a 99 anos de idade
V51	Pessoas residentes, 19 anos de idade	V72	Pessoas residentes, 100 anos ou mais de idade
V52	Pessoas residentes, 20 anos de idade		

Fonte: IBGE, 2010.

Isto posto, para o cálculo da variável Idade Média (Idade) foi realizada a seguinte operação (Equação 8):

$$\text{Idade} = \frac{(\text{V32} \times 0) + (\text{V}_\text{n} \text{ x } \mu_\text{n}) + (\text{V71} \times 97) + (\text{V72} \times 100)}{\sum_{\text{i}=32}^{72} \text{V}_\text{n}} \quad (8)$$

Onde:

V_n= população da variável

μ_n = Média ponderada da idade da variável (exemplo, no intervalo 95 a 99 anos, a média seria $\frac{95+99}{2} = 97$).

Para a variável educação média (EM), optamos pela inclusão dos anos de estudo do responsável do domicílio como uma métrica para a medida de obesogenicidade. Esta medida não apenas representa o nível educacional individual, como também indica a posição socioeconômica da família, influenciando diretamente escolhas alimentares e práticas saudáveis. Os dados referentes aos anos de estudos foram obtidos diretamente da base do Censo2010 (IBGE), não exigindo manipulação adicional.

Para a atribuição do número e tipo de estabelecimentos alimentares (TE), consideramos a classificação do tamanho do estabelecimento como critério principal. Dessa forma, a classificação foi feita utilizando os seguintes valores: Edifícios residenciais = 1, independente da área; P = 2 para estabelecimentos com área de 0 a 30 m²; M = 3 para estabelecimentos com área de 31 a 70 m²; G = 4 para estabelecimentos com área igual ou superior a 70 m². Para converter essas categorias em valores numéricos, foi criada uma coluna de tipo "*Short Integer*" na tabela de atributos da camada do shapefile das edificações. Utilizamos então a ferramenta "*Field Calculator*", aplicando um código *VBScript*, conforme detalhado no Quadro 15.

Quadro 15: VBscript utilizado para converter variável texto em número.

```
Dim size
size = UCase([p_alimT])

If size = "P" Then
   p_alimN = 2
ElseIf size = "M" Then
   p_alimN = 3
ElseIf size = "G" Then
   p_alimN = 4
Else
   p_alimN = 1   'Caso o valor não seja "P", "M" ou "G", atribui o valor 1 para outras edificações
End If
```

Fonte: O autor, 2022.

Além da ponderação inicial pelo tamanho dos estabelecimentos, foram considerados atributos adicionais, como a tipologia dos alimentos oferecidos (in natura, processados e ultraprocessados) e a categoria de consumo (no local, *take-away* e/ou *delivery*). Todavia, esses atributos foram tratados como reflexos da ponderação inicial baseada no tamanho, uma vez que a estratégia principal visou simplificar a análise da distribuição espacial dos estabelecimentos alimentares.

Embora a estratégia de classificação pelo tamanho dos estabelecimentos forneça uma visão inicial útil sobre a distribuição e presença dos diferentes tipos de estabelecimentos, reconhecemos que ela simplifica a complexidade do ambiente alimentar. Esta abordagem não captura todas as nuances da atratividade e da qualidade dos estabelecimentos. Para aprimorar a medida de obesogenicidade e obter uma compreensão mais detalhada do ambiente alimentar, estudos futuros devem considerar auditorias[45] mais detalhadas e o uso de instrumentos de avaliação

[45] No campo de atuação da Nutrição e Saúde existem instrumentos de auditoria do ambiente alimentar (AA) que resultam em uma variável numérica. Exemplos:

- AUDIT-NOVA que avalia o AA com base na nova classificação de alimentos do Guia Alimentar, capturando aspectos como disponibilidade, preço, quantidade de marcas e publicidade(BORGES; JAIME, 2019);
- NEMS-R (*Nutrition Environment Measures Survey in Restaurants*) parte da observação como instrumento de avaliação em restaurantes. Ele foca na disponibilidade de escolhas saudáveis e na qualidade de produtos frescos, comparando preços de opções saudáveis com as menos saudáveis em várias categorias (SAELENS et al., 2007).
- NEMS-S (*Nutrition Environment Measures Survey in Stores*), o qual investiga o interior de supermercados e lojas, avaliando disponibilidade, variedade, preço e qualidade dos alimentos (GLANZ et al., 2007).
- ESAO-R (Auditoria de Estabelecimentos de Comercialização de Alimentos para Consumo Imediato), desenvolvido com o objetivo de avaliar todos os estabelecimentos de comercialização de alimentos para consumo imediato (DURAN et al., 2013, 2015, 2016).

específicos. Para esta tese não foram aplicados tais instrumentos devido à falta de recursos materiais e temporais.

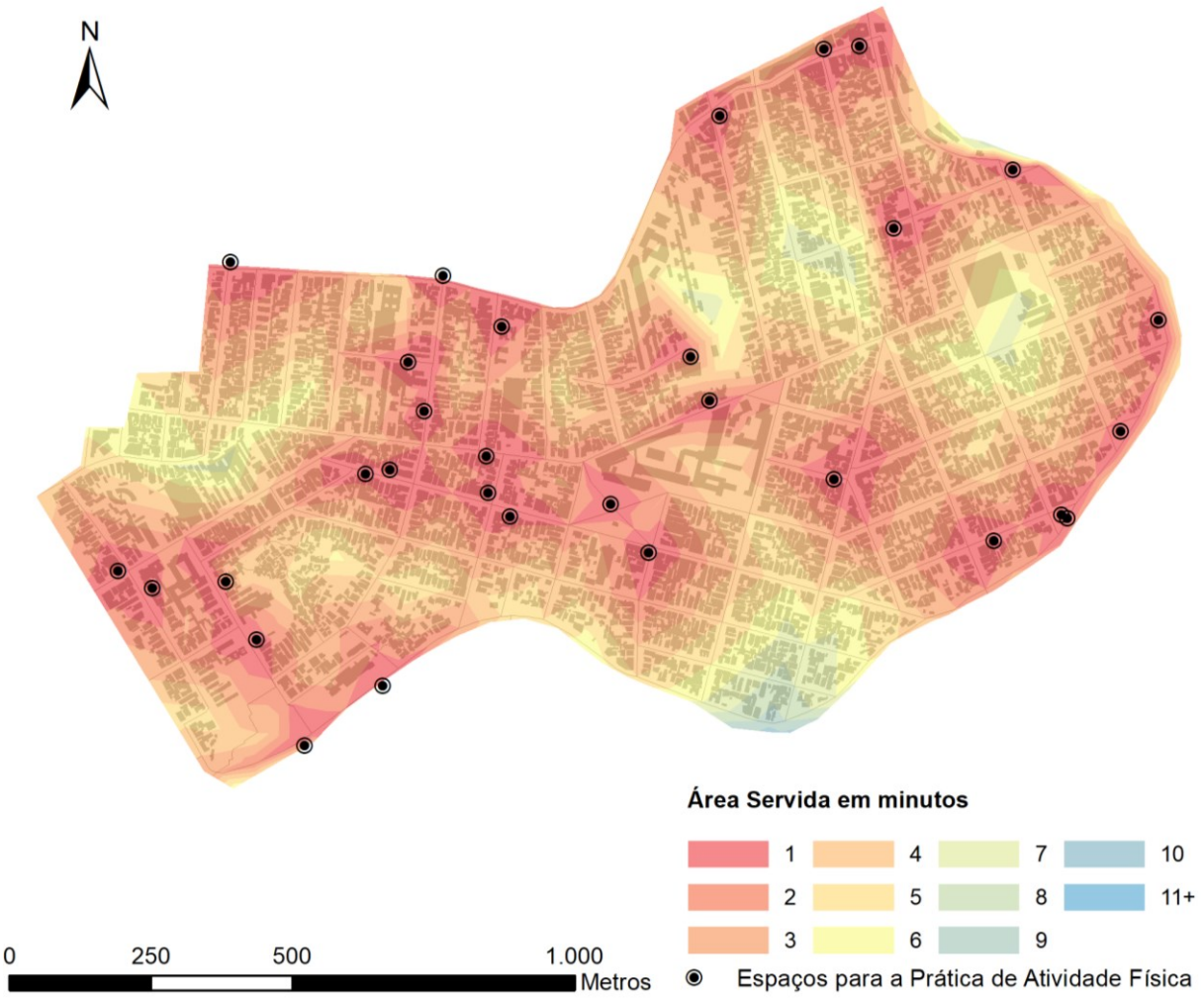
Para calcular a disponibilidade de espaços para a prática de atividades físicas (DEP), foi necessário um esforço matemático considerável, devido à complexidade intrínseca do atributo e à necessidade de um cálculo preciso e representativo. Inicialmente, utilizamos o *Network Dataset* (ND) para a especificação de seus atributos, incluindo o tempo de caminhada como um fator de impedância, conforme detalhado na seção 5.5, IMPLEMENTAÇÃO DOS DADOS DE IMPEDÂNCIA.

O ND foi fundamental para calcular a área servida dos estabelecimentos e espaços públicos destinados para a prática de atividade física dentro do recorte geográfico estudado. Utilizamos algoritmos do módulo de análise de redes do ArcMap™ para determinar o tempo de deslocamento entre os pontos de origem (residências) e os espaços de prática de atividade física (destinos). Este método garante que as medidas obtidas sejam representativas das condições reais de deslocamento, incorporando fatores como a topologia da rede viária, a declividade média e as barreiras físicas existentes.

O resultado destes processos é o mapa da Figura 107. Nele, é exibida a área servida dos estabelecimentos destinados à prática de atividade física, representada com curvas isocrônicas de 1 a 10 minutos de caminhada. A escala de cores utilizada varia do amarelo, indicando os menores tempos de deslocamento, ao azul, representando os maiores tempos.

Para extrair os valores do mapa de área servida, utilizamos as informações de tempo de deslocamento origem-destino, a partir dos dados representados no modelo por polígonos. Utilizamos a ferramenta “*Intersect*” e "*Spatial Join*", do ArcMap™, para associar cada edificação às zonas de tempo de deslocamento apropriadas. Isso nos permite transferir os valores resultantes para a tabela de atributos da camada de edificações.

Figura 107: Mapa da área servida dos estabelecimentos para prática de atividade física, representado com curvas isocrônicas de 1 a 10 minutos de caminhada.



Fonte: O autor, 2024.

Após a obtenção dos dados de tempo de deslocamento, a próxima etapa envolve a aplicação de um fator de porcentagem para converter esses valores em uma forma decimal (x,x), onde “x” representa um número qualquer. Esta conversão é crucial, pois visa refletir a contribuição desses espaços na medida de obesogenicidade. A escolha de um fator de porcentagem está fundamentada na premissa de que a presença de edificações que promovem práticas saudáveis, como academias, centro de atividades físicas, espaços públicos de qualidade, deve influenciar de forma benéfica. Assim, em vez de aumentar a medida, a facilidade de acesso a estes espaços tem a intenção de reduzi-la. Isso se deve ao fato de que esses locais desempenham um papel mitigador ao facilitar o acesso a atividades fundamentais para o controle da obesidade e promoção da saúde.

Para evitar uma redução desproporcional na medida de obesogenicidade, implementamos uma restrição adicional que assegura que a variável associada à acessibilidade desses espaços não resulte em valores inferiores a 0,5 (ou 50%). Esta abordagem considera que a presença de tais espaços deve ter um impacto positivo, mas não deve distorcer significativamente a avaliação da medida. Para realizar essa integração de maneira precisa e estruturada, adotamos um método baseado na categorização do espaço urbano em zonas, classificadas de acordo com o tempo de deslocamento do pedestre até os espaços de interesse.

A Tabela 3 apresenta a distribuição dos valores de DEP atribuídos a cada zona, considerando intervalos de 1 minuto de tempo de deslocamento.

Tabela 3: Zonas baseadas no tempo de deslocamento de 1 em 1 minuto, com valores de DEP atribuídos.

Zona	Tempo de deslocamento (min)	Valor de DEP
Zona 01	1 minuto	0,50
Zona 02	2 minutos	0,55
Zona 03	3 minutos	0,60
Zona 04	4 minutos	0,65
Zona 05	5 minutos	0,70
Zona 06	6 minutos	0,75
Zona 07	7 minutos	0,80
Zona 08	8 minutos	0,85
Zona 09	9 minutos	0,90
Zona 10	10 minutos	0,95
Zona 11	11+ minutos	1,00

Fonte: O autor, 2024.

A partir da tabela de atributos da camada “edificações”, utilizamos o “*Field Calculator*” para atribuir os valores de DEP. Para garantir uma atribuição automatizada, aplicamos um *VBScript* (Quadro 16) que categoriza os tempos de deslocamento e define os valores de DEP conforme as zonas descritas na tabela anterior. Após a aplicação do comando, revisamos a tabela de atributos para assegurar que os valores foram corretamente atribuídos.

Quadro 16: VBscript utilizado para converter o tempo de deslocamento em valores DEP.

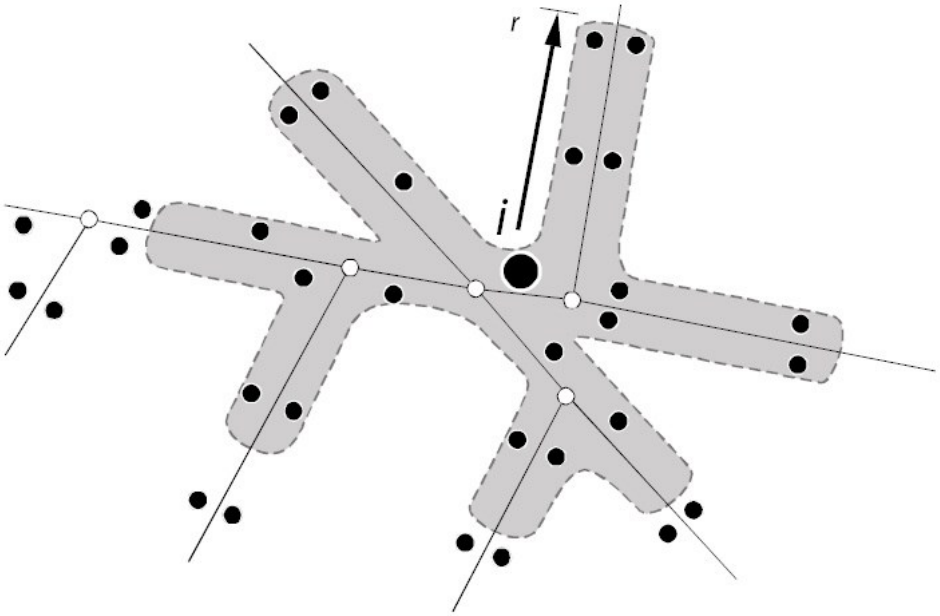
```
Dim size
size = [Tempo_Deslocamento]

If size >= 0 And size <= 1 Then
   DEP = 0.50
ElseIf size > 1 And size <= 2 Then
   DEP = 0.55
ElseIf size > 2 And size <= 3 Then
   DEP = 0.60
ElseIf size > 3 And size <= 4 Then
   DEP = 0.65
ElseIf size > 4 And size <= 5 Then
   DEP = 0.70
ElseIf size > 5 And size <= 6 Then
   DEP = 0.75
ElseIf size > 6 And size <= 7 Then
   DEP = 0.80
ElseIf size > 7 And size <= 8 Then
   DEP = 0.85
ElseIf size > 8 And size <= 9 Then
   DEP = 0.90
ElseIf size > 9 And size <= 10 Then
   DEP = 0.95
Else
   DEP = 1.00 'Para tempos de deslocamento acima de 10 minutos
End If
```

Fonte: O autor, 2022.

Por fim, para calcular o último cenário, foi necessário realizar a operacionalização da centralidade por alcance (SEVTSUK; MEKONNEN, 2012), para obter um fator numérico para todas as edificações do recorte em estudo. A medida de centralidade por alcance (*reach*) é definida como sendo o número de destinos acessíveis a partir de cada edifício ou local na cidade, dentro de uma distância específica ao longo da rede urbana (SEVTSUK, 2010; SEVTSUK; MEKONNEN, 2012; SEVTSUK; MEKONNEN; KALVO, 2013). Em essência, essa medida quantifica quantos outros edifícios cada ponto pode alcançar dentro de um raio determinado da malha urbana.

A Figura 108 ilustra como a centralidade por alcance é calculada, somando o número de edifícios alcançados dentro de uma zona de proximidade das vias (*buffer*, em cinza), dentro de um raio r. Por exemplo, se a medida da centralidade por alcance de um edifício representado pelo ponto i é 21 para um dado raio r, isso significa que a partir desse edifício, é possível alcançar 21 outras edificações dentro desse raio pré-definido. Este cálculo é aplicado a cada edifício dentro do *buffer* determinado, resultando em uma medida de centralidade por alcance específico para cada um.

Figura 108: Representação visual do cálculo da centralidade por alcance (*reach*).

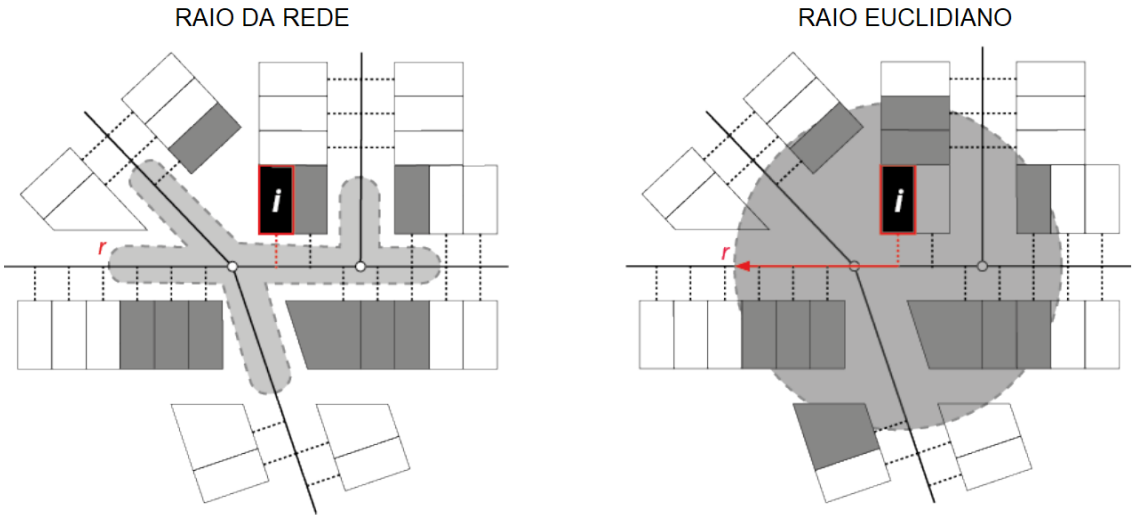


Fonte: Sevtsuk; Mekonnen; Kalvo, 2013

A definição do raio é essencial para calcular a métrica "*reach*", pois este parâmetro determina o raio do *buffer* utilizado para incluir pontos de interesse na análise. Podemos definir a tipologia do raio, optando entre a distância da rede urbana (*Network Radius*) ou a distância euclidiana (*Euclidean Radius*). Dessa forma, o tipo de raio permite escolher se os edifícios ou pontos vizinhos selecionados para análise estão dentro de uma distância especificada na rede ou uma distância euclidiana a partir de cada unidade, conforme ilustra a Figura 109. Esta opção refletirá nos resultados com base nos edifícios que serão considerados para o cálculo, não influenciando os cálculos reais das rotas (SEVTSUK; MEKONNEN; KALVO, 2013).

Como estamos trabalhando com uma rede viária bem estruturada no modelo, considerando sua geometria e topologia, optamos para que todas as nossas análises sejam realizadas a partir do raio de rede. Isso permite equalizar a seleção espacial dos vizinhos, garantindo que as medidas de acessibilidade e conectividade sejam representativas das condições reais de deslocamento. É importante salientar que as unidades do raio de busca correspondem às unidades do atributo de impedância do *Network Dataset*. Por exemplo, se a impedância da rede é medida em metros, o raio de busca também será em metros. Isso assegura consistência nas medições e facilita a interpretação dos resultados.

Figura 109: Tipologia de raio para os cálculos da medida *reach*.



Fonte: Sevtsuk; Mekonnen; Kalvo, 2013

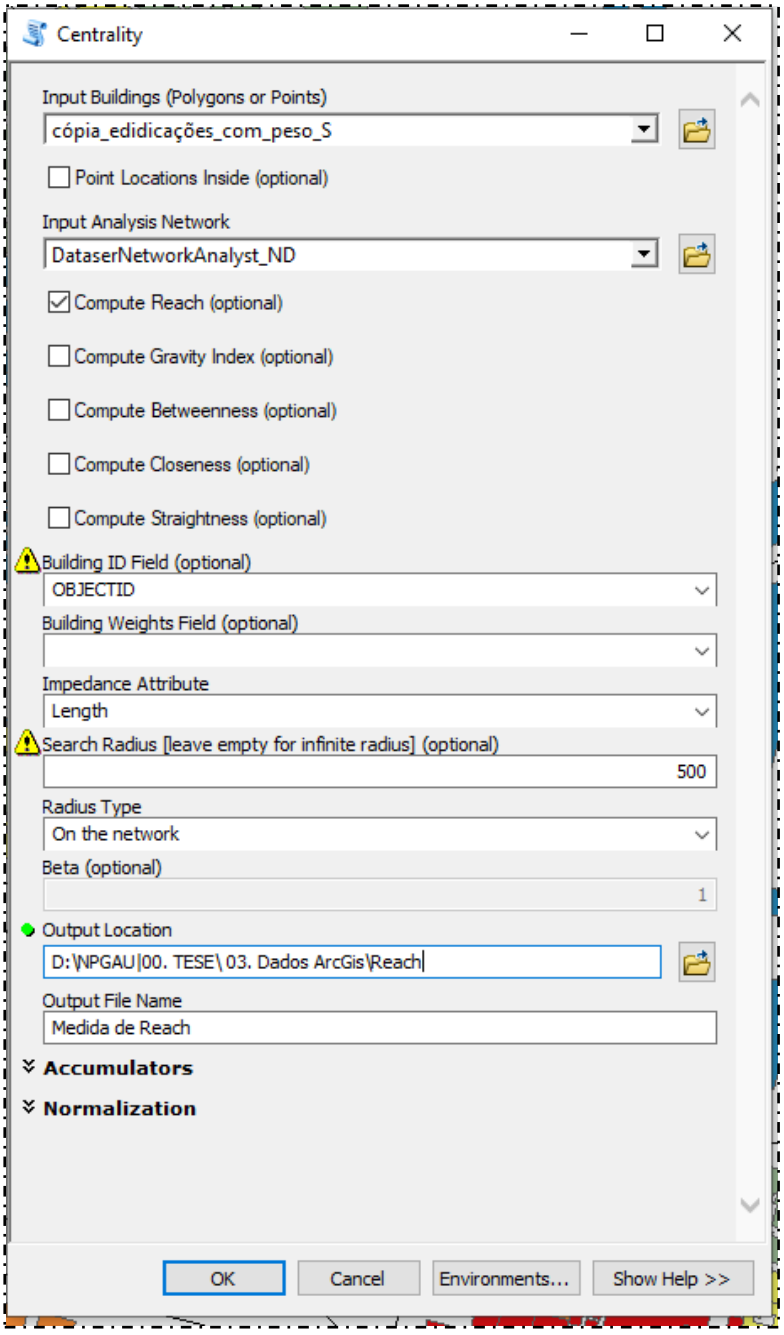
A definição de tamanhos de buffers para análise de acessibilidade é um tema amplamente debatido e não há um consenso absoluto sobre um tamanho ideal. Evidências da literatura apontam que os buffers são associados a distâncias caminháveis, baseadas na premissa de que estas abrangem a maioria dos locais que os indivíduos percebem como acessíveis a pé dentro de um ambiente urbano (HINO; REIS; FLORINDO, 2010; LEÃO et al., 2020). De acordo com o guia "*Creating walkable communities: a guide for local governments*" (1998), as distâncias e durações de caminhadas são influenciadas pelo propósito das viagens e variam aproximadamente entre 400 e 1000 metros. Gehl (2015) sugere que 500 metros seja uma distância em que as pessoas ainda consideram confortável caminhar para acessar áreas comerciais. Já Leão *et al.* (2020) fornecem evidências empíricas de que a utilização de buffers com tamanhos adequados pode melhorar a metodologia de pesquisas sobre o ambiente construído e deslocamento. Os resultados desse estudo indicam que buffers de 400 a 600 metros foram mais eficientes para medir a mobilidade, sendo mais próximos das distâncias caminháveis médias e oferecendo uma medida mais precisa para a análise de acessibilidade.

Para este estudo, escolhemos o raio da rede de 500 metros para realizar a operação e obter a medida *reach* para cada edifício do recorte em estudo. Essa escolha foi fundamentada nas diversas diretrizes e pesquisas amplamente reconhecidas no planejamento urbano, conforme algumas citadas acima. Portanto, consideramos que a escolha de 500 metros permite capturar uma área de influência

prática e relevante para a análise da medida de obesogenicidade, ao mesmo tempo em que considera a acessibilidade a pé e a interação com diferentes serviços e ambientes urbanos.

A partir das descrições acima, bem como da seção 5.6 (CÁLCULO DA CENTRALIDADE POR ATRAÇÃO PELO *PLUGIN* "*URBAN NETWORK ANALYSIS*"), realizamos o processamento da centralidade por alcance (*reach*) das edificações, com a atribuição de parâmetros conforme mostra a Figura 110.

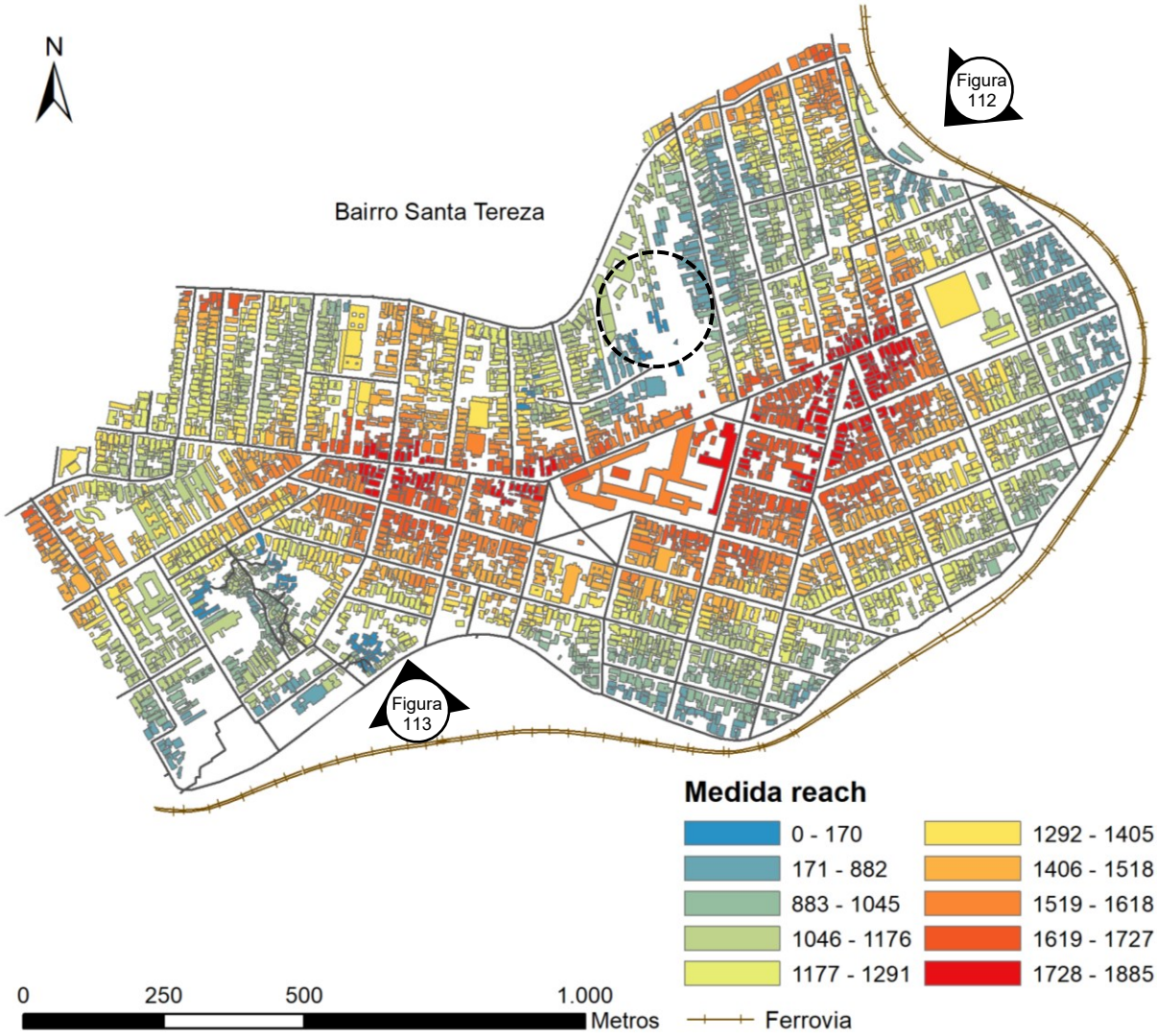
Figura 110: Parâmetros para o processamento da centralidade por alcance para obter a medida *reach* das edificações.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

O resultado é a Figura 111, que contém o mapa da centralidade por alcance das edificações (SEVTSUK, 2010; SEVTSUK; MEKONNEN, 2012), com suas respectivas medidas *reach*, sem efeito de borda. No mapa, a representação visual da medida *reach* vai de cores frias (azul) a cores quentes (vermelho), indicando que, quanto mais quente for a cor, maior a quantidade de edifícios que aquele representado pode alcançar na malha urbana.

Figura 111: Mapa da centralidade por alcance das edificações, com suas respectivas medidas *reach*, sem efeito de borda.



Fonte: O autor, 2024.

Podemos dizer que as edificações localizadas nas regiões centrais do bairro Santa Tereza exibem cores mais quentes, apontando uma alta densidade de conexões e uma maior capacidade dos edifícios de alcançar outros em seu entorno imediato, neste caso, dentro de um raio de rede de 500 metros. Essas áreas

exprimem a atmosfera local, com maior presença de serviços e facilidades, refletindo uma infraestrutura urbana mais densa e interconectada que sugere alta acessibilidade a pé. Por outro lado, as regiões que apresentam cores mais frias, como verde e azul, indicam uma menor densidade de conexões. Nessas áreas, o baixo alcance pode ser atribuído à presença de barreiras físicas, como a identificada no círculo tracejado, que consiste em um grande condomínio residencial com um único acesso ao sistema viário. Além disso, a região ao sul do recorte geográfico corresponde a uma extensa área de malha ferroviária, que também atua como um limitador significativo de deslocamento na região, especialmente nas regiões com presença de muros, conforme ilustrado na Figura 112 e na Figura 113.

Figura 112: Rua Conselheiro Rocha, entre as ruas Silvianópolis e Pouso Alegre.

Fonte: Acervo pessoal do autor, 2012.

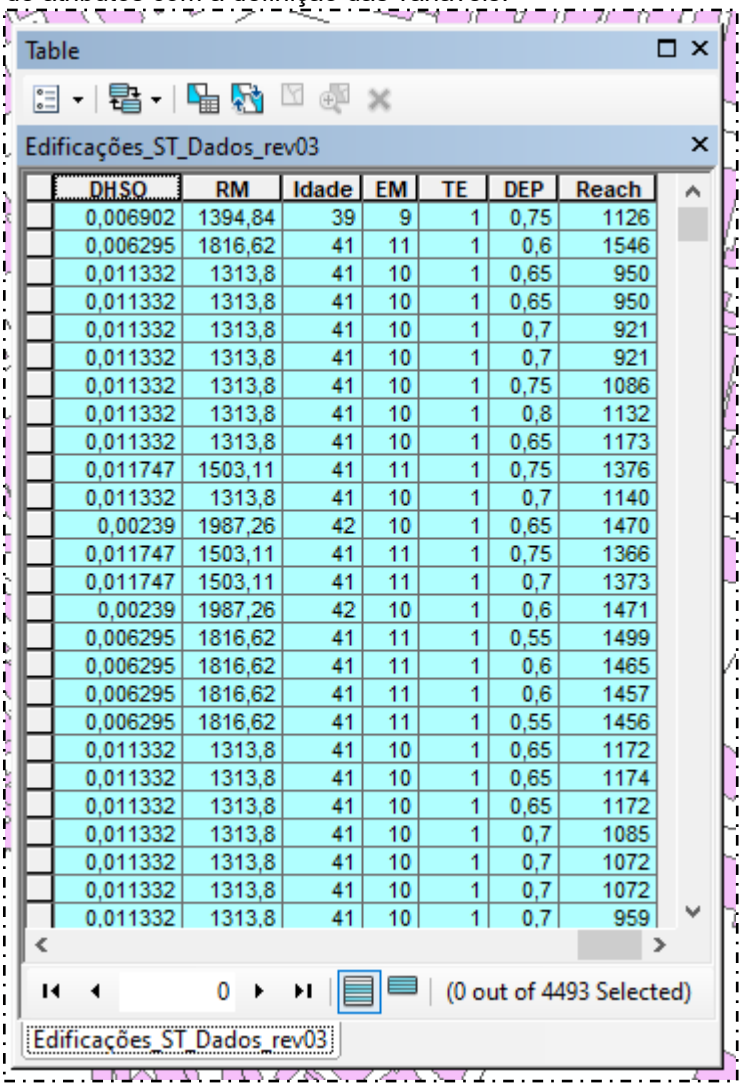
Figura 113: Rua Conselheiro Rocha, entre as ruas Gabro e Xisto.

Fonte: Acervo pessoal do autor, 2012.

Em suma, para calcular as variáveis necessárias e incorporar os diferentes cenários ao modelo, utilizamos uma combinação de conjuntos de dados georreferenciados e técnicas especializadas. Integramos os dados na tabela de atributos da camada que continha a feição das edificações, o que nos permitiu o fácil

acesso e manipulação das informações. A partir dessa base, todas as variáveis foram definidas e calculadas (Figura 114), viabilizando a operacionalização dos três cenários: simplista, ponderado e alcance incorporado. Cada uma dessas abordagens contribui para o cálculo da medida de obesogenicidade, que será detalhada e discutida no próximo capítulo. Abordaremos a modelagem em sua totalidade, bem como as sobreposições dos produtos, apresentando todos os resultados obtidos e suas implicações.

Figura 114: Tabela de atributos com a definição das variáveis.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

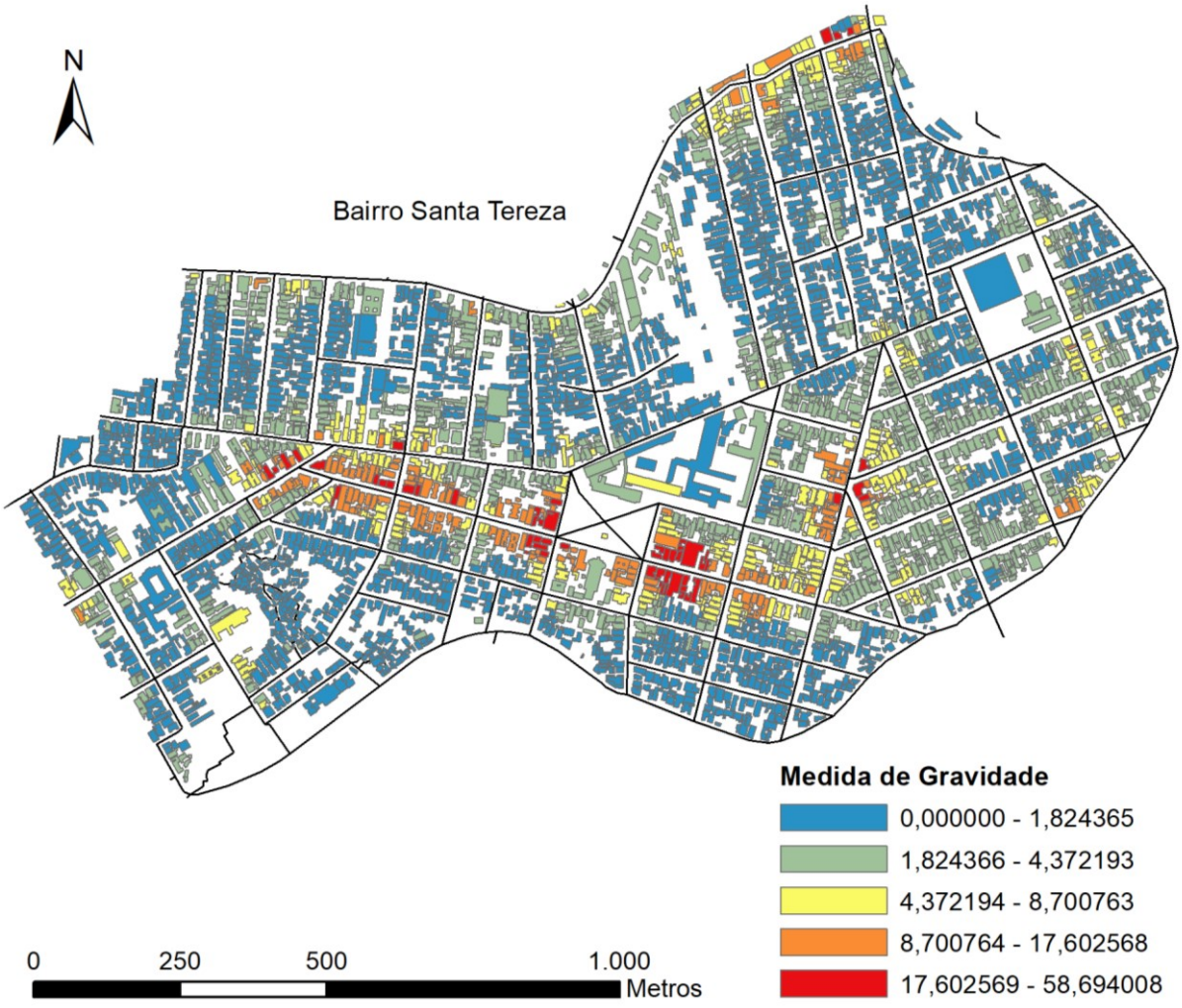
A partir da construção do modelo experimental de espaços obesogênicos em ambientes urbanos, este capítulo apresenta os resultados das análises realizadas sobre a rede urbana, destacando a centralidade dos edifícios por atração, as áreas servidas por estabelecimentos alimentares e de atividades físicas, e a indiciação das forças atrativas das edificações por meio de diferentes cenários probabilísticos. As especificações e metodologias empregadas, incluindo algoritmos e modelos matemáticos avançados, geraram resultados que elucidam a acessibilidade e as adjacências entre pessoas e lugares, informações essenciais para decisões de planejamento urbano e políticas públicas.

A complexidade do cálculo dessas métricas exigiu elevada capacidade computacional, possibilitando uma compreensão detalhada da lógica social do espaço urbano. A análise configuracional contemporânea, incorporando distâncias topológicas, angulares e euclidianas, viabilizou a avaliação das centralidades, considerando fatores de impedância como declividade, distância e tempo. Além disso, a análise sobre a atratividade das edificações e lugares nos ajuda a entender como modelamos as formas físicas das nossas cidades e, reciprocamente, como essas formas nos moldam.

6.1 CENTRALIDADE DOS EDIFÍCIOS POR ATRAÇÃO

A análise da centralidade dos edifícios por atração, realizada por meio do plugin *Urban Network Analysis*, revela como diferentes edificações atraem pessoas com base em seus fatores atrativos e sua localização. Para conduzir a análise, utilizamos como entrada os pontos geográficos representativos de estabelecimentos onde há a comercialização de alimentos, aplicando pesos específicos para cada um. Os pesos foram calculados considerando a área da edificação, a tipologia de alimentos ofertados (*in natura*, processados e ultraprocessados) e a categoria de consumo (no local, *takeaway* e/ou *delivery*). Os resultados da centralidade foram apresentados na Figura 105 e replicados na Figura 115.

Figura 115: Centralidade dos edifícios por atração, calculada com o *plugin* UNA.



Fonte: O autor, 2024.

A visualização do fenômeno sob a ótica da centralidade por atração nos oferece uma visão detalhada da dinâmica urbana e da influência espacial nos comportamentos alimentares e de mobilidade dos habitantes. A análise, apresentada no mapa, demonstra a distribuição da medida de gravidade das edificações e avalia sua capacidade de atrair movimento, considerando a acessibilidade e a conectividade das vias, bem como a ponderação dos fatores atrativos das edificações. A escala de cores do mapa varia de azul, indicando a menor medida de atração, a vermelho, com as maiores medidas de atração.

Observa-se que as áreas em azul estão distribuídas principalmente nas bordas do bairro, onde a acessibilidade pode ser limitada. Em contraste, as áreas em vermelho estão localizadas nas regiões centrais e em corredores viários importantes do recorte espacial. Esses locais atraem maior movimento de pessoas, revelando uma concentração de atividades econômicas e sociais.

As métricas utilizadas estabelecem uma relação significativa entre as formas sociais e a morfologia urbana, auxiliando na análise da formação e manutenção de espaços obesogênicos. Áreas com alta atratividade, especialmente aquelas associadas à oferta de alimentos ultraprocessados, podem indicar a presença de espaços obesogênicos. A análise espacial detalhada permite identificar essas áreas e compreender suas interações com o ambiente urbano. Essa identificação é crucial para orientar políticas públicas que promovam ambientes mais saudáveis. Assim, as áreas com baixa acessibilidade a alimentos *in natura* podem ser priorizadas para iniciativas que ampliem a oferta desses produtos, promovendo hábitos alimentares mais saudáveis e contribuindo no combate à obesidade.

Apesar da robustez estatística dos modelos de gravidade, sua aplicação revela críticas significativas. A analogia direta com as teorias da física clássica para descrever fenômenos sociais pode ser inadequada, uma vez que as interações humanas são mais complexas e dinâmicas do que as forças físicas descritas por Newton. Essa simplificação pode resultar em uma interpretação limitada da realidade social e urbana. Um exemplo disso é o uso da variável β, que controla a curva de decaimento da atração com a distância, e que pode conduzir a interpretações divergentes. Valores distintos de β podem produzir diferentes padrões de mobilidade, sugerindo que a escolha dessa variável é crítica e pode introduzir viés ao modelo.

No modelo proposto por Sevtsuk e Mekonnen (2012), a variável β opera com uma magnitude fixa e contínua, em vez de um espectro de valores, o que incorpora características do padrão de assentamentos americanos. Isso sugere uma natureza estimada para β, similar à da velocidade da luz. A variável β, portanto, pode variar dependendo de diferentes contextos e condições. Tais características representam limitações significativas para o estudo de redes urbanas complexas, sendo condicionadas aos objetivos a serem alcançados. Essa formulação matemática, por exemplo, dificulta a obtenção de uma compreensão abrangente e precisa da mobilidade urbana e do alcance da centralidade, pois diferentes valores de β podem levar a diferentes interpretações de dados. A imprecisão associada ao valor fixo e contínuo de β torna desafiadora a concepção de um modelo preditivo aplicável ao planejamento urbano.

A abordagem estática das constantes desconsidera a variabilidade temporal, social e geográfica, produzindo uma modelagem que pode deixar de captar a complexidade e a dinamicidade da vida urbana. Por exemplo, a atração de um local pode variar ao longo do tempo devido a mudanças nas preferências dos consumidores, na demografia ou nas políticas públicas. Crises econômicas podem reduzir a atratividade de restaurantes e lojas, enquanto períodos de crescimento econômico podem aumentar a demanda por estabelecimentos de maior qualidade e variedade. Ademais, a função de decaimento da distância pode ser influenciada por uma série de fatores, como a densidade populacional, a infraestrutura de transporte, idade da população, educação, entre outros. Esses fatores não só variam ao longo do tempo, mas também diferem entre localidades geográficas. Simplificar esses aspectos na modelagem pode levar a uma compreensão incompleta da dinâmica urbana.

Os modelos gravitacionais, dessa forma, apresentam maior solidez quando comparados aos eventos estocásticos, sendo necessário aprofundar sua aplicação para que os resultados gerados possam oferecer maior capacidade de predição e facilidade de análise. Isso porque o modelo resultante da operacionalização dos dados constitui um recorte estático da realidade, não capturando a dinamicidade existente na vida urbana. Nota-se, assim, que os cálculos propostos para interpretar fenômenos sociais a partir da abordagem gravitacional resultam de experimentos estritamente controlados, o que limita a possibilidade de estudar as interferências externas que também atuam sobre o fenômeno.

Não obstante, os pensadores que adotaram os modelos gravitacionais para estudos urbanos não explicitaram os elementos normativos de forma clara (JENSEN-BUTLER, 1972). Assim, a operacionalização surge como uma função extrapolativa, correspondente às experiências e padrões comportamentais de um passado racionalizado. Essa abordagem, contudo, pode não ser suficiente para capturar a complexidade inerente aos sistemas urbanos, ressaltando a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre os modelos propostos.

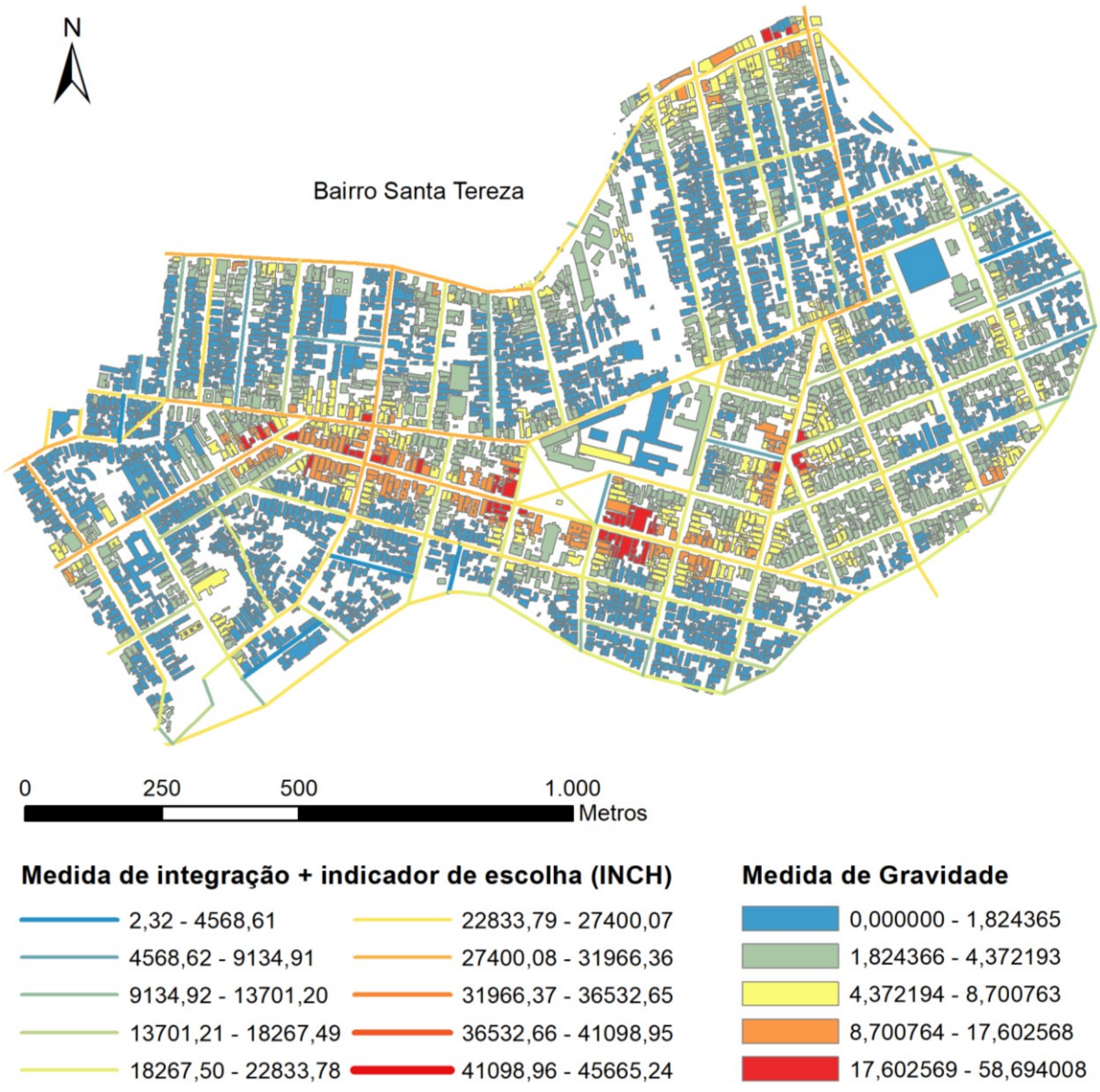
Dessa forma, apesar do cálculo oferecer uma visão detalhada de dinâmicas e interações entre morfologia e atração, é essencial reconhecer as limitações desses modelos de gravidade e complementar essa abordagem com outras metodologias para obter uma visão mais abrangente do fenômeno. Com isso, realizamos a sobreposição do cálculo de centralidade dos edifícios por atração com métricas da sintaxe espacial para as vias do recorte em estudo, viabilizando novas discussões e fornecendo compreensões mais completas da rede espacial e o fenômeno em análise.

6.1.1 Comparativos entre centralidade dos edifícios por atração e métricas da Sintaxe Espacial

A configuração dos espaços urbanos reflete uma ordem capturada pela manifestação dos fenômenos e pela disposição dos elementos que os compõem. A sobreposição da representação da centralidade por atração das edificações com as medidas sintáticas calculadas para as vias proporciona uma compreensão mais abrangente da rede espacial e do fenômeno em análise.

Inicialmente, apresentamos na Figura 116 a representação da centralidade dos edifícios por atração sobreposta com o resultado da combinação da medida de integração e da relação de escolha (INCH) das vias. Ambas as medidas estão classificadas em uma escala de cores, variando de cores frias – menores medidas – a cores quentes – maiores medidas. Revisitando conceitos, a medida INCH é uma métrica analítica que permite identificar segmentos importantes na malha urbana com alto potencial de atravessamento e boa conectividade na rede.

Figura 116: Centralidade dos edifícios por atração sobreposta com a representação da combinação da medida de integração + relação de escolha (INCH) das vias.



Fonte: O autor, 2024.

Observa-se na Figura 116 que as vias com maiores medidas de INCH – em laranja – concentram-se na região central e ao longo de alguns eixos principais do bairro. Isso reforça que essas áreas possuem um alto potencial de movimento, uma vez que as vias bem integradas e com alto indicativo de escolha tendem a atrair mais pedestres e atividades comerciais, conforme postulado pela teoria do movimento natural (HILLIER et al., 1993). Esta teoria defende que as pessoas tendem a utilizar as vias mais integradas, que, por sua vez, atraem mais comércios e serviços. Esse padrão é visível no modelo e na dinâmica do bairro, onde as áreas com alta medida INCH coincidem com os locais mais acessíveis e propensos a

maior vitalidade urbana. Já as vias com menores medidas INCH (em azul) estão mais distantes desses eixos principais, indicando menor acessibilidade e, consequentemente, menor atratividade comercial.

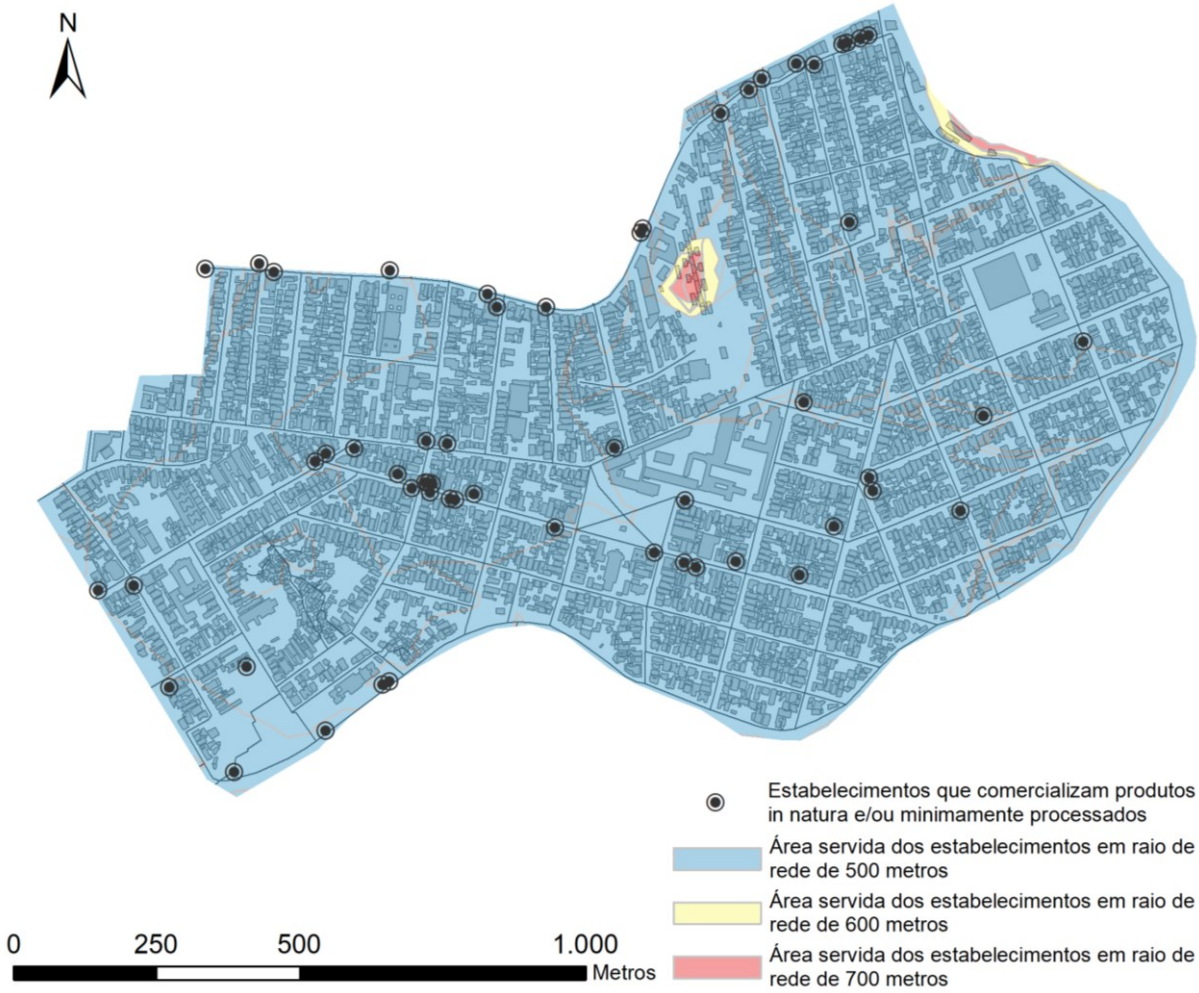
Ao sobrepor a medida INCH à centralidade por atração, observa-se alguns arquétipos importantes para discussão no âmbito da formação e manutenção de espaços obesogênicos. As edificações com oferta de alimentos são mais atrativas e localizam-se principalmente nas vias com maiores medidas de INCH, reforçando a correlação entre acessibilidade espacial e atratividade comercial – neste caso, associadas ao ambiente alimentar do consumidor. A configuração urbana revelada pelo modelo tem implicações para a saúde urbana e a segurança desses ambientes alimentares. Isso ocorre porque as áreas com alta acessibilidade e concentração de atividades comerciais tendem a comercializar uma maior variedade de alimentos, sobretudo para consumo rápido, configurando um ambiente obesogênico que facilita o acesso a alimentos altamente calóricos e ultraprocessados.

Embora o fenômeno se assemelhe a um “pântano alimentar”, é fundamental esclarecer que a diferença reside no fato de que um pântano alimentar pode ser definido como uma região onde o acesso a alimentos frescos ou minimamente processados é escasso ou inexistente (VANDEVIJVERE et al., 2019). No entanto, ao observar a situação em campo, percebemos que há facilidade de acesso a esses alimentos em raios de rede de até 500 metros (Figura 117), o que reforça a emergência do fenômeno dos espaços obesogênicos. Um ponto relevante é a região norte da área estudada, que apresentou maior deslocamento. Essa característica pode ser associada à presença de um extenso condomínio residencial, que possui apenas um acesso à rede viária, evidenciando a confluência entre elementos espaciais e formas sociais.

Por outro lado, as áreas menos acessíveis podem se equiparar a desertos alimentares, onde a disponibilidade de alimentos frescos e saudáveis é limitada. Este fenômeno não apenas restringe o acesso a alimentos nutritivos, mas amplifica as disparidades na saúde da população. Os desertos alimentares são definidos como regiões de baixa disponibilidade de alimentos frescos e saudáveis, como frutas e vegetais, enquanto há uma alta concentração de opções alimentares menos saudáveis, como alimentos processados e ricos em açúcares e gorduras (CUMMINS, 2002). Essas discussões reforçam que a interação entre o ambiente

físico e a saúde é um exemplo claro de como as discrepâncias na infraestrutura urbana podem impactar negativamente a saúde pública.

Figura 117: Área servida de estabelecimentos que comercializam alimentos *in* natura ou minimamente processados no bairro Santa Tereza em Belo Horizonte.



Fonte: O autor, 2024.

A análise espacial do mapa (Figura 116 - representação da centralidade dos edifícios por atração sobreposta com o resultado da combinação da medida de integração + relação de escolha (INCH) das vias) reflete, portanto, a relação entre os elementos físicos e as formas sociais, visto que a alta medida INCH das vias e a alta atratividade das edificações podem ser associadas à diversidade de usos do solo, promovendo interações sociais e econômicas mais intensas. Essas áreas, portanto, tendem a ser mais dinâmicas, com um fluxo constante de pessoas e atividades. Em contrapartida, as áreas de baixa acessibilidade e atratividade sofrem com a falta de

interação social e econômica, levando a ambientes mais isolados, qualificados pela privacidade.

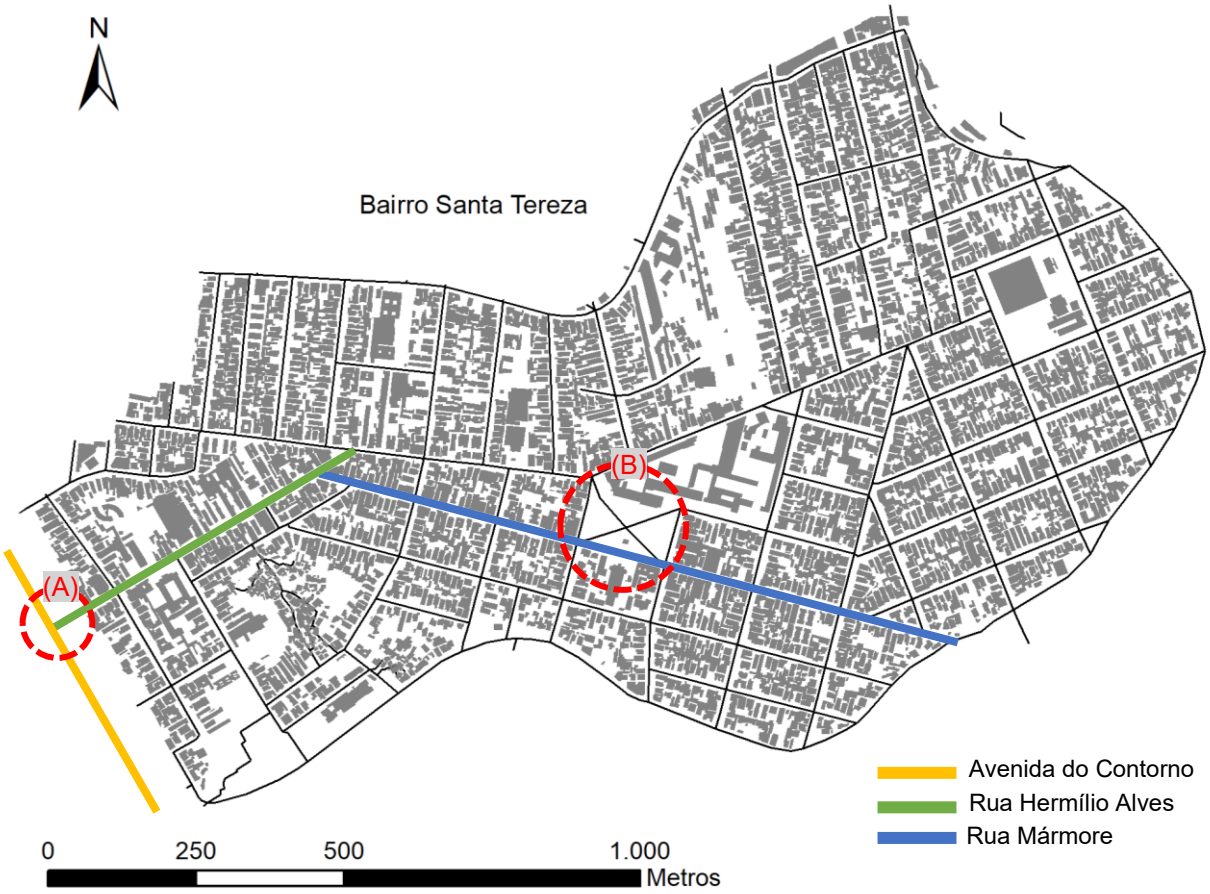
Os aspectos de formação histórica e as narrativas do bairro Santa Tereza também desempenham um papel crucial na configuração urbana atual, influenciando e complementando as análises propostas por esta tese. Por exemplo, as ruas do lado norte do bairro, colonizadas por espanhóis e desenvolvidas ao longo de colônias agrícolas, exibem uma considerável medida INCH.

No entanto, essa alta medida não se traduz em alta atratividade comercial. Este resultado está associado ao padrão de desenvolvimento urbano do bairro. Isso ocorre porque as ruas ao lado norte conformaram-se em quarteirões longitudinais de estreita largura transversal, ocasionando um crescimento majoritariamente composto por residências unifamiliares. Esse crescimento gerou ruas que se estendem até o limite das propriedades adjacentes, favorecendo a circulação, mas sem impacto significativo como “áreas atrativas”.

Atribuímos essa conjuntura ao processo mais demorado de ocupação em comparação com o lado sul da região, que foi estruturado geometricamente em uma área de alta declividade. Vale destacar que a Rua Mármore desempenhou um papel significativo nesse desenvolvimento, sendo servida por uma linha de bonde que a conectava diretamente ao centro da cidade. Segundo Baggio (2005), originalmente, o bonde tinha seu ponto final na esquina da Rua Hermílio Alves com a Avenida do Contorno, conforme apresentado pelo ponto (A) na Figura 118.

Entretanto, em janeiro de 1926, a Prefeitura aprovou a extensão dessa linha, que passou a se desdobrar pelas Ruas Hermílio Alves e Mármore, com seu ponto final estabelecido onde hoje se encontra a Praça Duque de Caxias (BAGGIO, 2005), ilustrado pelo ponto (B) na Figura 118. Essa ampliação da linha não só facilitou o acesso ao bairro, mas também intensificou o movimento humano na região, atraindo naturalmente uma série de atividades comerciais ao longo da Rua Mármore. Dessa forma, essas narrativas corroboram a ideia de que as atividades comerciais ocorrem onde existe o movimento de agentes humanos.

Figura 118: Bairro Santa Tereza, em Belo Horizonte, com representação da rua Hermílio Alves; rua Mármore e avenida do Contorno, bem como os pontos históricos da linha de bonde, sendo (A) o primeiro ponto atribuído à região e (B) o ponto aprovado pela Prefeitura em 1926.



Fonte: O autor, 2023.

O histórico da área onde o Mercado Distrital está localizado também oferece uma perspectiva interessante sobre a evolução urbana e sua relação com a saúde pública e os padrões de uso do solo. A região abrigava, desde 1910, um hospital para tratamento de doenças psiquiátricas e infectocontagiosas, incluindo a tuberculose, considerada incurável na época (BAGGIO, 2005). A presença desse hospital contribuiu para o relativo isolamento da área, que era evitada pela população devido ao temor de contágio. Esse isolamento levou a um baixo adensamento populacional, uma vez que tal empreendimento foi estrategicamente localizado longe de áreas densamente povoadas, para mitigar os riscos à saúde pública.

Com o encerramento das atividades hospitalares em 1965 (PEREIRA, 2017; TICLE, 2016), o espaço onde atualmente se encontram o Mercado Distrital e a Escola Pedro Américo passou por uma transformação significativa, impulsionada pelas mudanças na regulamentação urbana ao longo dos anos. Isso contrastou com

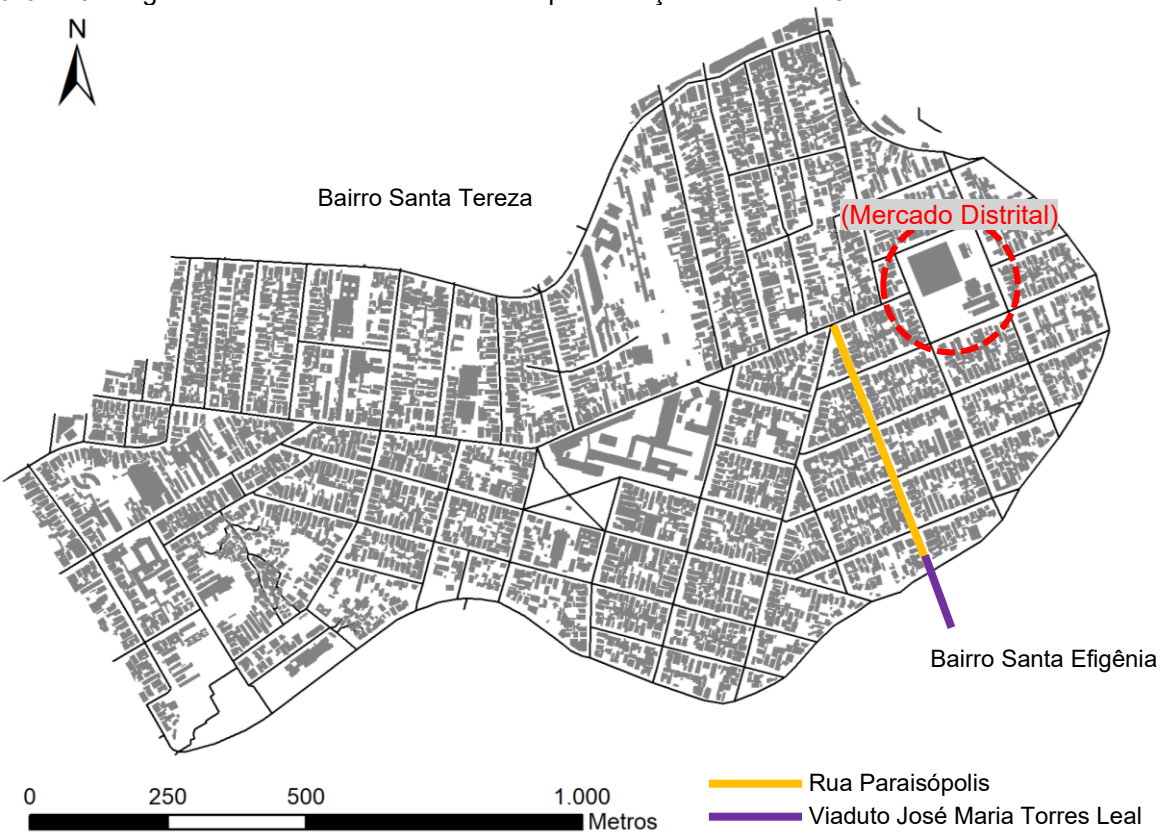
o restante do bairro, onde predominavam construções mais antigas e de menor altura, conforme ilustrado na Figura 119. Essa ocupação tardia é percebida pela menor quantidade de edifícios atrativos na região, que somente recentemente começou a atrair estabelecimentos contemporâneos voltados para a alimentação, como pizzarias e bares. Dessa forma, o passado da área, marcado pelo isolamento e pelo estigma associado ao hospital, explica, em grande parte, a configuração atual e o caráter singular da região em meio ao bairro de Santa Tereza.

Figura 119: Foto aérea das obras de retificação e canalização do Ribeirão Arrudas, datada de 1986, com demarcação do Mercado Distrital do bairro Santa Tereza.

Fonte: Disponível em: www.curraldelrey.com. Acesso em set. 2023. Editado pelo autor, 2023.

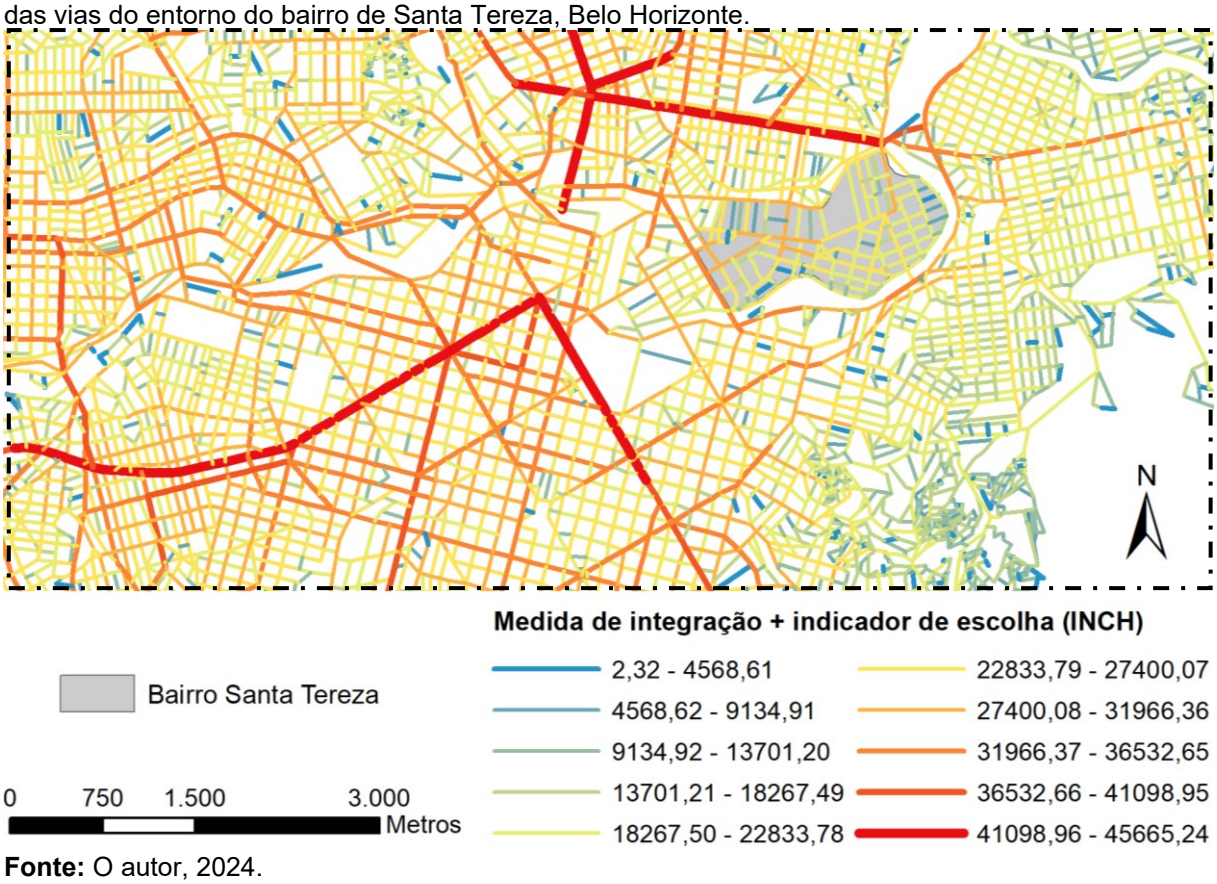
Apesar do contexto histórico caracterizado pelo isolamento, na década de 1990, buscou-se uma mitigação dessa situação com a construção do Viaduto José Maria Torres Leal (Figura 120), interligando os bairros de Santa Tereza e Santa Efigênia e aumentando a acessibilidade para a região (BAGGIO, 2005). No entanto, apesar dessa melhoria na conectividade, o Mercado Distrital ainda enfrenta desafios em termos de vida ativa. A Figura 121 ilustra como a integração desse eixo no contexto da rede urbana mais ampla, considerando todo o município de Belo Horizonte, permanece limitada, o que contribui para a marginalização e o congelamento de novos investimentos públicos para a área. Essa situação reflete o desafio de transformar áreas com crescimento tardio em espaços dinâmicos, evidenciando a necessidade de conexões adicionais para melhorar a integração e vida urbana local.

Figura 120: Região do Mercado Distrital com a representação do viaduto José Maria Torres Leal.



Fonte: O autor, 2024.

Figura 121: Representação da combinação da medida de integração + relação de escolha (INCH) das vias do entorno do bairro de Santa Tereza, Belo Horizonte.



Fonte: O autor, 2024.

Além disso, é importante destacar que, embora a regulamentação da Área de Diretrizes Especiais (ADE-Santa Tereza) tenha sido implementada para preservar o caráter do bairro, ela também impõe certos constrangimentos à maior integração do bairro com o entorno. Por exemplo, as restrições à verticalização e ao tráfego de passagem, vista como uma ameaça à ambiência interiorana do bairro, o que contribui para o caráter congelado e para a dificuldade de promover uma revitalização mais ampla no Mercado Distrital e em suas imediações.

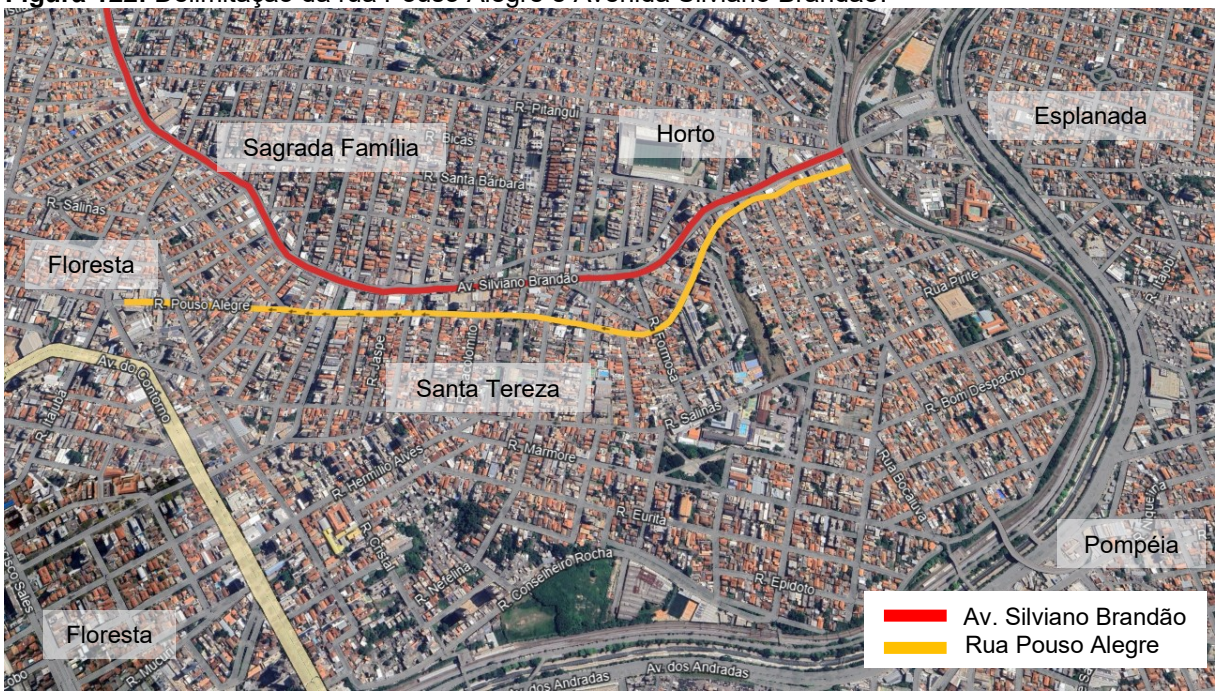
Consideramos que a preservação do caráter e da ambiência interiorana do bairro, sobretudo em áreas de relevância histórica-social, é uma prioridade que deve ser equilibrada com os desafios de promover o desenvolvimento urbano sustentável. A regulamentação da ADE, ao mesmo tempo em que protege o bairro contra o adensamento excessivo e o tráfego de passagem, também limita as possibilidades de revitalização econômica e social, especialmente nas zonas limítrofes com a rede ferroviária. Nesse contexto, devemos resistir à modernização funcionalista e defender um modelo de desenvolvimento que priorize os laços comunitários e a qualidade de vida, contribuindo para a criação de um ambiente urbano que não apenas preserva a identidade do bairro, mas também promove práticas de vida mais saudáveis e ativas.

Para superar esses desafios sem comprometer a identidade local, é crucial adotar estratégias que promovam uma integração local mais suave e harmoniosa com o entorno. Uma sugestão que consideramos viável seria a implementação de projetos de uso misto, que combinem habitação de baixa densidade com pequenos espaços comerciais e culturais, concebendo pontos de encontro e interação social. Além disso, o desenvolvimento de passarelas peatonais e ciclovias sobre a ferrovia poderia facilitar o acesso ao bairro, conectando-o de forma mais eficaz às regiões adjacentes sem interferir no tráfego veicular local. Essas intervenções, se planejadas com sensibilidade, podem revitalizar o bairro, atraindo investimentos e melhorando a qualidade de vida, ao mesmo tempo em que preservam a atmosfera tranquila e a sociabilidade que caracterizam Santa Tereza.

Continuando, destaca-se a Rua Pouso Alegre, que se encontra nos limites ao norte e faz divisa com os bairros Floresta, Sagrada Família e Horto (Figura 122). Nesse logradouro, nota-se a presença de alguns estabelecimentos atrativos. Contudo, paralelamente à rua, há a Avenida Silviano Brandão, que apresenta uma variedade de tipologias comerciais, incluindo redes de supermercados de grande

porte. Salienta-se que os pontos com baixa atração podem sofrer influência desses bairros vizinhos, não sendo abarcados nesta análise inicial. Portanto, reforça-se a limitação da catalogação dos estabelecimentos com pesos atratores, sendo necessários estudos mais amplos para evitar o efeito de borda. Ressaltamos que, quanto à medida INCH, não é observado esse efeito, pois todos os segmentos de rua da cidade de Belo Horizonte foram registrados e operacionalizados.

Figura 122: Delimitação da rua Pouso Alegre e Avenida Silviano Brandão.



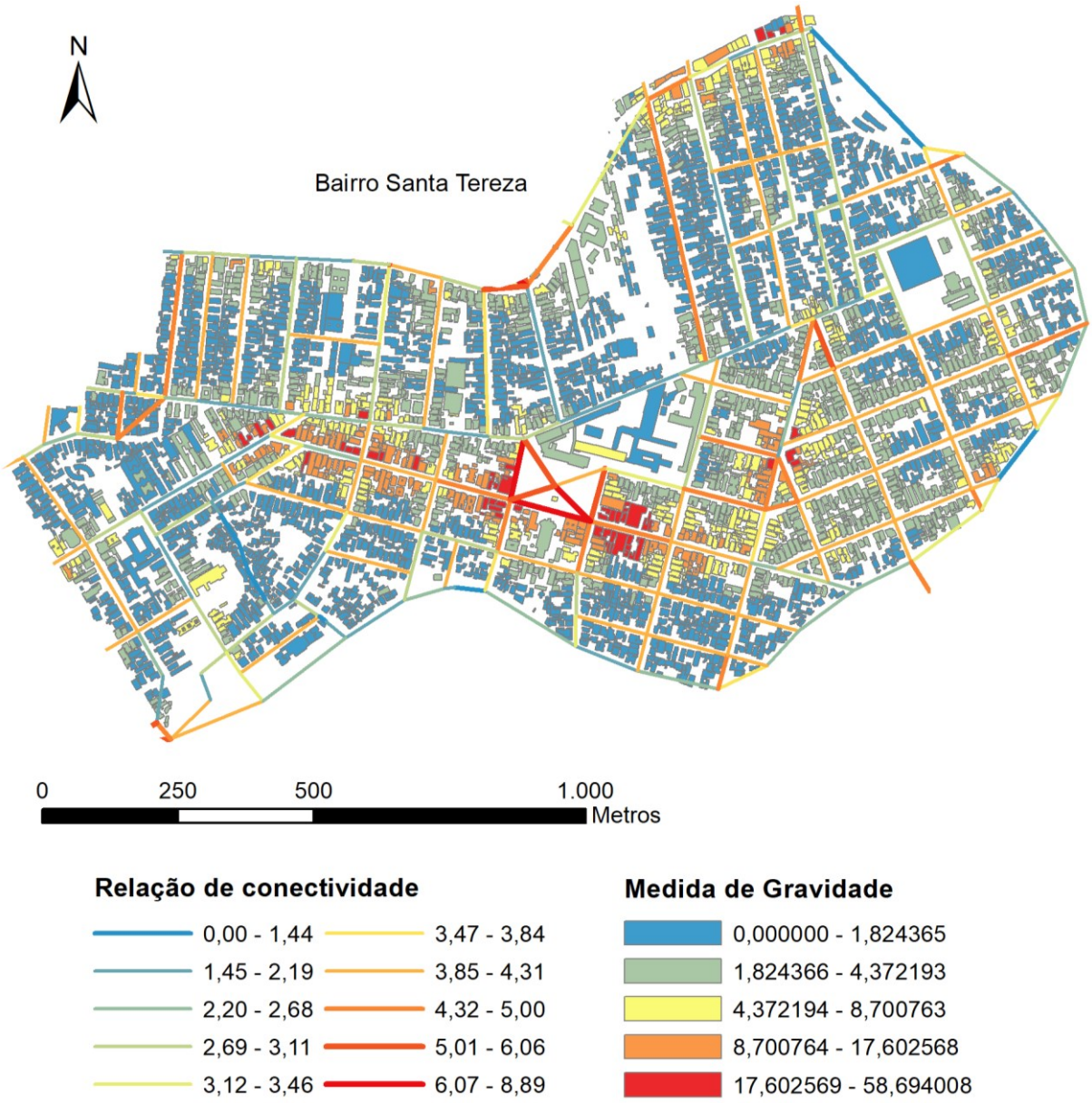
Fonte: Google Earth, 2024, editado pelo autor, 2024.

Outro comparativo realizado foi da medida de conectividade com o mesmo índice de atração das edificações. A relação de conectividade é uma métrica central na teoria da Sintaxe Espacial, representando o número de conexões diretas que um segmento de via possui com outros segmentos dentro do sistema (PEREIRA et al., 2011). Em nossa análise, foi calculado o número de vias que cada segmento intercepta em relação ao sistema como um todo, com base em um raio topológico global (Rn). A Figura 123 apresenta o bairro Santa Tereza, demonstrando a relação de conectividade global das vias (calculada para todo o município de Belo Horizonte) e a centralidade por atração das edificações do recorte em estudo.

Na figura, a relação de conectividade das vias é representada por cores frias (baixa conectividade), que indicam vias com menor integração na rede, estando mais afastadas da rede principal e contribuindo menos para o fluxo de movimento; e

cores quentes (alta conectividade), que representam vias com maior integração e centralidade, essenciais para o fluxo urbano, pois conectam diversas partes do bairro e facilitam o deslocamento. A medida da centralidade por gravidade segue o mesmo padrão das figuras anteriores, em que as edificações são representadas por uma escala de cores que varia do azul ao vermelho, correspondendo a menores e maiores medidas de atração, respectivamente.

Figura 123: Centralidade dos edifícios por atração sobreposta com a representação da relação de conectividade das vias.



Fonte: O autor, 2024.

A análise desta figura corrobora a teoria do movimento natural, a qual postula que a configuração espacial de uma área urbana influencia diretamente os

padrões de movimento, sem a necessidade de planejamentos específicos ou intervenções (HILLIER; HANSON, 1984). Hillier (2007) demonstrou que essas áreas com alta conectividade atraem naturalmente mais pedestres, pois oferecem rotas diretas e convenientes. Esse fluxo elevado interfere significativamente no uso do espaço urbano, tornando-se polos de atração[46] (MEDEIROS, 2006; 2013) para atividades comerciais e sociais. Além disso, a alta conectividade das vias aumenta a visibilidade e a acessibilidade das edificações adjacentes, elevando sua medida de gravidade – ou seja, sua atratividade em termos de acesso e visibilidade. Dalton (2001) argumenta que a visibilidade é crucial na definição dos padrões de movimento, com espaços mais visíveis e acessíveis tendendo a ser mais utilizados e frequentados.

Isso porque a Figura 123 revela que as ruas com maiores relações de conectividade apresentam um elevado potencial de movimento e uma concentração de estabelecimentos atratores. Ou seja, como já diziam Hillier *et al*. (1993, p.31): “em sistemas urbanos, a configuração é o gerador primário dos padrões de movimento pedestre e, em geral, os atratores são ou equalizáveis ou trabalham como multiplicadores no padrão básico estabelecido pela configuração”. Esse princípio é claramente observado nas elevadas medidas de relação de conectividade e centralidade por gravidade no entorno da Praça Duque de Caxias. Essa área, devido à sua configuração espacial, propicia um ambiente dinâmico e interativo, onde os cidadãos não apenas circulam, mas participam ativamente de diversas atividades, incluindo a aquisição e o consumo de alimentos.

Adicionalmente, podemos correlacionar a narrativa de Baggio (2005), que afirma: “Tudo leva a crer que a edificação da Igreja Matriz, assim como a construção do antigo coreto da Praça Duque de Caxias e os jardins que ela adquiriu consolidaram este setor como a área central do bairro” (BAGGIO, 2005, p. 144). Este argumento pode ser diretamente atribuído às características configuracionais da área. Em outras palavras, a semântica da centralidade – ou seja, o papel central que a Praça Duque de Caxias e a Paróquia Santa Teresa e Santa Teresinha desempenham na vida social e cultural do bairro – é uma consequência da

---

[46] “Magnetos ou polos de atração podem ser centralidades urbanas entendidas como os locais para onde convergem e se concentram, em quantidade e diversidade, fluxos e usos diversos” (MEDEIROS, 2006, p. 99).

configuração sintática do espaço. Dessa forma, as relações espaciais e a conectividade das vias em volta da praça (Figura 124) criam uma rede que naturalmente atrai movimento e atividades, reforçando a percepção semântica de centralidade e a importância sintática desse espaço no contexto da rede urbana.

Vale ressaltar que a praça foi construída a partir de reivindicações da comunidade residente, em uma área que abrigava um grande largo deteriorado (ALMEIDA et al., 2016). Segundo Baggio (2005, p. 142-143):

> "Por ocasião de uma visita ao bairro em 1935, o então prefeito Otacílio Negrão de Lima, diante dos apelos dos moradores e da constatação pessoal *in loco* das péssimas condições em que se encontrava aquela área, prometeu à população a construção da Praça, que foi finalmente inaugurada dois anos depois (com jardins, passeios de alvenaria e outros ornamentos) [...]".

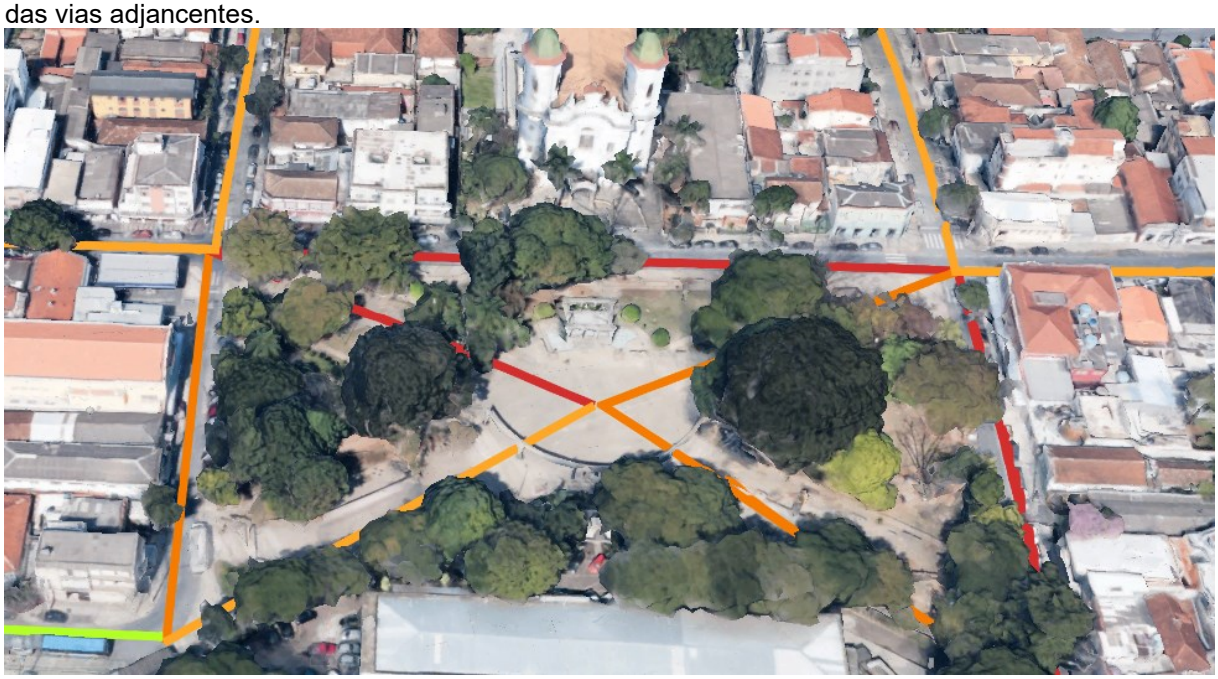
Portanto, essa narrativa se apresenta congruente com as relações socioespaciais dos moradores, evidenciando como a mobilização comunitária e o engajamento cívico podem moldar a produção e a percepção do espaço urbano. A praça, portanto, torna-se um símbolo de construção coletiva, que, sob a perspectiva de Kevin Lynch (1960), desempenha um papel crucial na formação de uma imagem mental positiva do bairro, sendo ponto de referência essencial (juntamente com a Paróquia Santa Teresa e Santa Teresinha, que se encontra em frente à praça na rua Mármore) para a legibilidade e identidade urbana da região. Além disso, a praça não é apenas um espaço físico, mas um catalisador para as relações sociais (JACOBS; APPLEYARD, 1987), nas quais as interações são promovidas e a coesão social é fortalecida.

Ademais, podemos dizer que a facilidade de movimento e a visibilidade também sugerem maior uso dos espaços públicos, promovendo a prática esportiva, que pode auxiliar na mitigação de quadros de obesidade. Nesse contexto, essa praça exemplifica como uma configuração espacial conectada pode potencializar o uso do espaço urbano para atividades físicas e convivência social (Figura 125), elementos que promovem a saúde e o bem-estar entre os moradores e visitantes, o que pode ser comprovado a partir de narrativas, como:

> "[...] na Praça Duque de Caxias, local onde se podem observar crianças e jovens brincando, andando de patins, de skate, de bicicleta (que, às vezes, podem incomodar), formando rodinhas de "bate-papos", bem como, entre outros, casais de namorados, leitores, idosos, desempregados e pessoas

que, simplesmente, ficam a contemplar o movimento e a bela paisagem da Praça e de suas cercanias.” (BAGGIO, 2005, p. 145).

Figura 124: Vista aérea da Praça Duque de Caixas com a representação da relação de conectividade das vias adjancentes.



Fonte: Google Earth, 2024, editado pelo autor, 2024.

Figura 125: Vistas da Praça Duque de Caxias, bairro Santa Tereza, Belo Horizonte/MG.

Fonte: Acervo pessoal do autor, 2012; 2024.

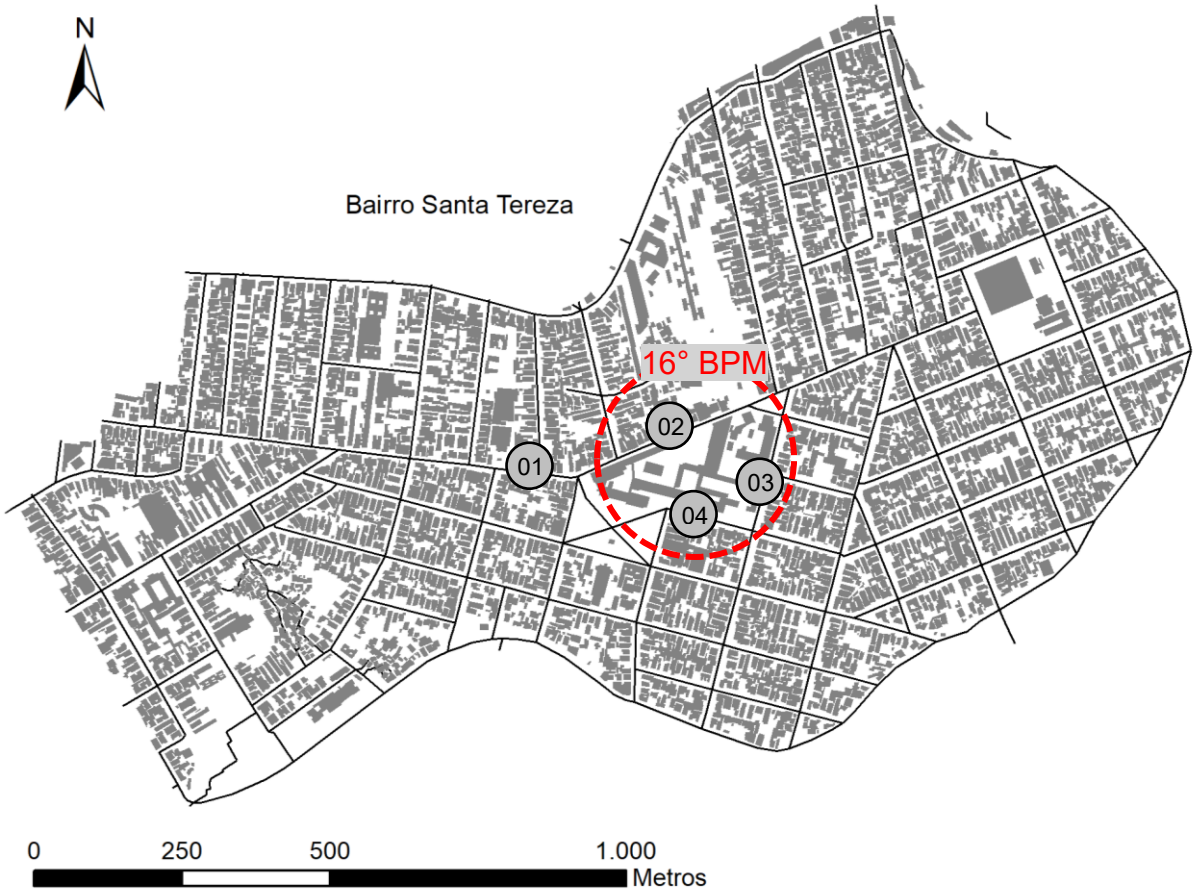
Consequentemente, essa atividade intensa contribui para uma maior vigilância natural. O conceito de vigilância natural, introduzido por Jane Jacobs em seu livro "*The Death and Life of Great American Cities*" (1961), refere-se à capacidade de um ambiente urbano ser naturalmente observado pelos seus próprios usuários, como moradores, comerciantes e pedestres. A autora argumenta que a presença constante de pessoas nas ruas, nas calçadas e em espaços públicos gera uma vigilância informal que desestimula comportamentos criminais. A ideia é que os "olhos da rua", ou seja, pessoas que observam o espaço de maneira espontânea e cotidiana, contribuem para a segurança da área, pois a visibilidade contínua gera um ambiente menos propício a atividades ilícitas. Dessa forma, a alta relação de conectividade observada na praça Duque de Caxias não apenas facilita o movimento e a interação social, mas também pressupõe um espaço potencial de vigilância natural. Esta congruência entre elementos espaciais e formas sociais reflete a importância de um planejamento urbano que considere esses fatores como interdependentes e fundamentais para a promoção de um ambiente urbano saudável e seguro.

Por outra perspectiva, ao discutirmos a segurança no bairro, observamos uma dualidade significativa na presença do 16º Batalhão de Polícia Militar (BPM) - Figura 126, que exemplifica os conflitos entre elementos espaciais e formas sociais. Segundo Baggio (2005):

> “Há que se observar que a presença do 16º Batalhão da Polícia Militar (mais especificamente de 20ª CIA), posicionado numa das laterais da Praça, inibe ações que possam provocar tumultos e outras variantes de constrangimento aos frequentadores do lugar, o que, até certo ponto, proporciona uma atmosfera de maior segurança e tranquilidade.” (BAGGIO, 2005, p. 145).

Essa proximidade do batalhão pode ser entendida como um complemento à vigilância natural, na qual a presença de equipamentos de segurança atua como um dissuasor para atividades criminais. No entanto, as observações de campo revelam uma contradição em relação ao efeito esperado. A configuração física do batalhão, caracterizada por muros altos e barreiras que o isolam do entorno imediato (Figura 127), limita sua integração com o tecido urbano. Em vez de contribuir para a segurança de maneira abrangente, essa estrutura cria áreas de privacidade forçada, nas quais a vigilância natural se torna menos eficaz e a sensação de insegurança pode, paradoxalmente, ser ampliada.

Figura 126: Análise de regiões isoladas topologicamente no bairro Santa Tereza.



Fonte: O autor, 2024.

Figura 127: Vistas do 16º Batalhão de Polícia Militar, situado no bairro Santa Tereza, Belo Horizonte/MG.

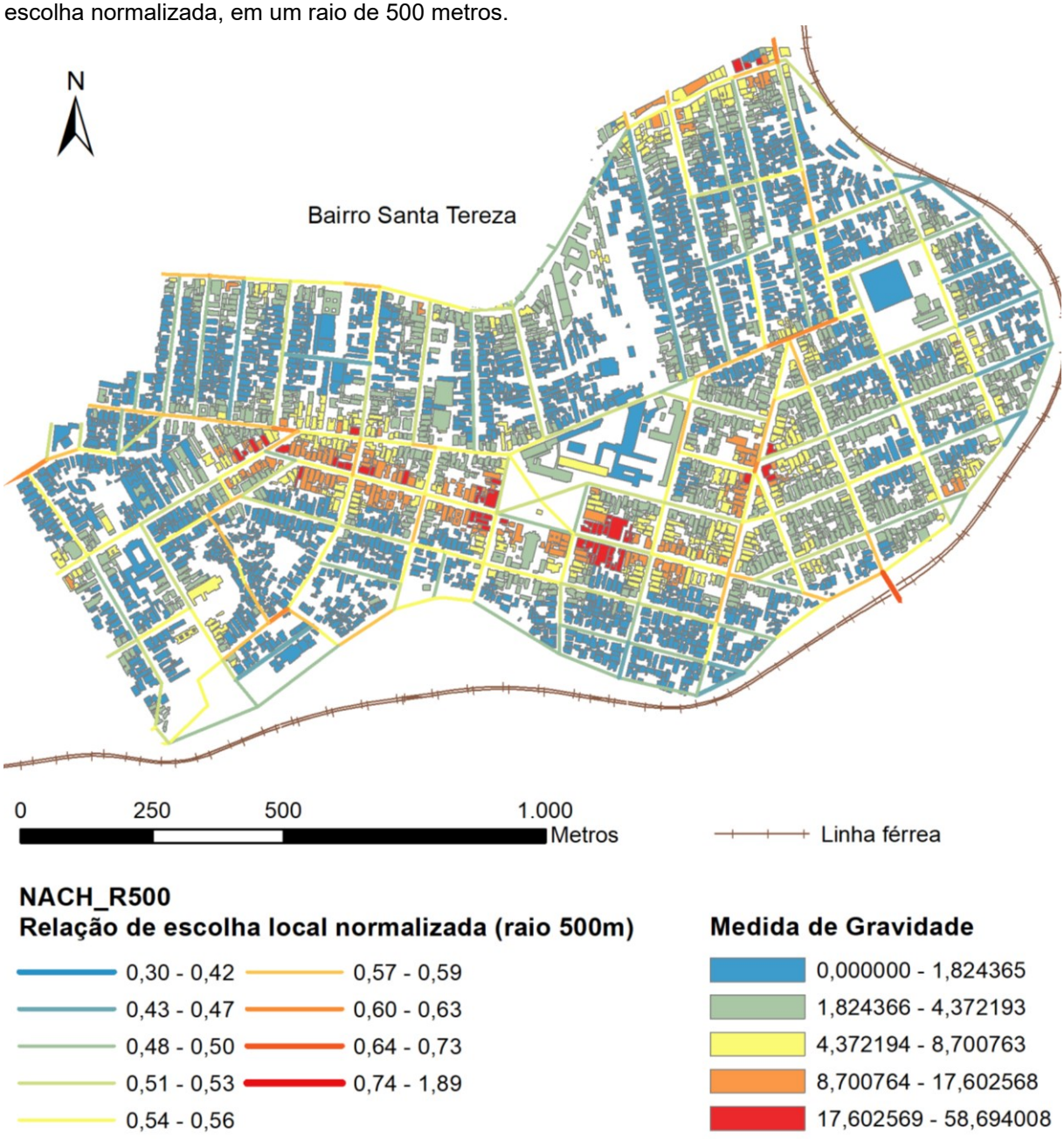
Fonte: Acervo pessoal do autor, 2024.

Além disso, ao analisar a configuração espacial por meio da medida de integração + indicador de escolha (INCH) (Figura 116) e da relação de conectividade (Figura 123) da malha viária, constatamos que o batalhão está topologicamente “isolado”. Essa circunstância compromete a eficácia potencial da presença policial em promover uma interação social positiva, evidenciando os desafios de uma infraestrutura de segurança que, em vez de fortalecer a coesão social, pode inadvertidamente fragmentar o espaço urbano. Essa dualidade ressalta a importância de um planejamento urbano que considere não apenas a localização estratégica de instalações de segurança, mas também seu desenho e integração com o entorno imediato.

As áreas identificadas com menores relações de conectividade, representadas pelas vias em azul e verde na Figura 123, também revelam padrões específicos que limitam o uso e a vitalidade dos espaços urbanos. A análise espacial dessas regiões indica que são predominantemente residenciais e caracterizadas por barreiras físicas significativas, como a presença da linha férrea, muros e, em alguns casos, características topográficas que contribuem para a fragmentação do espaço, resultando em um fluxo reduzido de pedestres. Esses padrões corroboram diretamente as observações de Hillier *et al.* (1993), que destacam a importância da configuração na formação dos padrões de movimento. A baixa conectividade, como demonstrado nas figuras, cria zonas com menor visibilidade e acesso, impactando negativamente a interação social e a segurança dessas áreas.

Esses arquétipos observados nas áreas limítrofes à linha férrea, onde a redução na medida de gravidade das edificações indica menor atratividade para o movimento de pedestres, evidenciam como barreiras físicas e baixa conectividade contribuem para a marginalização espacial e social de certas regiões. A análise da relação de escolha local normalizada em um raio de 500 metros (NACH_R500) (Figura 128) reforça essa tendência, demonstrando que essas áreas de baixa conectividade não são rotas preferenciais, o que limita ainda mais a interação socioespacial.

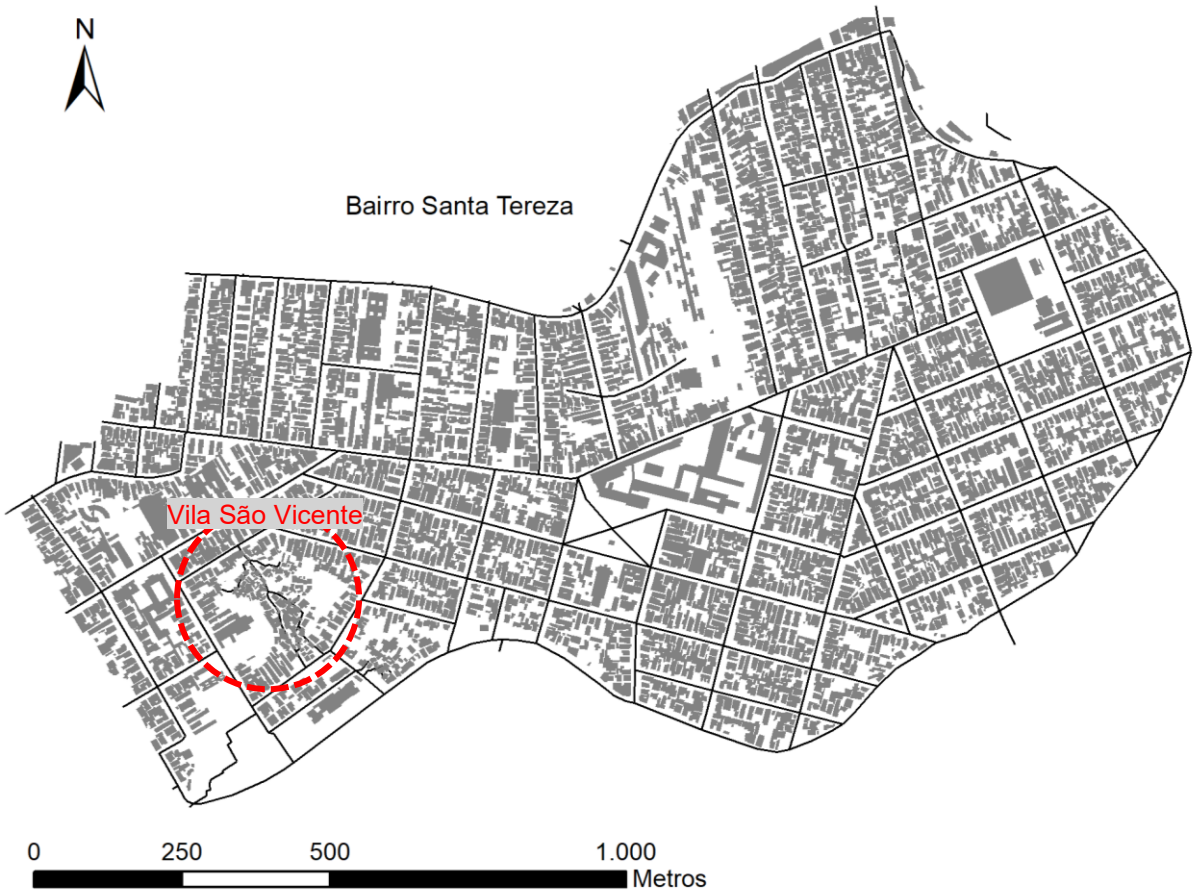
Figura 128: Centralidade dos edifícios por atração sobreposta com a representação da relação de escolha normalizada, em um raio de 500 metros.



Fonte: O autor, 2024.

Essa conjuntura nos leva a considerar casos específicos, como o da Vila São Vicente (Figura 129). Embora esteja situada em uma área relativamente conectada, a vila apresenta características espaciais que reforçam sua marginalização. Localizada em uma depressão topográfica, a vila se isola fisicamente do restante do bairro, conectando-se de forma sutil por pequenos becos e vielas. Essa configuração é um exemplo claro do que Harvey (1973) descreve como a materialização das desigualdades sociais no tecido urbano, em que a forma física do espaço contribui para a exclusão social e econômica dos moradores.

Figura 129: Bairro Santa Tereza com a indicação da Vila São Vicente.



Fonte: O autor, 2024.

Apesar do elevado valor de NACH (Figura 128) indicar que a Vila São Vicente possui vias que funcionam como rotas importantes dentro de um raio de 500 metros, sugerindo algum fluxo local, essa ordenação não se traduz em maior conectividade global ou em acessibilidade a serviços e infraestruturas mais abrangentes. As baixas medidas de INCH e da relação de conectividade apontam que a vila permanece desconectada da rede urbana mais ampla. Esse isolamento, combinado com a baixa visibilidade e o acesso restrito, perpetua a exclusão social dos moradores, confirmando a crítica de Harvey (1973) sobre como a configuração espacial pode reforçar desigualdades urbanas.

Além disso, a configuração espacial que isola a Vila São Vicente também a torna vulnerável à especulação imobiliária. O interesse em investir na área, em vez de promover a inclusão e o desenvolvimento sustentável, tende a incentivar a

gentrificação[47], resultando na tentativa de expulsão dos moradores atuais e na perda de seus laços históricos e identitários com o lugar. Como argumentaria Heidegger, o espaço não é apenas um local físico onde os indivíduos se encontram, mas um lugar que o ser humano habita e constrói sua existência (HEIDEGGER, 2012). A Vila São Vicente, nesse sentido, não é apenas um aglomerado de edificações, mas um lugar onde os habitantes se enraízam, construindo uma relação autêntica com o mundo ao seu redor. Essa relação, esse "habitar", é o que dá sentido ao espaço, transformando-o em um lugar significativo. Assim, a identidade e o pertencimento que os moradores da Vila São Vicente experimentam são expressões de seu *ser-no-mundo*, uma relação que não pode ser facilmente substituída por novos empreendimentos, pois está intrinsecamente ligada ao modo como eles existem nesse lugar. A tentativa de desarraigar essa comunidade em nome de novas iniciativas ignora essa profunda conexão ontológica entre os habitantes e o lugar que eles chamam de lar (HEIDEGGER, 2012).

Portanto, a análise comparativa entre a centralidade dos edifícios por atração e as métricas da Sintaxe Espacial revelou como a configuração urbana de Santa Tereza molda as dinâmicas de movimento e uso do espaço. Áreas com alta relação de conectividade e valores elevados da medida INCH, como as proximidades da Praça Duque de Caxias, demonstram um potencial de vitalidade urbana, favorecendo a interação social e a segurança por meio da vigilância natural. Por outro lado, regiões como a Vila São Vicente, apesar de seu potencial local, permanecem desconectadas da rede urbana mais ampla, perpetuando desigualdades socioespaciais. Essas observações ressaltam a necessidade de um planejamento urbano integrado que equilibre a preservação da identidade local com a necessidade de maior conectividade e inclusão.

Com base nessas informações, fica evidente que a configuração urbana de Santa Tereza desempenha um papel importante na definição das dinâmicas de movimento e uso do espaço. No entanto, para avançarmos na compreensão de como essas relações moldam a formação e manutenção de espaços obesogênicos,

---

[47] Gentrificação é um fenômeno urbano onde áreas anteriormente degradadas ou com baixo valor imobiliários passam por um processo de revitalização, resultando na valorização dos imóveis e na substituição dos residentes originais por pessoas com maior poder aquisitivo. Cunhado por Ruth Glass (1964) e aprofundado por Neil Smith (1979), esse fenômeno reflete uma dinâmica de reestruturação urbana que favorece o capital e exclui as comunidades historicamente estabelecidas.

é necessário aprofundar as análises. A seguir, exploraremos como a área servida dos estabelecimentos alimentares e de prática de atividades físicas se inter-relacionam com os resultados previamente discutidos.

6.2 ÁREA SERVIDA

A análise da área servida em um ambiente urbano fornece uma visão abrangente das oportunidades e limitações de acesso a recursos essenciais, como alimentos e espaços para atividades físicas. Utilizando ferramentas de análise espacial, no nosso caso, o módulo de análise de rede do ArcMap©, é possível compreender como a configuração espacial do bairro impacta a acessibilidade dos moradores a esses estabelecimentos/espaços, a partir da operacionalização de conjuntos de origem-destino.

6.2.1 Estabelecimentos alimentares

A Figura 130 apresenta a área servida dos estabelecimentos alimentares no bairro Santa Tereza, representada por curvas isocrônicas que variam de 1 a 11 minutos ou mais de caminhada, considerando tanto a distância percorrida quanto a declividade dos segmentos viários como fatores de impedância. Essa representação gráfica permite uma análise detalhada da acessibilidade dos moradores a esses estabelecimentos, destacando como a configuração espacial influencia diretamente o acesso peatonal aos alimentos.

Observa-se que a maior parte das residências está localizada dentro de uma área servida de até cinco minutos de caminhada (em tons de vermelho e laranja na Figura 130), indicando uma alta acessibilidade aos estabelecimentos alimentares. Esse fator sugere uma boa conectividade entre as moradias e os pontos de venda de alimentos, o que, em teoria, facilita o acesso a uma variedade de opções alimentares para os moradores e trabalhadores locais. No entanto, as áreas servidas que se estendem além dos cinco minutos de caminhada (em tons de verde e azul) indicam que algumas regiões do bairro possuem a acessibilidade reduzida, sobretudo em locais onde a declividade é acentuada ou em áreas mais afastadas dos principais eixos viários. Essa variação na distribuição da área servida é significativa, pois pode refletir desigualdades no acesso, especialmente para

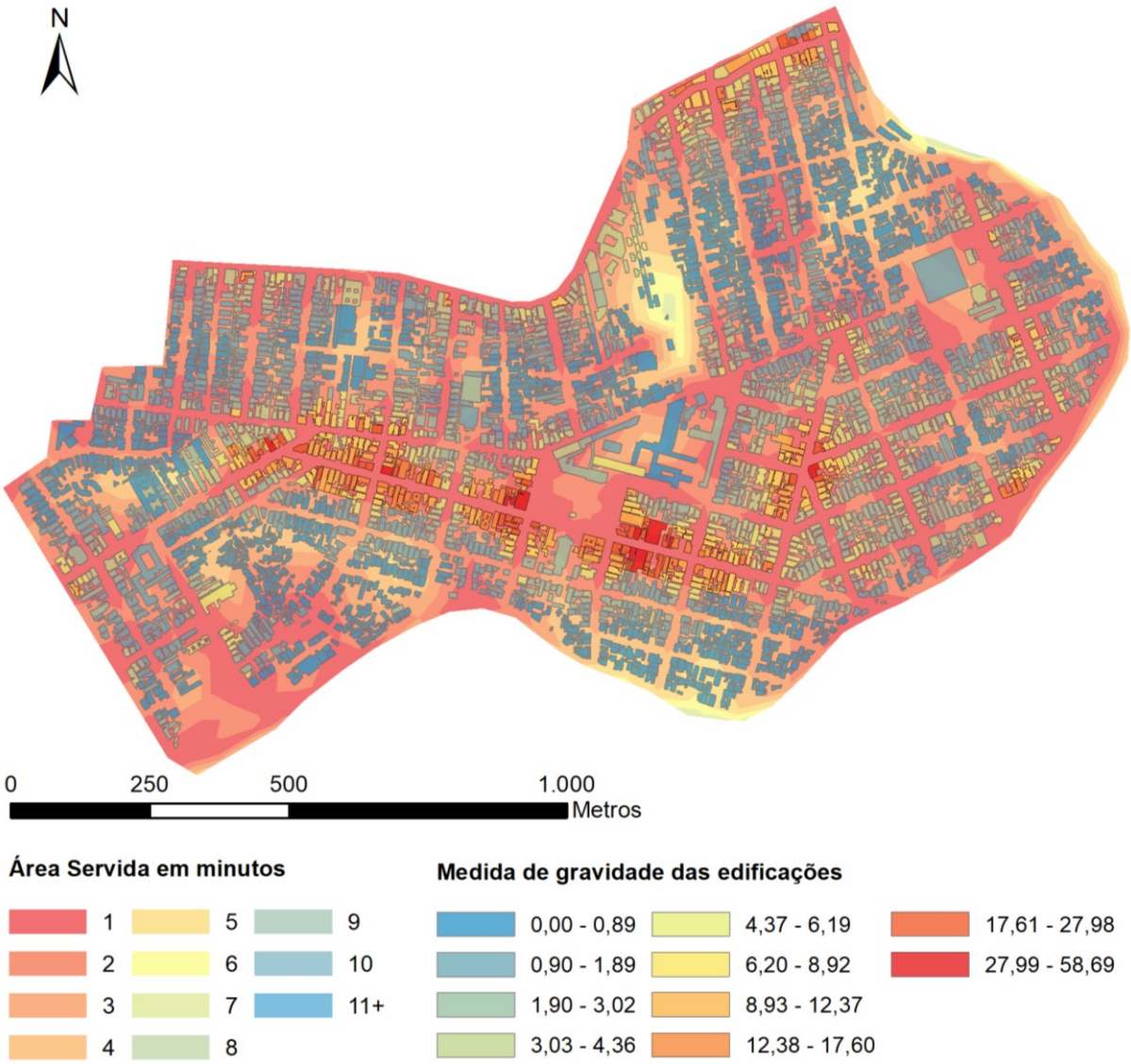
populações que podem ter dificuldade de mobilidade ou que residem em áreas menos favorecidas do ponto de vista da infraestrutura e da configuração.

Figura 130: Mapa da área servida dos estabelecimentos alimentares, representado com curvas isocrônicas de 1 a 11+ minutos de caminhada.

Fonte: O autor, 2024.

A Figura 131 mostra a sobreposição da área servida pelos estabelecimentos alimentares com a centralidade por atração das edificações. No mapa, observamos uma clara correlação entre a centralidade por atração das edificações e a área servida dos estabelecimentos alimentares. As regiões com alta centralidade por atração, indicadas por cores quentes, coincidem com as regiões em que o tempo de caminhada até os estabelecimentos é mais curto, geralmente entre um e cinco minutos. Isso sugere que as zonas mais centrais e atrativas possuem melhor acesso a serviços alimentares, reforçando a conexão entre centralidade urbana e conveniência no acesso a recursos alimentares.

Figura 131: Mapa da área servida dos estabelecimentos alimentares, representado com curvas isocrônicas de 1 a 11+ minutos de caminhada sobreposta com a centralidade por atração das edificações.

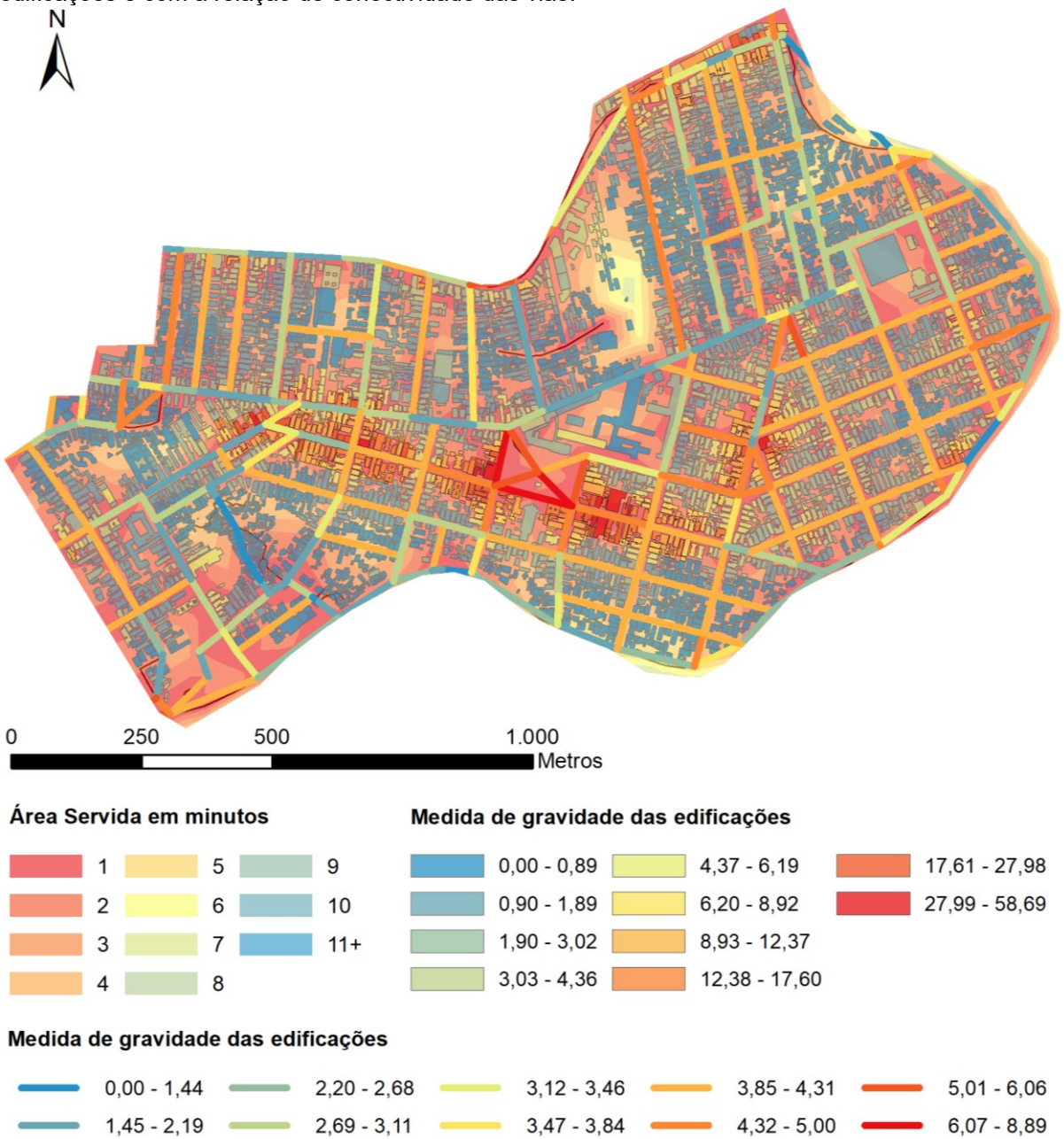


Fonte: O autor, 2024.

Por outro lado, áreas com menor centralidade por atração, representadas por cores frias, estão associadas a tempos de caminhada mais longos. Esses padrões indicam que regiões menos centrais enfrentam maior isolamento e desafios de acessibilidade. Essa análise revela a importância de intervenções urbanas para melhorar a conectividade e a centralidade em áreas periféricas, promovendo um ambiente urbano mais equitativo e acessível a todos os residentes.

Ampliando as análises, a Figura 132 apresenta a sobreposição da área servida pelos estabelecimentos alimentares, a centralidade por atração das edificações e a relação de conectividade das vias.

Figura 132: Mapa da área servida dos estabelecimentos alimentares, representado com curvas isocrônicas de 1 a 11+ minutos de caminhada sobreposta com a centralidade por atração das edificações e com a relação de conectividade das vias.



Fonte: O autor, 2024.

O padrão geral que emerge dessas camadas sobrepostas é que as áreas com alta conectividade tendem a coincidir com as regiões de maior centralidade por atração das edificações, e essas regiões também são as mais bem servidas por estabelecimentos alimentares. Isso sugere que, onde há uma boa estrutura viária e uma concentração de edifícios atrativos, há também uma maior facilidade de acesso a alimentos, o que pode contribuir para o aumento da atratividade comercial e da movimentação de pedestres nessas áreas. No entanto, essa mesma facilidade de

acesso pode potencializar a exposição a ambientes obesogênicos, dependendo do tipo de estabelecimentos alimentares disponíveis.

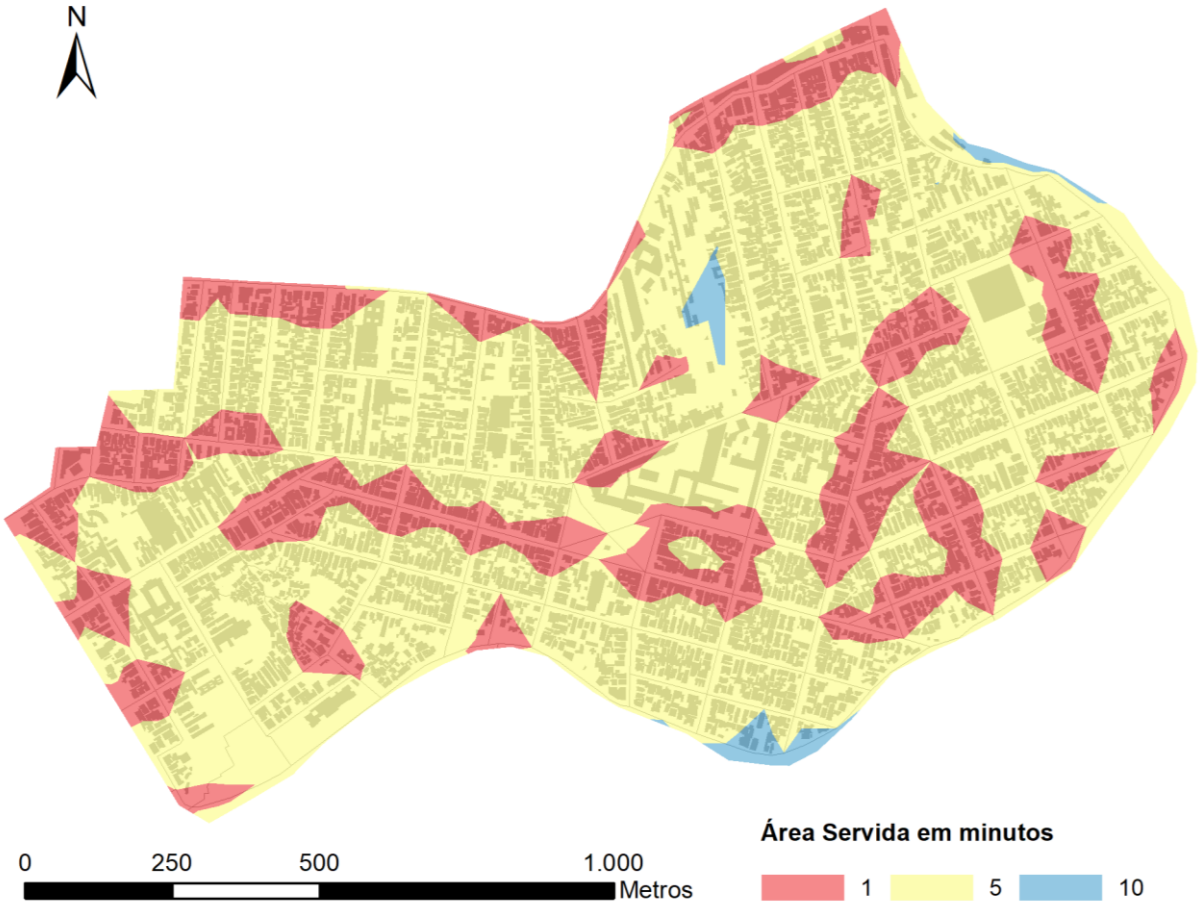
A análise da área servida também pode ser complementada com uma reflexão crítica sobre a qualidade dos alimentos disponíveis nesses estabelecimentos. Conforme discutido anteriormente, a proximidade a estabelecimentos que vendem principalmente alimentos ultraprocessados pode contribuir para a criação de ambientes obesogênicos. Nesse caso, verificamos a necessidade de categorizar os estabelecimentos para uma análise mais precisa. Nesse contexto, a Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional (CAISAN) propõe uma categorização desses espaços segundo o grau de processamento dos alimentos comercializados, fundamentado no Guia alimentar para a população brasileira (2014), os quais são classificados de acordo com a predominância de alimentos *in natura* e minimamente processados, ultraprocessados, ou uma combinação de ambos (misto), recorrendo a parâmetros como tipo de produto comercializado, origem dos alimentos, processos de produção e armazenamento, rotulagem, além de técnicas empíricas como entrevistas e questionários.

Nesse caso, ao realizar a classificação dos estabelecimentos mapeados e a operacionalização da área servida dos estabelecimentos ultraprocessados (Figura 133), observamos que o mapa revela alguns padrões sobre a acessibilidade a essa tipologia de alimento no bairro estudado. Podemos dizer que os estabelecimentos que comercializam ultraprocessados estão espalhados por todo o bairro, com áreas centrais e algumas periféricas apresentando alta acessibilidade, onde os residentes podem alcançar esses estabelecimentos em até um minuto de caminhada, conforme indicado pelas zonas vermelhas. Essa acessibilidade rápida e prevalente, estendendo-se também a cinco e dez minutos (zonas amarela e azul, respectivamente), sugere um ambiente alimentar que favorece o consumo de ultraprocessados, contribuindo potencialmente para a formação de um ambiente obesogênico.

Além disso, a análise revela uma correlação clara entre a área servida pelos estabelecimentos que comercializam ultraprocessados e as medidas discutidas anteriormente, como a centralidade por gravidade das edificações e as métricas da sintaxe espacial, sobretudo a medida INCH. Nessa condição, acreditamos que a configuração espacial não somente facilita o acesso a alimentos de baixa qualidade

nutricional e ricos em gorduras e açúcares, mas também aumenta a exposição dos residentes e trabalhadores locais a essas opções alimentares, contribuindo para a formação de ambientes obesogênicos.

Figura 133: Mapa da área servida dos estabelecimentos alimentares classificados como ultraprocessados, representado com curvas isocrônicas de 1, 5 e 10 minutos de caminhada.



Fonte: O autor, 2024.

Dessa forma, os resultados das análises conduzidas até aqui caracterizam o bairro Santa Tereza como um ambiente obesogênico. Isso se deve à identificação de uma alta atratividade exercida por estabelecimentos alimentares, que, conforme a observação dos pesquisadores no local, oferecem predominantemente alimentos ultraprocessados ou de baixo valor nutricional. Esse cenário nos leva a conceber o termo "atmosfera obesogênica" como uma concepção para descrever entornos urbanos onde a atratividade espacial é fortemente influenciada pela presença de estabelecimentos que comercializam alimentos.

Esse conceito resulta da modelagem do fenômeno, oferecendo uma compreensão do urbano como uma imagem materializada, na qual a configuração

espacial e as dinâmicas sociais se entrelaçam para moldar o ambiente alimentar. A atmosfera obesogênica, portanto, refere-se a um conjunto de características de um espaço que, ao serem experimentadas, revelam o modo de estar nesse ambiente, especialmente em relação ao potencial de aquisição e consumo de alimentos de baixa qualidade nutricional. Ela proporciona um entendimento experiencial do espaço, onde a acessibilidade e a atratividade dos estabelecimentos alimentares se tornam elementos centrais na criação de um ambiente que favorece comportamentos alimentares menos saudáveis.

Portanto, essa abordagem conceitual articula a relação entre o espaço físico e as práticas sociais, destacando como o ambiente construído pode influenciar negativamente os hábitos alimentares e, por extensão, a saúde pública. Consideramos que essa é uma abordagem interdisciplinar, que integra conceitos do urbanismo, da geografia humana e dos estudos de saúde pública e nutrição para fornecer um entendimento mais profundo e abrangente da obesogenicidade no contexto urbano.

6.2.2 Estabelecimentos destinados à prática de atividades físicas

A análise do mapa de área servida dos estabelecimentos destinados à prática de atividades físicas (apresentado na Figura 107 e replicado pela Figura 134) indica que a maioria dos residentes de Santa Tereza está a uma distância de até dez minutos de caminhada de um local onde podem se exercitar, sugerindo que muitas residências se encontram em até cinco minutos de caminhada desses espaços. Esse fato sugere um cenário favorável para a prática de atividade física, o que pode funcionar como um contrapeso à obesogenicidade do ambiente. No entanto, a presença desses estabelecimentos físicos por si só não garante uma redução no grau de obesogenicidade, já que a dinâmica social, as práticas culturais locais e a situação econômica também desempenham um papel fundamental nessa dinâmica.

Sendo assim, a presença e a acessibilidade a esses espaços certamente oferecem oportunidades para a prática de exercícios físicos, o que, em teoria, poderia atuar como um contrapeso à atmosfera obesogênica predominante no bairro. Entretanto, a efetividade dessa influência depende de como os residentes percebem e utilizam esses espaços.

Figura 134: Mapa da área servida dos estabelecimentos para prática de atividade física, representado com curvas isocrônicas de 1 a 10 minutos de caminhada.

Fonte: O autor, 2024.

Se, por um lado, a acessibilidade aos espaços de atividade física pode promover um estilo de vida mais ativo e saudável, por outro, a proximidade e a atração exercida por estabelecimentos de alimentos ultraprocessados podem neutralizar ou até superar os benefícios proporcionados pela infraestrutura de atividade física. Isso ocorre porque, mesmo com fácil acesso a academias e parques, a convivência com um ambiente saturado de opções alimentares não saudáveis tende a perpetuar hábitos que contribuem para a obesogenicidade.

Este conflito ressalta a importância de compreender o espaço urbano não apenas como um conjunto de atributos físicos, mas como um cenário onde interações sociais, econômicas e culturais se desdobram de maneiras que podem reforçar ou atenuar os padrões de comportamento associados à saúde e ao balanço

energético, fundamentais no contexto ecológico da obesidade. Diante dessa complexidade, é essencial avançar para uma análise mais profunda que explore as forças atrativas das edificações, considerando diferentes cenários probabilísticos que permitam entender melhor as dinâmicas que influenciam a obesogenicidade do espaço urbano. Na próxima seção, iremos abordar os resultados da concepção da medida de obesogenicidade inspirada em Drake, examinando como a construção de cenários pode ser operacionalizada para fornecer *insights* sobre o comportamento espacial e suas implicações na configuração de espaços obesogênicos.

6.3 A INDICIAÇÃO DAS FORÇAS ATRATIVAS DAS EDIFICAÇÕES POR MEIO DE CENÁRIOS PROBABILÍSTICOS

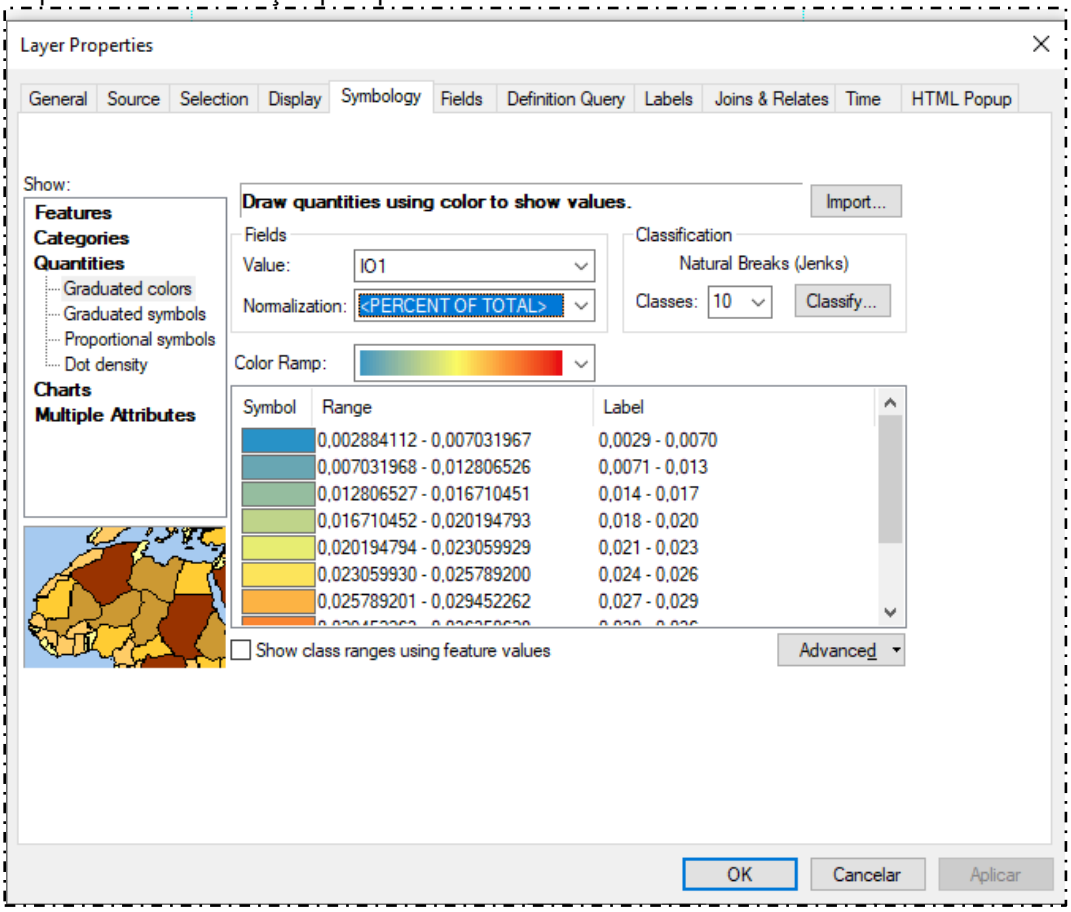
A análise dos cenários probabilísticos propostos nesta tese é fundamentada em uma abordagem sistêmica que reconhece a complexidade intrínseca do espaço urbano e suas múltiplas interações. A teoria da lógica social do espaço, embasada no pensamento sistêmico e estruturalista, nos alerta de que a configuração espacial não deve ser entendida apenas como uma disposição física dos elementos, mas como um sistema complexo em que variáveis espaciais, sociais e econômicas interagem de maneira dinâmica. Dessa forma, a partir do objetivo principal desta investigação – “Conceber um modelo para a avaliação da obesogenicidade de entornos urbanos, incorporando os elementos espaciais, suas relações com as formas sociais e as dinâmicas urbanas no espaço” – estamos conduzindo uma abordagem ambiciosa, com o intuito de avançarmos no entendimento dessas interações por meio da aplicação da indiciação das forças atrativas das edificações, utilizando cenários probabilísticos experimentais.

A seguir, são apresentados os resultados das operacionalizações dos cenários simplista, ponderado e com alcance incorporado, investigando como os fatores espaciais e sociais moldam o ambiente alimentar urbano e influenciam a formação de espaços obesogênicos. Reforçamos que este estudo não se propõe a encontrar uma verdade universal, mas a utilizar esses cenários como ferramentas de experimentação que permitem identificar padrões emergentes do fenômeno e, ao mesmo tempo, levantar novas perguntas e hipóteses ao longo do processo.

Destacamos que, para facilitar a visualização e interpretação do fenômeno, os valores resultantes das operacionalizações foram normalizados pelo percentil

total diretamente na aba de simbologia do ArcMap™/ArcGIS® (Figura 135). A normalização pelo percentil total é uma técnica que redistribui os dados ao longo de uma escala, permitindo que os valores sejam comparados de maneira mais intuitiva e destacando as variações relativas dentro do conjunto de dados.

Figura 135: Propriedades de representação de atributos no ArcMap™/ArcGIS®, bem como sua função implícita de normalização pelo percentil total.



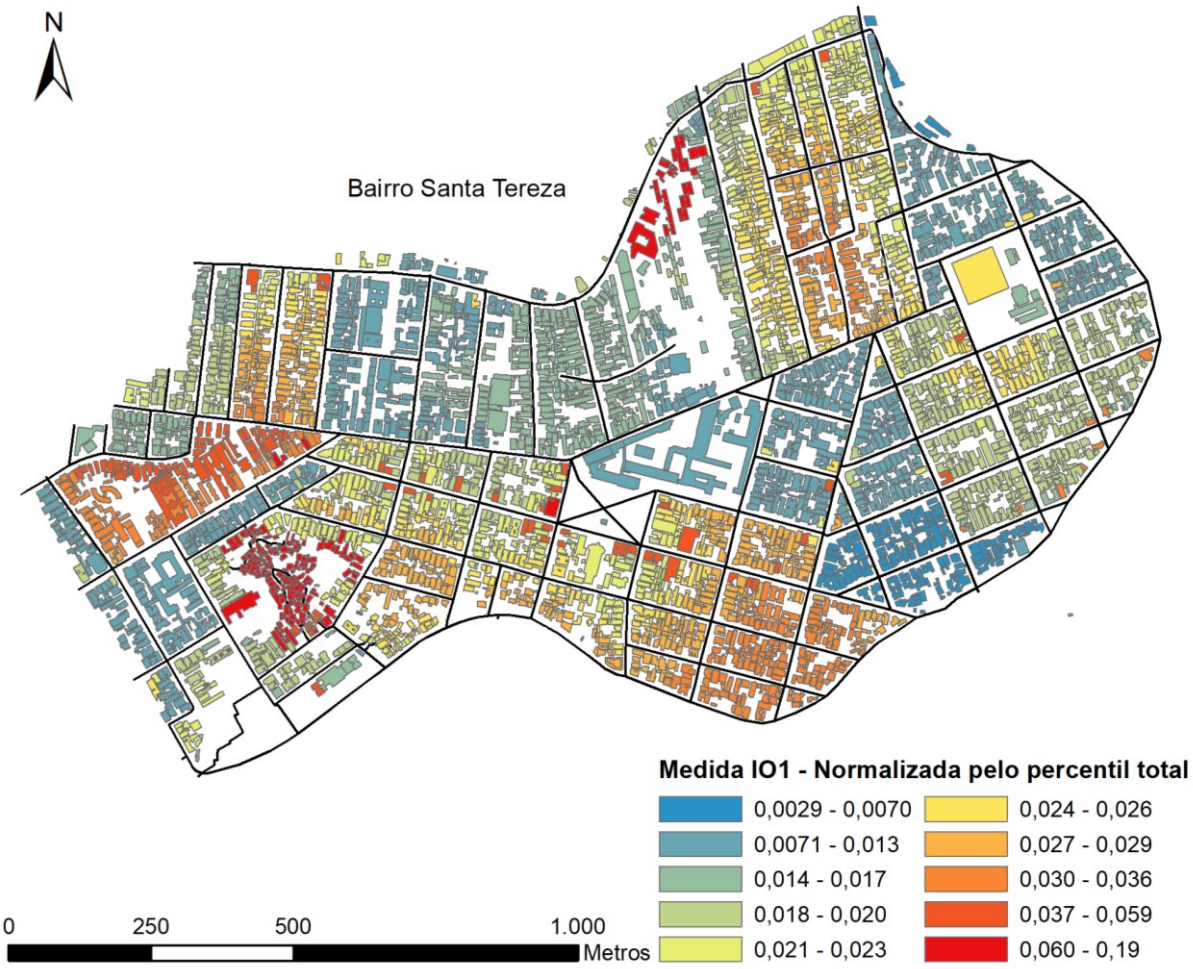
Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

6.3.1 Cenário 01: Simplista

O mapa resultante do cenário simplista, apresentado na Figura 136, ilustra a distribuição da medida de obesogenicidade (IO1) no bairro Santa Tereza. Este cenário considera uma multiplicação direta dos fatores que contribuem para a obesogenicidade, fornecendo uma visão preliminar do impacto combinado dessas variáveis – densidade populacional, renda média, idade média, educação média, número e tipo de estabelecimentos alimentares na área em estudo, disponibilidade de espaços para prática de atividades físicas – no ambiente urbano.

No mapa, as áreas coloridas em tons de vermelho e laranja apontam zonas com maior medida de obesogenicidade, sugerindo que a combinação desses fatores contribui para a criação de um ambiente que favorece o desenvolvimento de quadros clínicos de obesidade. Em contraste, as áreas em tons de azul e verde, que apresentam menores medidas, indicam regiões onde esses fatores exercem uma influência menor, manifestando ambientes mais favoráveis à saúde.

Figura 136: Mapa da distribuição da medida de obesogenicidade resultante da operacionalização do cenário simplista (IO1) no bairro Santa Tereza, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*).



Fonte: O autor, 2024.

A distribuição espacial da medida revela que as áreas com maiores valores de IO1 concentram-se principalmente nas partes norte e oeste do bairro, especialmente em dois pontos específicos: na Vila São Vicente e nos arredores de um condomínio de acesso restrito, áreas essas que historicamente priorizam a maximização do espaço habitacional. As regiões em laranja, que também apresentam resultados consideráveis da medida IO1, estão situadas em partes do

bairro que passaram por densificação, sobretudo com a construção dos maiores edifícios multifamiliares existentes no bairro. Um exemplo é o extenso quarteirão a oeste, o qual se caracteriza como a parte mais verticalizada (Figura 137). Por outro lado, as áreas com menores IO geralmente correspondem às regiões com baixa densidade populacional. Esse padrão sugere que áreas mais densamente povoadas estão mais vulneráveis à obesogenicidade, o que reforça a necessidade de um planejamento urbano que leve em consideração a distribuição populacional.

Figura 137: Vista da Rua Hermílio Alves, próximo ao número 159 – área caracterizada como a rua mais verticalizada do bairro Santa Tereza.

Fonte: Google Street View, 2022; editado pelo autor, 2024.

A correlação com o padrão de espalhamento observado no mapa também fornece *insights* sobre como a configuração espacial influencia a distribuição dos fatores que promovem a obesogenicidade. O resultado aponta que a obesogenicidade não se concentra em um único ponto, mas se dispersa de maneira difusa e gradual pelo bairro, constituindo uma interdependência entre os diferentes elementos do ambiente urbano. Essa dispersão pode ser relacionada a vários fatores espaciais, como a medida de conectividade. Áreas com alta densidade populacional e maior conectividade tendem a atrair uma maior variedade de serviços, incluindo opções alimentares menos saudáveis. Esse fenômeno é refletido nas áreas do mapa que exibem uma transição gradativa, apontando para a intensificação dos fatores de risco à medida que nos aproximamos dessas zonas de maior atratividade.

O padrão de espalhamento, portanto, não é aleatório; ele é moldado pela interação complexa entre os elementos espaciais e as dinâmicas sociais. Essa correlação pode ser interpretada por meio do conceito de “atmosfera obesogênica”, que descreve como certas áreas urbanas, devido à sua configuração e aos serviços disponíveis, criam um ambiente que favorece comportamentos de risco. A atmosfera obesogênica não deve ser compreendida como um fenômeno localizado, mas como um gradiente que se espalha pelo tecido urbano, moldado pela interação entre a organização espacial e as formas sociais que habitam esses espaços. A configuração espacial, ao determinar o acesso a recursos, a mobilidade e o uso do solo, interage diretamente com as práticas sociais e culturais, exacerbando ou mitigando os impactos da obesogenicidade. Assim, não se trata apenas de uma questão de planejamento urbano, mas de como as escolhas e condições individuais e coletivas, influenciadas por fatores demográficos e culturais, se entrelaçam com as estruturas físicas da cidade. O que, por sua vez, pode gerar tanto conflitos quanto correlações, em que o desenho urbano pode reforçar padrões de saúde (positivos ou negativos). Dito isso, parte-se para a discussão do cenário 02.

6.3.2 Cenário 02: Ponderado

Para operacionalizar o cenário ponderado, foi necessário determinar os pesos atribuídos a cada variável. Para garantir que essa abordagem seja robusta e precisa, é essencial considerar a complexidade e a variabilidade dos fatores que influenciam as escolhas alimentares, atribuindo pesos que reflitam sua influência relativa. O uso de metodologias, como o método Delphi[48], grupos focais[49] ou outras técnicas empíricas de discussões coletivas, é altamente recomendado para essa tarefa, pois podem fornecer uma base sólida e mais confiável para a atribuição de pesos no cenário ponderado. Todavia, a aplicação desses procedimentos foi limitada

[48] O método Delphi é uma técnica de pesquisa que visa alcançar consenso entre especialistas por meio de iterações estruturadas. Ele permite avaliar variáveis de forma fundamentada e precisa. Embora ainda pouco utilizado no Brasil, o Delphi é amplamente aplicado em pesquisas de várias áreas do conhecimento (MARQUES; FREITAS, 2018).

[49] Com origem na década de 1940, a técnica grupo focal tem como premissa reunir e compartilhar informações e ideias a partir de um grupo de pessoas, respeitando as divergências de pensamento e avaliando o fenômeno face a perspectiva do ser humano, em suas múltiplas visões e experiências (KRUEGER; CASEY, 2015; TRAD, 2009).

nesta investigação devido a restrições financeiras e temporais. Portanto, sugerimos que futuras pesquisas aprofundem essa linha investigativa, com o objetivo de obter pesos mais precisos e aprimorados para a modelagem. Diante dessas limitações, apresentamos no Quadro 17 uma proposta detalhada dos pesos que foram utilizados nesta tese, fundamentada na literatura acadêmica. Esta abordagem foi adotada para representar e verificar a influência da atribuição de pesos na modelagem, com o intuito de compreender e discutir o funcionamento do cenário ponderado.

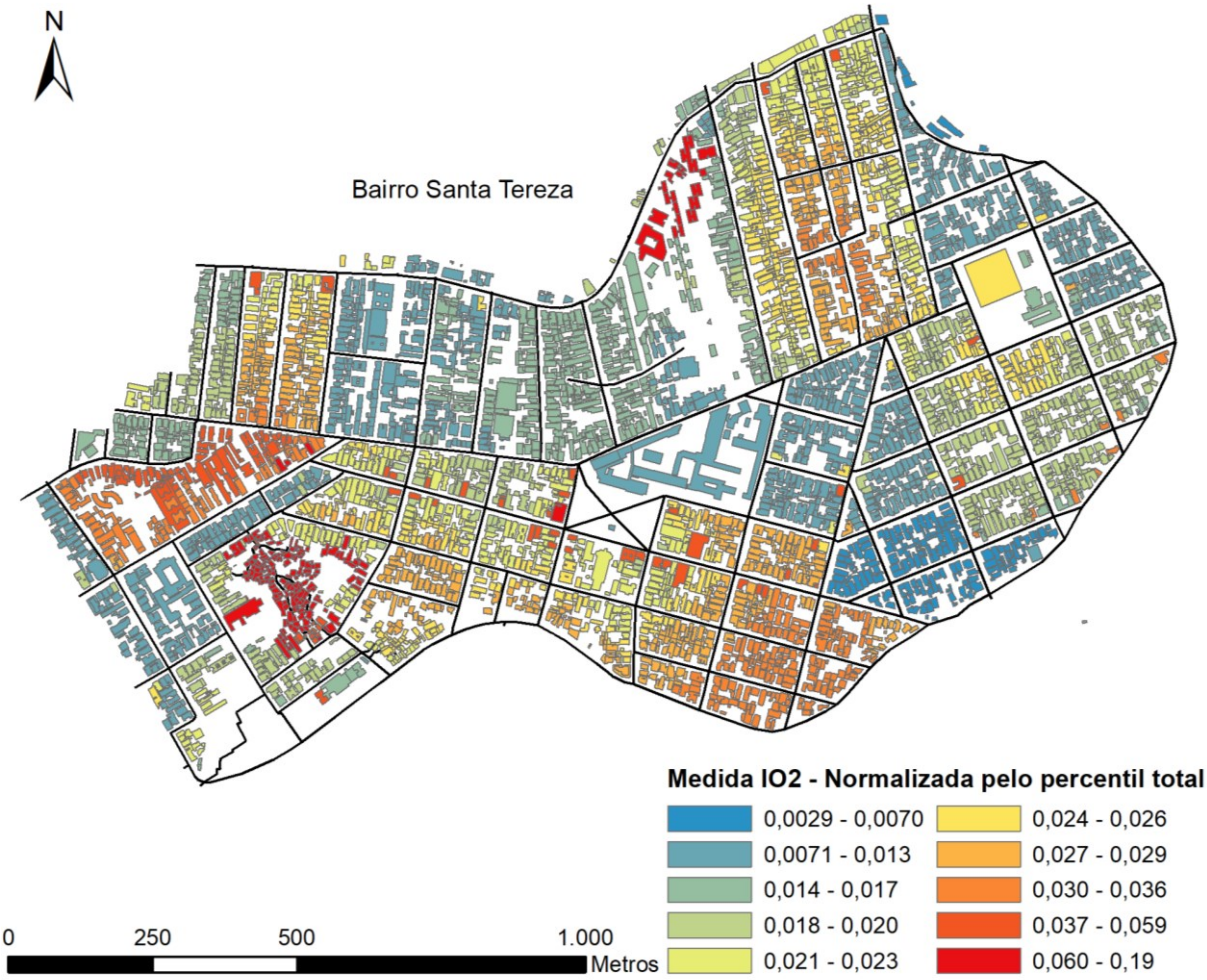
Quadro 17: Atribuição de pesos às variáveis e suas respectivas justificativas.

Variável	Peso	Justificativa
DHSO	15%	A densidade populacional pode influenciar a quantidade e a variedade de estabelecimentos alimentares disponíveis em uma área (LARSON; STORY; NELSON, 2009; ROCHA et al., 2024b). Regiões com alta densidade tendem a ter uma maior concentração de mercados e restaurantes, o que pode impactar tanto a oferta quanto a demanda por diferentes tipos de alimentos (COSTA et al., 2021; MORLAND et al., 2002). Além disso, a densidade populacional pode afetar a competitividade de preços e a disponibilidade de alimentos, justificando seu peso considerável.
RM	25%	A renda média está fortemente associada ao poder de compra e, consequentemente, à qualidade da alimentação. Populações com maior renda têm maior acesso a uma variedade de alimentos saudáveis e frescos, enquanto aquelas com renda mais baixa frequentemente dependem de alimentos processados e menos nutritivos devido ao custo (DARMON; DREWNOWSKI, 2008; DREWNOWSKI; SPECTER, 2004; ROCHA et al., 2024b). A atribuição de peso à renda média reflete seu papel fundamental na escolha alimentar.
Idade	5%	A idade média dos residentes pode afetar as preferências alimentares e as necessidades nutricionais, mas este fator é geralmente menos determinante do que as variáveis socioeconômicas e ambientais. Diferentes faixas etárias têm necessidades nutricionais e preferências variadas, mas estas são frequentemente menos impactantes nas escolhas alimentares do que os fatores como renda e disponibilidade de alimentos(SHEPHERD; RAATS, 2006).
EM	10%	A educação média está correlacionada com a compreensão e o conhecimento sobre nutrição e escolhas alimentares saudáveis. Residentes com maior nível educacional tendem a fazer escolhas alimentares mais conscientes e saudáveis (GOMES et al., 2023; WARDLE; PARMENTER; WALLER, 2000). Embora seja um fator importante, sua influência é relativamente menor em comparação com os fatores socioeconômicos e ambientais.
TE	30%	A disponibilidade e acessibilidade de diferentes tipos de estabelecimentos alimentares são fatores cruciais na determinação das escolhas alimentares urbanas(COSTA et al., 2021; MORLAND; WING; ROUX, 2002; ROCHA et al., 2024b). Estudos demonstram que a proximidade de fontes de alimentos saudáveis, como mercados e feiras, em comparação com alimentos menos saudáveis, como fast-foods, tem um impacto direto nas escolhas alimentares dos residentes (ROCHA et al., 2024a). Portanto, o peso atribuído a esta variável reflete sua importância na determinação do padrão alimentar.
DEP	15%	A presença de espaços para atividades físicas, como parques e academias, pode impactar as escolhas alimentares ao promover um estilo de vida mais saudável. Estudos indicam que a prática regular de atividades físicas está associada a melhores hábitos alimentares e escolhas mais saudáveis (CHRISTOFOLETTI et al., 2022; SALLIS et al., 2012). O peso atribuído a esta variável considera seu impacto indireto nas escolhas alimentares através da promoção de um estilo de vida ativo.

Fonte: O autor, 2024.

A Figura 138 exibe o mapa gerado a partir da operacionalização do cenário ponderado, representando a distribuição da medida de obesogenicidade (IO2).

Figura 138: Mapa da distribuição da medida de obesogenicidade resultante da operacionalização do cenário ponderado (IO2) no bairro Santa Tereza, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*).

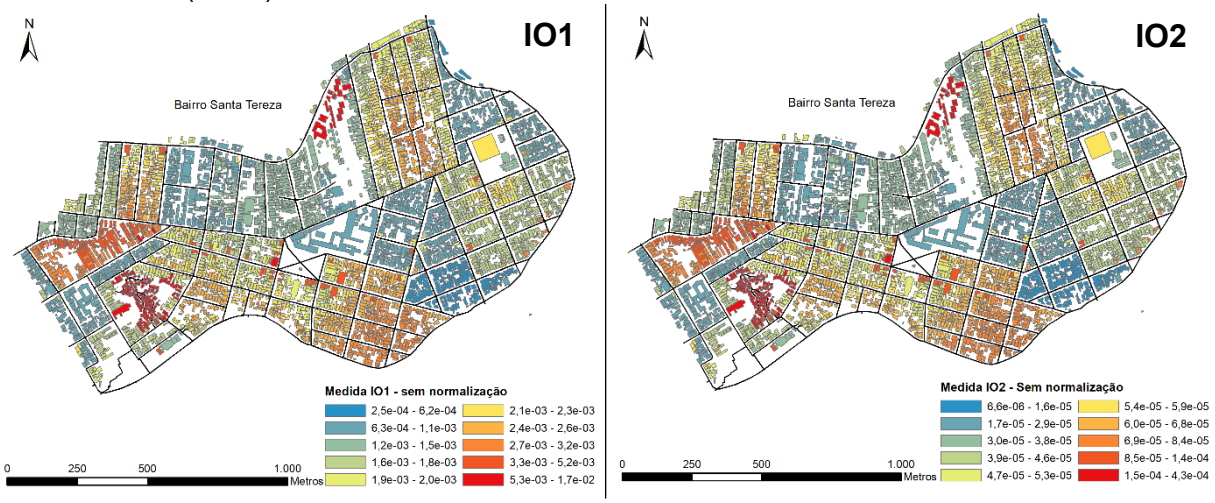


Fonte: O autor, 2024.

A primeira percepção do resultado nos leva a uma semelhança visual entre as representações de IO1 e IO2, que, apesar da diferença metodológica, levanta questões importantes para a interpretação dos resultados e para a modelagem. Inicialmente, suspeitávamos que essa similitude fosse um reflexo da normalização utilizada (percentil total), o que poderia estar mascarando as diferenças intrínsecas entre as medidas. Para investigar se essa era uma limitação do processo, realizamos um teste de sensibilidade diretamente no ArcMap™/ArcGIS®. Este teste inclui a execução das operações sem normalização (Figura 139) e com normalização, classificada pelo método de quantil amostral (Figura 140), além das

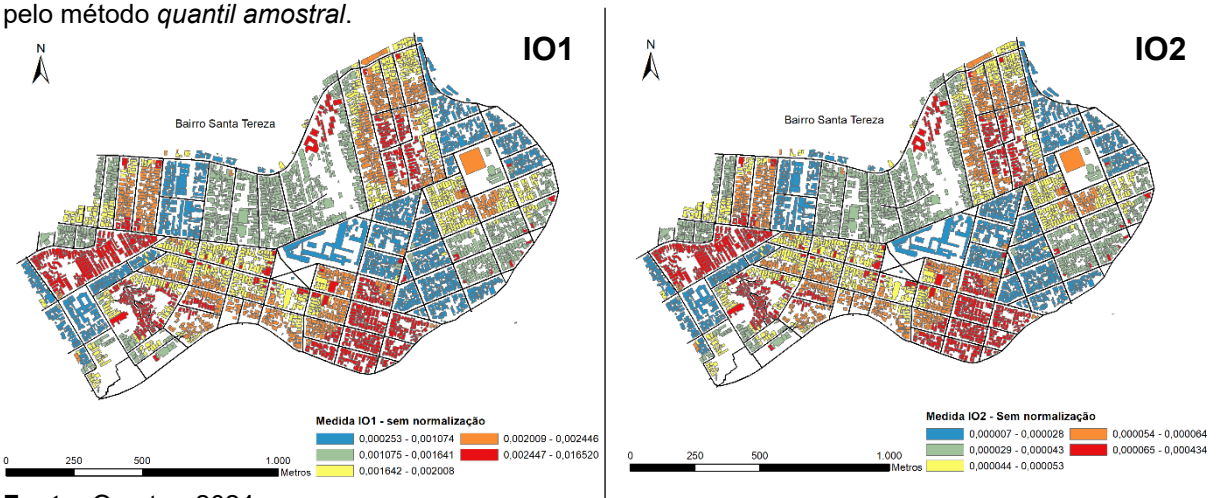
figuras anteriormente ilustradas (Figura 136 e Figura 138), classificadas pelo método de *Jenks*. O método de quantil amostral divide os dados em classes com quantidades iguais de observações, enquanto o método de *Jenks* identifica as quebras naturais nos dados para que a variância seja maximizada entre as classes e minimizada dentro de cada classe. Após realizar essa análise, não se observou divergência na representação visual das medidas, anulando assim a hipótese temporária de que a similaridade visual fosse um evento resultante da normalização.

Figura 139: Mapa da distribuição da medida de obesogenicidade resultante da operacionalização do cenário 01 (IO1) e cenário 02 (IO2), respectivamente, sem normalização e classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*).



Fonte: O autor, 2024.

Figura 140: Mapa da distribuição da medida de obesogenicidade resultante da operacionalização do cenário 01 (IO1) e cenário 02 (IO2), respectivamente, normalizados pelo percentil total e classificada pelo método *quantil amostral*.

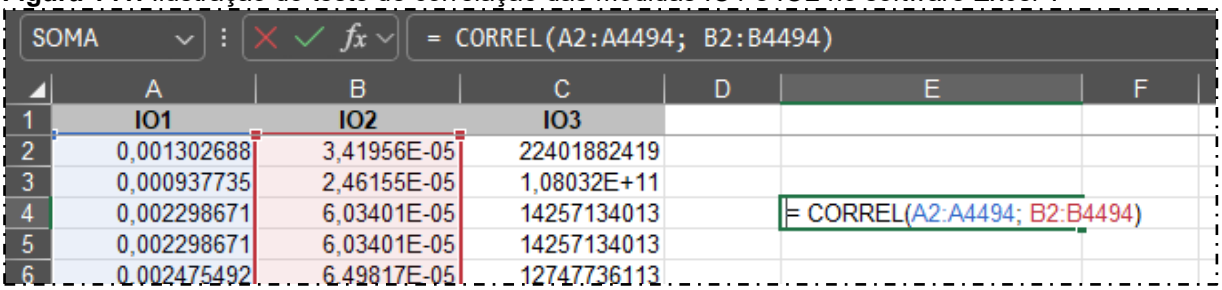


Fonte: O autor, 2024.

Descartada a influência da normalização, prosseguimos com o questionamento de como as diferenças matemáticas entre as medidas (IO1 e IO2) podem ser sutis ou até imperceptíveis na visualização final, mesmo que essas variáveis tenham recebido pesos distintos. Matematicamente, essa semelhança pode ser explicada pela maneira como os dados subjacentes se distribuem espacialmente e se correlacionam entre si.

Para investigar essa confluência, realizamos um teste de correlação entre as medidas IO1 e IO2, utilizando a função “CORREL” no Excel® (MICROSOFT®, 2024), conforme ilustra a Figura 141. O resultado obtido foi um valor igual a 1, indicando uma correlação positiva perfeita entre essas variáveis. Essa apuração significa que, independentemente das diferenças na construção das medidas, suas variações espaciais são exatamente proporcionais. Ou seja, onde quer que IO1 aumente, IO2 também aumenta na mesma proporção, e onde IO1 diminui, IO2 igualmente diminui na mesma magnitude. Este achado é particularmente intrigante, pois à primeira vista, esperava-se que IO1 e IO2 refletissem variações independentes em termos espaciais. Contudo, a correlação perfeita indica que as variáveis que compõem essas medidas, bem como os pesos atribuídos a cada uma delas, resultaram em padrões espaciais idênticos.

Figura 141: Ilustração do teste de correlação das medidas IO1 e IO2 no software Excel®.



Fonte: Captura de tela, editado pelo autor, 2024.

A correlação perfeita entre as medidas pode ser impulsionada pelo uso de dados do Censo, em que a agregação de informações em setores censitários pode mascarar variações importantes. Esses dados, por serem coletados e apresentados em unidades espaciais relativamente grandes, tendem a consolidar uma ampla gama de características e comportamentos sociais em médias ou totais que representam um grupo heterogêneo de indivíduos. Esse processo de agregação

resulta em uma perda de detalhes, tornando difícil a captura de nuances e microvariações que ocorrem em menores escalas espaciais.

No contexto da correlação entre IO1 e IO2, a agregação excessiva de dados censitários pode ter “achatado” as variações nas variáveis subjacentes, levando a medidas que acabam apresentando padrões espaciais muito semelhantes. Essa uniformidade nas representações visuais e na correlação pode ser um reflexo da incapacidade dos dados agregados de diferenciar, de forma eficaz, as pequenas variações espaciais que poderiam existir caso os dados fossem coletados ou analisados em uma escala mais fina (FOTHERINGHAM; WONG, 1991). A agregação, portanto, limita a capacidade de uma análise mais precisa e detalhada, ocultando potenciais disparidades ou padrões locais que são essenciais para a compreensão das interações do fenômeno em estudo. Isso gera um desafio metodológico significativo, uma vez que a análise baseada nesses dados pode simplificar a complexidade dos fenômenos urbanos, levando a conclusões limitadas.

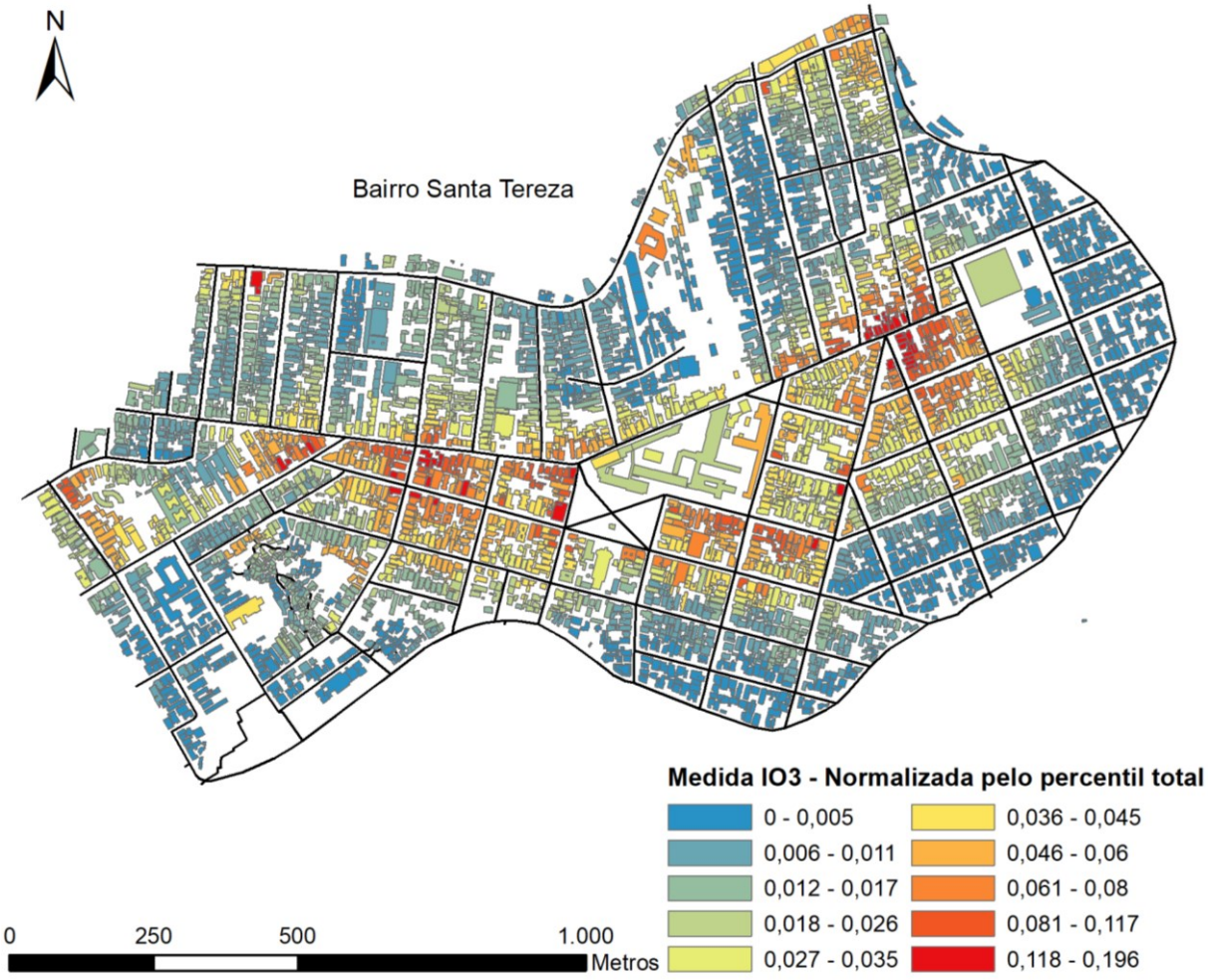
Apesar de a agregação de dados se apresentar como uma barreira nesta investigação, sugerimos que estudos futuros também avancem no uso de variáveis com menor nível de agregação. Isso pode ser alcançado a partir de uma coleta de dados empírica ou do uso de técnicas estatísticas avançadas, como modelos hierárquicos ou a análise de variabilidade dentro das unidades agregadas, fornecendo uma compreensão mais robusta das dinâmicas espaciais e das interações em teste. Em função dessas limitações, avançamos para a experimentação do cenário 03.

6.3.3 Cenário 03: Alcance incorporado

No cenário 03, adotamos uma abordagem mais complexa ao incorporar a centralidade por alcance das edificações. Esse método envolve a multiplicação das variáveis já ponderadas pela medida de alcance – *reach* –, de forma a avaliar não apenas os valores intrínsecos das variáveis em cada localização, mas também como essas variáveis se distribuem e influenciam os espaços adjacentes. Em outras palavras, incorporamos uma variedade de fatores ponderados (DHSO, RM, Idade, EM, TE, DEP) – denominados partes heterogêneas – e os multiplicamos pelas probabilidades de interação no ambiente urbano, levando em consideração elementos como distância e declividade dos segmentos viários, bem como o tempo

de deslocamento peatonal. O resultado do cenário com alcance incorporado é o que se mostra na Figura 142.

Figura 142: Mapa da distribuição da medida de obesogenicidade resultante da operacionalização do cenário com alcance incorporado (IO3) no bairro Santa Tereza, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*).



Fonte: O autor, 2024.

A Figura 142 revela uma distribuição espacial heterogênea dos valores de IO3, com as áreas de maior alcance apresentando valores mais elevados de obesogenicidade, indicados pelas cores mais quentes (vermelho a amarelo). Essas áreas, que se concentram principalmente nas regiões centrais e norte do bairro Santa Tereza, possuem características históricas e culturais que contribuem para essa configuração.

Também é notável a concentração de altos valores de IO3 ao longo dos principais corredores viários do bairro. Esses eixos de mobilidade local, com elevadas medidas sintáticas (analisadas anteriormente) e uma maior densidade de

estabelecimentos, reforçam a ideia de que as vias mais integradas tendem a atrair atividades comerciais. Isso sugere que a configuração, direta e indiretamente, desempenha um papel importante na determinação dos valores desse cenário, com esses corredores principais atuando como catalisadores para o desenvolvimento de ambientes de distribuição e consumo de alimentos.

Ao comparar com os cenários anteriores (IO1 e IO2), a introdução da centralidade por alcance no cenário 03 manifesta nuances mais complexas na distribuição espacial da medida IO. Regiões que anteriormente apresentaram valores moderados de obesogenicidade agora exibem valores mais altos. Isso sugere que a influência dos edifícios vizinhos e a relação de conectividade espacial exprimem uma importância significativa para a definição do ambiente obesogênico. Essa relação de conectividade e alcance, aliada à densidade de ocupação, tem sido identificada como um dos principais fatores que contribuem para a concentração de serviços e comércios, intensificando o ambiente obesogênico, sobretudo pela constatação da infraestrutura viária consolidada existente no recorte em estudo.

Além disso, a medida *reach* oportuniza observar como a concentração de edificações em uma área pode aumentar o potencial obesogênico, não apenas pelos pesos das variáveis individuais, mas também pela capacidade dessas áreas de influenciar seus arredores. Áreas densamente construídas, com alta conectividade e acesso facilitado a uma gama maior de estabelecimentos, tendem a apresentar maiores medidas de IO3. Isso pode indicar um ambiente mais propenso a influenciar casos de obesidade, resultado da combinação de fatores ambientais, sociais e de infraestrutura. A região da Praça Duque de Caxias, com sua malha urbana de alta relação de conectividade e fácil acesso a uma variedade de serviços, exemplifica como a configuração pode promover ou mitigar a obesogenicidade.

Esse cenário, então, expande a compreensão do fenômeno obesogênico ao considerar como a morfologia urbana e a rede de edificações influenciam as práticas alimentares e de atividade física. Regiões com alta medida *reach* e, consequentemente, altos valores de IO3, podem ser áreas prioritárias para intervenções que visem mitigar os efeitos obesogênicos, como a introdução de equipamentos públicos destinados à prática de atividades físicas ou a regulação das tipologias alimentares.

Por outro lado, é possível identificar áreas que, apesar de estarem próximas a zonas de alto IO3, mantêm valores baixos. Esse evento pode ser explicado pela

presença de barreiras físicas e sociais que limitam a disseminação dos fatores obesogênicos nessas regiões, como é o caso da presença da linha férrea, condicionante ambiental que também limita o movimento de pessoas. Além disso, essas áreas com baixas medidas de IO3 representam partes do bairro que possuem o maior número de residências unifamiliares e características de cidades do interior, com manutenção de relações sociais estreitas. Essas regiões, que enfrentam resistências à especulação imobiliária e os conflitos gerados pela valorização do solo, tendem a ter uma relação mais equilibrada entre o acesso a serviços alimentares e a promoção de um ambiente saudável.

Em contraste, as áreas que sofreram maior pressão para o desenvolvimento urbano, como aquelas próximas ao Mercado Distrital, refletem maiores índices de obesogenicidade, indicando que as intervenções contribuíram para mudanças no padrão de consumo alimentar da região. Isso demonstra que as disputas pela produção do espaço e a valorização imobiliária têm impactos diretos nos índices de obesogenicidade, refletindo uma complexa interação entre fatores espaciais e sociais. Isso sugere que, para mitigar a obesogenicidade, políticas públicas devem focar em criar ambientes que promovam hábitos alimentares saudáveis e incentivem a prática regular de atividades físicas, além de simplesmente aumentar a disponibilidade de serviços, pois mesmo em regiões com boa acessibilidade a alimentos, a insegurança alimentar pode persistir se a dieta for desequilibrada, promovendo o sobrepeso e a obesidade.

Nota-se também que o bairro não está imune à influência das estruturas espaciais e da rede mais ampla, que amplifica os efeitos obesogênicos dessa região. Isso ocorre devido ao caráter boêmio e sociável do bairro (ALMEIDA et al., 2016; BAGGIO, 2005; PEREIRA, 2017; TICLE, 2016), associado à presença de bares e a uma vida noturna vibrante. Essa identidade cultural pode estar relacionada aos altos valores de obesogenicidade em determinadas áreas, onde a vida social noturna é mais intensa, promovendo uma convergência de ambientes que priorizam o alto consumo de alimentos e bebidas de baixa qualidade nutricional e ricos em açúcares e gorduras.

Essas associações entre os padrões observados na figura do cenário 03 e suas discussões denotam que a morfologia urbana de Santa Tereza, influenciada por sua história e características culturais, afeta as práticas alimentares no bairro. A produção do espaço pode estar contribuindo para a criação de ambientes que,

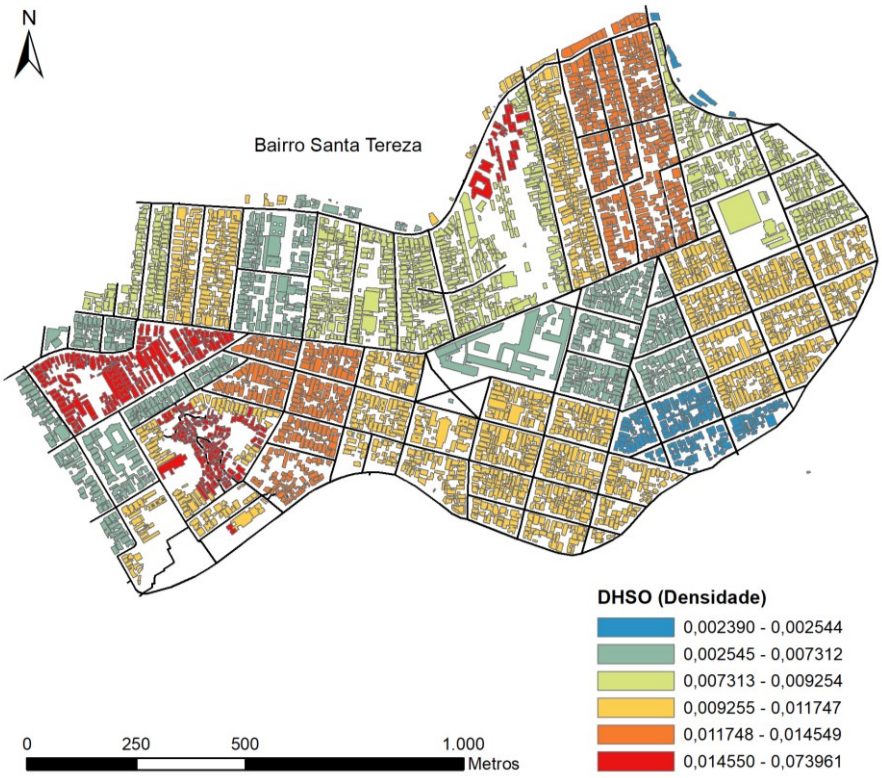
apesar de acessíveis, são obesogênicos devido à predominância de práticas comerciais voltadas ao lucro e não à saúde pública. Dessa forma, as áreas no mapa que apresentam maior obesogenicidade podem estar localizadas em regiões onde o ambiente alimentar é reduzido a uma visão de mercado, com forte presença de alimentos ultraprocessados e pouca integração de práticas alimentares mais saudáveis.

6.3.4 Comparações entre a distribuição espacial das variáveis e as medidas de obesogenicidade (IO1, IO2, IO3)

A análise dos cenários no bairro Santa Tereza expressa como diferentes fatores geoespaciais influenciam a conformação e manutenção de espaços obesogênicos. Cada uma das variáveis estudadas contribui para a dinâmica de saúde pública do bairro, refletindo as complexas interações entre o ambiente construído, as condições socioeconômicas e os comportamentos dos moradores. A comparação detalhada dessas variáveis com os padrões observados nos cenários de obesogenicidade permite uma compreensão mais aprofundada das relações subjacentes que influem nas medidas IO.

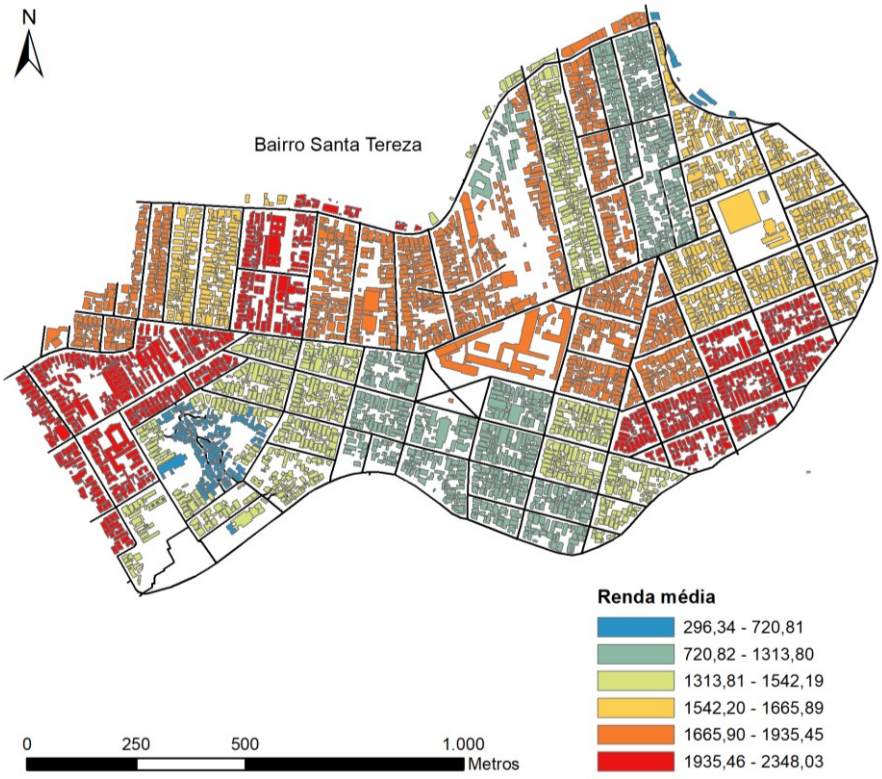
Essas variáveis não atuam de forma isolada, pelo contrário, elas se entrelaçam em uma rede de influências que moldam a experiência espacial. Assim, para uma análise comparativa abrangente, serão apresentados a seguir os mapas de distribuição das variáveis: DHSO (Figura 143), RM (Figura 144), Idade (Figura 145), EM (Figura 146), TE (Figura 147), DEP (Figura 148). Ao observar essas representações visuais de distribuição, avaliamos sua contribuição para os resultados dos cenários, possibilitando reflexões ampliadas sobre o fenômeno, bem como sobre as variáveis utilizadas. Além disso, ao sobrepor todas as variáveis geoespaciais simultaneamente aos mapas das medidas de obesogenicidade (IO1, IO2 e IO3), alguns padrões emergentes podem ser destacados.

Figura 143: Mapa da distribuição espacial da variável densidade, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*).



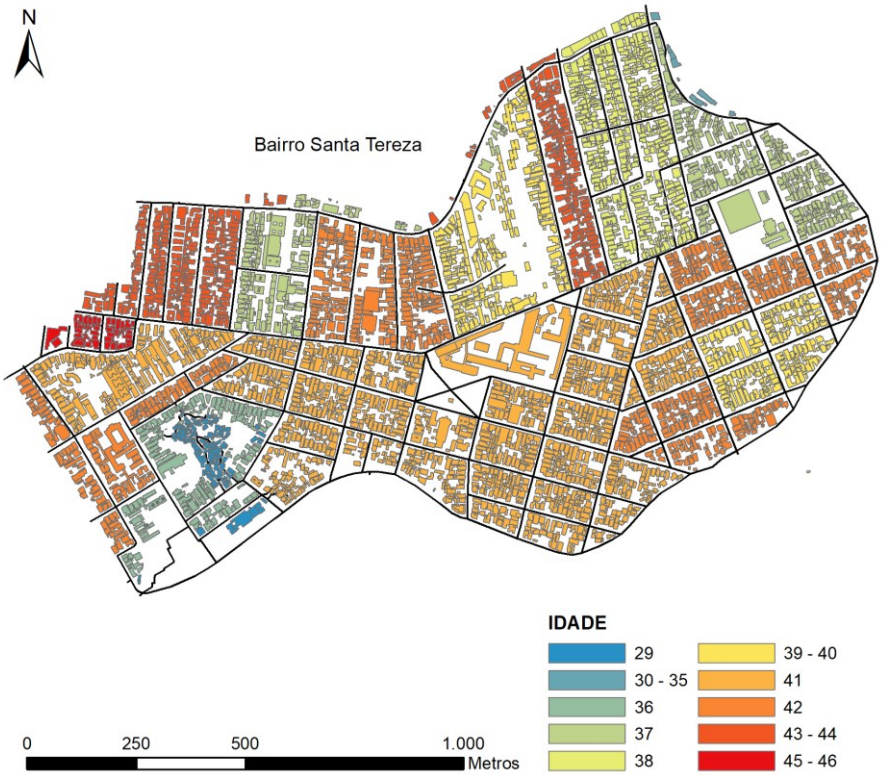
Fonte: O autor, 2024.

Figura 144: Mapa da distribuição espacial da variável renda por responsável, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*).



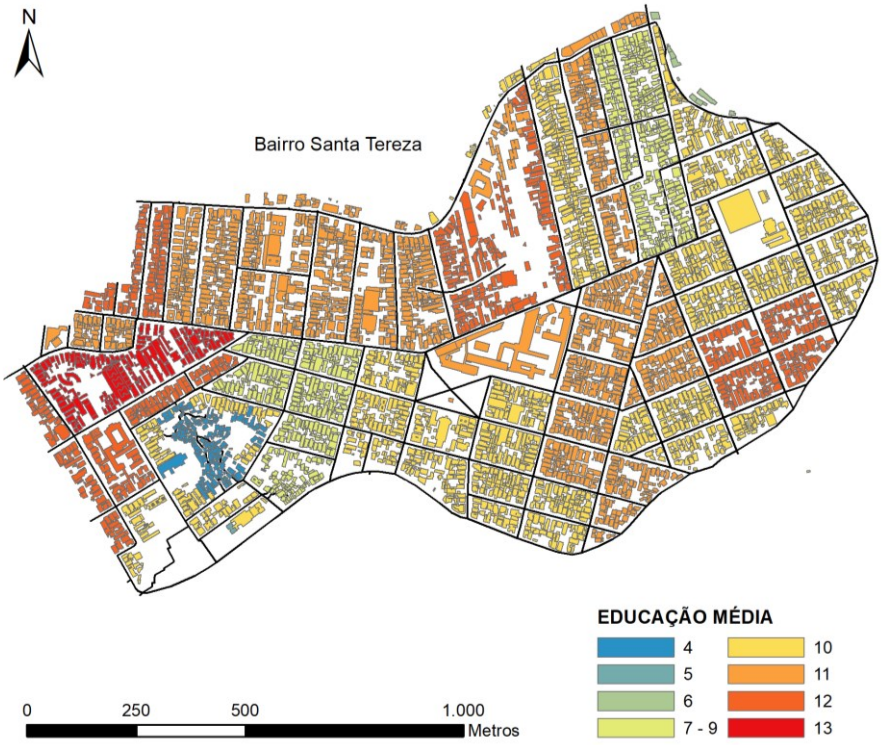
Fonte: O autor, 2024.

Figura 145: Mapa da distribuição espacial da variável idade média, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*).



Fonte: O autor, 2024.

Figura 146: Mapa da distribuição espacial da variável educação média, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*).

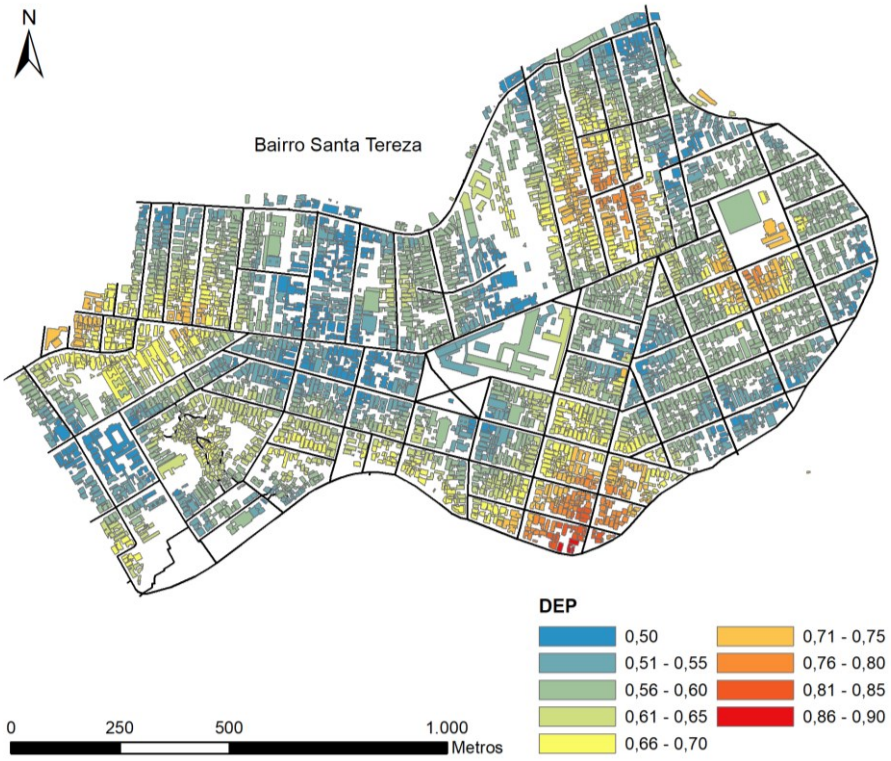


Fonte: O autor, 2024.

Figura 147: Mapa da distribuição espacial da variável número e tipo de estabelecimentos alimentares, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*).

Fonte: O autor, 2024.

Figura 148: Mapa da distribuição espacial da variável disponibilidade de espaços para prática de atividade física, classificada pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*).



Fonte: O autor, 2024.

Inicialmente, verificamos que as áreas que apresentam simultaneamente alta densidade populacional, baixa renda e baixa educação concentram os maiores valores de IO1 e IO2. Esse padrão é evidente ao observar as regiões onde essas três variáveis convergem, sugerindo uma correlação direta entre a combinação desses fatores e o aumento dos índices de obesogenicidade. Nos cenários IO1 e IO2, a superposição dessas variáveis indica que a densidade populacional elevada, quando combinada com condições socioeconômicas desfavoráveis, contribui significativamente para a configuração de espaços obesogênicos. A influência dessa combinação é moderada no cenário IO3, onde a introdução do fator de alcance reduz os efeitos adversos em áreas com maior disponibilidade de espaços para atividades físicas.

Prosseguindo na análise, notamos que as zonas com média de idade elevada, alta escolaridade média e boa disponibilidade de espaços para atividades físicas exibem os menores valores de IO em todos os cenários analisados (IO1, IO2 e IO3). Esse padrão sugere uma relação inversa entre esses fatores e a obesogenicidade, destacando que populações mais velhas e com maior nível de escolaridade, associadas a uma melhor infraestrutura para práticas saudáveis, tendem a viver em ambientes menos obesogênicos. A sobreposição dessas variáveis com as medidas de obesogenicidade confirma que a combinação de conhecimento, experiência de vida e infraestrutura adequada desempenha um papel fundamental na mitigação dos riscos de obesidade.

Além disso, ao analisar áreas com alta concentração de estabelecimentos alimentares de grande porte, especialmente aqueles que oferecem alimentos ultraprocessados, em conjunto com baixa renda e baixa escolaridade, observamos um aumento substancial nos índices de IO1 e IO2. Essa superposição reforça a ideia de que a tipologia dos estabelecimentos alimentares, combinada com características socioeconômicas específicas, amplifica os fatores obesogênicos. No entanto, nos mapas de IO3, a acessibilidade a espaços para atividades físicas parece contrabalançar parcialmente essa tendência, sugerindo que a proximidade e o acesso a locais para exercícios físicos podem mitigar os impactos negativos de uma infraestrutura alimentar desfavorável.

As áreas que combinam uma alta disponibilidade de espaços para atividades físicas (DEP) com um maior nível educacional e uma idade média elevada apresentam os menores valores de obesogenicidade, mesmo em contextos de alta

densidade populacional. Esta constatação, observada pela sobreposição de todas as variáveis com as medidas de IO, enfatiza a importância da acessibilidade e da presença de recursos urbanos que promovam a saúde, como parques, academias e centros de recreação, na redução dos riscos associados à obesidade.

Portanto, a sobreposição de todas as variáveis com as medidas de obesogenicidade revela áreas onde a interação entre múltiplos fatores cria padrões espaciais complexos. Por exemplo, em regiões com alta densidade populacional, baixa renda e baixa educação, mas que simultaneamente possuem uma boa disponibilidade de espaços para prática de atividades físicas (DEP), observamos uma dinâmica não linear da obesogenicidade. Ou seja, o impacto da obesogenicidade não é simplesmente a soma ou a média das influências de cada variável. Em vez disso, resulta da interação complexa entre fatores espaciais e sociais, em que a presença de uma variável pode alterar a contribuição das demais. Assim, a análise integrativa desses padrões reforça a necessidade de estratégias que levem em conta a combinação de múltiplos fatores, a fim de promover ambientes urbanos mais saudáveis e resilientes.

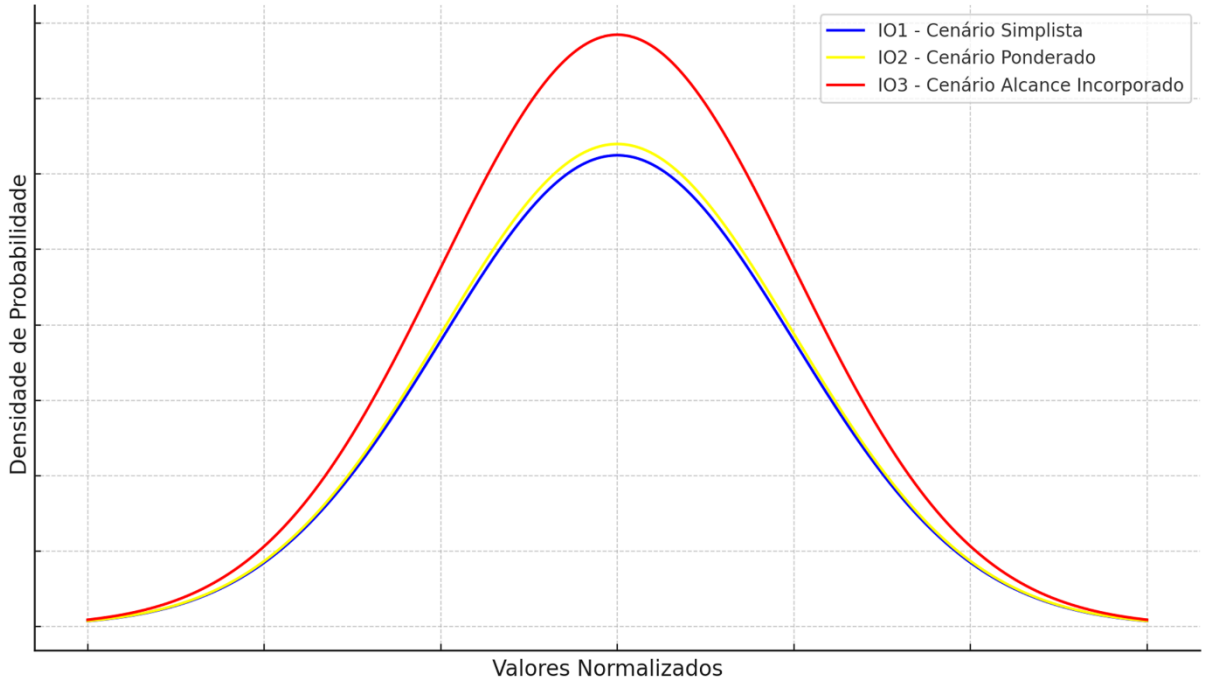
6.3.5 Análise comparativa da distribuição das medidas IO1, IO2 e IO3

A curva de distribuição gaussiana, também conhecida como curva normal, é uma representação gráfica da distribuição de probabilidades de um conjunto de dados contínuos que seguem uma distribuição normal. Ela é caracterizada por uma forma simétrica e em forma de sino, onde a maior parte dos valores se concentra em torno da média, com a probabilidade de ocorrência de valores extremos diminuindo à medida que se afastam dessa média (BATANERO; TAUBER; SÁNCHEZ, 2001; BITTENCOURT; VIALI, 2006). A curva gaussiana é definida por dois parâmetros: a média e o desvio padrão, que determinam a dispersão dos dados ao redor da média (BATANERO; TAUBER; SÁNCHEZ, 2001).

No contexto da análise das medidas de Índice de Obesogenicidade (IO1, IO2 e IO3) para o Bairro Santa Tereza, a curva de distribuição gaussiana

normalizada foi elaborada[50] com o objetivo de representar a variação e concentração dos índices calculados para cada cenário (Figura 149). A normalização permite que as distribuições sejam comparáveis, mesmo que os valores absolutos dos índices possam diferir entre os cenários. Dessa forma, a análise comparativa das curvas de distribuição gaussiana normalizada das medidas de Índice de Obesogenicidade (IO1, IO2 e IO3) revela nuances na variação e concentração dos índices calculados, evidenciando como diferentes abordagens de ponderação e incorporação de variáveis espaciais impactam o entendimento do fenômeno da obesogenicidade.

Figura 149: Curvas de distribuição Gaussiana normalizada das medidas IO1, IO2 e IO3.



Fonte: O autor, 2024.

Quanto à amplitude e dispersão das curvas, observamos que a curva correspondente ao cenário simplista (IO1), representada pela cor azul, apresenta menor amplitude entre os cenários analisados, indicando uma distribuição mais concentrada em torno da média. Essa característica aponta que, no cenário 01, as variações no índice são menos pronunciadas, refletindo uma homogeneidade relativa na distribuição espacial dos fatores contribuintes para a obesogenicidade.

[50] Para saber mais sobre o processo de construção das curvas de distribuição gaussiana normalizada para as medidas de obesogenicidade (IO1, IO2 e IO3) e para a medida de gravidade, ver APÊNDICE A – CONSTRUÇÃO DO GRÁFICO COM AS CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO GAUSSIANA NORMALIZADAS.

Em contraste, o cenário ponderado, representado em amarelo, exibe uma amplitude ligeiramente maior, denotando uma maior dispersão das medidas de IO2. Com isso, podemos dizer que a ponderação das variáveis, por mais que seja imperceptível visualmente, incorpora certo grau de complexidade, capturando variabilidades espaciais que não são observadas no cenário simplista. Já o cenário com alcance incorporado (IO3), em vermelho, apresenta maior amplitude e dispersão. A inclusão da medida *reach* no cálculo resulta em uma curva com caudas mais longas e um pico mais acentuado. Esse comportamento sugere que esse cenário é particularmente sensível às variações espaciais no bairro, provavelmente em função da heterogeneidade da relação de acessibilidade e da distribuição dos elementos, que se refletem na variabilidade da medida IO3.

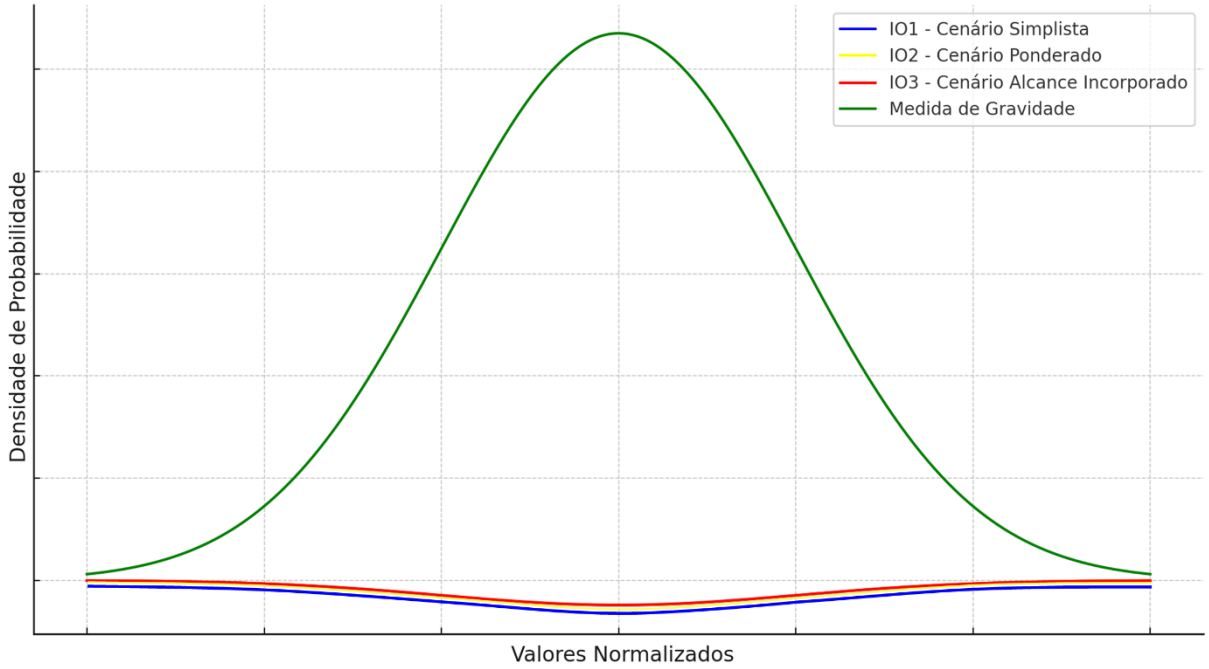
Apesar das diferenças na dispersão, os picos das curvas estão centrados em torno de valores normalizados próximos a zero. Isso indica que, independentemente da equação, a maioria das áreas do bairro possui índices próximos a um valor médio comum. Contudo, o pico da curva do cenário 03 é mais elevado, o que pode ser interpretado como uma maior concentração de áreas com índices médios, mas com uma variação mais significativa nas extremidades.

De modo geral, o cenário simplista apresenta uma visão mais estática e uniforme do fenômeno, sendo adequado para uma análise inicial. O cenário ponderado reflete um nível intermediário de complexidade, capturando variações adicionais sem atingir a extensão observada no cenário com alcance incorporado. Este último, por sua vez, oferece uma representação mais detalhada das dinâmicas espaciais que afetam o índice de obesogenicidade, incorporando nuances da acessibilidade e distribuição dos elementos espaciais.

6.3.6 Análise comparativa da distribuição das medidas IO1, IO2, IO3 e gravidade

A análise das curvas de distribuição gaussiana normalizada das medidas de obesogenicidade (IO1, IO2, IO3) e da medida de gravidade (Figura 150), após a normalização conjunta, oferece importantes insights sobre a robustez e a sensibilidade das metodologias aplicadas.

Figura 150: Curvas de distribuição Gaussiana normalizadas das medidas IO1, IO2, IO3 e gravidade.



Fonte: O autor, 2024.

A curva da medida de gravidade, mesmo após a normalização, demonstra uma concentração significativa ao redor do valor central, com uma densidade de probabilidade muito maior em comparação com as curvas das medidas de obesogenicidade. Esse comportamento indica que a metodologia utilizada para calcular a centralidade por atração das edificações é eficaz na identificação de polos. Isso ocorre porque a concentração acentuada na curva de gravidade sugere que poucas áreas do bairro apresentam valores elevados, enquanto a maioria das áreas mantém valores moderados, refletindo a capacidade dessa metodologia em destacar com clareza as principais áreas de atração urbana.

Em contraste, as curvas das medidas de obesogenicidade (IO1, IO2, IO3) apresentam uma maior dispersão, mesmo após a normalização, o que indica que as metodologias empregadas para calcular esses índices são mais sensíveis a uma ampla gama de variáveis espaciais e sociais. A maior dispersão das curvas indica que essas metodologias são mais suscetíveis a essas variações, capturando uma imagem mais detalhada da distribuição dos fatores de risco associados à obesidade. Além disso, essa distribuição não Gaussiana de respostas e eventos (KASTENS et al., 2009) evidencia a exploração dos múltiplos estados metaestáveis do fenômeno.

A normalização das medidas possibilita uma comparação direta entre as diferentes metodologias, revelando que, apesar das distintas magnitudes, cada abordagem captura aspectos complementares do ambiente urbano. A metodologia de gravidade, com sua elevada concentração, é particularmente útil em contextos de planejamento urbano, onde a identificação de áreas centrais de atração é essencial. No entanto, essa mesma concentração pode limitar sua aplicabilidade em análises onde a distribuição mais difusa dos fatores é relevante, como em estudos de saúde pública. Por outro lado, as metodologias utilizadas para os índices de obesogenicidade se mostram adequadas para estudos que requerem uma análise detalhada da dispersão dos fatores de risco associados à obesidade. A análise comparativa das metodologias demonstra, portanto, que a medida de gravidade e os índices de obesogenicidade oferecem perspectivas distintas, porém complementares, sobre o espaço urbano. Enquanto a metodologia de gravidade é eficaz para destacar polos de atividades, as metodologias de obesogenicidade fornecem uma visão mais abrangente da distribuição dos fatores de risco.

6.4 CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E SAÚDE ALIMENTAR EM AMBIENTES URBANOS

Conforme discutido nas seções anteriores, o modelo proposto nesta tese sugere que áreas bem conectadas promovem maior visibilidade e acessibilidade, impulsionando o desenvolvimento de atividades comerciais e sociais. Esses espaços tendem a abrigar uma variedade de estabelecimentos, ampliando a oferta de alimentos, sejam eles saudáveis ou não, e proporcionando diversas opções para os residentes e trabalhadores locais. Contudo, essa situação apresenta uma dialética: enquanto facilita o acesso a uma gama diversificada de alimentos, também pode aumentar a exposição a opções menos saudáveis, dependendo do perfil predominante dos estabelecimentos na área. Dessa forma, a configuração espacial não só influencia onde e como os alimentos estão disponíveis, mas também molda o ambiente alimentar urbano, impactando diretamente a saúde da população.

Essas questões exemplificam um desafio urbano que transcende a simples falta de acesso e visibilidade. Mais do que uma limitação física, essas áreas representam um espaço potencial para experimentações e intervenções urbanas inovadoras que podem subverter as dinâmicas tradicionais associadas à

desconexão espacial. Em vez de serem vistas como passivas e inertes, essas áreas podem se tornar laboratórios vivos para novas formas de urbanismo tático e regeneração social, onde as barreiras físicas se transformam em oportunidades de reconexão e coesão comunitária. A presença de barreiras, como a linha férrea e muros, pode ser reinterpretada por meio de intervenções arquitetônicas que ressignificam essas infraestruturas.

Inspirando-se em projetos como o *High Line* em Nova Iorque, que transformou uma antiga linha férrea elevada em um parque linear, podemos imaginar a reconversão de espaços isolados em corredores verdes e interconectados. Esses novos corredores, além de promoverem a mobilidade ativa, poderiam ser equipados com mercados locais e hortas urbanas comunitárias, redefinindo o acesso a alimentos frescos e saudáveis de maneira descentralizada e participativa. Em vez de depender de um planejamento urbano rígido, essa abordagem flexível e adaptativa permite que os próprios moradores moldem seus ambientes, reforçando o senso de pertencimento e a apropriação do espaço, ao mesmo tempo que preservam as características interioranas do bairro Santa Tereza, como tranquilidade, qualidade de vida e sociabilidade.

As análises, portanto, demonstram que a configuração espacial pode tanto mitigar quanto exacerbar os impactos da sindemia de obesidade, ao influenciar as oportunidades de escolha alimentar e as condições para uma vida ativa. A oferta de alimentos, combinada com uma estrutura urbana que incentiva ou desencoraja a mobilidade, desempenha um papel crucial na conformação e manutenção de espaços obesogênicos. Nesse sentido, Pothukuchi e Kaufman (1999) argumentam que o planejamento urbano deve considerar explicitamente questões de saúde pública, incluindo nutrição e segurança alimentar. Os autores propõem uma abordagem holística, em que o planejamento urbano não é apenas um instrumento para a disposição física das cidades, mas também um meio de promover o bem-estar geral da população. Isso requer uma colaboração estreita entre planejadores urbanos e arquitetos, especialistas em saúde pública, nutricionistas e outros *stakeholders* para garantir que os ambientes urbanos incentivem estilos de vida saudáveis e ampliem o acesso a alimentos nutritivos.

Além dos aspectos espaciais, é fundamental considerar como as formas sociais – práticas culturais, hábitos alimentares e padrões de convivência – interagem com a configuração urbana para moldar o ambiente alimentar a nível

urbano. A tecnologia digital pode ser uma aliada na transformação dessas áreas, facilitando a conexão entre residentes e redes de trocas alimentares locais, onde alimentos frescos podem ser adquiridos ou trocados diretamente entre vizinhos, sem intermediários. Essa abordagem *peer-to-peer*[51] desafia o modelo tradicional de consumo alimentar, promovendo uma economia circular que pode florescer em espaços onde a conectividade física é limitada, mas a conectividade social e digital é maximizada.

Outro enfoque para intervir na produção espacial seria o uso de políticas de organização e distribuição dos pontos de abastecimento alimentar. No entanto, implementar essas políticas pode gerar preocupações sobre a interferência nas escolhas alimentares dos cidadãos e o controle do mercado, como a regulamentação da quantidade de restaurantes *fast-food* em determinados segmentos de rua. Tais intervenções podem ser percebidas como autoritárias, pois restringem a liberdade dos consumidores e empresários em um contexto de livre mercado. Uma abordagem mais equilibrada seria preferível. Em vez de impor restrições diretas e rígidas, as políticas públicas poderiam oferecer incentivos positivos, como subsídios ou incentivos fiscais para estabelecimentos que vendem alimentos saudáveis, ou criar zonas urbanas dedicadas a mercados de produtores locais e feiras orgânicas, equilibrando o ambiente alimentar sem proibições restritivas.

Um exemplo prático é o "Programa Abastecer (ABC)" do município de Belo Horizonte. Conduzido pela Secretaria Municipal de Assistência Social, Segurança Alimentar e Cidadania (SMASAC), o programa visa disponibilizar uma variedade de produtos alimentícios, com ênfase em frutas, verduras e legumes, a preços controlados, a fim de aumentar a acessibilidade da população. Essa estratégia visa estimular o consumo de alimentos saudáveis, melhorando a qualidade nutricional das dietas. Entretanto, os critérios para a implementação física do programa são definidos por editais de chamamento público, sem considerar adequadamente as relações espaciais e outros fatores ambientais fundamentais. A Lei nº 5.181/1988, que institui o Programa de Alimentos a Baixo Custo (ABC), apenas menciona a

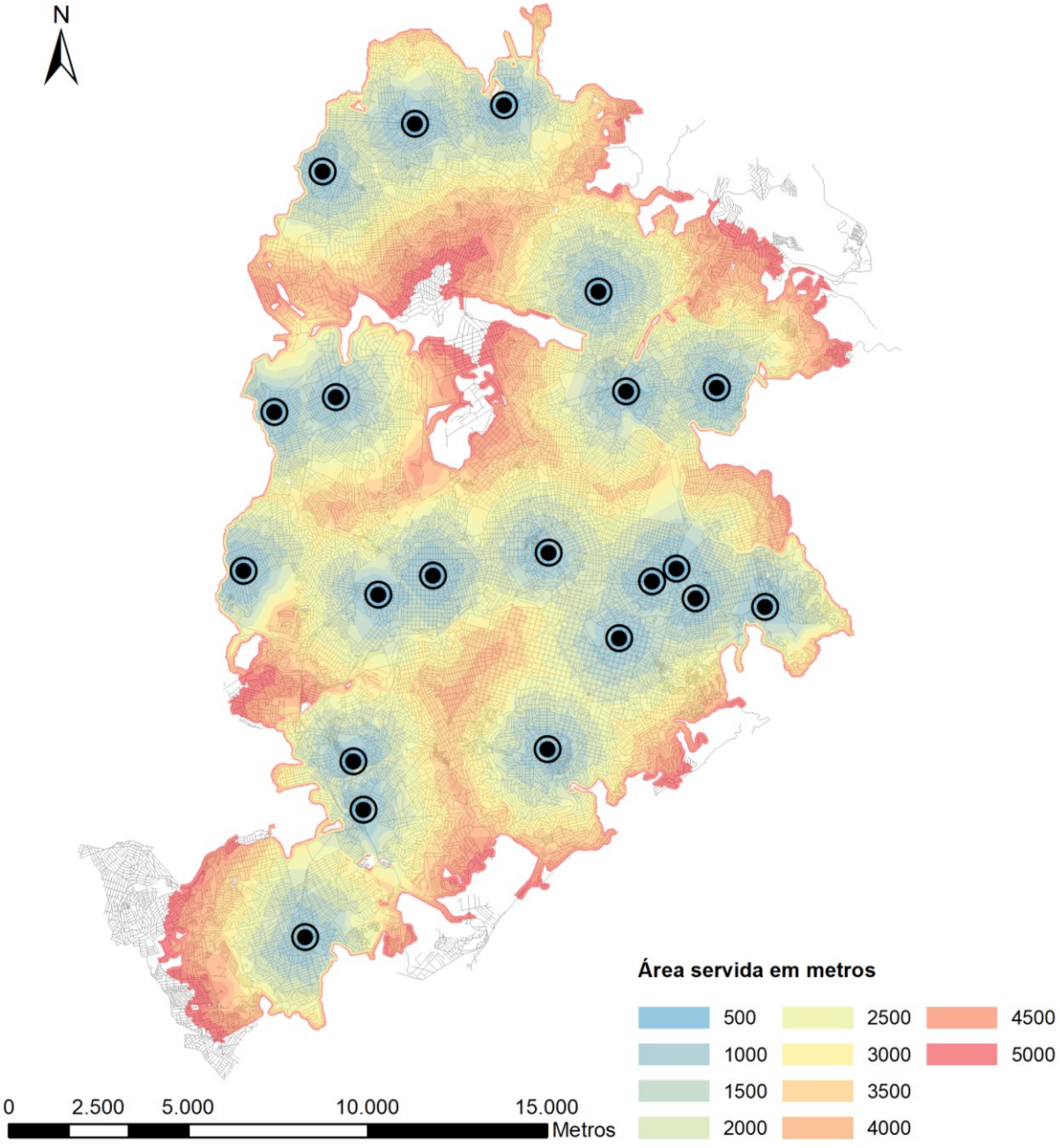
---

[51] A abordagem *peer-to-peer* (P2P) é amplamente discutida no contexto da economia digital, redes de compartilhamento e sistemas distribuídos, refletindo como as redes P2P e a produção colaborativa desafiam os modelos econômicos tradicionais e direcionam novas formas de organização social e econômica (BENKLER, 2006).

preferência espacial por zonas periféricas da cidade (BELO HORIZONTE, 1988). Sem uma consideração adequada dos elementos espaciais e das formas sociais, os benefícios do programa podem não ser plenamente atingidos.

A Figura 151 ilustra a área servida pelos estabelecimentos filiados ao Programa Abastecer no município.

Figura 151: Mapa da área servida dos estabelecimentos filiados ao Programa Abastecer em relação a todo o município de Belo Horizonte, representado com curvas isocrônicas em metros.



Fonte: O autor, 2024.

Observa-se que, embora o programa tenha cobertura em diversas regiões, ainda há áreas significativas da cidade que não são contempladas. As áreas servidas, destacadas em diferentes gradientes de cor, indicam a variação de acessibilidade em metros ao redor dos estabelecimentos participantes. As regiões marcadas em azul representam as melhores relações de acesso, com uma cobertura que se estende até 1.000 metros, uma distância passível de ser percorrida a pé. Já as áreas em tons de amarelo a vermelho indicam distâncias superiores a 3.000 metros, o que se torna um fator limitante para o deslocamento a pé, especialmente para determinados grupos sociais.

Essa distribuição desigual sugere que a rede ABC não atinge uniformemente toda a cidade. Isso evidencia a necessidade de uma expansão planejada do programa, considerando outros fatores como a densidade populacional, a conectividade da rede de transporte público e a presença de outros estabelecimentos alimentares. Nesse contexto, a utilização de ferramentas de georreferenciamento e análise espacial poderia auxiliar na identificação de áreas subatendidas e otimizar a escolha de novos locais para pontos de venda, promovendo uma cobertura mais equitativa e eficaz da política pública.

Além disso, essas ferramentas permitem a implementação de sistemas de monitoramento contínuo baseados na análise espacial. Isso pode incluir a criação de um mapa atualizado periodicamente para refletir mudanças na infraestrutura urbana, transporte público e padrões de movimento da população. Tais ferramentas de monitoramento não apenas permitiriam ajustes dinâmicos na localização dos pontos de venda, mas também ajudariam a identificar novas áreas onde poderiam surgir conflitos entre os elementos espaciais e as formas sociais.

Por fim, é crucial reconsiderar a relação entre acesso e saúde urbana a partir de uma perspectiva ecossistêmica. Em vez de enfatizar exclusivamente a acessibilidade física, é necessário entender como os fluxos de informação, capital social e inovação tecnológica podem convergir para reconfigurar esses espaços urbanos de forma que promovam a saúde coletiva. Áreas de baixa relação de conectividade (e outras métricas) podem se tornar nodos experimentais de um novo tipo de urbanismo, onde saúde e bem-estar são promovidos não apenas por meio de infraestruturas físicas, mas também pela construção de redes sociais resilientes e interdependentes. Essas perspectivas desafiadoras propõem que, ao transformar

limitações em oportunidades, podemos reimaginar a forma como os espaços urbanos influenciam a saúde, a alimentação e a vida cotidiana.

6.5 DISCUSSÃO GERAL

Neste capítulo, apresentamos os resultados da operacionalização do modelo desenvolvido para explorar a complexidade dos espaços obesogênicos em ambientes urbanos. A análise realizada aqui não buscou prever com certeza os comportamentos ou os padrões espaciais, mas sim fornecer uma ferramenta analítica para entender como diferentes elementos espaciais e sociais interagem e influenciam a formação desses espaços. O foco do modelo foi destacar a cidade em todos os seus níveis de imprevisibilidade e incerteza.

A análise da centralidade dos edifícios por atração, ao contrário de sugerir uma relação determinista entre localização e uso, ilustrou como diferentes métricas configuracionais podem revelar padrões de acessibilidade e atratividade urbana que variam com base em múltiplos fatores contextuais. Ao considerar variáveis como declividade, distância e tempo, a metodologia adotada permitiu uma compreensão mais rica da lógica social do espaço urbano. No entanto, é fundamental reconhecer que essa análise não implica uma causalidade direta ou inevitável, mas sim evidencia possibilidades e tendências que emergem da configuração espacial.

Os resultados das áreas servidas pelos estabelecimentos refletem a complexidade dos ambientes urbanos e a interseção de fatores físicos e sociais que moldam a acessibilidade aos recursos alimentares e de lazer. A intenção aqui não foi prever comportamentos ou oferecer um modelo fechado de interpretação, mas demonstrar como o ambiente construído pode tanto facilitar quanto restringir o acesso a determinados recursos, dependendo de uma série de variáveis interconectadas e dinâmicas.

A conceituação e aplicação dos diferentes cenários probabilísticos — simplista, ponderado e alcance incorporado — visaram explorar como variações na configuração espacial e nas dinâmicas sociais podem influenciar a obesogenicidade dos espaços urbanos. Esses cenários não foram projetados para fornecer respostas definitivas ou previsões precisas, mas sim para atuar como ferramentas experimentais que permitem identificar padrões emergentes e levantar novas hipóteses. Ao aplicar esses cenários, a pesquisa destacou a incerteza inerente e a

variabilidade dos fenômenos urbanos, afastando-se de uma visão determinista e reconhecendo a cidade como um espaço de possibilidades múltiplas e dinâmicas.

Por fim, é importante reforçar que o modelo configuracional desenvolvido nesta tese não teve a intenção de captar toda a complexidade do ambiente urbano de maneira determinística. Em vez disso, explorou-se e investigou-se uma forma metodológica de visualizar e entender como diferentes elementos interagem dentro de um sistema complexo. Ao adotar uma abordagem que integra fatores espaciais e sociais, o modelo demonstrou a cidade como ela é: um cenário rico em incertezas e variações. Esta abordagem permite aos planejadores e pesquisadores urbanos não apenas entender os padrões existentes, mas também imaginar e experimentar novos cenários, reconhecendo sempre as limitações e a complexidade do ambiente urbano.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estruturas complexas da obesidade são constituídas por eventos distintos que afetam a saúde da população, com características próprias e de difícil compreensão. Esses atributos fazem com que o fenômeno tenda a ser enigmático, exigindo uma abordagem integrada e multidisciplinar para sua prevenção e tratamento. Assim, a obesidade pode ser considerada uma resposta normal a determinadas configurações urbanas, sob influências socioculturais, políticas e territoriais, exigindo a construção de um modelo estatístico complexo, que envolve diversas agendas em diferentes disciplinas, como saúde pública, tecnologia, nutrição, psicologia, logística, planejamento urbano, mobilidade, arquitetura, entre outros.

Tratando-se do ambiente construído, as lacunas da temática são sempre mencionadas no que diz respeito à medição, avaliação, bem como os testes de validade e confiabilidade das metodologias adotadas. Não obstante, a não-heterogeneidade dos dados evidencia a complexidade do fenômeno, sobretudo aqueles que tangenciam os aspectos socioespaciais. Dessa forma, este trabalho apresentou a estruturação e a operacionalização de um modelo aberto de informação, com suporte das teorias configuracionais da sintaxe espacial e da análise de redes urbanas, avançando na investigação e no conhecimento de ferramentais que permitem sistematizar a compreensão da sinergia dos elementos e atividades relacionados ao sistema alimentar urbano, sobretudo os aqui denominados como obesogênicos.

Esta tese buscou aprofundar o entendimento sobre a complexa relação entre a configuração espacial urbana e os espaços obesogênicos. A revisão bibliográfica viabilizou uma análise qualitativa, interpretativa e crítica da literatura existente. Esse processo revelou-se crucial para ampliar o universo de discurso do pesquisador, possibilitando uma compreensão mais abrangente das variáveis e características envolvidas na formação de ambientes urbanos obesogênicos.

A exploração do ambiente alimentar como interface espaço-temporal com o sistema alimentar expandiu a definição de ambiente alimentar, incorporando fatores como acessibilidade, disponibilidade, promoção, qualidade e sustentabilidade dos alimentos. Essa abordagem possibilitou uma análise mais holística das interações entre o espaço urbano e as oportunidades de escolha alimentar.

A investigação das teorias configuracionais urbanas, com destaque para a Sintaxe Espacial, evidenciou a evolução das abordagens quantitativas e qualitativas na análise urbana. A integração dessas abordagens, facilitada pelo avanço das tecnologias de informação e comunicação, viabilizou uma representação algorítmica das qualidades dinâmicas e espontâneas do fenômeno em estudo.

A sintática do espaço, com suas relações, indicadores e medidas, mostrou-se uma ferramenta promissora na compreensão da estrutura e organização urbana, destacando a influência da configuração espacial nos padrões de movimento e na organização social. A adoção da análise de segmentos e de redes urbanas proporcionou uma compreensão mais profunda e detalhada do ambiente construído, além de permitir uma investigação sistemática e quantitativa das relações espaciais e topológicas, ampliando a preditibilidade do modelo desenvolvido.

As métricas utilizadas neste estudo, portanto, estabeleceram uma conexão substancial entre as formas sociais e os elementos espaciais, contribuindo para a análise da formação e manutenção de espaços obesogênicos, além de reconhecer o fenômeno estudado como um sistema complexo, destacando a necessidade de revisitar os quadros epistemológicos existentes e considerando a natureza imprevisível e emergente dos sistemas dinâmicos urbanos.

Ao incorporar uma variedade de fatores, denominados partes heterogêneas, e multiplicá-los pelas probabilidades de interação do ambiente alimentar, a pesquisa buscou compreender as dinâmicas da atratividade e proximidade dos ambientes urbanos. Esses fatores foram combinados em diferentes cenários para analisar como influenciam a formação de espaços obesogênicos, permitindo uma

compreensão mais aprofundada dos elementos que caracterizam os ambientes obesogênicos.

Conforme os objetivos traçados no início desta pesquisa, o Quadro 18 resume como cada objetivo foi explorado.

Quadro 18: Quadro síntese da relação objetivos da pesquisa e estratégias de alcance.

Objetivo Geral	Conceber um modelo para a avaliação da obesogenicidade de entornos urbanos, incorporando os elementos espaciais, suas relações com as formas sociais e as dinâmicas urbanas no espaço.
	O modelo proposto foi desenvolvido por meio da integração de elementos espaciais e sociais, com base em teorias configuracionais e análise de redes urbanas. A tese utiliza a analogia da equação de Drake para estimar a atratividade das edificações e criar cenários para a análise da obesogenicidade.
Objetivo Específico 1	Investigar e descrever quais são os elementos espaciais e as formas sociais que constituem os ambientes alimentares e como esses se relacionam entre si.
	A pesquisa investigou e descreveu os elementos espaciais e as formas sociais que influenciam a obesogenicidade, como a configuração das redes urbanas, pontos de interesse e padrões de uso e ocupação do solo, abordando sua interação com o comportamento alimentar.
Objetivo Específico 2	Mapear os elementos espaciais e as formas sociais que constituem os ambientes alimentares.
	Utilizou-se a análise espacial com ferramentas de GIS para mapear a distribuição desses elementos espaciais e sua relação com padrões de movimento e práticas sociais no entorno urbano.
Objetivo Específico 3	Constituir indicativos espaciais válidos de maior ou menor atração/congruência por destinações que afetam a saúde pública.
	Foram calculadas métricas de centralidade e sintaxe espacial para determinar áreas de maior atração e congruência às práticas alimentares que podem afetar a saúde pública.
Objetivo Específico 4	Verificar a viabilidade da aplicação prática dos indicativos para a avaliação da obesogenicidade de entornos urbanos.
	Os resultados foram validados por meio do estudo de caso do bairro Santa Tereza, comprovando a viabilidade do modelo proposto para a avaliação da obesogenicidade de entornos urbanos, integrando análises teóricas e práticas para a criação de cenários hipotéticos.

Fonte: O autor, 2024.

Este quadro evidencia que os objetivos da pesquisa foram atingidos de forma satisfatória, integrando diversas abordagens metodológicas para uma análise abrangente dos ambientes urbanos obesogênicos. Além disso, ao realizar a investigação, buscamos a falsificabilidade das hipóteses formuladas, avaliando a validade das proposições a partir do modelo gerado.

Quanto à hipótese central: "*A análise das configurações urbanas permite identificar, avaliar e compreender a relação entre a morfologia urbana, os comportamentos alimentares e a saúde da população, indiciando maior ou menor congruência entre as formas sociais e a morfologia urbana no processo de formação e manutenção de espaços obesogênicos*". Os dados apresentados na tese indicam que a configuração urbana permite compreender como as estruturas espaciais influenciam os comportamentos alimentares e a saúde da população. A correlação entre as medidas de obesogenicidade (IO), métricas da sintaxe espacial e cálculos de centralidade mostrou uma relação positiva, sugerindo que as variações na configuração afetam diretamente a distribuição espacial dos comportamentos alimentares. No entanto, identificamos que o uso de dados agregados censitários pode simplificar a complexidade dos fenômenos urbanos, levando a conclusões limitadas. Portanto, a hipótese central da tese, que postula que a análise das configurações urbanas permite compreender a relação entre a morfologia urbana, os comportamentos alimentares e a saúde da população, foi validada pelos dados, demonstrando uma relação consistente entre a estrutura espacial e a obesogenicidade.

Todavia, algumas hipóteses secundárias levantaram questões importantes sobre as limitações dos dados e métodos utilizados, conforme é apresentado no Quadro 19. As hipóteses demonstram coerência e validade dentro do contexto metodológico e teórico estabelecido, mas futuras pesquisas podem se beneficiar de abordagens adicionais para aumentar a precisão e a aplicabilidade dos resultados.

Quadro 19: Quadro síntese do teste de falseabilidade das hipóteses secundárias.

Hipótese secundária 1	Em uma vizinhança populacional bem delimitada, é possível determinar a centralidade por atração entre os edifícios, identificando aqueles que podem representar maior proximidade de oferta para comportamentos relacionados à indulgência alimentar.
	A tese utilizou o *Urban Network Analysis* para calcular a centralidade por atração, identificando edifícios que poderiam representar maior proximidade à oferta para comportamentos de indulgência alimentar. Os cálculos de centralidade permitiram mapear áreas com maior atratividade para estabelecimentos como restaurantes e bares. Portanto, esta hipótese é corroborada pelos dados de análise de rede urbana e centralidade espacial apresentados na tese.
Hipótese secundária 2	Existe uma correlação entre os edifícios e as vias em que se localizam, considerando suas respectivas medidas de integração e indicador de escolha (Sintaxe espacial das vias), verificando congruências e incongruências com as formas sociais estabelecidas na área.
	A pesquisa demonstrou que há uma correlação positiva entre os edifícios e as vias, particularmente em termos da medida de conectividade. Ainda assim, as análises indicaram que a semelhança visual nas representações dos índices IO1 e IO2, apesar da diferença metodológica, levanta questões sobre a precisão das medidas quando dados agregados são usados. A hipótese é parcialmente corroborada, mas a precisão pode ser limitada pela qualidade com que dados são produzidos e sua granularidade.
Hipótese secundária 3	A partir da análise de rede do sistema de trânsito, é possível determinar a influência daqueles edifícios na delimitação de áreas servidas, utilizando curvas isocrônicas com alcance de até dez minutos de caminhada dos pedestres, considerando a declividade dos passeios como fator de impedância.
	A análise de rede do sistema de trânsito, utilizando o cálculo de áreas servidas representadas em curvas isocrônicas com base na declividade como fator de impedância, confirmou que é possível determinar áreas de influência dos edifícios. A aplicação prática foi validada pelos cenários testados, indicando que a metodologia é eficaz. Dessa forma, esta hipótese é corroborada, apresentando resultados consistentes.
Hipótese secundária 4	Os resultados e interpretações advindas do arcabouço teórico-metodológico são discutidos em comparação com pesquisas qualitativas sobre a mesma vizinhança, observando narrativas históricas relacionadas às formas sociais.
	Os dados da tese indicam que a comparação com pesquisas qualitativas sobre a mesma vizinhança não apenas reforça as interpretações quantitativas obtidas por meio do modelo teórico-metodológico, mas também fornece uma base para validar ou questionar as evidências, mostrando que há congruência entre os dados espaciais e as práticas sociais. Portanto, a hipótese é apoiada pela consistência entre os dados quantitativos do modelo e as interpretações qualitativas existentes na literatura.
Hipótese secundária 5	Quais são os fatores atratores que podem ser considerados como indicativos válidos de maior ou menor atração por destinos que potencializam a indulgência alimentar, como restaurantes, bares, padarias, dentre outros?
	A hipótese é corroborada na medida em que os cenários demonstram que fatores atratores influenciam a obesogenicidade dos entornos urbanos. No entanto, a influência desses fatores varia conforme o cenário e a combinação de variáveis consideradas. Os resultados indicam que é necessário um entendimento mais profundo das interações complexas entre diferentes fatores atratores e o contexto urbano para validar completamente a hipótese. Portanto, os cenários analisados fornecem suporte à hipótese, sugerindo a necessidade de abordagens adicionais.

Fonte: O autor, 2024.

Por fim, reforçamos que, em vez de buscar respostas definitivas, esta pesquisa explorou as interações complexas entre os fatores urbanos e sua influência na sindemia de obesidade. A exploração do ambiente alimentar como interface espaço-temporal com o sistema alimentar contribui para a temática ao trazer uma perspectiva crítica e reflexiva, destacando a importância de considerar múltiplos fatores e suas interações, além de orientar futuras pesquisas que possam fomentar políticas públicas voltadas para a construção de ambientes urbanos mais saudáveis e sustentáveis.

Dessa forma, as próximas subseções abordam considerações específicas deste estudo, incluindo a análise comparativa entre PST e UNA, o processo de simplificação do modelo, a atribuição de pesos atratores às edificações e o desenvolvimento e integração do algoritmo inspirado em Drake, além de apresentar orientações para pesquisas futuras a partir de cada seção.

7.1 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PLACE SYNTAX E URBAN NETWORK ANALYSIS

A análise comparativa entre a *Place Syntax Tool* e a *Urban Network Analysis* destaca suas similaridades na compreensão da acessibilidade geográfica e do comportamento humano em ambientes urbanos, mas também sublinha as diferenças metodológicas e de resultados que são cruciais para a literatura. Ambas as ferramentas são promissoras para estudos urbanos, considerando a acessibilidade atrativa dos lugares e utilizando abordagens baseadas em redes para analisar a estrutura urbana. No entanto, elas divergem em suas premissas e aplicações.

A PST expande os conceitos da sintaxe espacial ao incorporar elementos de atração aos modelos analíticos, mensurando o desempenho dos lugares através de métricas de alcance. Sua aplicação está centrada na mensuração do capital espacial, avaliado pela acessibilidade cumulativa e diversidade de usos a partir de um ponto específico. Já a ferramenta UNA expande os conceitos da análise de rede, integrando métricas de centralidade que consideram tanto a estrutura espacial quanto os atributos dos edifícios.

Dado o potencial e as limitações de cada abordagem, sugerimos que estudos futuros realizem comparações sistemáticas entre PST e UNA, aplicando

ambas as ferramentas no mesmo recorte geográfico e com a mesma finalidade. Tais estudos poderiam esclarecer as diferenças metodológicas e os resultados obtidos, ajudando a definir mais claramente suas potencialidades e limitações. Esta comparação permitirá à literatura avançar na compreensão das especificidades de cada teoria, promovendo uma diferenciação eficaz de suas metodologias.

7.2 PROCESSO DE SIMPLIFICAÇÃO DO MODELO

O modelo configuracional concebido no capítulo 5 (PROCESSO DE MODELAGEM DO FENÔMENO) representa uma contribuição significativa para a literatura atual, oferecendo uma abordagem abrangente e contemporânea para a simplificação de mapas *Road Centre Lines* (RCL) com dados adquiridos no OpenStreetMap (OSM). Ao integrar os processos automatizados sugeridos por Krenz (2017; 2018), bem como suas anotações sobre o estabelecimento de parâmetros para simplificação, o estudo alcança uma representação mais próxima de um mapa axial, o que é fundamental para diversas aplicações em análises espaciais e urbanísticas, especialmente para a Teoria da Sintaxe do Lugar.

No entanto, apesar de seus méritos, o modelo ainda enfrenta limitações notáveis devido à necessidade de intervenções manuais, bem como à dependência de determinadas versões do software utilizado. Essa dependência de ajustes e versões pode introduzir variabilidades no processo de simplificação e potencialmente afetar a consistência e a reprodutibilidade dos resultados. Portanto, embora represente um avanço significativo, especialmente em termos de automatização e precisão na representação espacial, é fundamental considerar essas limitações ao avaliar a aplicabilidade e as implicações práticas desse modelo em diferentes contextos de pesquisa e aplicação prática.

7.3 ATRIBUIÇÃO DE PESOS ÀS EDIFICAÇÕES

Para compreender a complexa relação entre a atratividade das edificações e as escolhas alimentares, considerou-se a influência da oferta de alimentos na formação de espaços obesogênicos. Ao adotarmos uma abordagem analítica abrangente, que inclui a ponderação por meio do uso de uma equação extrapolativa, a indiciação exerceu sua função como indicador inicial para a distribuição espacial,

permitindo uma abordagem integrada que considera tanto a dimensão física dos locais quanto os aspectos relacionados à oferta de alimentos e padrões de consumo. Entretanto, essa estratégia, embora robusta, pode não capturar todas as nuances importantes da relação entre atratividade, oferta de alimentos e obesogenicidade no ambiente urbano.

Por isso, destacamos que ainda há lacunas a serem preenchidas para garantir uma análise mais precisa e reflexiva. Ademais, estudos futuros são imprescindíveis para avaliar a eficácia da ponderação desses pesos atratores. Instrumentos de auditoria, como o AUDITNOVA, que fornecem indicadores numéricos detalhados, têm o potencial de enriquecer significativamente a análise. O AUDITNOVA, desenvolvido e avaliado no Brasil, é eficaz para captar informações sobre indicadores do ambiente alimentar do consumidor, como disponibilidade, preço, estratégias promocionais e publicitárias, e quantidade de marcas disponíveis, seguindo as recomendações do Guia Alimentar para a População Brasileira (BORGES; JAIME, 2019).

Apesar da comprovada confiabilidade do AUDITNOVA na mensuração de aspectos relacionados aos alimentos disponíveis, a falta de recursos impediu sua aplicação em todos os estabelecimentos do recorte em estudo. Isso sugere uma limitação importante que deve ser abordada em pesquisas futuras. Incorporar auditorias detalhadas, como o AUDITNOVA, na ponderação dos pesos pode proporcionar uma análise mais acurada e abrangente da centralidade e sua relação com a obesogenicidade no ambiente urbano, melhorando a compreensão e a intervenção nesse contexto complexo.

7.4 DESENVOLVIMENTO E INTEGRAÇÃO DO ALGORITMO INSPIRADO NA EQUAÇÃO DE DRAKE

Avaliando criticamente o modelo de indiciação gerado, consideramos que esta é uma simplificação e que a realidade é muito mais complexa do que a abarcada pela equação, fazendo parte da epistemologia da complexidade (FOLLONI, 2016). A interação entre essas variáveis e seu impacto na obesogenicidade de uma área pode não ser simplesmente multiplicativa, podendo haver outras variáveis ou interações não consideradas neste modelo simplificado.

Ainda que a equação proposta pareça adequada para a modelagem de uma medida de obesogenicidade, deve-se ter em mente que ela presume que todas as variáveis sejam independentes e tenham efeitos multiplicativos na obesogenicidade. Contudo, é possível que haja interações não lineares entre algumas dessas variáveis, que não são capturadas por esse modelo. Por exemplo, a relação entre a renda média e a obesogenicidade pode ser moderada pela densidade populacional ou pela disponibilidade de espaços públicos para atividades físicas. Em áreas densamente povoadas com poucos espaços públicos, a renda média mais alta pode não ter um efeito tão pronunciado na redução da obesogenicidade como teria em áreas menos densas com mais espaços públicos.

A configuração de um ambiente alimentar e sua relação com a obesogenicidade provavelmente serão afetadas por uma série de outras variáveis não incluídas neste modelo, como políticas públicas, práticas culturais e fatores comportamentais. A inclusão dessas e de outras variáveis potenciais poderia proporcionar uma compreensão mais completa e precisa da obesogenicidade em diferentes contextos urbanos.

7.5 RELAÇÃO ENTRE ELEMENTOS ESPACIAIS E FORMAS SOCIAIS NA FORMAÇÃO DE ESPAÇOS OBESOGÊNICOS – ATMOSFERA OBESOGÊNICA

A relação entre elementos espaciais e formas sociais na formação de espaços obesogênicos é uma interseção multifacetada e complexa que revela como a configuração urbana e as práticas sociais interagem para criar ambientes que favorecem comportamentos alimentares não saudáveis. No bairro Santa Tereza, essa dinâmica se manifesta de forma clara. A partir do modelo gerado, observamos e relatamos a formação de uma estrutura urbana que se caracteriza como uma “atmosfera obesogênica”. Esse termo foi cunhado para descrever ambientes urbanos onde a combinação entre o espaço físico e as formas sociais resulta em condições que favorecem o desenvolvimento de quadros de obesidade na população. Essa interação não ocorre de forma isolada, mas por meio de um conjunto interconectado de fatores que incluem práticas socioculturais, hábitos alimentares, padrões de movimento e estruturas econômicas.

A análise dos elementos espaciais em Santa Tereza mostra que áreas com alta conectividade e visibilidade tendem a atrair uma maior diversidade de

estabelecimentos alimentares, oferecendo uma variedade de opções de consumo. No entanto, a natureza dessas opções de consumo é fortemente influenciada pelas formas sociais associadas. Por exemplo, regiões com alta centralidade de atração e relações de conectividade concentram principalmente estabelecimentos que comercializam alimentos ultraprocessados. Essa configuração aliada às práticas culturais que privilegiam o consumo de alimentos de baixa qualidade nutricional, produz um espaço obesogênico onde as opções alimentares mais saudáveis são escassas ou menos acessíveis. Esse ambiente potencializa o risco de obesidade entre os residentes, demonstrando como a configuração espacial pode moldar os hábitos alimentares e os comportamentos sociais.

A “atmosfera obesogênica” emerge, portanto, da interação entre a disposição espacial dos estabelecimentos e as práticas sociais locais. Em Santa Tereza, a alta centralidade de atração das edificações e a alta relação de conectividade das vias facilitam o acesso a alimentos ultraprocessados, criando um ambiente urbano onde as escolhas alimentares não saudáveis são prevalentes. Essa realidade é intensificada pela forma como a rede viária conecta esses pontos de atração, reforçando a exposição dos residentes a opções alimentares de baixa qualidade nutricional. Assim, a obesogenicidade de um espaço não é apenas uma questão de oferta alimentar, mas uma qualidade intrínseca do ambiente urbano que influencia comportamentos de forma, muitas vezes, inconsciente.

As análises dos cenários probabilísticos – simplista, ponderado e com alcance incorporado – aprofundam essa relação. O cenário simplista destaca áreas com maior concentração de fatores que contribuem para a obesogenicidade, como alta densidade populacional e a presença de estabelecimentos de alimentos ultraprocessados, sugerindo que a configuração espacial facilita o acesso a esses alimentos, exacerbando comportamentos obesogênicos. O cenário ponderado, que atribui pesos diferenciados às variáveis, revela que mesmo áreas não tão conectadas podem apresentar uma atmosfera obesogênica devido à predominância de outros fatores associados às formas sociais. Já o cenário com alcance incorporado considera a mobilidade e o acesso aos estabelecimentos alimentares, mostrando que a proximidade geográfica e a facilidade de acesso reforçam o potencial obesogênico de entornos urbanos.

Essas análises indicam que a formação de uma “atmosfera obesogênica” resulta de uma complexa interação entre elementos espaciais e formas sociais. Em

áreas onde as práticas sociais incluem uma forte cultura de alimentação saudável e práticas comunitárias, como feiras locais e hortas urbanas, o ambiente alimentar tende a ser menos obesogênico, mesmo quando a configuração espacial é semelhante à das áreas mais obesogênicas. Essa inter-relação bidirecional implica que **as práticas sociais não só influenciam a disposição espacial dos estabelecimentos, como também a configuração espacial molda os hábitos e comportamentos sociais**.

A configuração espacial também afeta o uso dos espaços públicos pelos residentes e trabalhadores locais. Áreas com alta conectividade, como praças e parques bem localizados, integradas a práticas sociais que incentivam atividades físicas, demonstram uma tendência para reduzir a obesogenicidade do entorno urbano. A combinação de uma infraestrutura urbana que promove a mobilidade ativa com práticas sociais que valorizam a saúde e o bem-estar resulta em um espaço que facilita o manejo da obesidade.

A análise revela também a existência de "desertos alimentares" – áreas menos acessíveis onde a disponibilidade de alimentos frescos e saudáveis é limitada, criando disparidades significativas no acesso a uma alimentação nutritiva e exacerbando as desigualdades de saúde na população. Essa polarização espacial, onde certas áreas favorecem o acesso a alimentos de baixa qualidade enquanto outras oferecem opções limitadas de alimentos saudáveis, aprofundam a complexidade da formação de espaços obesogênicos.

Portanto, a “atmosfera obesogênica” é uma construção dinâmica e multifacetada que emerge da interação entre elementos espaciais e formas sociais, sendo também é profundamente influenciada pela temporalidade. Em Santa Tereza, compreender a obesogenicidade não se limita a analisar a configuração espaciais e as formas sociais em um ponto fixo; é imprescindível considerar como essas interações se transformam – seja ao longo do dia, da semana, do mês ou do ano –, moldando diferentes padrões de comportamento e acessibilidade.

O conceito de “atmosfera obesogênica” fornece uma perspectiva para avaliar os ambientes urbanos, demonstrando a importância de intervenções que levem em conta tanto o planejamento físico quanto as práticas sociais e temporais. Análises que incorporam recortes temporais, por exemplo, podem revelar variações significativas na disponibilidade e no acesso a alimentos saudáveis ou ultraprocessados em diferentes momentos do dia, sugerindo que a obesogenicidade

de um entorno urbano pode flutuar em função das atividades econômicas, sociais e culturais que ocorrem em dias e horários específicos. Assim, para criar espaços que promovam escolhas saudáveis e contribuam para o bem-estar coletivo, é fundamental adotar uma abordagem integrada que também considere essas variações temporais, permitindo uma compreensão mais completa e precisa das dinâmicas que influenciam a saúde urbana.

7.6 EPISTEMOLOGIA DO INCOMPLETO E DA INCERTEZA

Ao encerrar esta investigação sobre a relação entre a configuração espacial dos ambientes urbanos e a sindemia de obesidade, torna-se oportuno refletir sobre o papel e as limitações do modelo desenvolvido. Inspirando-nos na metáfora do "*Demônio de Laplace*", que representa uma visão determinista do universo onde, com conhecimento completo das condições iniciais, seria possível prever todos os eventos futuros, observamos um paradigma distinto ao lidar com a complexidade urbana. Ao contrário do determinismo laplaciano, o modelo configuracional proposto nesta tese não se destina a prever o comportamento futuro, mas a revelar a cidade em sua riqueza de imprevisibilidade e incerteza.

O objetivo do modelo não é predizer padrões ou comportamentos, mas sim funcionar como uma ferramenta de análise que permite visualizar as interações complexas entre espaços e dinâmicas sociais. Com base nas teorias configuracionais, como a Sintaxe Espacial e a Análise de Rede Urbana, o modelo busca captar a estrutura espacial da cidade e suas múltiplas camadas de interações. No entanto, ao fazê-lo, ressaltamos que nossa abordagem não é determinista. Estamos conscientes de que a cidade é um organismo vivo e dinâmico, cuja complexidade não pode ser reduzida a modelos simplificados ou previsões absolutas.

Ao contrário da visão de um universo totalmente previsível, o modelo configuracional desenvolvido aqui demonstra precisamente o oposto: **a cidade é um espaço de incerteza e mudança constante, onde múltiplas forças sociais, econômicas e culturais interagem de formas frequentemente imprevisíveis**. O modelo oferece uma forma de visualizar essas interações e de entender como a configuração espacial pode influenciar certos padrões de movimento ou a

localização de espaços obesogênicos, sempre com o reconhecimento de suas limitações e da natureza não determinista do fenômeno urbano.

Em vez de tentar impor um sentido de predeterminação, o modelo gerado nesta tese evidencia a complexidade e a incerteza que caracterizam as cidades contemporâneas. Não se trata de criar uma ferramenta que preveja o futuro urbano, mas de fornecer um método para explorar e compreender a cidade como ela é — **um cenário de fluxos imprevisíveis, de interações sociais dinâmicas e de influências múltiplas que moldam a experiência urbana de formas diversas e muitas vezes inesperadas**.

Esse entendimento nos leva a uma reflexão mais profunda sobre o uso de modelos configuracionais para estudos urbanos. Se, por um lado, esses modelos são úteis para compreender a estrutura espacial e suas potenciais influências na saúde pública, por outro, é crucial reconhecer que eles não capturam a totalidade das “forças” que moldam a vida urbana. Ao demonstrar a cidade em todos os seus níveis de imprevisibilidade, o modelo gerado desafia a lógica determinista e sugere um entendimento mais aberto e flexível das dinâmicas urbanas.

Concluindo, esta tese não busca fornecer respostas definitivas ou previsões sobre a relação entre a configuração espacial e obesogenicidade. Ao contrário, ela se posiciona como um convite à exploração contínua e à reflexão crítica, empregando modelos como ferramentas para iluminar aspectos da realidade urbana que muitas vezes permanecem obscuros. Em um mundo marcado pela incerteza, nossa tarefa como pesquisadores não é eliminar a complexidade, mas sim aprender a navegar nela, reconhecendo suas nuances e adaptando nossas abordagens para melhor compreender o tecido intrincado das cidades e suas populações.

O verdadeiro valor deste trabalho reside, portanto, não na promessa de previsões ou certezas, mas na capacidade de oferecer uma lente pela qual se possa observar, questionar e interpretar a cidade em toda a sua riqueza de possibilidades e incertezas. Esta abordagem reflete uma postura epistemológica que privilegia o reconhecimento das limitações do conhecimento e celebra a complexidade inerente aos fenômenos urbanos, sempre em busca de novas perguntas e compreensões mais profundas. Pois, embora os modelos ofereçam previsões, eles não são oniscientes e devem ser utilizados com a consciência de suas limitações.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, Christopher; ISHIKAWA, Sara; SILVERSTEIN, Murray. **Uma linguagem de padrões**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ALMEIDA, Cristilene; BRAGA, Lizandra; LIMA, Matheus; OLIVEIRA, Rhariane; SANTOS, Tamiris; SILVEIRA, Valquíria; DIAS. VÂNIA; RAGGI, Mariana. Bairro Santa Tereza: Uma constante resistência à metropolização. **Revista do Instituto de Ciências Humanas**, *[S. l.]*, v. 11, n. 14, 2016.

ARISTOTLE. **Physics, books V-VIII. Trad. de P. H. Wicksteed & F. M. Cornford**. Revised edition ed. Cambridge: Harvard University Press (Loeb Classical Library, No. 255), 1980. a. v. 2

ARISTOTLE. **Physics, books I-IV. Trad. de P. H. Wicksteed & F. M. Cornford**. Revised edition ed. Cambridge: Harvard University Press (Loeb Classical Library, No. 228) , 1980. b.

ARNHEIM, Rudolf. **Arte e percepção visual: Uma psicologia da visão criadora**. Revista ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

ASSIS, Maíra Macário De; LEITE, Maria Alvim; CARMO, Ariene Silva Do; ANDRADE, Amanda Cristina de Souza; PESSOA, Milene Cristine; NETTO, Michele Pereira; CÂNDIDO, Ana Paula Carlos; MENDES, Larissa Loures. Food environment, social deprivation and obesity among students from Brazilian public schools. **Public Health Nutrition**, *[S. l.]*, v. 22, n. 11, p. 1920–1927, 2019. DOI: 10.1017/S136898001800112X.

BAGGIO, Ulysses da Cunha. **A luminosidade do lugar - circunscrições intersticiais do uso de espaço em Belo Horizonte: apropriação e territorialidade no bairro de Santa Tereza**. 2005. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. DOI: https://doi.org/10.11606/T.8.2005.tde-02022006-135000. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-02022006-135000/pt-br.php. Acesso em: 10 jun. 2022.

BARRETO, Abílio. **Belo Horizonte, memória histórica e descritiva**. Belo Horizonte: Mineiriana, 1996.

BARTALANFFY, Ludwig Von. **General System Theory: Foundations, Development, Applications**. Edição Revisada ed. Nova Iorque: George Braziller, 1969.

BATANERO, Carmen; TAUBER, Liliana; SÁNCHEZ, Victoria. Significado y comprensión de la distribución normal en un curso introductorio de análisis de datos . **Quadrante**, *[S. l.]*, 2001.

BELO HORIZONTE. Lei Nº 5.181, DE 15 DE JULHO DE 1988. Institui o Programa de Alimentos a Baixo Custo - ABC. Brasil, 1988.

BENKLER, Yochai. **How Social Production Transforms Markets and Freedom**. [s.l.] : Yale University Press, 2006. Disponível em: http://www.jstor.org/stable/j.ctt1njknw.

BICYCLE FEDERATION OF AMERICA CAMPAIGN TO MAKE AMERICA WALKABLE. **Creating Walkable Communities: A guide for local governments**. Kansas.

BITTENCOURT, Hélio Radke; VIALI, Lori. Contribuições para o ensino da distribuição normal ou curva de Gauss em cursos de Graduação. *Em*: III SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA 2006, Águas de Lindóia. **Anais** [...]. Águas de Lindóia: SBEM, 2006.

BLOCK, Jason P.; SCRIBNER, Richard A.; DESALVO, Karen B. Fast food, race/ethnicity, and income: A geographic analysis. **American Journal of Preventive Medicine**, *[S. l.]*, v. 27, n. 3, p. 211–217, 2004. DOI: 10.1016/j.amepre.2004.06.007.

BORGES, Camila Aparecida; JAIME, Patricia Constante. Development and evaluation of food environment audit instrument: AUDITNOVA. **Revista de Saúde Pública**, *[S. l.]*, v. 53, p. 91, 2019. DOI: 10.11606/s1518-8787.2019053001316.

BOVY, Philippe H. **Reseaux et espaces pietonniers**. Lausanne: Institut de technique des transports, 1973.

BRITO, Adriana Priscila De. **Grafos, a Fórmula de Euler e os Poliedros Regulares**. 2014. Dissertação de Mestrado - Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

BROADBENT, Geoffrey. **Design in Architecture: Architecture and the Human Sciences**. revisada ed. Madison: John Wiley & Sons, 1973.

CAIAFFA, Waleska Teixeira; FERREIRA, Fabiane Ribeiro; FERREIRA, Aline Dayrell; OLIVEIRA, Claúdia Di Lorenzo; CAMARGOS, Vitor Passos; PROIETTI, Fernando Augusto. Saúde urbana: “a cidade é uma estranha senhora, que hoje sorri e amanhã te devora”. **Ciência & Saúde Coletiva**, *[S. l.]*, v. 13, n. 6, p. 1785–1796, 2008. DOI: 10.1590/S1413-81232008000600013.

CASPI, Caitlin E.; SORENSEN, Glorian; SUBRAMANIAN, S. V.; KAWACHI, Ichiro. The local food environment and diet: A systematic review. **Health & Place**, *[S. l.]*, v. 18, n. 5, p. 1172–1187, 2012. DOI: 10.1016/j.healthplace.2012.05.006.

CASTELLS, Manuel. **A sociedade em rede**. 19 ed. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2018.

CASTRO, Alexandre. **Sintaxe Espacial e A Análise Angular de Segmentos, Parte 3: Calculando Medidas Sintáticas**. 2016.

CERVERO, Robert. Built environments and mode choice: toward a normative framework. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, *[S. l.]*, v. 7, n. 4, p. 265–284, 2002. DOI: 10.1016/S1361-9209(01)00024-4.

CHEADLE, Allen; PSATY, Bruce M.; CURRY, Susan; WAGNER, Edward; DIEHR, Paula; KOEPSELL, Thomas; KRISTAL, Alan. Community-level comparisons between the grocery store environment and individual dietary practices. **Preventive Medicine**, *[S. l.]*, v. 20, n. 2, p. 250–261, 1991. DOI: 10.1016/0091-7435(91)90024-X.

CHRISTOFOLETTI, Marina; STREIT, Inês Amanda; GARCIA, Leandro Martin Totaro; MENDONÇA, Gerfeson; BENEDETTI, Tânia Rosane Bertoldo; PAPINI, Camila Bosquiero; BORGES, Lucélia Justino; BINOTTO, Maria Angélica; SILVA-JÚNIOR, Fernando Lopes e. Barreiras e facilitadores para a prática de atividade física em diferentes domínios no Brasil: uma revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, *[S. l.]*, v. 27, n. 9, p. 3487–3502, 2022. DOI: 10.1590/1413-81232022279.04902022.

CHURCHMAN, Charles West. **Introdução à teoria dos sistemas**. 2ª edição ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2015.

COSTA, Danielle Vasconcellos de Paula; LOPES, Mariana Souza; MENDONÇA, Raquel de Deus; MALTA, Deborah Carvalho; FREITAS, Patrícia Pinheiro De; LOPES, Aline Cristine Souza. Diferenças no consumo alimentar nas áreas urbanas e rurais do Brasil: Pesquisa Nacional de Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, *[S. l.]*, v. 26, n. suppl 2, p. 3805–3813, 2021. DOI: 10.1590/1413-81232021269.2.26752019.

CUMMINS, S. “Food deserts”---evidence and assumption in health policy making. **BMJ**, *[S. l.]*, v. 325, n. 7361, p. 436–438, 2002. DOI: 10.1136/bmj.325.7361.436.

DAAMEN, Winnie; HOOGENDOORN, Serge; BOVY, Piet. First-Order Pedestrian Traffic Flow Theory. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, *[S. l.]*, v. 1934, p. 43–52, 2005. DOI: 10.3141/1934-05.

DALTON, Nicholas S.; PEPONIS, John; DALTON, Ruth. To tame a TIGER one has to know its nature:extending weighted angular integration analysis to the description of GIS road-centerline data for large scale urban analysis. *Em*: 4TH INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM 2003, Londres. **Anais** [...]. Londres p. 65.1-65.10.

DALTON, Ruth Conroy. The secret is to follow your nose: Route path selection and angularity. *Em*: 3RD INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM 2001, Atlanta. **Anais** [...]. Atlanta p. 47.1-47.14.

DARMON, Nicole; DREWNOWSKI, Adam. Does social class predict diet quality? **The American Journal of Clinical Nutrition**, *[S. l.]*, v. 87, n. 5, p. 1107–1117, 2008. DOI: 10.1093/ajcn/87.5.1107.

DIAS, Erika Rodrigues. Geração de Modelo Digital de Elevação utilizando dados do SRTM como subsídio ao planejamento e gestão territorial do município de Lucena(PB)/Generation of Digital Elevation Model using SRTM data as grant to territorial planning and management (...). **Caderno de Geografia**, *[S. l.]*, v. 26, n. 45, p. 151, 2015. DOI: 10.5752/P.2318-2962.2016v26n45p151.

DONEGAN, Lucy; SILVA, Felipe Tavares Da. Depicting routes and centralities: preparing and investigating Road Centre Lines for Angular Segment Analysis in two

Brazilian cities. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, *[S. l.]*, v. 14b, 2022. DOI: 10.1590/2175-3369.014.e20210173.

DONEGAN, Lucy; TAVARES, Felipe. Tuning in: Investigating OSMnx RCL model preparation methods for Angular Segment Analysis. *Em*: PROCEEDINGS 13TH INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM 2022, Bergen. **Anais** [...]. Bergen p. 339.1-339.18.

DOUGLAS, DAVID H.; PEUCKER, THOMAS K. ALGORITHMS FOR THE REDUCTION OF THE NUMBER OF POINTS REQUIRED TO REPRESENT A DIGITIZED LINE OR ITS CARICATURE. **Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization**, *[S. l.]*, v. 10, n. 2, p. 112–122, 1973. DOI: 10.3138/FM57-6770-U75U-7727.

DOWNS, Shauna M.; AHMED, Selena; FANZO, Jessica; HERFORTH, Anna. Food Environment Typology : Advancing an Environments toward Sustainable Diets. **Foods**, *[S. l.]*, v. 9, n. 4, p. 532, 2020.

DREWNOWSKI, Adam; SPECTER, SE. Poverty and obesity: the role of energy density and energy costs. **The American Journal of Clinical Nutrition**, *[S. l.]*, v. 79, n. 1, p. 6–16, 2004. DOI: 10.1093/ajcn/79.1.6.

DURAN, Ana Clara; DE ALMEIDA, Samuel Luna; LATORRE, Maria do Rosario DO; JAIME, Patricia Constante. The role of the local retail food environment in fruit, vegetable and sugar-sweetened beverage consumption in Brazil. **Public Health Nutrition**, *[S. l.]*, v. 19, n. 6, p. 1093–1102, 2016. DOI: 10.1017/S1368980015001524.

DURAN, Ana Clara; DIEZ ROUX, Ana V.; LATORRE, Maria do Rosario D. O.; JAIME, Patricia Constante. Neighborhood socioeconomic characteristics and differences in the availability of healthy food stores and restaurants in Sao Paulo, Brazil. **Health & Place**, *[S. l.]*, v. 23, p. 39–47, 2013. DOI: 10.1016/j.healthplace.2013.05.001.

DURAN, Ana Clara; LOCK, Karen; LATORRE, Maria do Rosario D. O.; JAIME, Patricia Constante. Evaluating the use of in-store measures in retail food stores and restaurants in Brazil. **Revista de Saúde Pública**, *[S. l.]*, v. 49, n. 0, 2015. DOI: 10.1590/S0034-8910.2015049005420.

EGGER, Garry; SWINBURN, Boyd. An “ecological” approach to the obesity pandemic. **BMJ**, *[S. l.]*, v. 315, n. 7106, p. 477–480, 1997. DOI: 10.1136/bmj.315.7106.477. Disponível em: https://www.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmj.315.7106.477.

ESRI. **ArcGIS**. , 2016. Disponível em: https://www.arcgis.com/features/index.html. Acesso em: 19 jul. 2022.

ÉVORA, Fátima Regina R. Discussão Acerca do Papel Físico do Lugar Natural na Teoria Aristotélica do Movimento. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, *[S. l.]*, v. 16, n. Série 3, p. 281–301, 2006.

FARIA, Gustavo Henrique Campos De. Um olhar abrangente para a obesidade:

Modelando a distribuição de espaços obesogênicos em ambientes urbanos. *Em*: ANAIS DO 18º CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS: SISTEMAS EM CONVERSAÇÃO 2024, Belo Horizonte, Minas Gerais. **Anais** [...]. Belo Horizonte, Minas Gerais: Even3, 2024. DOI: 10.29327/18-cbs-congresso-brasileiro-de-sistemas-338882.671382.

FARIA, Gustavo Henrique Campos De; HOPPE, Manfredo Frederico Felipe; SOUZA, Renato César Ferreira De. Epistemologia, ambiente construído e sustentabilidade . *Em*: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO URBAA 2022, Online. **Anais** [...]. Online: ANAP, 2022. p. 458–472.

FARIA, Rivaldo Mauro; BORTOLOZZI, Arlêude. Espaço, Território e Saúde: Contribuições de Milton Santos para o tema da geografia da saúde no Brasil. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, *[S. l.]*, v. 17, 2009. DOI: 10.5380/raega.v17i0.11995.

FEDERAÇÃO MUNDIAL DE OBESIDADE. **World Obesity Atlas**. [s.l: s.n.]. Disponível em: www.worldobesity.org#worldobesityatlas.

FEDERAÇÃO MUNDIAL DE OBESIDADE. **World Obesity Federation. Atlas Mundial da Obesidade 2024**. Londres.

FINOTTI, Leonardo. **Entrevista Com Morador do Plano Piloto e de uma Cidade Satélite**. 2011.

FOLLONI, André. **Introdução à teoria da complexidade**. Curitiba: Editora Juruá, 2016.

FOTHERINGHAM, Alexander Stewart; WONG, David W. S. The Modifiable Areal Unit Problem in Multivariate Statistical Analysis. **Environment and Planning A: Economy and Space**, *[S. l.]*, v. 23, n. 7, p. 1025–1044, 1991.

FREITAS, Eulilian Dias De; CAMARGOS, Vitor Passos; XAVIER, César Coelho; CAIAFFA, Waleska Teixeira; PROIETTI, Fernando Augusto. Instrumento para condução de observação social sistemática: métodos e resultados da concordância interobservadores. **Cadernos de Saúde Pública**, *[S. l.]*, v. 29, n. 10, p. 2093–2104, 2013. DOI: 10.1590/0102-311X00086812.

GÁLVEZ ESPINOZA, Patricia; EGAÑA, Daniel; MASFERRER, Dominique; CERDA, Ricardo. Propuesta de un modelo conceptual para el estudio de los ambientes alimentarios en Chile. **Revista Panamericana de Salud Pública**, *[S. l.]*, p. 1–9, 2017. DOI: 10.26633/rpsp.2017.169.

GEHL, Jan. **Life between buildings: using public space**. Nova Iorque: Van Nostrand Reinhold, 1987.

GEHL, Jan. **Cidades para Pessoas**. São Paulo: Perspectiva, 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GLANZ, Karen; SALLIS, James F.; SAELENS, Brian E.; FRANK, Lawrence D.

Healthy nutrition environments: Concepts and measures. **American Journal of Health Promotion**, *[S. l.]*, v. 19, n. 5, p. 330–333, 2005. DOI: 10.4278/0890-1171-19.5.330.

GLANZ, Karen; SALLIS, James F.; SAELENS, Brian E.; FRANK, Lawrence D. Nutrition Environment Measures Survey in Stores (NEMS-S)Development and Evaluation. **American Journal of Preventive Medicine**, *[S. l.]*, v. 32, n. 4, p. 282–289, 2007. DOI: 10.1016/j.amepre.2006.12.019.

GLASS, Ruth. Introduction: Aspects of Change. *Em*: CENTRE FOR URBAN STUDIES (org.). **London: Aspects of Change**. Londres: Macgibbon & Kee, 1964. p. 13–42.

GOMES, Sávio Marcelino et al. Biodiversity is overlooked in the diets of different social groups in Brazil. **Scientific Reports**, *[S. l.]*, v. 13, n. 1, p. 7509, 2023. DOI: 10.1038/s41598-023-34543-8.

GREGORY, Derek; JOHNSTON, Ron; PRATT, Geraldine; WATTS, Michael; WHATMORE, Sarah. **The Dictionary of Human Geography**. 5. ed. Nova Jersey: Wiley-Blackwell, 2009.

GRIFFITHS, David J. **Introduction to elementary particles**. 2ª, Ed. Revisada ed. [s.l.] : John Wiley, 2008.

HANDY, S. L.; NIEMEIER, D. A. Measuring Accessibility: An Exploration of Issues and Alternatives. **Environment and Planning A: Economy and Space**, *[S. l.]*, v. 29, n. 7, p. 1175–1194, 1997. DOI: 10.1068/a291175.

HARVEY, David. **Social Justice and the City**. Revised ed. Georgia: University of Georgia Press, 1973.

HAYNES, Kingsley E.; FOTHERINGHAM, A. Stewart. **Gravity and Spatial Interaction Models**. Web Book ed. Virginia: WVU Research Repository, 1985.

HEATWOLE SHANK, Kendra S.; CUTCHIN, Malcolm P. Processes of developing ‘community livability’ in older age. **Journal of Aging Studies**, *[S. l.]*, v. 39, p. 66–72, 2016. DOI: 10.1016/j.jaging.2016.11.001.

HEIDEGGER, Martin. **Being and Time**. Londres: SCM Press, 1962.

HEIDEGGER, Martin. **Ensaios e conferências**. 8 ed. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2012.

HEITOR, Teresa Valsassina. **Vulnerabilidade do espaço em Chelas: uma abordagem sintáctica**. Porto: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.

HILLIER, Bill. **Space is the machine: A configurational theory of architecture**. Edição eletrônica ed. Londres: UCL Space Syntax, 2007.

HILLIER, Bill. **Using DepthMap for Urban Analysis: A Simple Guide On What to Do Once You Have an Analysable Map in The System**. Londres: The Barttlet School of Graduate Studies, 2008.

HILLIER, Bill. Spatial sustainability in cities: Organic patterns and sustainable forms. *Em*: 7TH INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM 2009, Estocolmo. **Anais** [...]. Estocolmo: Royal Institute of Technology (KTH), 2009. Disponível em: https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/18538/1/18538.pdf. Acesso em: 4 jul. 2020.

HILLIER, Bill; HANSON, Julienne. **The social logic of space**. Cambridge: University Press, 1984. DOI: 10.1017/CBO9780511597237.

HILLIER, Bill; HANSON, Julienne. The reasoning art: or, the need for an analytical theory of architecture. *Em*: 1ST INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM 1997, Londres. **Anais** [...]. Londres: pace Syntax Laboratory / The Bartlett School of Graduate Studies / University College London, 1997. p. 01.1-01.5.

HILLIER, Bill; PENN, A.; HANSON, J.; GRAJEWSKI, T.; XU, J. Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. **Environment and Planning B: Planning and Design**, *[S. l.]*, v. 20, n. 1, p. 29–66, 1993. DOI: 10.1068/b200029.

HILLIER, Bill; YANG, Tao; TURNER, Alasdair. Normalising least angle choice in Depthmap and how it opens up new perspectives on the global and local analysis of city space. **The Journal of Space Syntax**, *[S. l.]*, v. 3, n. 2, p. 155–193, 2012.

HINO, Adriano Akira Ferreira; REIS, Rodrigo Siqueira; FLORINDO, Alex Antonio. Ambiente construído e atividade física: uma breve revisão dos métodos de avaliação. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, *[S. l.]*, v. 12, n. 5, p. 387–394, 2010.

HOLANDA, Frederico De. Arquitetura sociológica. *Em*: XII ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR 2007, Belém. **Anais** [...]. Belém: ANPUR, 2007.

HOLANDA, Frederico De. **Os 10 mandamentos da arquitetura**. Brasília: FRBH, 2013.

HOLANDA, Frederico De. **O espaço de exceção**. 2ª ed. ed. Brasília: FRBH, 2018.

HOLSTON, James. **A cidade modernista**. São Paulo: Companhia das Letras, 1993.

HORTA, Paula Martins; MATOS, Juliana de Paula; MENDES, Clarisse Freitas; CLARO, Rafael Moreira. Ambiente de Informação: Marketing e Publicidade de Alimentos. *Em*: MENDES, Larissa Loures; PESSOA, Milene Cristine; COSTA, Bruna Vieira de Lima (org.). **Ambiente Alimentar: Saúde e Nutrição**. Rio de Janeiro: Editora Rúbio, 2022. p. 125–134.

HOWARD, Sir Ebenezer. **To-morrow! A Peaceful Path to Real Reform**. 1. ed. Londres: Swann Sonnenschein & Co, 1898.

HOWARD, Sir Ebenezer. **Garden Cities of To-morrow**. 2. ed. Londres: Swann Sonnenschein & Co, 1902.

IBGE. **Censo 2010**. [s.l: s.n.]. Disponível em: https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st. Acesso em: 15 ago. 2022.

IPEA. **Altas da Vulnerabilidade Social (Online)**. 2022. Disponível em: http://ivs.ipea.gov.br/index.php/pt/. Acesso em: 31 maio. 2022.

IPES FOOD. **UNRAVELLING THE FOOD–HEALTH NEXUS: ADDRESSING PRACTICES, POLITICAL ECONOMY, AND POWER RELATIONS TO BUILD HEALTHIER FOOD SYSTEMS**. [s.l: s.n.].

JACOBS, Allan; APPLEYARD, Donald. Toward an urban design manifesto. **Journal of the American Planning Association**, *[S. l.]*, v. 53, n. 1, p. 112–120, 1987. DOI: 10.1080/01944368708976642.

JACOBS, Jane. **The Death and Life of Great American Cities**. 1. ed. Nova Iorque: Random House, 1961.

JENSEN-BUTLER, Christopher. Gravity Models as Planning Tools: A Review of Theoretical and Operational Problems. **Geografiska Annaler. Series B, Human Geography**, *[S. l.]*, v. 54, n. 1, p. 68, 1972. DOI: 10.2307/490586.

JONES, Christopher. **Métodos de Diseño**. Barcelona: Gustavo Gili, 1976.

KASTENS, Kim A. et al. How Geoscientists Think and Learn. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, *[S. l.]*, v. 90, n. 31, p. 265–266, 2009. DOI: 10.1029/2009EO310001.

KEARNEY, John. Food consumption trends and drivers. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, *[S. l.]*, v. 365, n. 1554, p. 2793–2807, 2010. DOI: 10.1098/rstb.2010.0149.

KELLERT, Stephen H. **In the Wake of Chaos: Unpredictable Order in Dynamical Systems**. Edição Ilustrada ed. Chicago: University of Chicago Press, 1994.

KOLOVOU, Ioanna; GIL, Jorge; KARIMI, Kayvan; LAW, Stephen; VERSLUIS, Laurens. Road Centre Line Simplification Principles for Angular Segment Analysis. *Em*: PROCEEDINGS OF THE 11TH INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM 2017, Lisboa. **Anais** [...]. Lisboa p. 163.1-163.16.

KRENZ, Kimon. Employing volunteered geographic information in space syntax analysis. *Em*: 11TH INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM 2017, Lisboa. **Anais** [...]. Lisboa p. 150.1-150.26.

KRENZ, Kimon. **Network Centralities in Polycentric Urban Regions: Methods for the Measurement of Spatial Metrics**. 2018. Tese de doutorado - Bartlett Faculty of the Built Environment, Londres, 2018.

LARAIA, Barbara; SIEGA-RIZ, Anna Maria; KAUFMAN, Jay; JONES, Sonya. Proximity of supermarkets is positively associated with diet quality index for pregnancy. **Preventive Medicine**, *[S. l.]*, v. 39, n. 5, p. 869–875, 2004. DOI: 10.1016/j.ypmed.2004.03.018.

LARSON, Nicole I.; STORY, Mary T.; NELSON, Melissa C. Neighborhood Environments. **American Journal of Preventive Medicine**, *[S. l.]*, v. 36, n. 1, p. 74-81.e10, 2009. DOI: 10.1016/j.amepre.2008.09.025.

LEÃO, Ana Luiza Favarão; CABRERA, Letícia; URBANO, Mariana Ragassi; KANASHIRO, Milena. Agregação de dados para análise da caminhabilidade: um estudo empírico. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, *[S. l.]*, v. 12, 2020. DOI: 10.1590/2175-3369.012.e20190171.

LEE, Rebecca; MCALEXANDER, Kristen; BANDA, Jorge A. **Reversing the Obesogenic Environment: Physical Activity Intervention Series**. Champaign, IL: Human Kinetics, 2011.

LEGEBY, Ann. **Patterns of co-presence: spatial configuration and social segregation**. Estocolmo: Architecture and the Built Environment, KTH Royal Institute of Technology, 2013.

LOPES, Flavia M. N. S. **Minha casa, qual vida cotidiana? Investigando perdas e ganhos de capital espacial da vida cotidiana de indivíduos beneficiados pelo programa Minha Casa, Minha Vida**. 2022. Tese de doutorado - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022.

LOPES, Flávia Monaliza Nunes Secundo. **Como era na favela? Como é no conjunto? Relações entre propriedades espaciais e modos de uso no caso do reassentamento da Favela do Maruim em Natal/RN**. 2018. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

ARE WALKERS SMARTER THAN DRIVERS? Direção: B. Lufkin. [s.l.] : British Broadcasting Corporation (BBC), 2016.

LUKOSEVICIUS, Alessandro Prudêncio; MARCHISOTTI, Gustavo Guimarães; SOARES, Carlos Alberto Pereira. Panorama da complexidade: principais correntes, definições e constructos. **Sistemas & Gestão**, *[S. l.]*, v. 11, n. 4, p. 455–465, 2017. DOI: 10.20985/1980-5160.2016.v11n4.1157.

LYNCH, Kevin. **The Image of the City**. Cambridge: MIT Press, 1960.

MAIER, Jonathan R. A.; FADEL, Georges M.; BATTISTO, Dina G. An affordance-based approach to architectural theory, design, and practice. **Design Studies**, *[S. l.]*, v. 30, n. 4, p. 393–414, 2009. DOI: 10.1016/j.destud.2009.01.002.

MARCUS, Lars. Spatial Capital: A Proposal for an Extension of Space Syntax into a More General Urban Morphology. **The Journal of Space Syntax**, *[S. l.]*, v. 1, n. 1, p. 30–40, 2010.

MARCUS, Lars. The Theoretical Underpinnings of a Theory of Spatial Capital. *Em*: 11TH SPACE SYNTAX SYMPOSIUM 2017, Lisboa. **Anais** [...]. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2017. p. 168.1-168.11.

MARQUES, Joana Brás Varanda; FREITAS, Denise De. Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em Educação. **Pro-Posições**, *[S. l.]*, v. 29, n. 2, p. 389–415, 2018. DOI: 10.1590/1980-6248-2015-0140.

MASCARO, Alysson Leandro. **IREE - Instituto para Reforma das Relações entre**

Estado e Empresa. 2021. Disponível em: Formas Sociais: uma apresentação. Acesso em: 26 maio. 2022.

MATOZINHOS, Fernanda Penido; GOMES, Crizian Saar; GARDONE, Danielle Soares; CARMO, Ariene Silva Do; SANTOS, Luana Caroline Dos; MENDES, Larissa Loures; PESSOA, Milene Cristine. Ambiente Obesogênico. *Em*: MENDES, Larissa Loures; PESSOA, Milene Cristine; COSTA, Bruna Vieira de Lima (org.). **Ambiente Alimentar: Saúde e Nutrição**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2022. p. 135–146.

MATURANA, Humberto. **A ontologia da realidade**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.

MATURANA, Humberto. **Cognição, ciência e vida cotidiana**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2001.

Measuring the food environment in Canada. . Canada.

MEDEIROS, Valério Augusto Soareas De. **Urbis Brasiliae ou sobre cidades do Brasil: inserindo assentamentos urbanos do país em investigações configuracionais comparativas**. 2006. Tese de doutorado - Tese de doutoramento. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MEDEIROS, Valério Augusto Soares De. **Urbis Brasiliae: o labirinto das cidades brasileiras**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2013. v. 1

MEI, Kun et al. State-of-the-art of measures of the obesogenic environment for children. **Obesity Reviews**, *[S. l.]*, v. 22, n. S1, 2021. DOI: 10.1111/obr.13093.

MENDES, Larissa Loures; PESSOA, Milene Cristine; COSTA, Bruna Vieira de Lima. Ambiente Alimentar: Tópicos Iniciais e Principais Modelos Conceituais. *Em*: MENDES, Larissa Loures; PESSOA, Milene Cristine; COSTA, Bruna Vieira de Lima (org.). **Ambiente Alimentar: Saúde e Nutrição**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2022. p. 1–10.

MICROSOFT®. **Microsoft Excel**. Microsoft 365 MSO, 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Guia alimentar para a população brasileira**. Brasília. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2023.

MORLAND, Kimberly; WING, Steve; DIEZ ROUX, Ana; POOLE, Charles. Neighborhood characteristics associated with the location of food stores and food service places. **American Journal of Preventive Medicine**, *[S. l.]*, v. 22, n. 1, p. 23–29, 2002. DOI: 10.1016/S0749-3797(01)00403-2.

MORLAND, Kimberly; WING, Steve; ROUX, Ana Diez. The Contextual Effect of the Local Food Environment on Residents' Diets: The Atherosclerosis Risk in Communities Study. **American Journal of Public Health**, *[S. l.]*, v. 92, n. 11, p. 1761–1768, 2002. DOI: 10.2105/AJPH.92.11.1761.

MUELLER, Natalie et al. Changing the urban design of cities for health: The superblock model. **Environment International**, *[S. l.]*, v. 134, p. 105132, 2020. DOI: 10.1016/j.envint.2019.105132.

NETTO, Vinicius. 'What is space syntax not?' Reflections on space syntax as sociospatial theory. **URBAN DESIGN International**, *[S. l.]*, v. 21, n. 1, p. 25–40, 2016. DOI: 10.1057/udi.2015.21.

NETTO, Vinícius M.; SABOYA, Renato T. De; VARGAS, Júlio Celso; CARVALHO, Thereza (ORG.). **Efeitos da arquitetura: O impacto da urbanização contemporânea no Brasil**. Brasília: FRBH, 2017.

NIGG, Claudio R.; MATEO, Desiree Joi; AN, Jiyoung. Pokémon GO may increase physical activity and decrease sedentary behaviors. **American Journal of Public Health**, *[S. l.]*, v. 107, n. 1, p. 37–38, 2017. DOI: 10.2105/AJPH.2016.303532.

OLIVEIRA, Vítor; ZAITTER, Bruno. Uma introdução ao estudo da forma urbana no Brasil. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, *[S. l.]*, v. 12, 2020. DOI: 10.1590/2175-3369.012.e20200000.

OPEN STREET MAP CONTRIBUTORS. **Open Street Map database [PostgreSQL via API]**. CambridgeOpenStreetMap Foundation, , 2021. Disponível em: <https://planet.openstreetmap.org>. Acesso em: 19 jul. 2022.

PEREIRA, Ana Beatriz Mascarenhas. **RITMANÁLISE EM SANTA TEREZA: modos de vida urbana** . 2017. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

PEREIRA, Doralice Barros; CAIAFFA, Waleska Teixeira; OLIVEIRA, Veneza Berenice De. Saúde e espaço urbano: entrelaces de saberes em contexto de pós-graduação. **Cadernos Metrópole**, *[S. l.]*, v. 23, n. 52, p. 1039–1060, 2021. DOI: 10.1590/2236-9996.2021-5209.

PEREIRA, Rafael Henrique Moraes; BARROS, Ana Paula Borba Gonçalves; HOLANDA, Frederico Rosa Borges De; MEDEIROS, Valério Augusto Soares De. **O uso da sintaxe espacial na análise do desempenho do transporte urbano: Limites e potencialidades.Texto para discussão: 1630**. Rio de Janeiro.

Plano Diretor do Município de Belo Horizonte. Brasil, 8 ago. 2019.

POPPER, Karl. **Conjeturas e Refutações**. Lisboa: EDIÇÕES 70, 2018.

POPPER, Karl Raimund. **A Lógica da Pesquisa Científica**. 2ª ed. São Paulo: Cultrix, 2013.

PORTA, Sergio; CRUCITTI, Paolo; LATORA, Vito. The Network Analysis of Urban Streets: A Primal Approach. **Environment and Planning B: Planning and Design**, *[S. l.]*, v. 33, n. 5, p. 705–725, 2006. DOI: 10.1068/b32045.

POTHUKUCHI, Kameshwari; KAUFMAN, Jerome L. Placing the food system on the urban agenda: The role of municipal institutions in food systems planning. **Agriculture and Human Values** , *[S. l.]*, v. 16, p. 213–224, 1999.

RAO, Mala; PRASAD, Sunand; ADSHEAD, Fiona; TISSERA, Hasitha. The built environment and health. **The Lancet**, *[S. l.]*, v. 370, n. 9593, p. 1111–1113, 2007. DOI: 10.1016/S0140-6736(07)61260-4. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673607612604.

RAUDENBUSH, Stephen W.; SAMPSON, Robert J. 1. Ecometrics: Toward a Science of Assessing Ecological Settings, with Application to the Systematic Social Observation of Neighborhoods. **Sociological Methodology**, *[S. l.]*, v. 29, n. 1, p. 1–41, 1999. DOI: 10.1111/0081-1750.00059.

RECINE, Elisabetta; BRITO, Estella Rosa Borges De. A agenda de segurança alimentar e nutricional para as cidades. *Em*: MENDES, Larissa Loures; PESSOA, Milene Cristine; COSTA, Bruna Vieira de Lima (org.). **Ambiente Alimentar: Saúde e Nutrição**. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2022. p. 23–36.

REILLY, William J. **Methods for the study of retail relationships**. 1929. Tese de doutorado - University of Texas, Austin, 1929. Disponível em: https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/60544. Acesso em: 4 ago. 2022.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa Social: Métodos e técnicas**. 3ª ed. São Paulo: Atlas S.A., 1999.

ROCHA, Luana Lara; BULHÕES, Flávia Muradas; JARDIM, Mariana Zogbi; MELO, Gabriel Borges Vaz De; HONÓRIO, Olívia Souza; FRICHE, Amélia Augusta de Lima; MENDES, Larissa Loures. Acesso físico às feiras de orgânicos municipais em favelas de Belo Horizonte, Minas Gerais. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, *[S. l.]*, v. 19, p. e71469, 2024. a. DOI: 10.12957/demetra.2024.71469.

ROCHA, Luana Lara; FRICHE, Amélia Augusta de Lima; JARDIM, Mariana Zogbi; CASTRO JUNIOR, Paulo César Pereira De; OLIVEIRA, Emanuelly Porto; CARDOSO, Letícia de Oliveira; MENDES, Larissa Loures. Percepção dos residentes de favelas brasileiras sobre o ambiente alimentar: um estudo qualitativo. **Cadernos de Saúde Pública**, *[S. l.]*, v. 40, n. 3, 2024. b. DOI: 10.1590/0102-311xpt128423.

ROLNIK, Raquel. **O que é cidade?** São Paulo: Brasiliense, 1994.

ROLNIK, Raquel. **A cidade e a lei : Legislação, política urbana e territórios na cidade de São Paulo**. 3ª edição ed. São Paulo: Studio Nobel, 2013.

SABOYA, Renato. **Sintaxe Espacial**. 2007.

SABOYA, Renato. **Calcular medidas sintáticas através do Depthmap**. 2016.

SABOYA, Renato. Mapas configuracionais com o Open Street Map e QGIS. **Revista de Morfologia Urbana**, *[S. l.]*, v. 12, n. 1, 2024. DOI: 10.47235/rmu.v12i1.351.

SACKS, Gary; ROBINSON, Ella; CAMERON, Adrian J. Issues in Measuring the Healthiness of Food Environments and Interpreting Relationships with Diet, Obesity and Related Health Outcomes. **Current Obesity Reports**, *[S. l.]*, v. 8, n. 2, p. 98–111, 2019. DOI: 10.1007/s13679-019-00342-4.

SAELENS, Brian E.; GLANZ, Karen; SALLIS, James F.; FRANK, Lawrence D.

Nutrition Environment Measures Study in Restaurants (NEMS-R)Development and Evaluation. **American Journal of Preventive Medicine**, *[S. l.]*, v. 32, n. 4, p. 273–281, 2007. DOI: 10.1016/j.amepre.2006.12.022.

SALLIS, James F.; FLOYD, Myron F.; RODRÍGUEZ, Daniel A.; SAELENS, Brian E. Role of Built Environments in Physical Activity, Obesity, and Cardiovascular Disease. **Circulation**, *[S. l.]*, v. 125, n. 5, p. 729–737, 2012. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.969022.

SALVADOR, Catharina Cavasin; PFÜTZENREUTER, Andréa Holz; KANASHIRO, Milena. AMBIENTE CONSTRUÍDO E SAÚDE: ATRIBUTOS AMBIENTAIS E A ATIVIDADE FÍSICA ENTRE ADULTOS E IDOSOS, UMA REVISÃO NARRATIVA. **PIXO - Revista de Arquitetura, Cidade e Contemporaneidade**, *[S. l.]*, v. 4, n. 13, 2020. DOI: 10.15210/pixo.v4i13.19442.

SANTOS, Aguialdo. **Seleção do Método de Pesquisa**. Curitiba: Insight, 2018.

SANTOS, Alex Mota Dos. **Uso do SIG para análise de redes de Transportes**. Aparecida de Goiânia.

SANTOS, Milton Dos. **Espaço e Método**. 1ª edição; ed. São Paulo: Edusp, 2008.

SEVTSUK, Andres. **Path and Place: A Study of Urban Geometry and Retail Activity in Cambridge and Somerville, MA.** 2010. Tese de Doutorado - Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2010.

SEVTSUK, Andres. Analysis and Planning of Urban Networks. *Em*: **Encyclopedia of Social Network Analysis and Mining**. New York, NY: Springer New York, 2014. a. p. 25–37. DOI: 10.1007/978-1-4614-6170-8_43.

SEVTSUK, Andres. Location and Agglomeration: The Distribution of Retail and Food Businesses in Dense Urban Environments. **Journal of Planning Education and Research**, *[S. l.]*, v. 34, n. 4, p. 374–393, 2014. b. DOI: 10.1177/0739456X14550401.

SEVTSUK, Andres; MEKONNEN, Michael. Urban network analysis. A new toolbox for ArcGIS. **Revue internationale de géomatique**, *[S. l.]*, v. 22, n. 2, p. 287–305, 2012. DOI: 10.3166/rig.22.287-305.

SEVTSUK, Andres; MEKONNEN, Michael; KALVO, Raul. **Urban Network Analysis: Toolbox for ArcGIS 10 / 10.1 / 10.2**. Singapura.

SHAY, Mary; SPOON, Chad; KHATTAK, Asad J. **Walkable environments and walking activity: Final Report for Seed Grant Submitted to Southeastern Transportation Center**. Tennessee.

SHEPHERD, Richard; RAATS, Monique. **The psychology of food choice**. UK: CABI, 2006. DOI: 10.1079/9780851990323.0000.

SILVA, Luiz Roberto Da. **Doce dossiê de BH**. Belo Horizonte: Cedáblio, 1991.

SMITH, Neil. Toward a Theory of Gentrification A Back to the City Movement by

Capital, not People. **Journal of the American Planning Association**, *[S. l.]*, v. 45, n. 4, p. 538–548, 1979. DOI: 10.1080/01944367908977002.

SOUZA, Renato César Ferreira De. Análise de configurações centrais. *Em*: XIII FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA 2017, Estância Turística de Tupã. **Anais** [...]. Estância Turística de Tupã: ANAP, 2017. p. 197–209.

SOUZA, Renato Cesar Ferreira De; OLIVEIRA, Veneza Berenice De; PEREIRA, Doralice Barros; COSTA, Heloisa Soares de Moura; CAIAFFA, Waleska Teixeira. Viver próximo à saúde em Belo Horizonte. **Cadernos Metrópole**, *[S. l.]*, v. 18, n. 36, p. 326–344, 2016. DOI: 10.1590/2236-9996.2016-3601.

SOUZA, Renato César Ferreira. **Information Technology in Urban Places: A theoretical framework for the development of IT applied in the space**. 1. ed. Alemanha: Lambert Academic Publishing, 2010.

STAHLE, Alexander. **Compact sprawl: Exploring public open space and contradictions in urban density**. 2008. Tese de doutorado. - KTH Royal Institute of Technology, Estocolmo, 2008.

STAHLE, Alexander; MARCUS, Lars Hilding; KARLSTROM, Anders. Place Syntax - Geographic Accessibility with Axial Lines in GIS. *Em*: SPACE SYNTAX SYMPOSIUM 2005, Amsterdam. **Anais** [...]. Amsterdam: Techne Press, 2005.

STAVROULAKI, Gianna; MARCUS, Lars; PONT, Meta Berghauser; NILSSON, Leonard Carl Staffan. Representations of street networks in space syntax towards flexible maps and multiple graphs. *Em*: 11TH SPACE SYNTAX SYMPOSIUM 2017, Lisboa. **Anais** [...]. Lisboa p. 174.1-174.16.

STEWART, John Q. Demographic Gravitation: Evidence and Applications. **Sociometry**, *[S. l.]*, v. 11, n. 1/2, p. 31, 1948. DOI: 10.2307/2785468.

STORY, Mary; KAPHINGST, Karen M.; ROBINSON-O'BRIEN, Ramona; GLANZ, Karen. Creating healthy food and eating environments: Policy and environmental approaches. **Annual Review of Public Health**, *[S. l.]*, v. 29, n. February 2008, p. 253–272, 2008. DOI: 10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090926.

STROGATZ, Steven H. **Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering**. 2 ed. ed. Boca Raton: CRC Press, 2018. DOI: 10.1201/9780429492563.

SWINBURN, B. et al. INFORMAS (International Network for Food and Obesity/non-communicable diseases Research, Monitoring and Action Support): Overview and key principles. **Obesity Reviews**, *[S. l.]*, v. 14, n. S1, p. 1–12, 2013. DOI: 10.1111/obr.12087.

SWINBURN, Boyd; EGGER, Garry; RAZA, Fezeela. Dissecting obesogenic environments: The development and application of a framework for identifying and prioritizing environmental interventions for obesity. **Preventive Medicine**, *[S. l.]*, v. 29, n. 6 I, p. 563–570, 1999. DOI: 10.1006/pmed.1999.0585.

TENÓRIO, Gabriela. **Ao desocupado em cima da ponte: Brasília, arquitetura e**

vida pública. 2013. Tese de doutorado - Programa de Pesquisa e Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Brasília, Brasília, 2013.

THOMSON, Robert C. Bending the axial line: Smoothly continuous road centre-line segments as a basis for road network analysis. *Em*: 4TH INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM 2003, Londres. **Anais** [...]. Londres p. 50.1-50.10.

TICLE, Maria Leticia Silva. **O nó entre o espaço e o tempo em Santa Tereza: os bares na paisagem boêmia em um bairro de Belo Horizonte**. 2016. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

TIMMERMANS, Harry. **Pedestrian Behavior: Models, Data Collection and Applications**. Bingley: Emerald Publishing, 2009.

TOWNSHEND, Tim; LAKE, Amelia A. Obesogenic urban form: Theory, policy and practice. **Health & Place**, *[S. l.]*, v. 15, n. 4, p. 909–916, 2009. DOI: 10.1016/j.healthplace.2008.12.002.

TURNER, Alasdair. Depthmap: A Program to Perform Visibility Graph Analysis. *Em*: 3RD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPACE SYNTAX 2001, Atlanta. **Anais** [...]. Atlanta: Georgia Institute of Technology, 2001. p. 30.1-30,11.

TURNER, Alasdair. **Depthmap 4: A Researcher's Handbook**. Londres: Bartlett School of Graduate Studies, 2004.

TURNER, Alasdair. Could A Road-centre Line Be An Axial Line In Disguise? *Em*: 5TH INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM 2005, Delft. **Anais** [...]. Delft p. 145–159.

TURNER, Alasdair. From Axial to Road-Centre Lines: A New Representation for Space Syntax and a New Model of Route Choice for Transport Network Analysis. **Environment and Planning B: Planning and Design**, *[S. l.]*, v. 34, n. 3, p. 539–555, 2007. DOI: 10.1068/b32067.

TURNER, Christopher; AGGARWAL, Anju; WALLS, Helen; HERFORTH, Anna; DREWNOWSKI, Adam; COATES, Jennifer; KALAMATIANOU, Sofia; KADIYALA, Suneetha. Concepts and critical perspectives for food environment research: A global framework with implications for action in low- and middle-income countries. **Global Food Security**, *[S. l.]*, v. 18, p. 93–101, 2018. DOI: 10.1016/j.gfs.2018.08.003.

TURRELL, G.; BLAKELY, T.; PATTERSON, C.; OLDENBURG, B. A multilevel analysis of socioeconomic (small area) differences in household food purchasing behaviour. **Journal of Epidemiology & Community Health**, *[S. l.]*, v. 58, n. 3, p. 208–215, 2004. DOI: 10.1136/jech.2003.011031.

VANDENBROECK, Philippe; GOOSSENS, Jo; CLEMENS, Marshal. **Tackling Obesities: Future Choices – Building the Obesity System Map.** Reino Unido. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/295154/07-1179-obesity-building. Acesso em: 19 jul. 2022.

VANDEVIJVERE, Stefanie; MACKAY, Sally; D'SOUZA, Erica; SWINBURN, Boyd. The first INFORMAS national food environments and policies survey in New Zealand: A blueprint country profile for measuring progress on creating healthy food environments. **Obesity Reviews**, *[S. l.]*, v. 20, n. S2, p. 141–160, 2019. DOI: 10.1111/obr.12850.

WANG, Lipo; TAN, Guiwen; CAO, Hui. Multi-level scalar structure in complex system analyses. **Fluid Dynamics**, *[S. l.]*, 2019.

WANG, May; KIM, Soowon; GONZALEZ, Alma; MACLEOD, Kara; WINKLEBY, Marilyn. Socioeconomic and food-related physical characteristics of the neighbourhood environment are associated with body mass index. **Journal of Epidemiology & Community Health**, *[S. l.]*, v. 61, n. 6, p. 491–498, 2007. DOI: 10.1136/jech.2006.051680.

WARDLE, J.; PARMENTER, K.; WALLER, J. Nutrition knowledge and food intake. **Appetite**, *[S. l.]*, v. 34, n. 3, p. 269–275, 2000. DOI: 10.1006/appe.1999.0311.

WECHSLER, H.; BASCH, C. E.; ZYBERT, P.; LANTIGUA, R.; SHEA, S. The availability of low-fat milk in an inner-city Latino community: implications for nutrition education. **American Journal of Public Health**, *[S. l.]*, v. 85, n. 12, p. 1690–1692, 1995. DOI: 10.2105/AJPH.85.12.1690.

WILSON, A. G. A statistical theory of spatial distribution models. **Transportation Research**, *[S. l.]*, v. 1, n. 3, p. 253–269, 1967. DOI: 10.1016/0041-1647(67)90035-4.

APÊNDICE A – CONSTRUÇÃO DO GRÁFICO COM AS CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO GAUSSIANA NORMALIZADAS

A construção das curvas de distribuição gaussiana normalizada para as medidas de obesogenicidade (IO1, IO2 e IO3) e para a medida de gravidade, foi realizada com base em dados simulados que representam a distribuição espacial desses índices no bairro Santa Tereza. As medidas foram organizadas em intervalos específicos, e seus valores médios foram utilizados para calcular as curvas gaussianas.

Construção do Gráfico com as Medidas IO1, IO2 e IO3

A construção das curvas de distribuição gaussiana normalizada para as medidas de obesogenicidade IO1, IO2 e IO3 foi realizada utilizando os seguintes passos:

1. Simulação e Organização dos Dados: Dados simulados foram criados para representar os intervalos e valores médios das medidas IO1, IO2 e IO3. Esses dados foram organizados em *DataFrames* para facilitar a manipulação e análise.
2. Cálculo das Curvas Gaussianas: As curvas gaussianas normalizadas foram calculadas utilizando a função *norm.pdf* da biblioteca *scipy.stats*, que gera a densidade de probabilidade para uma distribuição normal. Cada conjunto de dados foi normalizado para permitir uma comparação direta entre as medidas.
3. Plotagem das Curvas: As curvas foram então plotadas utilizando a biblioteca *matplotlib*, com cores distintas para cada medida (azul para IO1, amarelo para IO2 e vermelho para IO3).

O código a seguir (Quadro 20) foi utilizado para a construção do gráfico:

Quadro 20 – Apêndice A: Código Python para construção do gráfico de distribuição normal com as medidas IO1, IO2 e IO3.

```
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
import numpy as np
from scipy.stats import norm

# Dados simulados para as medidas IO1, IO2, IO3
io1_data = {
   'Intervalos': ["0,0029 - 0,0070", "0,0071 - 0,013", "0,014 - 0,017", "0,018 - 0,020", "0,021 - 0,023",
                  "0,024 - 0,026", "0,027 - 0,029", "0,030 - 0,036", "0,037 - 0,059", "0,060 - 0,19"],
   'Medidas': [0.005, 0.010, 0.0155, 0.019, 0.022, 0.025, 0.028, 0.033, 0.048, 0.125]
}

io2_data = {
   'Intervalos': ["0,0029 - 0,0070", "0,0071 - 0,013", "0,014 - 0,017", "0,018 - 0,020", "0,021 - 0,023",
                  "0,024 - 0,026", "0,027 - 0,029", "0,030 - 0,036", "0,037 - 0,059", "0,060 - 0,19"],
   'Medidas': [0.0045, 0.0095, 0.0145, 0.0195, 0.0215, 0.0255, 0.0285, 0.0335, 0.046, 0.128]
}

io3_data = {
   'Intervalos': ["0 - 0,005", "0,006 - 0,011", "0,012 - 0,017", "0,018 - 0,026", "0,027 - 0,035",
                  "0,036 - 0,045", "0,046 - 0,06", "0,061 - 0,08", "0,081 - 0,117", "0,118 - 0,196"],
   'Medidas': [0.0025, 0.0085, 0.0145, 0.022, 0.031, 0.0405, 0.053, 0.0705, 0.099, 0.157]
}

# Convertendo para DataFrames
df_io1 = pd.DataFrame(io1_data)
df_io2 = pd.DataFrame(io2_data)
df_io3 = pd.DataFrame(io3_data)

# Gerando valores x para a curva gaussiana normalizada
x = np.linspace(-3, 3, 1000)

# Criando curvas gaussianas normalizadas
gaussian_io1 = norm.pdf(x, loc=0, scale=1) * max(df_io1['Medidas']) / max(norm.pdf(x, loc=0,
scale=1))
gaussian_io2 = norm.pdf(x, loc=0, scale=1) * max(df_io2['Medidas']) / max(norm.pdf(x, loc=0,
scale=1))
gaussian_io3 = norm.pdf(x, loc=0, scale=1) * max(df_io3['Medidas']) / max(norm.pdf(x, loc=0,
scale=1))

# Plotando as curvas gaussianas normalizadas
plt.figure(figsize=(10, 6))

plt.plot(x, gaussian_io1, label='IO1 - Cenário Simplista', color='blue')
plt.plot(x, gaussian_io2, label='IO2 - Cenário Ponderado', color='yellow')
plt.plot(x, gaussian_io3, label='IO3 - Cenário Alcance Incorporado', color='red')

plt.title('Curvas de Distribuição Gaussiana Normalizada das Medidas IO1, IO2 e IO3')
plt.xlabel('Valores Normalizados')
plt.ylabel('Densidade de Probabilidade')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.tight_layout()

# Exibir gráfico
plt.show()
```

Fonte: O autor, 2024.

Construção do Gráfico com as Medidas IO1, IO2, IO3 e Gravidade

Para incluir a Medida de Gravidade e realizar uma comparação mais completa, foi necessário adicionar mais um conjunto de dados ao gráfico. O processo de construção seguiu os mesmos passos, mas com a adição da Medida de Gravidade, que também foi normalizada junto com as outras medidas.

1. Simulação e Organização dos Dados: Além dos dados de IO1, IO2 e IO3, os valores da medida de gravidade foram organizados em um *DataFrame* adicional.
2. Normalização Conjunta: Todos os conjuntos de dados (IO1, IO2, IO3 e gravidade) foram concatenados em um único *DataFrame* para calcular a média e o desvio padrão geral. Em seguida, cada conjunto de dados foi normalizado utilizando esses parâmetros, garantindo que todas as medidas fossem comparáveis em uma escala comum.
3. Plotagem das Curvas: As curvas gaussianas normalizadas foram plotadas, utilizando a biblioteca *matplotlib*, com cores distintas para cada medida (azul para IO1, amarelo para IO2, vermelho para IO3 e verde para gravidade).

O código a seguir (Quadro 21) foi utilizado para a construção do gráfico:

Quadro 21 – Apêndice A: Código Python para construção do gráfico de distribuição normal com as medidas IO1, IO2, IO3 e gravidade.


```
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
import numpy as np
from scipy.stats import norm

# Dados simulados para as medidas IO1, IO2, IO3
io1_data = {
   'Intervalos': ["0,0029 - 0,0070", "0,0071 - 0,013", "0,014 - 0,017", "0,018 - 0,020", "0,021 - 0,023",
"0,024 - 0,026", "0,027 - 0,029", "0,030 - 0,036", "0,037 - 0,059", "0,060 - 0,19"],
   'Medidas': [0.005, 0.010, 0.0155, 0.019, 0.022, 0.025, 0.028, 0.033, 0.048, 0.125]
}

io2_data = {
   'Intervalos': ["0,0029 - 0,0070", "0,0071 - 0,013", "0,014 - 0,017", "0,018 - 0,020", "0,021 - 0,023",
"0,024 - 0,026", "0,027 - 0,029", "0,030 - 0,036", "0,037 - 0,059", "0,060 - 0,19"],
   'Medidas': [0.0045, 0.0095, 0.0145, 0.0195, 0.0215, 0.0255, 0.0285, 0.0335, 0.046, 0.128]
}

io3_data = {
   'Intervalos': ["0 - 0,005", "0,006 - 0,011", "0,012 - 0,017", "0,018 - 0,026", "0,027 - 0,035", "0,036 -
0,045", "0,046 - 0,06", "0,061 - 0,08", "0,081 - 0,117", "0,118 - 0,196"],
   'Medidas': [0.0025, 0.0085, 0.0145, 0.022, 0.031, 0.0405, 0.053, 0.0705, 0.099, 0.157]
}

# Dados simulados para a Medida de Gravidade
gravidade_data = {
   'Intervalos': ["0,000000 - 1,824365", "1,824366 - 4,372193", "4,372194 - 8,700763", "8,700764 -
17,602568", "17,602569 - 58,694008"],
   'Medidas': [0.912, 3.098, 6.536, 13.151, 38.148]
}

# Convertendo para DataFrames
df_io1 = pd.DataFrame(io1_data)
df_io2 = pd.DataFrame(io2_data)
df_io3 = pd.DataFrame(io3_data)
df_gravidade = pd.DataFrame(gravidade_data)

# Normalizing the data for better comparison across IO1, IO2, IO3, and Gravidade

# Concatenating all data into a single DataFrame
all_data = pd.concat([df_io1['Medidas'], df_io2['Medidas'], df_io3['Medidas'],
df_gravidade['Medidas']])

# Calculating the overall mean and standard deviation
mean_all = all_data.mean()
std_all = all_data.std()

# Normalizing each dataset
df_io1['Medidas_Norm'] = (df_io1['Medidas'] - mean_all) / std_all
df_io2['Medidas_Norm'] = (df_io2['Medidas'] - mean_all) / std_all
df_io3['Medidas_Norm'] = (df_io3['Medidas'] - mean_all) / std_all
df_gravidade['Medidas_Norm'] = (df_gravidade['Medidas'] - mean_all) / std_all
```

Quadro 21 – Apêndice A: Código Python para construção do gráfico de distribuição normal com as medidas IO1, IO2, IO3 e gravidade.

2 de 2.

```
# Gerando valores x para a curva gaussiana normalizada
x = np.linspace(-3, 3, 1000)

# Creating normalized Gaussian curves
gaussian_io1_norm = norm.pdf(x, loc=0, scale=1) * max(df_io1['Medidas_Norm']) / max(norm.pdf(x, loc=0, scale=1))
gaussian_io2_norm = norm.pdf(x, loc=0, scale=1) * max(df_io2['Medidas_Norm']) / max(norm.pdf(x, loc=0, scale=1))
gaussian_io3_norm = norm.pdf(x, loc=0, scale=1) * max(df_io3['Medidas_Norm']) / max(norm.pdf(x, loc=0, scale=1))
gaussian_gravidade_norm = norm.pdf(x, loc=0, scale=1) * max(df_gravidade['Medidas_Norm']) / max(norm.pdf(x, loc=0, scale=1))

# Plotting the normalized Gaussian curves
plt.figure(figsize=(10, 6))

plt.plot(x, gaussian_io1_norm, label='IO1 - Cenário Simplista', color='blue')
plt.plot(x, gaussian_io2_norm, label='IO2 - Cenário Ponderado', color='yellow')
plt.plot(x, gaussian_io3_norm, label='IO3 - Cenário Alcance Incorporado', color='red')
plt.plot(x, gaussian_gravidade_norm, label='Medida de Gravidade', color='green')

plt.title('Curvas de Distribuição Gaussiana Normalizada (Comparação Normalizada)')
plt.xlabel('Valores Normalizados')
plt.ylabel('Densidade de Probabilidade')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.tight_layout()

# Exibir gráfico
plt.show()
```

Fonte: O autor, 2024.