

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Arquitetura e Urbanismo (EA-UFG)
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (NPGAU)

Caio Augusto Rabite de Almeida

HABITABILIDADE DO ESPAÇO:
Uma Ferramenta Para Índices de Planejamento Urbano

Belo Horizonte

2023

Caio Augusto Rabite de Almeida

HABITABILIDADE DO ESPAÇO:
Uma Ferramenta Para Índices de Planejamento Urbano

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Renato César Ferreira de Sousa

Belo Horizonte

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

A447h

Almeida, Caio Augusto Rabite.

Habitabilidade do espaço [manuscrito] : Uma ferramenta para índices de planejamento urbano / Caio Augusto Rabite de Almeida. - 2023.

229f. : il.

Orientador: Renato César Ferreira de Souza.

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

1. Habitação - Teses. 2. Arquitetura e sociedade - Teses. 3. Análise espacial (Estatística) - Teses. 4. Arquitetura e tecnologia - Teses. 5. Espaços métricos – Teses. 6. Planejamento urbano - Teses. I. Souza, Renato César Ferreira. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 711.40981511



FOLHA DE APROVAÇÃO

Habitabilidade do Espaço: Uma Ferramenta para Índices de Planejamento Urbano

CAIO AUGUSTO RABITE DE ALMEIDA

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 8 de novembro de 2023, pela Comissão constituída pelos membros:

Renato Cesar Ferreira
de Souza:60984279687
Prof. Dr. Renato César Ferreira de Souza - Orientador
EA-UFMG

Digitally signed by Renato Cesar
Ferreira de Souza:60984279687
Date: 2023.11.08 12:51:08 -03'00'

Profa. Dra. Maria Lucia Malard
EA-UFMG

Documento assinado digitalmente
gov.br MARIA LUCIA MALARD
Data: 22/11/2023 08:54:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Mateus de Sousa Van Stralen
EA-UFMG

MATEUS DE SOUSA
VAN
STRALEN:04846099636
2023.11.20 21:17:02
-03'00'

Prof. Dr. José Gustavo Francis Abdalla
UFJF

Documento assinado digitalmente
gov.br JOSE GUSTAVO FRANCIS ABDALLA
Data: 15/11/2023 15:28:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Klaus Chaves Alberto
UFJF

Documento assinado digitalmente
gov.br KLAUS CHAVES ALBERTO
Data: 20/11/2023 07:51:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Belo Horizonte, 8 de novembro de 2023.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho e os meus mais amorosos agradecimentos à minha família, que esteve presente em cada etapa desta longa jornada acadêmica.

A meu pai **Marcus**, minha mãe **Rita e irmãs Camila e Clara**, agradeço por todo o amor, incentivo e apoio incondicional que me deram ao longo de todos estes anos. Sem a paciência e compreensão de vocês, eu não teria superado os muitos momentos difíceis e ter alcançado esta conquista tão sonhada. Vocês são a minha base sólida e me proporcionaram a oportunidade de seguir meus sonhos e me tornar quem eu almejo ser.

A **Amanda**, que foi minha companheira por tanto tempo, e que esteve em meu lado em todos os momentos. Obrigado por ter sido meu grande amor até este dia. Nunca esquecerei o que você fez por mim, responsável pelo primeiro passo para que este trabalho se tornasse possível. Espero que seu caminho tenha muita luz.

A minha tia **Marthya** e ao meu tio **Camilo** por terem me recebido tão bem em sua casa, tendo me tratado com um filho com todo o carinho e apoio no tempo que estive em Belo Horizonte.

Agradeço a meu amigo e orientador, **Renato César** cuja sabedoria e paciência durante todo o processo, e por sempre acreditar em mim foram essenciais. Suas contribuições para o meu desenvolvimento pessoal e profissional serão sempre lembradas com gratidão e admiração.

Ao também amigo e professor **José Gustavo**, obrigado por me ouvir, aconselhar e ter compartilhado comigo todo conhecimento e experiência. Grato por ter visto em mim um potencial em momentos que duvidei de mim mesmo.

Um obrigado também ao meu amigo **Lucas**, pela ajuda fundamental nas partes críticas da pesquisa.

Agradeço também ao **NPGAU**, e todos os colegas do programa, bem como à **CAPES** por incentivarem a pesquisa e os recursos dados para a minha formação.

Dedico também a **Deus**, pela saúde, amor e pela graça da vida.

Cada um de vocês tem um lugar especial no meu coração, e a presença de vocês em minha vida são a principal razão de continuar.

“A casa é uma máquina de morar...” (Le Corbusier, 1923).

“Mas eu pensei que todas essas correntes funcionalistas tivessem sido refutadas... Edificações não são máquinas” (Estudante)

“Você se enganou. A edificação não é a máquina. O espaço é a máquina.” Nick Dalton, Cientista da Computação da University College London (1994).

RESUMO

A habitabilidade é um conceito ligado a estudos urbanos que visa aprimorar as condições espaciais, sociais e econômicas dos cidadãos. A habitabilidade pode ser descrita como um termo abrangente que engloba fatores espaciais e socioeconômicos para que um lugar seja compreendido sob diversos aspectos tanto ligados ao ambiente construído quanto a características sociais e culturais. Desta forma, busca-se incorporar os princípios relativos a estes conceitos na identificação, análise e geração de parâmetros no desenvolvimento de uma ferramenta de natureza computacional que atenda a questionamentos voltados a formação de bairros e cidades mais equânimes e planejadas sob estes princípios. A metodologia segue os princípios de uma pesquisa que envolve dados qualitativos e a geração de análises com aspectos quantitativos do espaço, relacionando índices desejáveis para habitabilidade. Como principais contribuições e resultados desta pesquisa, destacam-se a importância das diretrizes de habitabilidade e do emprego de tecnologias que correlacionem dados com proposições teóricas para diretrizes de planejamento urbano.

Palavras-chave: habitabilidade; urbanismo; análise espacial; planejamento urbano; ferramentas computacionais

ABSTRACT

Livability is a concept related to urban studies that aims to enhance the spatial, social, and economic conditions of citizens. Habitability can be described as a comprehensive term that encompasses spatial and socioeconomic factors for a place to be understood from various aspects, both related to the built environment and social and cultural characteristics. In this way, the aim is to incorporate the principles related to these concepts in the identification, analysis, and generation of parameters in the development of a computational tool that addresses inquiries focused on the formation of more equitable and planned neighborhoods and cities under these principles. The methodology follows the principles of research involving qualitative data and the generation of analyses with quantitative aspects of space, relating to desirable indices for habitability. The main contributions and results of this research highlight the importance of habitability guidelines and the use of technologies that correlate data with theoretical propositions for urban planning guidelines.

Keywords: *livability; urbanism; spatial analysis; urban planning; computational tools.*

LISTA DE FIGURAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Metáfora visual para a caracterização da natureza do lugar..... | 20 |
| Figura 2: Componentes do senso de lugar. | 21 |
| Figura 3: Diagrama dos meta-tempos do espaço e cultura segundo Hall. | 22 |
| Figura 4: Distância e correlação dos espaços proxêmicos segundo Hall..... | 32 |
| Figura 5: Cinco pontos chaves das dimensões proxêmicas para análises espaciais. | 34 |
| Figura 6: Uso de medidas de distância para medir o engajamento de um indivíduo com determinado equipamento/funcionalidade..... | 35 |
| Figura 7: 11 quesitos da OECD para índices de “Vida Melhor”..... | 47 |
| Figura 8: Índices da Relação dos quesitos da OECD para índices de “Vida Melhor” no Brasil. | 48 |
| Figura 9: Plano urbano de Chandigarh de Le Corbusier. | 56 |
| Figura 10: City Anatomy: Adaptado de Guallart et al (2017). | 59 |
| Figura 11: Cibernética 2.0. Cibernética, ciências e tecnologias. | 63 |
| Figura 12: Em sentido horário – Flatwritwer (Friedman), Sintaxe Espacial (Hillier), Linguagem de Padrões (Alexander) e Play Oosterworld (MVRDV). | 64 |
| Figura 13: Sistemas de natureza interdisciplinar..... | 65 |
| Figura 14: Metodologia de design sobre sistemas cibernético-físicos..... | 66 |
| Figura 15: Desenho de um grafo..... | 67 |
| Figura 16: Desenho de um grafo com base nas Sete Pontes de Königsberg. . | 68 |
| Figura 17: Teoria dos grafos e alguns de seus conceitos. | 69 |
| Figura 18: Passos básicos para a construção da uma análise por sintaxe espacial. | 70 |
| Figura 19: Figura Fundo e mapa axial de Barnsbury, Londres..... | 73 |
| Figura 20: Mapa axial de Belo Horizonte. | 74 |
| Figura 21: Grafo de uma residência indicando a relação entre cômodos e seus acessos. | 74 |
| Figura 22: Figura Fundo e mapa axial de Barnsbury, Londres..... | 75 |
| Figura 23: Mapa de padrões de integração da cidade de Londres. | 76 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 24: A esquerda Análise de Padrões de Escolha em escala Global. A direita mapa de padrões de escolha em escala Local. | 77 |
| Figura 25: Modelos obtidos de atividades espaciais. | 77 |
| Figura 26: Interface do software qqGIS Space Syntax..... | 78 |
| Figura 27: Mapa dos pontos de cólera na cidade de Londres por John Snow (1854)..... | 83 |
| Figura 28: Simulações matemáticas feitas em sistemas geográficos. | 87 |
| Figura 29: Interface do Grasshopper e do Rhinoceros..... | 89 |
| Figura 30: Modelo de processo iterativo e suas etapas. | 90 |
| Figura 31. Distribuição dos estudos por escopo e principal tipo de índice adotado. | 94 |
| Figura 32: Mapa de fluxos de Intensidade de caminhada baseada em localidades com atividades criativas nas cidades de Sydney e Melbourne, Austrália..... | 97 |
| Figura 33: Diagrama de conjuntos das misturas socioeconômicas, funcionais e morfológicas analisadas..... | 98 |
| Figura 34: Mapa de fluxos de Intensidade de caminhada por “indústria” criativa em cidades australianas..... | 98 |
| Figura 35: Sequência de etapas do experimento referente ao ensaio preliminar com a ferramenta CityMetrics..... | 102 |
| Figura 36: Sumário de todas os indicadores de performance obtidos pelo uso da ferramenta Context Decoder. | 103 |
| Figura 37: Interface da ferramenta Context Decoder feita no software Rhinoceros e Grasshopper..... | 105 |
| Figura 38: Índices mapeados por nível de disseminação de área em Vancouver, Canadá..... | 106 |
| Figura 39: Importância e métodos dos índices utilizados para as análises.... | 107 |
| Figura 40: Áreas Urbanas da Cidade de Juiz de Fora/MG..... | 114 |
| Figura 41: Regiões administrativas de Juiz de Fora..... | 115 |
| Figura 42: população e área bruta das regiões administrativas de Juiz de Fora. | 116 |
| Figura 43: fórmula de normalização dos dados..... | 117 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 44: interface da biblioteca para Python BeautifulSoup para “raspagem dos dados” | 118 |
| Figura 45: Tabela com a distribuição dos dados e geração dos índices de habitabilidade dos bairros de Juiz de Fora. | 118 |
| Figura 46: Representação do processo de design com uso de programação. | 130 |
| Figura 47: representação de uma pirâmide com a escala das etapas e das características de cada uma..... | 131 |
| Figura 48: Metodologia adotada para as análises quantitativas do espaço e dos processos feitos no uso das ferramentas..... | 132 |
| Figura 49: Representação básica de redes em UNA. Esquerda: Quarteirões em Harvard, MA. Direita: Representação do mesmo conjunto com destaque nas unidades em UNA. | 135 |
| Figura 50: Exemplo da simulação de Alcance gerada pela Ferramenta UNA Toolbox gerada no software Rhinoceros..... | 136 |
| Figura 51: Interface do Rhinoceros com o plugin UNA Toolbox..... | 137 |
| Figura 52: Descrição das métricas utilizadas pelo plugin UNA Toolbox..... | 138 |
| Figura 53: de cima para baixo - Network da malha viária da cidade de Juiz de Fora, distribuição de edificações (pontos de origem) e por fim colocação de pontos de destino e de seus respectivos pesos..... | 141 |
| Figura 54: Análise de Alcance e Gravidade utilizando da ferramenta UNA na cidade de Juiz de Fora nos parâmetros utilizados. | 143 |
| Figura 55: Parte Inicial do código responsável por alinhar o CAD da cidade de Juiz de Fora com as exportações do OSM..... | 146 |
| Figura 56: Parte do código para alinhamento da rede viária com o CAD e pontos geométricos..... | 147 |
| Figura 57: Parte do código para alinhar os pontos obtido com OSM e as geometrias do CAD. | 147 |
| Figura 58: Parte do código para download das informações do OpenStreetMap. | 147 |
| Figura 59: Passos metodológicos adotados..... | 148 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 60: Definição responsável pela análise das métricas de mix de usos para habitabilidade. | 148 |
| Figura 61: Cluster no Grasshopper para quantificação de espaços em lotes e resultados em área total. | 149 |
| Figura 62: Cluster do código responsável por mensurar a porcentagem de mistura de usos numericamente das geometrias do bairro. | 149 |
| Figura 63: Cluster do código responsável por mensurar a porcentagem de mistura de usos por área ocupada por cada atividade no bairro analisado. .. | 149 |
| Figura 64: Mapa de tipo de mix de usos no bairro Granbery. | 150 |
| Figura 65: Mapa de tipo de mix de usos no bairro Santa Luzia. | 152 |
| Figura 66: Mapa de tipo de mix de usos no bairro Ypiranga. | 154 |
| Figura 67: Um gráfico planar e sua árvore geradora mínima. Cada aresta é categorizada com seu peso, que neste caso é aproximadamente proporcional ao seu comprimento. | 158 |
| Figura 68: Componentes do Grasshopper para a análise da densidade de rede e do algoritmo de Kruskal. | 160 |
| Figura 69: Análise de Densidade de Rede do bairro Granbery por distribuição de serviços e pontos comerciais. | 160 |
| Figura 70: Análise de Densidade de Rede do bairro Santa Luzia por distribuição de serviços e pontos comerciais. | 161 |
| Figura 71: Análise de Densidade de Rede do bairro Ypiranga por distribuição de serviços e pontos comerciais. | 162 |
| Figura 72: Análise de Densidade de Rede do bairro Granbery de localidades institucionais, recreativas e espaços públicos. | 163 |
| Figura 73: Análise de Densidade de Rede do bairro Santa Luzia de localidades institucionais, recreativas e espaços públicos. | 163 |
| Figura 74: Análise de Densidade de Rede do bairro Ypiranga de localidades institucionais, recreativas e espaços públicos. | 164 |
| Figura 75: Análise de Densidade de Rede do bairro Ypiranga de distribuição de pontos de transporte público. | 165 |
| Figura 76: Quatro morfologias espaciais: densidade informal, suburbana, urbano e de alto gabarito/arranha céus. | 167 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 77: Componente para cálculo da área construída..... | 170 |
| Figura 78: Visualização da geometria por densidade e gabarito na interface Rhino e Grasshopper. | 171 |
| Figura 79: Código geral para a análise dos índices de Aproveitamento do terreno/densidade. | 171 |
| Figura 80: Painel com o índice de Densidade obtido através das relações entre área edificada e terreno de todas as edificações. | 172 |
| Figura 81: Painel com a porcentagem da relação das áreas somadas por área edificada. | 173 |
| Figura 82: Mapa de gabarito do bairro Santa Luzia e aproveitamento de terreno obtido com a ferramenta. | 173 |
| Figura 83: Mapa de gabarito do bairro Ypiranga e aproveitamento de terreno obtido com a ferramenta. | 174 |
| Figura 84: Mapa de gabarito do bairro Granbery e aproveitamento de terreno obtido com a ferramenta. | 174 |
| Figura 85: Preparação das geometrias para análise..... | 177 |
| Figura 86: Componentes, inputs e outputs para a geração de uma análise de Linearidade..... | 178 |
| Figura 87: Betweenness/Intermediação do bairro Granbery. | 179 |
| Figura 88: Betweenness/Intermediação do bairro Santa Luzia. | 179 |
| Figura 89: Betweenness/Intermediação do bairro Ypiranga..... | 180 |
| Figura 90: Closeness/Proximidade do bairro Granbery. | 181 |
| Figura 91: Closeness/Proximidade do bairro Santa Luzia. | 182 |
| Figura 92: Closeness/Proximidade do bairro Ypiranga..... | 183 |
| Figura 93: Straightness/Retidão do bairro Granbery. | 184 |
| Figura 94: Straightness/Retidão do bairro Santa Luzia. | 184 |
| Figura 95: Straightness/Retidão do bairro Ypiranga..... | 185 |
| Figura 96: Degree/Grau do bairro Granbery..... | 186 |
| Figura 97: Degree/Grau do bairro Santa Luzia..... | 186 |
| Figura 98: Degree/Grau do bairro Ypiranga. | 187 |
| Figura 99: Alcance/Reach do bairro Granbery. | 188 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 100: Alcance/Reach do bairro Santa Luzia. Fonte: Elaboração Própria. | 188 |
| Figura 101: Alcance/Reach do bairro Ypiranga..... | 189 |
| Figura 102: Gravidade/Gravity do bairro Granbery. | 189 |
| Figura 103: Gravidade/Gravity do bairro Santa Luzia. | 190 |
| Figura 104: Gravidade/Gravity do bairro Ypiranga. | 190 |
| Figura 105: Componente do Grasshopper para geração das análises de sintaxe espacial através da utilização complementar do plugin UrbanXTools..... | 193 |
| Figura 106: Análise sintática de Escolha Angular dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga. | 195 |
| Figura 107: Análise sintática da profundidade métrica total. | 196 |
| Figura 108: Análise sintática de integração angular normalizada dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga. | 198 |
| Figura 109: Análise sintática de Integração Métrica dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga. | 201 |
| Figura 110: Análise sintática de Escolha Métrica dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga. | 203 |
| Figura 111: Análise sintática de Profundidade Média Métrica dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga. | 205 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1: Índices da Relação dos quesitos considerados em cidades norte-americanas. | 50 |
| Tabela 2: Índices da Relação dos quesitos considerados em cidades norte-americanas. | 51 |
| Tabela 3: Valores usados para análise da ferramenta..... | 104 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 1: Número de artigos encontrados no intervalo de 4 em 4 anos em língua portuguesa nos repositórios Google Scholar, Scopus e Scielo, contendo as palavras chaves: habitabilidade, urbanismo e índices. | 93 |
| Gráfico 2: Modelos de avaliação adotados pelos artigos sobre habitabilidade no intervalo de 2000 a 2019. | 95 |
| Gráfico 3: índices Socioeconômicos para Habitabilidade. | 120 |
| Gráfico 4: índices Sócio-espaciais para Habitabilidade. | 121 |
| Gráfico 5: índices de Infra-Estrutura para Habitabilidade..... | 122 |
| Gráfico 6: índices Sócio-espaciais para Habitabilidade. | 123 |
| Gráfico 7: índices Sociais para Habitabilidade. | 124 |
| Gráfico 8: índices para Habitabilidade das Zonas da Cidade de Juiz de Fora. ... | 125 |
| Gráfico 9: índices para Habitabilidade dos bairros analisados Granbery, Santa Luzia e Ypiranga e comparativo com a média da cidade. | 126 |
| Gráfico 10: Gráfico de barras para Mix de Usos em Piso Pedestre do bairro Granbery por total numérico de espaços geométricos. | 151 |
| Gráfico 11: Gráfico em pizza para Mix de Usos por área total ocupada no bairro Granbery..... | 151 |
| Gráfico 12: Gráfico de barras para Mix de Usos em Piso Pedestre do bairro Santa Luzia por total numérico de espaços geométricos. | 152 |
| Gráfico 13: Gráfico em pizza para Mix de Usos por área total ocupada no bairro Santa Luzia. | 153 |
| Gráfico 14: Gráfico em pizza para Mix de Usos por área total ocupada no bairro Ypiranga. | 155 |
| Gráfico 15: Gráfico comparativo entre quantitativo numérico de localidades por uso dos bairros Granbery, Ypiranga e Santa Luzia. | 155 |
| Gráfico 16: Gráfico comparativo entre porcentagem de área ocupada relativa de localidade por uso nos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga. | 156 |
| Gráfico 17: Gráfico com a Média e Amplitude obtida na análise de Profundidade Métrica Total dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga. | 197 |
| Gráfico 18: Média e Amplitude obtida na análise de Integração Angular Normalizada dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga. | 199 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 19: Média e Amplitude obtida na análise de Integração Métrica dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga. | 202 |
| Gráfico 20: Média e Amplitude obtida na análise de Escolha Métrica dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga. | 204 |
| Gráfico 21: Média e Amplitude obtida na análise de Média de Profundidade dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga..... | 205 |

SUMÁRIO

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1. INTRODUÇÃO | 19 |
| 1.1 Enquadramento..... | 23 |
| 1.2 Objetivos | 23 |
| 1.3 Objetivo geral | 24 |
| 1.4 Objetivos específicos | 24 |
| 1.5 Organização desta tese..... | 25 |
| 1.6 Procedimentos metodológicos | 25 |
| 2. PROXÊMICAS | 27 |
| 2.1 Proxêmica e o espaço pessoal..... | 29 |
| 2.2 Proxêmicas e suas dimensões..... | 31 |
| 3. URBANIDADE | 37 |
| 4. LIVEABILITY/HABITABILIDADE | 43 |
| 4.1. CLASSIFICANDO A HABITABILIDADE SOB DIVERSOS CRITÉRIOS . | 47 |
| 4.2 REFLEXÕES SOBRE A HABITABILIDADE | 52 |
| 5. CIDADES, COMPLEXIDADE E SISTEMAS | 54 |
| 6. CIBERNÉTICA E PLANEJAMENTO URBANO | 60 |
| 7. TEORIA DOS GRAFOS E SINTAXE ESPACIAL | 67 |
| 8. NOVAS FERRAMENTAS E A TECNOLOGIA | 81 |
| 8.1 URBANISMO “PARAMÉTRICO” | 86 |
| 9. MEDINDO FATORES DE HABITABILIDADE – OBJETOS DE ESTUDOS | 92 |
| 9.1 <i>Mapping urbanities</i> – multiplicidade criativa e intensidade de interconexões de Wood e Dovey (2018) | 96 |
| 9.2 <i>City metrics</i> – Lima (2017)..... | 99 |
| 9.3 Context decoder – Marsillo et al (2022)..... | 102 |
| 9.4 Urban form and liveability – Martino et al (2021) | 105 |
| 10. METODOLOGIA | 108 |
| 10.1 Abordagem qualitativa da habitabilidade..... | 113 |
| 10.2 Métricas e análises quantitativa da habitabilidade | 128 |
| 10.3 Análise global da cidade..... | 133 |
| 10.4 Análise urbana da malha total | 139 |
| 10.5 Habitabilidade – mix de usos..... | 144 |

| | |
|---------------------------------------------------|------------|
| 10.6 Densidade de rede e proximidade física | 157 |
| 10.7 Densidade/compacidade urbana..... | 166 |
| 10.8 Análises de rede locais..... | 175 |
| 10.9 Análises de rede sintáticas..... | 191 |
| 10.10.1 Escolha angular..... | 194 |
| 10.10.2 Profundidade métrica total..... | 196 |
| 10.10.3 Integração angular normalizada | 197 |
| 10.10.4 Integração métrica..... | 199 |
| 10.10.5 Escolha métrica..... | 202 |
| 10.10.6 Profundidade média métrica..... | 204 |
| 10.10.7 Conclusão da seção | 207 |
| 11. RESULTADOS..... | 209 |
| 12. DISCUSSÃO | 211 |
| 13. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 213 |
| REFERÊNCIAS..... | 215 |

1. INTRODUÇÃO

A habitabilidade é uma questão complexa na saúde ambiental, e ainda não há um método completo ou amplamente aceito para sua avaliação, nem consenso universal sobre seus indicadores efetivos. Nesta tese, investiga-se os índices para avaliar a habitabilidade urbana e os principais fatores que têm sido utilizados para a proposição de uma metodologia que quantifique, analise e simule comportamentos espaciais de determinada localidade com auxílio de dados geográficos, sociais, espaciais, por meio ferramentas de modelagem paramétrica e de análises de dados qualitativos.

O termo habitabilidade tem sido usado como uma abordagem política por aqueles envolvidos na governança urbana (Li e Yao 2018). A habitabilidade é um paradigma holístico de desenvolvimento humano e bem-estar da comunidade, que se baseia no aumento das dimensões físico-ambientais e culturais gêmeas das cidades e suas regiões associadas (Balsas, 2004; Wyatt, 2009; Jomehpour, 2015). Habitabilidade significa a capacidade de habitar em determinados espaços físicos, tendo como pré-requisito a preparação adequada nas dimensões cultural e ambiental (Tilaki et al., 2014; Onnom et al., 2018; Yassin, 2019). Portanto, é evidente que as dimensões das abordagens de habitabilidade incluem muitas características complexas, padrões e formas urbanas (Farber et al. 2016).

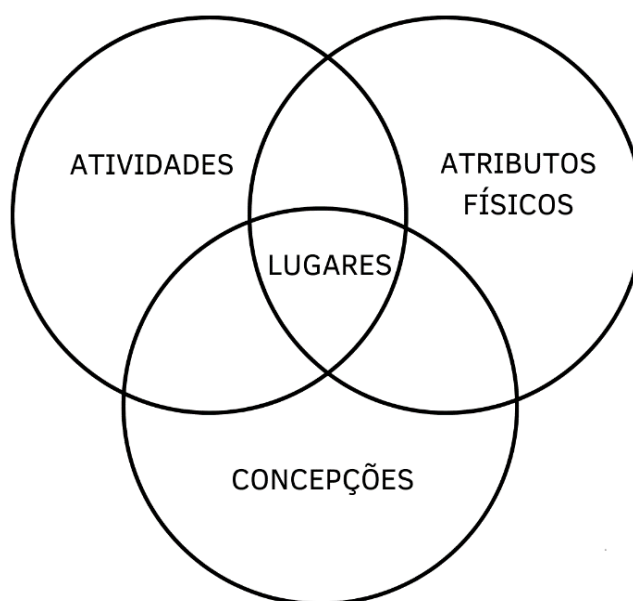
As maiores preocupações concernentes a ideia de habitabilidade, estão relacionadas a questões como sustentabilidade, equidade socioeconômica e espaciais, diminuição dos impactos e das operações urbanas e contribuir para o planejamento como um todo. A habitabilidade se ancora em outras pesquisas e teorias formuladas do espaço.

Ao longo dos anos, vários teóricos e urbanistas tentaram dividir ou classificar em como se constitui a qualidade urbana ou senso de lugar. Da ênfase a fisicalidade do espaço – ornamentação, qualidade e escala das edificações, espaços abertos, marcos e pontos nodais e outros elementos, esta visão é considerada como uma corrente racional no design urbano (Montgomery, 1998). Outras visões, partem de princípios da psicologia do espaço, atrelada à noção

de mapas mentais, percursos e padrões observáveis, fazendo sempre que possível uma correlação com os sentidos.

Desde então, uma combinação das abordagens começou a ser articulada para ligar as dimensões sociais, psicológicas, culturais com a forma arquitetônica do espaço, promovendo assim, em teoria uma qualidade urbana mais abrangente, como proposto por Canter (1977).

Figura 1: Metáfora visual para a caracterização da natureza do lugar.



Fonte: Adaptado de Canter (1977).

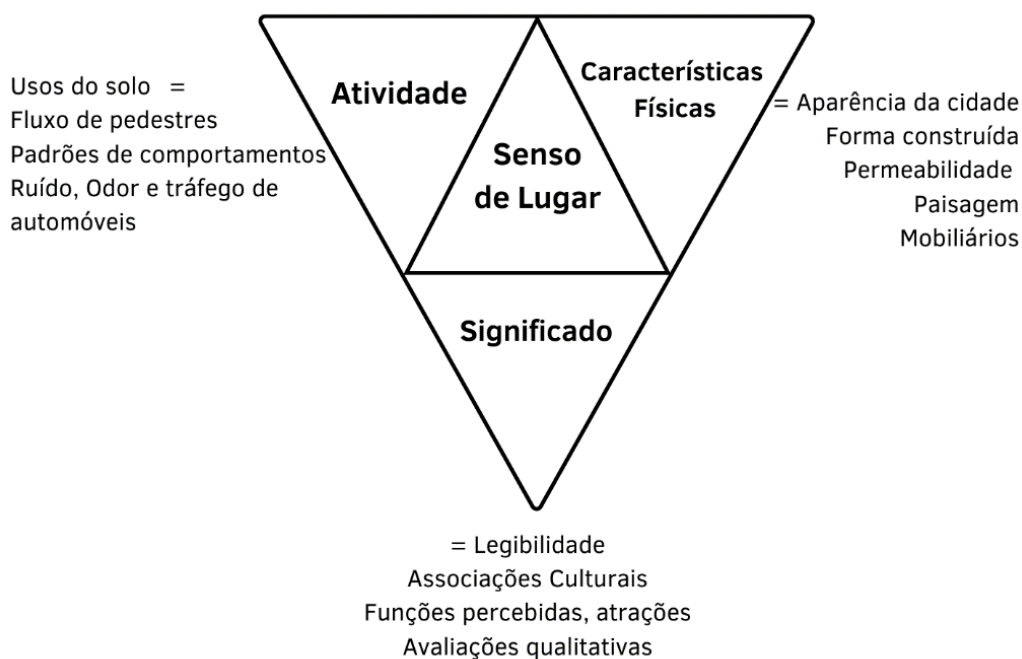
Poucos teóricos conseguiram conciliar essa divisão, e a maioria permanece predominantemente sob um determinismo físico ou por tentativa de mapeamentos mentais subjetivos.

Reconhecida inicialmente, como uma das pioneiras a levantar este debate, Jane Jacobs (1961) explorou a qualidade urbana a partir da premissa de que a atividade tanto produz quanto reflete a qualidade no ambiente construído. Ela identifica quatro determinantes essenciais que governam ou estabelecem as condições para a atividade: uma mistura de usos primários, intensidade, permeabilidade da forma urbana e uma mistura de tipos de edifícios, idades, tamanhos e condições. Jacobs e outros, como Gehl (1989) e Cook (1980), argumentam que os lugares urbanos bem-sucedidos são baseados

principalmente na vida nas ruas e nas várias formas como a atividade ocorre nos prédios e espaços.

Essa apreciação levou Peter Buchanan (1988, p. 33) a comentar que: O design urbano é essencialmente sobre a criação de lugares, onde os lugares não são apenas um espaço específico, mas todas as atividades e eventos que o tornaram possível. Assim, agora podemos ver que os lugares urbanos bem-sucedidos devem combinar qualidade em três elementos essenciais: espaço físico, experiência sensorial e atividade. Teóricos como Relph (1976), Canter (1977) e outros (e mais recentemente reinterpretados por Punter (1991)) mostram os componentes de um senso de lugar e a relação (em termos abstratos) entre eles.

Figura 2: Componentes do senso de lugar.

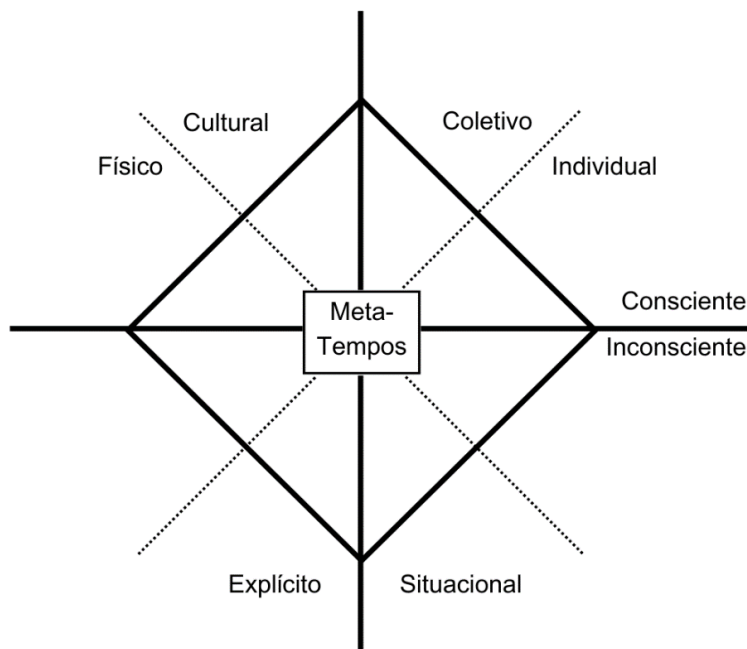


Fonte: adaptado de Punter (1966).

A partir daí outras correntes teóricas foram sendo desenvolvidas com o entendimento de que o espaço carrega atributos de subjetividade, inerentes a cultura, ao indivíduo e que necessitam de uma observação criteriosa. Grande parte destas contribuições advindas das ciências sociais, como a da proxêmica,

em que considerava a cultura e o tempo como elementos significativos ao se compreender a apropriação e pertencimento de um ambiente.

Figura 3: Diagrama dos meta-tempos do espaço e cultura segundo Hall.



Fonte: Adaptado de Hall (1966).

Pacione (1990) enfatiza a interconexão entre o comportamento humano, a percepção do ambiente e as ações no espaço construído como fatores cruciais na compreensão da habitabilidade (pp. 1–2). De maneira similar, Southworth (2003) destaca a importância da experiência sensorial e emocional do ambiente construído ao abordar o conceito de habitabilidade (p. 344). Da mesma forma, Van Kamp et al. (2003) sublinham a relevância da relação entre o ambiente e a comunidade na discussão da habitabilidade. Em contraste, a consideração da dimensão econômica implica uma compreensão abrangente da qualidade de vida (p. 11).

Conforme indicado por Kashef (2016, p. 240), o termo habitabilidade é polissêmico e é empregado de diversas formas por diferentes disciplinas. Em uma interpretação ampla, a habitabilidade engloba condições socioeconômicas, ambientais e políticas, como segurança no emprego, acesso a cuidados de saúde, padrões educacionais, oportunidades de lazer, ambiente limpo,

biodiversidade, participação cívica e equidade no acesso a serviços públicos locais e regionais (ibid., p. 250).

A definição abrangente de habitabilidade abarca uma ampla gama de aspectos que estão intrinsecamente ligados às características sociais, econômicas, ambientais e de saúde dos assentamentos humanos. Dentro desse contexto abrangente, além da abordagem utilitarista que reduz a habitabilidade à provisão de infraestrutura pública e cuidados de saúde (Newman, 1999; Ghasemia et al., 2018; Alderton et al., 2019), uma perspectiva humanística robusta destaca a importância da interação entre os habitantes da cidade e o ambiente urbano.

Este teste propõe uma abordagem holística para o entendimento da habitabilidade como sendo um fator que é crucial para garantir a criação de espaços habitáveis que promovam o bem-estar e a qualidade de vida das comunidades.

1.1 ENQUADRAMENTO

Este trabalho é enquadrado em uma abordagem que é guiada por interpretações de diversos campos disciplinares que contribuem para a definição de habitabilidade, adequando-as a estudos com análises configuracionais, com o argumento de buscar entender como diferentes atividades coexistem em determinados espaços, gerando sinergias que podem ser caracterizadas e interpretadas para a análise e proposição de espaços. Em seu recorte mais amplo o termo envolve condições socioeconômicas, oportunidades recreativas, envolvimento cívico, acesso equitativo aos serviços públicos locais e regionais, diversidade de usos e infraestrutura, dentre outros.

1.2 OBJETIVOS

A estrutura deste trabalho, em parte, busca identificar as dimensões-chave para medidas e fatores de habitabilidade, tais como: distância, movimento, identidade, localização, orientação e atratividade, a serem considerados ao projetar e analisar espaços urbanos com reconhecimento de suas

potencialidades e debilidades. A ideia-chave é o de elencar informações sobre as relações envolvidas entre pessoas e espaços para o design e mensuração de fatores que consigam avaliar e serem explorados no design e análise de interações urbanas e da natureza de cada lugar.

1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é o de contribuir para o campo de estudo do urbanismo e da arquitetura, a sua interface com outros estudos. E em como realizar a conversação entre todos estes elementos dentro de um conjugador comum, que são ferramentas de apoio mediados por recursos computacionais.

Sendo assim, o intuito é buscar como operacionalizar o conceito de habitabilidade e teorias análogas, informando e guiando este processo de determinação de fatores e características socioespaciais, interligando estas teorias em um sincretismo de conceitos e técnicas que possam formar um diálogo que contribua para os avanços no campo.

Para a tentativa de se relacionar aspectos materiais com aspectos imateriais, físicos com subjetivos, além de aspectos qualitativos e quantitativos, é necessário entender as relações e as dinâmicas que ocorrem entre as várias partes do sistema urbano. Baseando-se nestas considerações teóricas e metodológicas, o trabalho objetiva estruturar um método para operacionalizar o conceito de habitabilidade bem como abranger pesquisas referentes a mapeamentos de fatores e critérios que possam auxiliar na identificação e de sua mensuração propondo um método e ferramenta que desempenhe estas funções.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

As contribuições do trabalho se centralizam de maneira a entender quais seriam os elementos de análise espacial e comportamental que condicionam determinadas áreas a terem certos tipos de habitabilidade e/ou territorialidades distintas entre si. A questão central da investigação proposta pela pesquisa é como utilizar esses conceitos das teorias proxêmicas aplicadas dentro de um

mosaico mais amplo (no caso as cidades), promovendo critérios de classificação e auxílio na geração de parâmetros que forneçam grandezas e métricas sensíveis ou não-explícitas, colaborando na criação de ferramentas de análise e simulação digital.

1.5 ORGANIZAÇÃO DESTA TESE

Esta tese está dividida em três seções principais de organização. Em um primeiro momento, vamos nos ater ao conteúdo teórico, sendo o cerne desta pesquisa, que se inicia com uma avaliação dos índices de habitabilidade geralmente adotados, bem como os princípios que a norteiam sob diversas classificações. Buscou-se também compreender outras acepções do espaço sob outras correntes teóricas que contribuíram também para a compreensão acerca das qualidades do espaço, e de formas de compreensão de suas características sob a ótica do lugar e de sua qualidade.

Segundo, em elencar os problemas da complexidade urbana, de planejamento e de identificação de potenciais e debilidades de determinada região. Em um terceiro momento, é proposto um método de trabalho, que consiga correlacionar todos os assuntos anteriormente tratados, partindo de um viés de análise configuracional dos espaços. É apresentado estudos de caso feitos em três bairros da cidade de Juiz de Fora, bem como todos os procedimentos adotados para a realização do mesmo, além das limitações do trabalho, e futuras possibilidades de continuidade da pesquisa.

Essa tese busca assim, promover uma interpolação teórica entre outros campos que possam gerar outras métricas do espaço relacionadas com os critérios de habitabilidade com os novos paradigmas de urbanismo contemporâneo que incorporam ferramentas digitais.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A organização sob o viés metodológico, parte da contextualização do campo teórico a respeito da habitabilidade, urbanidade e outros elementos que tratam sobre aspectos considerados responsáveis por dar dinâmica a vida

urbana e indicar potencialidades do espaço sob este caráter. Sendo assim, realizou-se: (1) análise contemporânea sobre o estado da arte de estudos relacionados as teorias da habitabilidade e as métricas correlacionadas, bem como sua analogia com possíveis abordagens do tema, e (2) tratativas a respeito de um estudo de caso, com o desenvolvimento de ferramentas que possam apoiar uma visualização de índices de habitabilidade no espaço urbano.

O método de pesquisa abordado segue princípios da *Design Science Research* (Ciência do Projeto) que busca dentre outros métodos a criação e o desenvolvimento de artefatos de forma sistemática e orientada para a solução de problemas, sendo uma metodologia muito adotada em trabalhos que tratam de criar e avaliar soluções tecnológicas para resolver problemas específicos do mundo real. O foco central da *Design Science Research* é a criação destes artefatos que podem ser sistemas, modelos, métodos, ferramentas, processos ou técnicas.

Diante disto, pode-se definir esta tese através das seguintes etapas metodológicas:

- Construção de quadro teórico-conceitual: etapa que envolve que envolveu a pesquisa bibliográfica para definição dos termos e seu aporte histórico, os principais estudos relevantes sobre o tema bem como estado da arte contemporâneo, de forma que pudesse estruturar a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento da pesquisa e a sua inserção dentro de uma discussão pertinente. Neste momento são levantados trabalhos que tratam das proxêmicas, urbanidade, habitabilidade e outros campos que envolvam a cidade e a apropriação de seus espaços, além de investigar como essas correntes de pensamento urbano se relacionam com a evolução do pensamento de planejamento com a adoção de novas tecnologias e frente ao aumento da complexidade das cidades.
- Construção de repertório para aplicação prática: nesta etapa realizou-se a investigação de casos de estudo que fossem aplicadas técnicas para análises urbanas, e da contextualização de espaços, e que também fizessem o uso de recursos computacionais ou propusessem a caracterização dos elementos em parâmetros qualitativos ou quantitativos, que pudessem servir como referencial de

experimentação e repertório para contribuição do tema, relatando também as dificuldades encontradas, limitações e descrição dos processos.

- Estudo de caso e investigação de proposta de análise: busca-se a elaboração de um método que possa servir de estrutura para elencar e ilustrar a habitabilidade do espaço presente em determinado espaço urbano.

De acordo com Heylen (2006), a habitabilidade se refere ao ambiente do ponto de vista do indivíduo e também inclui uma avaliação subjetiva da qualidade das condições habitacionais e de vivência.

De forma mais simples, a habitabilidade abrange as características dos ambientes urbanos que os tornam lugares atrativos para se viver (Throsby, 2005). Ele destacou que tais características podem ser divididas em aspectos tangíveis, especialmente em relação à disponibilidade de infraestrutura pública, e aspectos intangíveis, como senso de lugar, identidade local e redes sociais.

2. PROXÊMICAS

Na vida cotidiana, as relações espaciais entre as pessoas, espaços e objetos ao nosso redor são importantes para a forma como nos envolvemos, interagimos e nos comunicamos. As pessoas costumam usar mudanças nas relações espaciais – como distância interpessoal ou orientação – como uma forma implícita de comunicação. Assim como as pessoas esperam aumentar o envolvimento e a intimidade à medida que se aproximam dos outros, espera-se também que aumentem as possibilidades de conectividade e interação na medida em que correlacione com a disposição dos espaços e dos serviços disponíveis. Essa inter-relação pode ser denominada de Interações Proxêmicas.

A teoria proxêmica foi cunhada inicialmente pelo antropólogo americano Edward Twitchell Hall no final dos anos 50 e início dos anos 60. Em 1963, Hall definiu proxêmica amplamente como “o estudo de como o homem estrutura inconscientemente o espaço – a distância entre os homens na condução das transações diárias, a organização do espaço em suas casas e edifícios e, finalmente, o *layout* de suas cidades” (Hall, 1963b; p.1003). Pouco tempo depois

ele limitou seu alcance de alguma forma ao “estudo das maneiras pelas quais o homem adquire conhecimento do conteúdo de outros homens, por meio de julgamentos de padrões de comportamento associados a vários graus de proximidade com eles” (Hall, 1964, p. 41), que ele retrabalhou novamente ao estudo das observações e teorias inter-relacionadas do uso do espaço pelo indivíduo como uma elaboração especializada da cultura” (Hall, 1966, p. 1).

“Proxêmica” é derivada etimologicamente do latim a partir de uma junção do prefixo “*pro*” (proximidade, próximo) e do sufixo – “*êmica(o)*”, em analogia com o estudo de unidades de linguagem em termos de sua função dentro de um sistema pertencente. O emprego da palavra, portanto, carrega uma conexão com noções linguísticas como base para estudar e descrever zonas interpessoais, que envolvem saber o quão próximo estar de alguém durante a interação social com base em diversos fatores, como por exemplo: idade, grau de familiaridade, gênero, cultura, faixa etária, etc.

Apontando diversos movimentos do corpo perante o espaço e como, de cultura para cultura pode haver uma variação da interpretação e de seu significado (1966).

Os estudos de Hall (1966), revelaram padrões em como certas distâncias físicas se correlacionam com a distância social quando as pessoas interagem. Outras observações refinaram ainda mais essa compreensão do uso da espacialidade pelas pessoas. Estas pesquisas são pioneiras junto a outras correntes de pensamento, ao deterem esforços para observar que a aproximação ou afastamento entre os seres humanos, permitem uma leitura de como aquela cultura é, e porque seria importante perceber esses comportamentos na estruturação e planejamento de uma cidade e seus espaços. Há, assim, um espaço que pode ser medido entre os indivíduos quando estão em relação.

Para pesquisadores no campo, a proxêmica medeia muitos aspectos da interação social, sendo estudadas em seu grau de influência em encontros casuais e fortuitos (Kraut et al., 1988), em manobras e orientação espacial (Sommer, 1969), em gestuais e características culturais (Kendon, 1990), na relação com dispositivos tecnológicos (Mead et al, 2013).

A questão importante que influencia a percepção das estruturas urbanas é o contexto cultural dos cidadãos e dos próprios designers. A proxêmica, que

faz parte da abordagem antropológica, relaciona o ambiente humano aos padrões comportamentais próprios de diferentes culturas. As diferenças nas distâncias pessoais influenciam tanto a percepção do espaço quanto sua produção (Hall 1966; 2009).

Segundo Pacione (1990), a habitabilidade não pode ser revelada sem examinar a relação entre o comportamento, a percepção e as ações das pessoas e do espaço (pp. 1–2). Da mesma forma, para Southworth (2003), a habitabilidade tem que lidar com a qualidade experiencial e sensorial do ambiente construído (p. 344). Van Kamp et al. (2003) também designam a relevância da questão da habitabilidade na intersecção entre o ambiente e a comunidade.

Atualmente, a proxêmica é uma área robusta de investigação realizada por diversos campos da ciência social, mas ainda pouco explorada e refutada principalmente na arquitetura e urbanismo.

2.1 Proxêmica e o espaço pessoal

O termo espaço pessoal foi inicialmente usado em zoologia na descrição do comportamento reativo animal e definido como a zona de distância onde os animais realizam comportamentos complexos de saudação, cortejo e cuidados (Katz, 1937). As características destes comportamentos bem como os limites e características destes espaços formam o território ocupado e vivido por determinada espécie.

Anos mais tarde, os pesquisadores sociais passaram a adotar o termo espaço pessoal para estudos de comportamento espacial em humanos, e em particular, das relações interpessoais. Sommer (1959), descreve o espaço pessoal como a distância que uma pessoa coloca entre si e outras pessoas ao seu redor.

O espaço pessoal é geralmente descrito como um limite não visível que cerca uma pessoa (Altman, 1975). A percepção das pessoas sobre as mudanças de área em seu espaço pessoal a seu redor vai influenciar diretamente sobre como elas se envolvem, interagem e comunicam com os outros e com o ambiente construído.

A definição de espaço pessoal como uma bolha invisível em torno de uma pessoa tem sido controversa (Aiello, 1987). Por exemplo, Patterson (1975), critica essa definição por implicar estabilidade, onde, na verdade, uma gama de fatores afeta a percepção das pessoas sobre o espaço pessoal. Da mesma forma, Knowles (1989), argumenta que estudos de distâncias de espaço pessoal discretas fazem a suposição questionável de que as reações das pessoas às mudanças de distância não são contínuas.

Segundo Hall (1960), o território é também um prolongamento do organismo, marcado por sinais visuais, verbais e sensoriais de modo geral. O homem criou prolongamentos materiais de territorialidade, como sinalizadores visíveis e também intangíveis de pertencimento a um determinado espaço. Em vista disso, sendo a territorialidade relativamente fixa, este tipo de espaço é denominado por Hall de caracteres fixos.

O espaço de caracteres fixos é uma forma de organizar as atividades dos indivíduos e dos grupos. Sendo assim, compreende tanto manifestações materiais quanto normas interiorizadas e ocultas que regem o comportamento quando o homem se move sobre determinado território (Hall, 1960).

O homem carrega consigo essas normas interiorizadas do espaço aprendidas desde o início de suas vidas, como um pertencimento a um território, sendo que esses aspectos não são visíveis até que se observe mais de perto o seu comportamento.

Uma grande parte da pesquisa em psicologia concentrou-se principalmente na função protetora do espaço pessoal e no uso que as pessoas fazem desse espaço, uma vez que é ditado por regras e normas sociais (Aiello, 1987). Existe, assim, uma relação entre os aspectos do espaço de caracteres fixos e a personalidade do indivíduo que habita esse espaço.

“As pessoas reagem aos ambientes em termos dos significados que os ambientes têm para elas”. Pode-se dizer que “a avaliação ambiental, então, é mais uma questão de resposta afetiva global do que de uma análise detalhada de aspectos específicos, é mais uma questão de função latente do que de manifesta, e é amplamente afetada por imagens e experiências” (Rapoport, 1977, p. 60).

Pode-se, portanto, mostrar que as pessoas reagem aos ambientes global e afetivamente antes de analisá-los e avaliá-los em termos mais específicos.

Assim, todo o conceito de qualidade ambiental é claramente um aspecto disso - pessoas como certas áreas urbanas, ou formas de habitação, por causa do que significam.

O significado ganha importância quando se percebe que o conceito de "função", tão importante no movimento moderno, vai muito além das funções puramente instrumentais ou manifestas, e que isso se aplica à economia, ao consumo, a todos os artefatos e bens sociais. O significado também está se tornando mais importante na geografia, com o crescimento do interesse pela fenomenologia e pelo "lugar" (Tuan, 1978). Tuan (1978), propõe que o mundo possa ser estudado em termos de signos comportamentais (que orientam o comportamento), signos afetivos (que provocam sentimentos) e símbolos mentais (que influenciam o pensamento).

Assim, a relação entre lugar e cultura apresenta-se como uma relação importante ao tratar-se de identidade. A relação territorial apresentada ao entender-se a cultura se dá a partir dos grupos sociais, de organizações sociais por bairros, cidades e países, onde por exemplo aspectos gestuais são capazes de identificar um povo e relacioná-lo com o território.

Para Heidegger (1994), o espaço pode ser entendido como o espaço físico e o lugar, que por sua vez, é onde valores são atribuídos ao físico. O ato de habitar, neste sentido, atribui significado ao espaço e constitui-se lugar.

Posto isso, muitas abordagens teóricas foram introduzidas para o estudo do comportamento espacial humano – dentre as quais, a teoria da proxêmica que colaborou para muitas áreas de estudo, sendo pouco tratada em aspectos urbanos, do qual esta pesquisa busca trazer algumas dessas contribuições, principalmente no que diz respeito aos parâmetros e contribuições no campo.

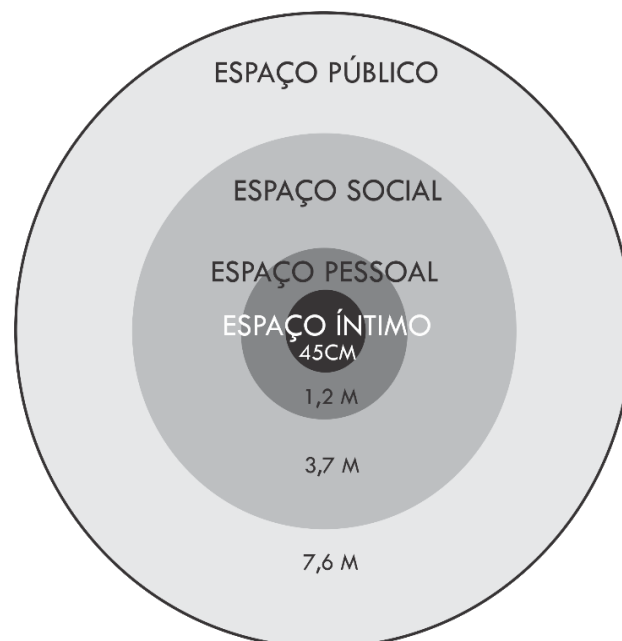
2.2 Proxêmicas e suas dimensões

Como visto, a Proxêmica pode ser entendida como o estudo de meios nos quais os indivíduos fazem uso do espaço físico e da interação entre estes indivíduos. Todo e qualquer organismo no universo tenta ocupar, cultivar, preservar e utilizar o espaço. Este processo de territorialização do espaço, difere de cultura para cultura (Hall, 1971).

Partindo destes princípios, Hall vai correlacionar a distância física à distância social entre as pessoas. Conforme ilustrado na figura 1, onde faz uma categorização de quatro zonas de distâncias que estão também ligadas à informação sensorial percebida das pessoas e descreve os principais tipos de atividades correspondentes a elas:

- Íntimo (0-50 cm), refere-se a distância de indivíduos em relacionamento próximo. Essa é a distância que mais aborda as entradas sensoriais. Geralmente requer permissão para esta relação.
- Pessoal (0,5 até 1,2 m), distância dentro do comprimento do braço, ainda é possível tocar a outras pessoas, e pode-se manter um nível de conversação mais baixo entre os pares.
- Social (1,2m até 3,5 m), geralmente encontrada em um ambiente mais formal. Necessita-se de um volume mais alto para conversa, e fica mais difícil tocar outra pessoa.
- Público (>3,5 m), a essa distância, as pessoas precisam falar mais alto para se dirigirem aos outros, e a entrada sensorial primária é a visão.

Figura 4: Distância e correlação dos espaços proxêmicos segundo Hall.



Fonte: Adaptado de Hall (1966).

Cada um se desmembra em outras três subcategorias, denominados de 'micro', 'meso' e 'macro'. O micro é o ambiente físico imediato que constitui uma esfera de privacidade, o meso é a próxima zona que está ao alcance da pessoa, mas fora dessa esfera de privacidade, e o macroespaço se refere às esferas sociais mais amplas, incluindo assentamentos e cidades.

Layouts espaciais podem ser segundo Hall (1966), sociofugais (separar pessoas) ou sociopetais (aproximar pessoas). Um exemplo simples seria a disposição das cadeiras de uma sala para poderem reunir as pessoas em pequenos círculos ou a imporem uma dinâmica mais distante e sóciofugal de acordo com as suas palavras (Hall, 1966).

O estudo do comportamento proxêmico consiste em três componentes gerais (Hall, 1966; Watson, 1974):

1. Dimensões espaciais
2. Níveis de interpretação dessas dimensões
3. Características físicas dos espaços

Hall (1975), definiu as comunicações espaciais em duas categorias: as de alto e de baixo contexto. Essas categorias levam em consideração características de território e contextualização local por movimento (cinesia) e proximidade (linguagem) de acordo com a sua intensidade.

Sendo assim compreende-se que as proxêmicas tratam das distâncias, dos espaços, dos modos de comportamento e percepção como atributos fundamentais em seu escopo de análise.

Hall não usou explicitamente noções semióticas para estudar o comportamento proxêmico, mas pode-se notar claramente o viés na natureza de toda a conduta de seu trabalho. A inclusão da proxêmica como um ramo da semiótica não verbal começou com Eco (2015) e Watson (1970,1974).

Eco (1976), ao tratar de códigos linguísticos da arquitetura, apresenta conceitos semelhantes ao que Hall delineou como proxêmica, no qual aponta que a mesma é o estudo das distâncias entre os seres humanos. Sendo possível percebê-la como uma linguagem que não é dita, mas percebida através de uma leitura destas distâncias e que poderiam auxiliar a se projetar melhor as cidades e os objetos em que nelas se inserem. Maffesoli (2006) traz outro panorama do que é a proxemia, e propõe que a mesma é a história do dia a dia em detrimento

da história factual e na qual o individualismo perde força para o senso comunitário.

A partir dos componentes gerais estipulados por Hall (1966), novas colaborações foram feitas por pesquisas que se debruçaram na definição das dimensões ligadas à sua teoria geral, tratando principalmente das relações de distância, espacialidade e modelos de comportamento e percepção.

Marquadt e Greenbert (2012) listaram cinco dimensões proxêmicas derivadas dos três eixos fundamentais para servirem de pontos de partida de trabalhos dessa natureza, que foram aplicados em diversos trabalhos feitos pelos autores supracitados.

Figura 5: Cinco pontos chaves das dimensões proxêmicas para análises espaciais.

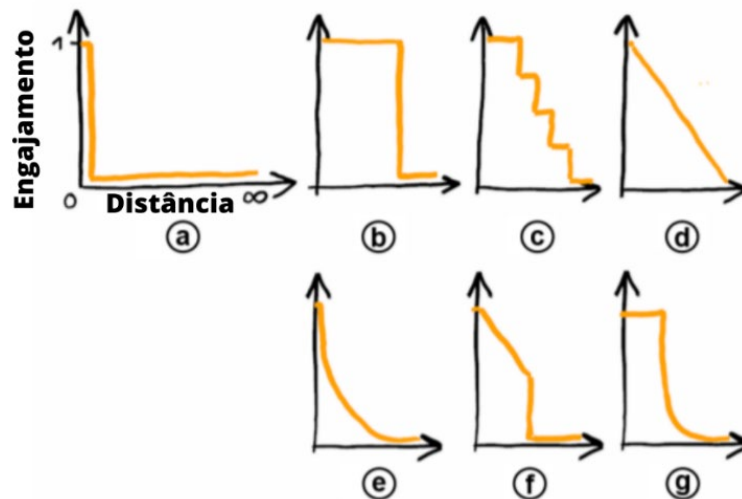


Fonte: Adaptado de Marquadt e Greenberg, 2012.

- **Distância:** é uma dimensão fundamental da descrição das relações espaciais, onde se relaciona diretamente com as teorias do espaço pessoal e proxêmicas que revisamos anteriormente. A distância descreve o comprimento mensurável entre entidades na ecologia: pessoas, dispositivos, objetos e características fixas/semifixas no ambiente. As distâncias podem ser representadas de várias maneiras. Por exemplo, podem ser medições precisas (centímetros, metros, quilômetros), ou categorizações brutas (zonas, bairros, regiões). A distância pode ser descrita por posições absolutas ou por distâncias relativas entre entidades. Alternativamente, segundo Aiello (1987), a distância pode ser atualizada continuamente à medida que as entidades se movem no espaço, seja como um mapeamento linear da distância até o

engajamento, ou qualquer outro mapeamento como uma função logarítmica.

Figura 6: Uso de medidas de distância para medir o engajamento de um indivíduo com determinado equipamento/funcionalidade.



Fonte: Adaptado de Marquadt e Greenberg, 2012.

- **A orientação:** geralmente descreve como as pessoas se aproximam ou se afastam, e isso também afeta os relacionamentos proximicos. Sommer (1969), estudou a preferência das pessoas por arranjos espaciais de assentos e orientação relativa em torno de uma mesa dependendo da tarefa em mãos. Assentos frente a frente para tarefas competitivas, lado a lado para cooperativas ou de canto durante conversas informais. Sommer (1969), concluiu que os arranjos espaciais e a orientação relativa que as pessoas escolhem durante as interações em pequenos grupos são “funções de personalidade, tarefa e ambiente”. Isso explica por que a estruturação do espaço semifixo de traços pode ter um “efeito profundo no comportamento, e este efeito é mensurável (Hall, 1966). De maneira geral, esses e outros experimentos de estudo demonstraram a importância de considerar a orientação (e não apenas a distância relativa) ao analisar as interações humanas nas proximidades.
- **A medida de movimento:** nos permite derivar e entender as mudanças absolutas ou relativas de posição de uma entidade ao longo do tempo;

essas mudanças nos movimentos revelam como se dá a aproximação de um grupo de pessoas a determinado objeto, ou qual a quantidade de fluxo que se dá em determinado trecho. Com isso, diferentes ações do sistema podem então ser tomadas dependendo (por exemplo) da quantidade de movimento e das rotas escolhidas.

- **A identidade:** descreve exclusivamente as entidades no espaço. As informações mais detalhadas fornecem a identidade exata de uma pessoa ou objeto (por exemplo, Pessoa A, Lugar B), bem como dados associados a essa entidade. As informações de identidade são importantes para discriminar uma entidade de outra onde a granularidade necessária das informações da identidade depende da funcionalidade do sistema previsto.
- **A localização:** Em contraste com a distância mencionada anteriormente, a localização descreve os aspectos qualitativos e quantitativos do local onde a interação ocorre. A localização abrange tanto o contexto quanto o layout físico. O contexto de localização caracteriza a configuração do local como um todo, e fornece metainformações como a prática social e o contexto de uso desse espaço pelas entidades vistas dentro dele. O layout de localização descreve a configuração desse espaço e suas entidades como um todo.

Marquadt e Greenberg (2012), reforçam que outras dimensões podem ser identificadas para as condicionantes de projetos que envolvam interações proximicas ou fatores socioespaciais de apropriação.

Os conceitos ligados às proximicas, além da capacidade de poderem abranger convenções de design físico e de ordem prática na configuração de ambientes, levam fundamentalmente a consideração de outros fenômenos ligados à percepção e a experiência espacial.

As proximicas trazem consigo um caráter de investigação amplo, imbuído em sua própria concepção e intenção. Como descrito acima, a teoria é pouco explorada e refutada no campo da arquitetura e do urbanismo, e mais utilizada em estudos de Medicina e Psicologia do espaço. Essa abertura do conceito, que foi diversas vezes reformulada e contextualizada pelo próprio Hall (1960), abre um caminho para um sincretismo com outras abordagens e métodos. O Sincretismo é geralmente associado a temática de crença e religião. Segundo o

site de verbetes Wikipédia, é definida como a reunião de doutrinas diferentes, com a manutenção de traços perceptíveis das doutrinas originais.

Ainda que outros estudiosos tenham criticado posteriormente as classificações do espaço pessoal de Hall como sendo excessivamente simples, o seu trabalho tornou-se uma influente teoria seminal de estudos pessoais e que permitem a compreensão e importância do uso e comportamento do espaço. A partir daí, outras teorias foram adicionando novas perspectivas que foram acrescentando e lapidando os estudos de espaço e comportamento, que saem da esfera dos estudos estritamente sociais, e ampliando a escala para estudos urbanos, tais como a urbanidade e a habitabilidade, que tentam vincular parte destes aspectos de apropriação e pertencimento com a morfologia e o ordenamento das cidades.

3. URBANIDADE

Dentre as várias teorias urbanas, e pesquisas voltadas à tratativa da qualidade dos espaços da cidade e da interação com os seus usuários, pode-se citar a urbanidade como uma das principais, principalmente em âmbito nacional.

Ao se falar de urbanidade, a tratativa sobre um senso comum acerca do seu conceito. Assim como outros jargões, principalmente os vinculados a estudos urbanos, elas trazem consigo interpretações diferentes e por muitas vezes contraditórias e até incorretas, tais como direito à cidade, cidades inteligentes e outros.

Segundo Netto (2013), ao tratar sobre o emprego do termo, poucos conceitos em estudos urbanos tem a aspiração de tratar das condições urbanas como a de uma “urbanidade”, o que corrobora para esta indefinição de seu entendimento. Os conceitos relacionados variam desde a uma visão do senso comum da urbanidade vinculada a ideia de convívio, até no foco entre sistematizar as configurações do espaço urbano e de uso do espaço público, e em grande parte das vezes, a retratar a “vitalidade” de determinada região.

A vitalidade urbana geralmente se refere à capacidade de um lugar de induzir atividades sociais e econômicas vivas (Jacobs, 1961).

Para Holanda (2010), há diversas conotações associadas para “urbanidade”, não só naqueles que concernem ao próprio termo ligado a

arquitetura, mas de sua própria utilização para a configuração dos lugares e do convívio dos usuários. De maneira sintética a utilização do termo é vinculada ao caráter do urbano ou da(s) cidade(s) referindo-se as suas qualidades e a sua capacidade de acolhimento e civilidade (Aguiar, 2012).

A ideia de urbanidade é entendida segundo Andrade (2016), como a relação entre espaço e sociedade, entre a configuração espacial da cidade e o sistema de encontros interpessoais, relação esta própria da vida coletiva. Holanda (2003), complementa ao dizer que a urbanidade pode ser edificada a partir de características como: vitalidade urbana (muitas pessoas utilizando o espaço); diversidade e interação social; acessibilidade e mobilidade urbana e a existência de serviços e hábitos cotidianos. Castelo (2007, p.22), enxerga a urbanidade como “uma qualidade típica e única do ambiente construído...uma qualificação vinculada à dinâmica das experiências existenciais, conferidas às pessoas pelo uso que fazem do ambiente urbano público, através da capacidade de intercâmbio e de comunicação que está imbuído esse ambiente”.

A partir de algumas destas referências, pode-se concatenar a ideia de urbanidade a quesitos morfológicos da cidade juntamente com a apropriação cívica por parte dos habitantes.

A urbanidade passou a ser mais explorada durante a metade do século XX, na medida em que as críticas aos princípios modernistas ganhavam força, indicando a necessidade de um debate e reformulação da cidade e seus espaços.

Dentre os vários nomes que despontaram neste período, um dos mais reconhecidos é o Jane Jacobs (1961), que passa a descrever os impasses do pensamento modernista, e da negligência e necessária condição de diversidade para a existência de uma urbanidade saudável. A crítica principal de Jacobs é a produção em grande escala, com a formação de grandes bairros e conjuntos habitacionais, aglomerados e desconectados de diversidade de uso, arquiteturas e que tratavam a cidade através de um planejamento de tábula rasa, dividindo a cidade em setores, locando funções concentradas em determinados pontos, desarticuladas das outras necessidades naturais do meio urbano. Ainda de acordo com Jacobs (1961), a mistura de funções desempenharia um papel fundamental na promoção da vitalidade e intensidade social e econômica de uma

cidade, contradizendo assim os preceitos modernos de setorização dos núcleos urbanos em lugares para morar, trabalhar e recrear.

Outro nome relevante para as discussões acerca da urbanidade, é o de Kevin Lynch (1960), que em *A Imagem da Cidade*, descreve: “os elementos móveis de uma cidade e, em especial, as pessoas e suas atividades, são tão importantes quanto as partes físicas estacionárias”. Enfatizando principalmente aos atributos de movimento quanto a sua qualidade e a quantidade, na relação de condição de urbanidade.

As considerações feitas por Lynch, da visão diagramática do espaço urbano, que considera os edifícios e as pessoas, bem como da conversação constante entre todas as partes, e a existência de um traçado que descreva a inter-relação topológica ou de espaçamento, são segundo Aguiar (2012) a essência do caráter de urbanidade e anteciparam também o que viria a ser conhecido anos depois como a *Sintaxe Espacial*, desenvolvida por Bill Hillier e outros colaboradores em meados dos anos 80.

Essas observações, de acordo com Netto (2013), levantam uma série de indagações relacionadas à viabilidade de compreender a condição urbana e à forma como as cidades influenciam nossa interação com o ambiente e com os outros.

Adicionalmente, pode-se questionar quais características podem ser traduzidas em ambientes mais urbanos e, por conseguinte, em espaços de maior qualidade e atratividade em comparação a outros.

Para Tschumi (1994), a arquitetura é concebida como um lugar onde espaços e ações se interagem, ela não é apenas o cenário onde as ações ocorrem, mas a própria ação em si, para tanto o discurso arquitetônico não deve se limitar somente à análise dos espaços, mas também abranger a consideração dos eventos que ocorrem nesses espaços. Essa interligação entre espaço e ação contribui para a construção do conceito de urbanidade.

Situada entre a localização objetiva e o sentimento subjetivo do lugar, Moore (2013), estabelece um território intermediário ou “localidade”. Essa qualidade do lugar é o cenário em que as relações sociais se desenvolvem, o que inclui a escala de vida institucional à qual a arquitetura dá tantas contribuições: a cidade, a praça pública, o quarteirão e a vizinhança. Para Malard (2005), os ambientes são manifestações culturais específicas e estão em

consonância com a estrutura social da cultura que os edifica. Dessa forma, as espacializações e os lugares estão intrinsecamente interligados: os eventos que ocorrem em determinado lugar são aqueles que o lugar é capaz de abrigar. Por sua vez, os lugares afetam as relações sociais, na medida em que eles proporcionam, facilitam ou impedem, devido à ausência ou inadequação, a ocorrência dos acontecimentos.

No entanto, é importante ressaltar que os lugares em si não possuem a capacidade intrínseca de promover eventos. As atividades humanas e os espaços arquitetônicos são mutuamente dependentes: para organizar suas atividades no espaço, os seres humanos criam lugares (conhecidos como lugares arquitetônicos), os quais envolvem a disposição e a configuração dos elementos físicos. A ordenação dos objetos é um processo que confere significado aos espaços, uma vez que é geralmente orientado por um propósito específico, mesmo que apropriado e configurado por meios informais.

O geógrafo John Agnew (2013), defende que é impossível compreender os lugares a partir das dimensões limitadas da arquitetura ou da geografia física, já que as variáveis que caracterizam os lugares são polivalentes. Uma das variáveis apontadas por Agnew (2013), seria o “sentimento de lugar”, que poderia ser compreendida como uma medida que inclui as realidades intersubjetivas que lhe conferem o que a linguagem convencional no campo descreveria como “caráter” ou “qualidade de vida”.

Do ponto de vista do pensamento de agenciamento, o agrupamento criativo é uma forma de agenciamento socioespacial onde as pessoas e o contexto espacial são mutuamente constituídos (Delanda, 2006). O que chamamos de 'lugar', 'atores', e 'vida urbana' são efeitos emergentes desse agenciamento, fenômenos socioespaciais que se interpolam entre características sociais e formais (Dovey, et al. 2009).

Segundo Aguiar (2012) vitalidade e urbanidade são indicadores que apesar de semelhantes possuem conceitos distintos, mesmo que a presença de pessoas no espaço público seja o indício inicial e mais básico da condição de urbanidade, especialmente se essa coexistência for ampliada por pessoas com classes sociais distintas, etnias e rotinas. Portanto, a condição de urbanidade se diferenciaria da condição de vitalidade ainda que possa contê-la. Ainda segundo Aguiar (2012), mesmo assim a situação, terá por definição, um baixo grau de

urbanidade, ela sempre dependerá de atratores para a realização de sua vitalidade. Portanto, configuração e atratores se complementam na realização da urbanidade.

Pode-se citar como exemplo um espaço que esteja muito ocupado em certos dias ou em eventos sazonais – e tratar-se de uma situação de baixa urbanidade no restante do tempo. Giddens (1984) nos lembra que o espaço, é por princípio meio ativo para geração do contato, reconhecimento e comunicação como situações espaço-temporais do convívio social.

A urbanidade, assim entendida, estaria precisamente nesse modo de apropriação da situação pelas pessoas, seja na escala do edifício, seja na escala da cidade. Urbanidade não é somente sinônimo de vitalidade, no sentido de presença de pessoas, embora possa incluí-la. Nesse contexto o corpo naturalmente é o parâmetro; o comportamento espacial. Ou seja, a urbanidade está no modo como essa relação espaço/indivíduo se materializa (Netto, 2013; Aguiar, 2012).

É possível entender que as diferenças de urbanidade não ficam restritas somente a questões de intensidade ou nível de atratividade. A urbanidade vai a campos mais amplos como da comunicação e do reconhecimento, e na relação entre atores diferentes, em formas de sociabilidade diferentes, coexistindo e se associando. A urbanidade segundo Netto (2013), emerge de diferenças, sobretudo nos modos como produzimos as condições da vida coletiva.

É preciso também reconhecer as limitações da própria busca pelo entendimento de todo um caráter de urbanidade, principalmente se o objetivo for sua quantificação. Netto (2013), indica que é preciso ter conhecimento das diferentes semânticas presentes, e que tipificações ou tipologias poder ser reducionistas, já que cada cidade, cada bairro possuem uma urbanidade. E que esta, pode se alterar no tempo, o tempo todo. Além disto, as tentativas de uma tipificação precisam reconhecer como encontrar a urbanidade, em seus diferentes modos e graus, desde as mais formais (geometricamente articuladas) até as mais informais.

Ao se explorar a condição contextual da urbanidade, onde diferenças nas interações sociais e espaciais implicam em diferentes manifestações de urbanidade, é crucial questionar como as variações e alterações em pelo menos

uma das tramas constitutivas - seja a trama das práticas ou a trama dos espaços - afetam a urbanidade.

Podemos afirmar que o espaço desempenha um papel importante na urbanidade, e a inclusão explícita deste como meio de encontro e comunicação, bem como formas de integração social, evidencia sua relevância. No entanto, é importante ressaltar que os espaços não operam de forma independente: eles estão intrinsecamente associados às formas de vida. Mesmo espaços que apresentam características semelhantes podem acomodar diferentes formas de vida, resultando em distintas manifestações de urbanidade (Aguiar, 2012).

Entende-se até aqui, que não podemos desespacializar o conceito de urbanidade, já que as cidades são fenômenos que são de uma natureza complexa por si só, com suas características próprias de morfologia, atividades, simbolismos e outros, que vão produzir intensidades distintas de contato e comunicação, ou ao contrário, de restrição destes elementos.

O ambiente construído, por meio de edifícios e sua relação com o espaço público, não deve ser configurado de maneira a limitar as conexões e encontros na cidade. Espaços que não promovem ancoragens para a socialização consequentemente constituem obstáculos para a efetivação da urbanidade.

Estes obstáculos estão presentes em espaços vigiados, segregados, desconexos e de difícil acesso. Por princípio, ambientes que permitem a emergência do encontro e conseguem superar os obstáculos diversos do convívio, como as diferenças sociais e gerar copresenças, são os espaços de maior urbanidade (Netto, 2013).

Diferenças de urbanidade só podem ser captadas se forem adentrados, interpretativamente, as formas da prática e os conteúdos comunicados dos gestos e falas na interação, hábitos e afetos, mediados ainda por tradições e códigos culturais, estabelecendo assim uma relação próxima com as correntes proxêmicas. Só assim reconheceremos a mediação mais profunda dos espaços urbanos, carregados dos conteúdos informacionais que constituem os nós das tramas de atos e espaços.

As várias colocações sobre o assunto, que se complementam ou convergem, permitem a indicação de que a urbanidade é uma característica que possui diversas formas de manifestação, e formas de expressão, que vão além da questão de intensidade ou da espacialização em si.

Conclui-se o capítulo, entendo que os conceitos de urbanidade são fundamentais para utilização sincrética da abordagem desta tese, tanto com as ideias de proxêmicas, quanto logo em seguida a de habitabilidade que é o cerne deste trabalho, por ambas tratarem de relações de vivência, qualidade e apropriação do espaço pelas pessoas. Ainda que cada uma com suas particularidades, contribuições epistemológicas e voltadas para uma determinada escala, todas estas contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento teórico e conceitual desta pesquisa.

4. LIVABILITY/HABITABILIDADE

De maneira geral, a qualidade da correspondência entre as pessoas e seu ambiente vivenciado é conhecida como “*livability*” (habitabilidade). A habitabilidade e a vibração do ambiente construído são discutidos cada vez mais em escala global.

Embora a importância da habitabilidade tenha sido historicamente condicionada pelo desenvolvimento e transformação da cidade moderna, a introdução do conceito como um plano exclusivo como parte do planejamento e design contemporâneos é relativamente recente (Çaliskan e Sevik, 2022).

O dicionário Oxford Advanced (2010) define o termo ‘habitabilidade’ como um ambiente adequado para se viver. Por sua vez, a EIU (2011), define a habitabilidade como um dos aspectos que podem contribuir para uma melhor qualidade dos espaços e conseqüentemente de vida.

Segundo Kaal (2011, p. 534-537), o uso do conceito de habitabilidade foi inicialmente desenvolvido por geógrafos e sociólogos holandeses que investigavam as condições das comunidades rurais que enfrentavam a rápida urbanização após a Segunda Guerra Mundial. O conceito foi então urbanizado por movimentos sociais que reagiram contra os projetos de renovação e revitalização urbana implementados em muitas cidades europeias e norte-americanas durante as décadas de 1960 e 1970.

Recentemente, o Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (UN-Habitat, 2017), definiu a habitabilidade (*Livability*) como às características e qualidades espaciais, sociais e ambientais que contribuem

especialmente para o senso de bem-estar individual e coletivo das pessoas e para sua satisfação em serem residentes/usuárias de determinada espaço.

Todas estas descrições possuem em comum a ideia de uma harmonia entre qualidade de vida e espaço, destacando a importância da mesma como diretriz para cidades, bairros e ruas. São similares também quanto a abrangência do conceito, deixando suspensa sua interpretação, algo comum nas ciências sociais aplicadas, especialmente no urbanismo, no qual alguns termos e seus conceitos, teorias são regularmente aplicados de forma equivocada.

Heylen (2006) sugere que a palavra tem sido utilizada como um guarda-chuva de uma gama de significados que estão ligados tanto aos parâmetros que são considerados quanto da perspectiva de quem realiza a avaliação. Segundo a autora, a maioria dos pesquisadores concorda que a habitabilidade (*livability*) está relacionada ao ambiente do ponto de vista do indivíduo e inclui uma avaliação subjetiva do local.

De acordo com Paul e Sen (2020), as discussões sobre habitabilidade e vibração do ambiente construído são mais estabelecidas nos países do hemisfério norte, em que na maioria das cidades ocidentais, especialmente na perspectiva americana e europeia, a habitabilidade centra-se a partir de aspectos físicos, focando por exemplo em quesitos de transporte, infraestrutura e economia local.

Posteriormente estas foram difundidas e aprimoradas em países orientais mais desenvolvidos e urbanizados, que adotaram critérios próprios, muitas vezes ampliando o escopo de interpretação dos critérios espaciais para além dos aspectos físicos, entendendo que as dimensões socioculturais são pontos igualmente significativos para a habitabilidade de qualquer espaço.

Estas preocupações acompanham as muitas pesquisas que vêm sendo realizadas sobre a relação entre as pessoas e seus ambientes cotidianos. Com a crescente urbanização, permanecem sérias questões sobre a habitabilidade dos espaços da cidade.

Compreender a natureza intrínseca da relação pessoa-ambiente é um problema geográfico por excelência. Segundo Pacione (1990), desde 1970, geógrafos tem dedicado esforços consideráveis para investigar vários aspectos da habitabilidade urbana, como parte de um esforço geral para promover o objetivo de uma cidade mais humana e democrática.

Como colocado por Pacione (1990), a habitabilidade é um termo relativo e não absoluto, cujo significado pode variar dependendo do local, tempo e finalidade da avaliação, bem como dos fatores objetivos e subjetivos adotados em consideração, se contrastando com a definição mais objetiva de qualidade ambiental urbana. Isso permite inferir que a qualidade não é um atributo inerente ao meio ambiente, mas uma função que se relaciona ao comportamento da interação das características do lugar e do indivíduo.

No âmbito do ambiente construído, tais questões podem ser compreendidas como uma preocupação com o grau de congruência ou dissonância entre os residentes da cidade e o seu entorno urbano (Rapoport, 1985).

Muitas teorias foram formuladas sobre qual é a forma urbana que promove uma maior habitabilidade das cidades e seus espaços. Hipóteses foram suscitadas de que certas configurações do ambiente da cidade estão relacionadas a melhores índices em termos de habitabilidade do que outras, e isso em última instância, teria influenciado o desenvolvimento social, cultural e econômico (Jacobs, J. 2011; GEHL, J. 2013; Corbusier, L. 1947; Hilberseimer, L. 1944).

Segundo Zeisel (1975), a função do arquiteto e urbanista é a de organizar o espaço físico para facilitar certas formas de comportamento e promover a satisfação das necessidades humanas, que o desenho urbano para atingir estes critérios comportamentais deve atender a seis pontos em comum:

- 1 – segurança: sensação de proteção e tranquilidade.
- 2 – Clareza: facilidade de movimento e sua legibilidade.
- 3- Privacidade: capacidade de regular a quantidade de contato.
- 4- interação social: ambientes sociopétalos (Sommer, 1969).
- 5- conveniência: facilidade de realizar tarefas no espaço.
- 6- identidade: relação entre o indivíduo e o ambiente, nas escalas doméstica, de bairro e cidade, que encapsulem a noção do sentido de lugar.

Para Pacione (1990), apesar da rejeição da noção de determinismo arquitetônico, é evidente que o ambiente construído exerce influência sobre o comportamento e o bem-estar das pessoas. Por exemplo, facilitando ou desencorajando a interação, promovendo um sentido de identidade ou alienação em relação ao ambiente circundante.

Essa demanda requer que os pesquisadores e planejadores ampliem os conhecimentos para além de fronteiras disciplinares convencionais, e incorporem áreas afins, como sociologia, psicologia, arquitetura, filosofia, geografia e até mais recentemente, devido principalmente ao avanço tecnológico e da grande disponibilidade e geração de dados, as áreas de sistemas de informação, computação e tratamento de dados.

Tais considerações demonstram que as abordagens mais contemporâneas têm se fundamentado em uma perspectiva transacional que concebe a relação entre indivíduo e ambiente como uma interação interdependente e dinâmica, que ocorre no espaço-tempo (Portugali, 2000).

Considerando-se então, que o ambiente físico possibilita certas formas de comportamento humano e, dessa forma, pode contribuir para o bem-estar das pessoas, propostas para se delinear um método e parâmetros para uma avaliação dos índices de habitabilidade/vitalidade espacial vêm sendo feitos.

Para Dovey e Pafka (2018), a maioria das categorias que incorporam aspectos qualitativos de 'comunidade' e vida urbana, apontam para uma métrica do que eles categorizam como *Streetlife* ou *Liveability*. Estes seriam termos abrangentes que podem incluir 'saúde', 'educação', 'recreação', 'esporte', 'cultura' e 'entretenimento'.

Esses sistemas de categorias são inerentemente instáveis, com novas funções e distinções surgindo dependendo se esperamos entender a capacidade de caminhar, o transporte, a saúde, a criatividade ou os ritmos da vida nas ruas.

Segundo van Dorst (2005a) existe um conjunto de indicadores dessa possível influência do ambiente físico na habitabilidade, mas a influência desses indicadores é classificada como normativa e habitabilidade presumida. Por exemplo, se o ambiente é um bairro, a lista de indicadores que compõe a habitabilidade presumida geralmente é formada por: densidade, qualidade espacial, segurança, mistura de estilos de vida de vida, proximidade de serviços, etc.

Ainda assim, não há provas de que esse conjunto de qualidades se somará a um bairro habitável. Ao lado dos indicadores espacialmente relacionados, existem indicadores não necessariamente espaciais que podem influenciar na habitabilidade de uma área, mas (devido ao fato de serem não espaciais) requerem abordagens próprias para serem medidos.

Os fatores da habitabilidade presumida também estão relacionados com a habitabilidade percebida: a manutenção da área, presença de natureza, ausência de ruído, ausência de incômodos, identidade comum em estilos de vida (e origens culturais) dentre outras (van Dorst, 2005a).

Portanto, como colocado por Farber et al (2016) é nítido que as diretrizes para uma abordagem holística de habitabilidade precisam incluir muitas características complexas, padrões e formas urbanas.

Em seguida, apresenta-se alguns dos principais critérios para a formação de índices de habitabilidade.

4.1. Classificando a habitabilidade sob diversos critérios

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) realize o Better Life Index (BLI) para pesquisar e medir os níveis de habitabilidade com base em onze fatores socioambientais-econômicos, dos quais podem ser visualizados na Figura 10.

Figura 7: 11 quesitos da OECD para índices de “Vida Melhor”.



Fonte: www.oecdbetterlifeindex.org. Acesso em: 11/06/2023.

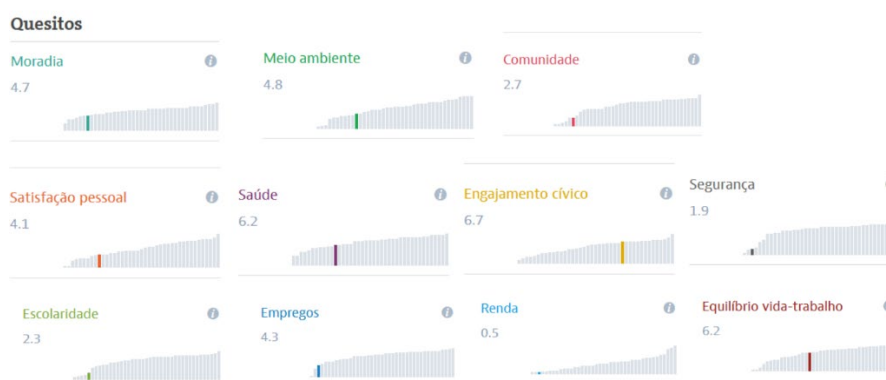
A maior parte dos dados é proveniente diretamente dos usuários da plataforma, que atualiza interativamente as respostas com comparativos diversos.

Segundo o site, desde o lançamento do índice em 2011, a OCDE recebeu mais de 100.000 respostas de aproximadamente 180 países e territórios. A plataforma lembra que os dados são coletados diretamente dos usuários, feitos através do seu próprio *survey* e que alguns dados não podem ser usados para efeitos estatísticos semelhantes a um CENSO gerenciado pela Unidade Federativa. A partir das respostas obtidas um comparativo global pode ser acessado e verificado entre cada país nos 11 itens descritos acima.

Segundo os índices de Habitabilidade da OCDE, o Brasil vem obtendo consideráveis progressos desde a última década na melhoria da qualidade de vida de seus cidadãos, destacando o bom resultado obtido com engajamento cívico. Porém, segundo os resultados dos índices, performa abaixo da média nos quesitos renda, trabalho, educação, saúde, conexões sociais e satisfação com a vida.

O gráfico abaixo (Figura 11), revela os valores obtidos pelos índices nacionais e a posição se comparados a outros países. Como pode-se observar, o valor mais alto se encontra no engajamento cívico, reflexo da obrigatoriedade de voto, aumento da participação feminina em cargos políticos e a presença de organizações não governamentais.

Figura 8: Índices da Relação dos quesitos da OECD para índices de “Vida Melhor” no Brasil.



Fonte: www.oecdbetterlifeindex.org/pt/paises/brazil-pt/. Acesso em: 11/06/2023.

A iniciativa da OECD ramificação do Órgão das Nações Unidas (ONU), revela a importância dada à questão habitabilidade e da qualidade de vida em escala global, buscando tratativas para uma identificação e melhoria de sustentabilidade e igualdade. O intuito deste trabalho não é o de explorar criticamente o instrumento, as políticas e a própria ideia de habitabilidade proposta pelos Índices do *Better Life* proposto pela OECD, não só por questões de objetivos da pesquisa, quanto da própria escala e natureza dos dados.

Biswas (2022) apresenta uma estrutura conceitual que busca teorizar as medidas de *liveability* urbanas. A pesquisa revisa as métricas adotadas bem como o entendimento na prática e na literatura do tema, destacando as lacunas existentes entre as abordagens praticadas nos Estados Unidos e em países asiáticos, que tendem a serem baseadas em utilidade e propõe ainda uma habitabilidade conceitual alternativa por meio de um viés não utilitarista.

De acordo com Paul e Sen (2020), inúmeras descobertas têm sido feitas no sentido de compreender as diversas abordagens e dimensões relacionadas à habitabilidade em estudos urbanos. A primeira descoberta revela a existência de variações nas abordagens de habitabilidade em diferentes regiões do mundo. Nas cidades ocidentais, especialmente nas perspectivas americana e europeia, a habitabilidade tem sido tradicionalmente analisada a partir de aspectos físicos, tais como opções de habitação, desenvolvimento orientado para o trânsito e prioridades financeiras. Contudo, posteriormente, houve um entendimento global nos países Orientais de que, além dos aspectos físicos, as dimensões socioculturais também desempenham um papel igualmente significativo na avaliação da habitabilidade de cidades e regiões.

A tabela 13, demonstra as dimensões de habitabilidade adotadas nas cidades americanas. os indicadores considerados e os subindicadores. As dimensões se concentram em Moradia, Vizinhança (Mix de usos e acessibilidade), Transporte (custos, qualidade das vias e disponibilidade de transporte público), meio ambiente (medidas de poluição de ar e água), saúde e hábitos (medindo comportamento e acesso a saúde), engajamento social e trabalho (oportunidades e igualdade).

Tabela 1: Índices da Relação dos quesitos considerados em cidades norte-americanas.

| Apêndice 1 - Índices de Habitabilidade - Estados Unidos | | |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Dimensões de Liveability | Indicadores de Liveability | Sub-Indicadores de Liveability |
| Moradia | Opção e Acessibilidade de habitação | Custo de Moradia |
| | | Disponibilidade de Moradia subsidiada |
| | | Disponibilidade de Moradia Multifamiliar |
| | | Entrada a custo zero |
| | | Carga de Custo da Moradia |
| Vizinhanças - Bairros | Proximidade aos destinos principais | Acessibilidade a espaços públicos |
| | | Acessibilidade a equipamentos de saúde |
| | | Acessibilidade a modais de transporte |
| | | Acessibilidade a equipamentos de educação |
| | Mix de Usos da Vizinhança | Diversidade de Destinos |
| | Vizinhança Compacta | Densidade das atividades |
| Segurança Pessoal | Taxa de Criminalidade | |
| | Taxa de Desocupação de Imóveis | |
| Transporte | Conveniência de opções de mobilidade | Acessibilidade de Trânsito |
| | Conveniência de opções de mobilidade | Frequência de serviços locais de trânsito / transporte público |
| | | Walk Trips |
| | | Congestionamento |
| | Segurança das vias | Limites de Velocidade |
| Custos de transporte | Custos de transporte doméstico | |
| Meio ambiente | Qualidade de água e ar | Qualidade do ar regional |
| | | Poluição por proximidade de estradas |
| | | Poluição por indústria local |
| | | Qualidade de água potável/tratada |
| Saúde e hábitos saudáveis | Comportamentos saudáveis | Compartamento de fumantes |
| | | Prevalência de obesidade |
| | Acesso a saúde | Acessibilidade a oportunidades de exercício físico |
| | Qualidade de cuidados com saúde | Escassez de serviços e profissionais de saúde |
| Taxa de hospitalização preventiva | | |
| Engajamento | Engajamento social e cívico | Satisfação pacientes |
| | | Largura de banda da internet e velocidade |
| | | Oportunidades por envolvimento cívico |
| | | índice de envolvimento social |
| Oportunidade e trabalho | Comunidade multi-geracional | Instituições de arte, cultura e entretenimento |
| | | Diversidade etária |
| | | Taxa de educação superior na população |
| Oportunidade econômica | Empregos por trabalhador - oferta de empregos e serviços | |

Adaptado de Biswal (2022).

Dentre as métricas de habitabilidade e os vários fatores que podem influenciar na qualidade de vida e bem estar dos seus moradores, são adotadas as de senso comum entre a maior parte dos estudos feitos e pesquisas no campo, algumas dando maior enfoque ou “pesos” de consideração em algum dos atributos.

Percebe-se também que as dimensões são mais sucintas e mensuráveis sob o olhar de obtenção e interpretação dos dados, sendo que algumas refletem também algumas das características culturais e preocupações norte-americanas.

Já na tabela 14, é elencado as métricas de habitabilidade que são aplicadas em cidades asiáticas, assim como os respectivos indicadores e subindicadores.

Tabela 2: Índices da Relação dos quesitos considerados em cidades norte-americanas.

| Apêndice 2 - Dimensões de Habitabilidade - Países Orientais | | |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensões de Liveability | Indicadores de Liveability | Sub-Indicadores de Liveability |
| Institucional | Governância | Porcentagem de serviços ao cidadão disponíveis online |
| | | Tempo médio para resolução de queixas |
| | | Presença de organização de representantes de interesses por localidade |
| | | Arrecadação de impostos como porcentagem da exigência tributária |
| Atributos físicos | Índice de inclusividade e moradia | Porcentagem de domicílios em favelas ou regiões economicamente frágeis |
| | | Porcentagem de áreas favelizadas cobertas por serviços básicos |
| | Índice de espaços livres / abertos | Disponibilidade de áreas verdes per capita |
| | | Disponibilidade de espaços públicos e recreacionais per capita |
| | Índice de compactidade e uso misto | Parcela de áreas de uso misto do solo em relação ao uso geral da cidade |
| | | Densidade da rede |
| | Índice de serviços de Energia | Percentage da população da cidade com serviço elétrico regularizado |
| | | Porcentagem da energia total derivada de fontes renováveis |
| | | Porcentagem de novas edificações adequadas a normas de construção sustentáveis |
| | | Consumo energético por unidade - iluminação pública |
| | Índice de Mobilidade | Extensão de acessibilidade universal incorporada em passagens públicas |
| | | Cobertura geográfica de transporte público |
| | | Disponibilidade de transporte público |
| | | Disponibilidade de faixas dedicadas a ciclovias |
| | | Disponibilidade de espaços de estacionamento pagos |
| | | Porcentagem de interseções de tráfego com passagens de pedestre facilitadas |
| | | Extensão da sincronização semafórica |
| | | Percentage de passeios maiores que 1,2m. |
| | | Cobertura de residências com abastecimento de água |
| | | Abastecimento de água per capita |
| | Índice de serviços de água tratada | Qualidade da água fornecida |
| | | Presença de estações de tratamento de água |
| | | Cobertura de rede de esgoto |
| | Índice de águas residuais e esgoto | Eficiência da rede de coleta de esgoto |
| | | Grau de reutilização e reciclagem de águas residuais |
| | | Cobertura de esgotos pluviais |
| | Índice de resíduos sólidos/lixo e coleta | Cobertura em nível doméstico da coleta de resíduos sólidos |
| | | Extensão dos resíduos sólidos urbanos recuperados por reciclagem |
| | Índice de Poluição | Concentração poluição ar (SO ₂ , NO ₂ , PM10) |
| | | Nível de poluição sonora |
| | | Qualidade da água em corpos d'água públicos |
| | Econômicos | Economia e empregabilidade |
| Aumento da arrecadação de impostos profissionais | | |
| Aumento na emissão de alvarás de construção | | |
| Porcentagem de fornecedores registrados e em espaços formais | | |
| Sociais | Identidade e Cultura | Projetos de restauração e conservação de bens tombados e históricos |
| | | Porcentagem de áreas ecologicamente importantes protegidas |
| | | Taxa de ocupação hoteleira |
| | | Porcentagem de verba alocada para atividades culturais e esportivas |
| | Educação | Número de localidades que hospdem atividades culturais/esportivas |
| | | Proporção Professor/estudante na educação primária |
| | | Porcentagem de escolas com acesso à internet e conteúdo digital |
| | | Porcentagem de estudantes que completam a educação primária |
| | | Porcentagem de estudantes que completam a educação secundária |
| | | Porcentagem de adultos matriculados em escolas |
| | | Presença de equipamentos de educação por bairro |
| | | Número de leitos hospitalares para população local |
| | Saúde | Número de profissionais de saúde para cada 10.000 habitantes |
| | | Média de tempo de resposta em emergência de saúde |
| | | Prevalência de vetores causados por vetores |
| | | Acesso à saúde primária e preventiva |
| | | Presença de equipamentos de saúde por bairro |
| | | Número de ruas, espaços públicos cobertas por sistemas de vigilância |
| | Segurança e Proteção | Número de crimes registrados por localidade |
| | | Extensão de crimes registrados contra mulheres, crianças ou idosos |
| Número de acidentes ou fatalidades provocadas por trânsito | | |

Adaptado de Biswal (2022).

Os índices abordados nos países asiáticos se caracterizam por serem mais detalhados, e elencam outros pontos para consideração em cada item. Suas diferenças se fundamentam principalmente nos quesitos sociais, como educação, cultura e saúde, vistos como importantes para a qualidade de vida local, fora uma maior itemização dos atributos de ordem física.

Além das diferenças, é possível também traçar semelhanças, dentre as quais a morfologia e disposição espacial é de grande importância na vivência e capacidade de promover uma maior qualidade de vida aos seus habitantes.

4.2 Reflexões sobre a habitabilidade

Como visto nas teorias anteriores, tanto sobre a proxêmica quanto a urbanidade, os critérios para a definição de um consenso junto ao conceito de habitabilidade também são difusos e deixam margem para interpretações e aplicações.

A habitabilidade é um conceito multidimensional e hierárquico que consiste em diversos critérios e subcritérios, podendo ser avaliado de diferentes maneiras (Khorrami et al, 2020).

De acordo com Ghasemi et al. (2018), a definição de habitabilidade é influenciada por fatores culturais e temporais, uma vez que o conceito é relativo e seu significado exato depende do local, momento e objetivo da avaliação, bem como dos valores do avaliador. O alcance da habitabilidade pode ser amplo ou restrito, dependendo do contexto, e estudos, organizações e autoridades em diferentes partes do mundo apresentam suas próprias definições do conceito.

O surgimento e o desenvolvimento de discussões sobre habitabilidade representam uma espécie de práxis, o processo pelo qual a teoria e a concepção são promulgadas e estabelecidas enquanto são transformadas pela prática. A este respeito, os primeiros estudos sobre ambiente e comportamento estabeleceram um quadro inicial para futuras pesquisas sobre habitabilidade sem um foco explícito (normativo) na questão (Çaliskan e Sevik, 2022).

Michelson (1970) foi pioneiro na visão sociológica sobre a relação entre a forma das cidades e a vida social no que diz respeito às dimensões do estilo de vida, estágio do ciclo de vida, status social e personalidade. Ele argumentou que

os valores culturais de diferentes grupos socioeconômicos transformam frequentemente o tipo e a utilização dos espaços urbanos (p. 194).

No entanto, aqueles componentes urbanos que podem ser manipulados positivamente não devem ser negligenciados. Para influenciar a habitabilidade urbana com sucesso, geógrafos e planejadores devem primeiro reconhecer a subjetividade do ambiente objetivo (Pacione, 1990).

Segundo Zimmerman (1982), a relação recíproca entre ambiente e comportamento social leva à delimitação de subáreas na cidade. No processo, essas áreas são imbuídas de significado simbólico e se tornam uma parte tão real da cena urbana quanto as subáreas definidas por valores fundiários e outros critérios objetivos.

Apesar de haver variação no escopo e conteúdo dos indicadores de habitabilidade urbana entre diferentes projetos (Onnom et al., 2018), de maneira geral, pesquisadores defendem que esses indicadores individuais devem apresentar características como simplicidade, eficácia, sensibilidade a mudanças, mensurabilidade e verificabilidade (preferencialmente seguindo padrões).

Khorrami et al (2020) consideram que a habitabilidade é uma questão nova e complexa na saúde ambiental, e ainda não há um método completo ou amplamente aceito para sua avaliação, nem consenso sobre seus indicadores efetivos, mas que é possível delinear os principais indicadores e metodologias que as pesquisas relativas ao assunto têm utilizado.

O objetivo do levantamento bibliográfico foi o de gerar um arcabouço teórico e do estado da arte sobre a temática e da aplicação destas teorias em metodologias aplicáveis de planejamento e projeto urbano.

Além disso, busca-se também observar quais métricas e fatores podem auxiliar no desenvolvimento de ferramentas que utilizem de dados e análises por recursos computacionais, para combinarem a perspectiva conceitual teórica com um *framework* metodológico.

5. CIDADES, COMPLEXIDADE E SISTEMAS

Um dos grandes desafios da ciência e prática do urbanismo contemporâneo é o da natureza complexa das cidades. É de conhecimento geral que existe uma série de razões para uma preocupação com a saúde das cidades e por consequência da sua habitabilidade. Projeções da Organização das Nações Unidas (ONU) estimam que cerca de 66% da população mundial até 2050 viverá em cidades. Serão 2,5 bilhões de novos habitantes somados no constante processo de urbanização, em busca de melhores condições de vida, oportunidades de trabalho entre outras razões, o que sobrecarrega a infraestrutura como um todo. Acesso a serviços universais como saúde, transporte, educação, espaços verdes, lazer, cultura são alguns elementos que caracterizam espaços de qualidade e consequentemente a melhoria na vida de seus usuários.

As múltiplas camadas que formam o tecido urbano se sobrepõem e exigem demandas que se intercalam, e com frequência se contradizem quanto aos interesses ou de uma solução possível que consiga resolver todos os aspectos envolvidos. Mobilidade, adensamento e desenvolvimento, habitação e desigualdade social, saneamento e gerenciamento de resíduos, enchentes e direcionamento de recursos são pontos principais dos problemas ligados a gestão e ao planejamento.

Segundo Portugali (2000) cidades são exemplos típicos de sistemas complexos e auto-organizados. A sua origem, e desenvolvimento constante, é fruto das interações entre muitos agentes que se instalam e se movem no espaço-tempo. Esses agentes são motivados por uma variedade de forças que vão desde capacidades e necessidades cognitivas até considerações econômicas, ambições políticas, etc., sem geralmente a necessidade de nenhuma força de planejamento central que afete seu comportamento (Batty, 2009).

Porém, em um primeiro momento o entendimento dos fenômenos urbanos era regido por um pensamento de relativa simplicidade, em uma lógica associada de causa e efeito (Jacobs, 2011, p. 483-486).

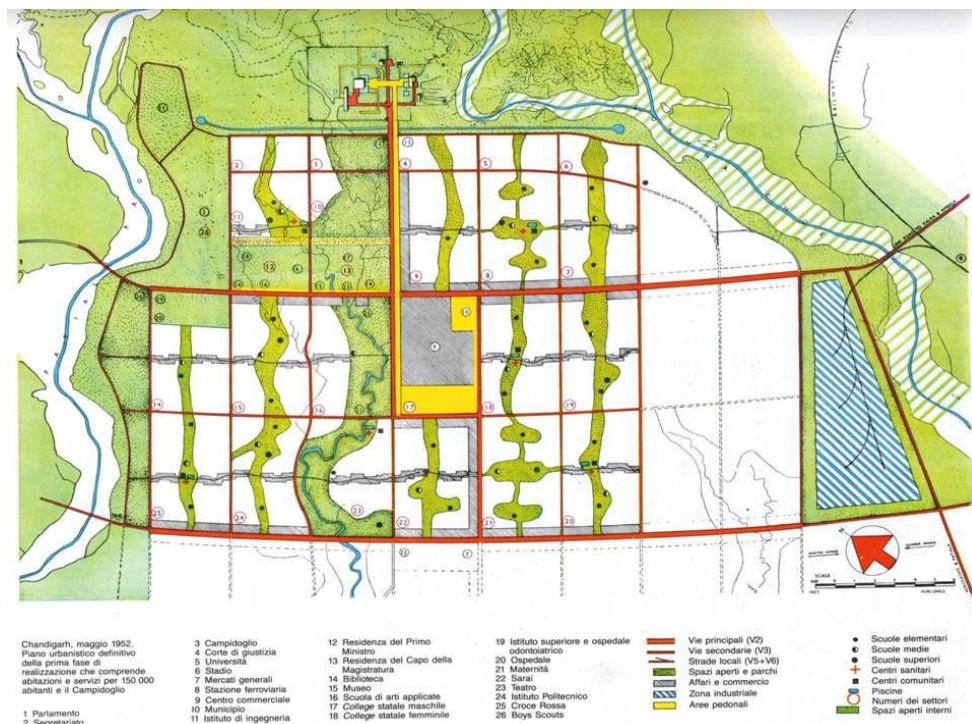
Parte desta visão simplificada de entendimento da cidade é a sua analogia ao ser comparada com uma máquina, porque ambas são compostas por muitos componentes diferentes que trabalham juntos para atingir um objetivo. Assim como uma máquina tem peças específicas que funcionam juntas para realizar uma tarefa, as cidades têm edifícios, transporte, infraestrutura e outras partes que funcionam juntas para proporcionar uma vida urbana. Além disso, defendia-se que assim como as máquinas podem ser ajustadas e atualizadas para melhorar sua eficiência e desempenho, as cidades também podem ser planejadas e desenvolvidas para melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes (Rabite, 2023).

A ideia de uma cidade-máquina que pudesse desempenhar suas funções e ser um motor de crescimento, foi de encontro ao interesse de proprietários de terras e da promoção do crescimento da cidade pelos governos locais, buscando traçar o papel da coalização entre esses agentes nestas transformações (Molotch, 1976).

Com o tempo, mudanças profundas na configuração das cidades foram feitas para adaptarem os núcleos urbanos às demandas que surgiam da sociedade industrial no século XIX. Da Silva (2014) complementa ao afirmar que a máquina urbana de crescimento é nada mais que uma máquina ideológica, ligada a agentes que administram a cidade e buscam impulsionar determinados nichos de desenvolvimentos através de “lugares da cidade”. O crescimento dessa máquina exigiu um esforço concentrado de ordenação do espaço urbano que acompanhasse o processo de industrialização, com um sistema de cidade que abrigasse fábricas e sua distribuição por vetores: redes de transporte, comércio, consumo e comunicação.

Assim durante grande parte do século XX era majoritária a perspectiva da cidade vista como um sistema mecânico, em que o planejamento urbano seria o responsável por “azeitar” a máquina afim de manter seu funcionamento e sua hipotética modernização (Rabite 2023). Um dos principais recursos utilizados pelos planos urbanos desse período foram a formulação dos zoneamentos e divisão da cidade em setores específicos como trabalho, moradia e lazer, como praticado nos planos Voisin e Chandigarh por Le Corbusier (Figura 4), e em Brasília com Lúcio Costa e Oscar Niemeyer.

Figura 9: Plano urbano de Chandigarh de Le Corbusier.



Disponível em: <https://arquiscopio.com/archivo/2012/06/10/plan-para-la-ciudad-de-chandigarh/?lang=pt> . Acesso em: 07 mai. 2022.

Já no século XXI, com a consolidação da chamada terceira fase de modernização (Ascher, 2010), potencializadas principalmente pelas tecnologias da informação e comunicação que trazem novas relações de trabalho e estrutura social (Castells, 2007), vão gerar tantas transformações na organização do sistema urbano que a utilização da máquina como metáfora passa a ficar incipiente frente a complexidade presente. Com o progresso dos recursos de comunicação, tecnologia e a profusão do capitalismo em escala global, as cidades passaram não mais a serem compreendidas como entidades isoladas, mas pertencentes a uma rede que tem tantas interligações dentro de sua própria estrutura quanto com outras cidades em diversas escalas geográficas, econômicas e culturais. Os eventos e fenômenos passam não a serem fruto de especificidades locais e concentradas, mas geram impactos diversos em cada um dos componentes dessa rede (Harvey, 2006).

Neste processo, se os sistemas urbanos fazem cada vez mais com que seus usuários se tornem dependentes de sua estrutura, é debatido que a sua organização passe a cada vez mais ser incompatível com técnicas tradicionais

de gerenciamento e planejamento. Conseqüentemente, explicações reducionistas não são mais adequadas, que partem de planos unilaterais e serem aplicados mecanicamente para garantir o sucesso em qualquer eventualidade.

Um dos pontos levantados pelo uso das abordagens tradicionais de planejamento é a negligência do fator tempo, com as soluções sendo adotadas de maneira imediata e prescritiva, não objetivando um método que busque correlacionar múltiplos saberes, técnicas, dados, e que passam a contar o usuário como parte colaborativa deste sistema, sem acrescentar restrições orçamentárias ou da tomada de decisões imediatas.

Sempre que o tempo do cotidiano não for levado em consideração, os espaços não serão adequadamente apropriados. Malard (2005), complementa ao dizer que a organização do tempo cotidiano não só afeta, mas de fato controla as especializações, permitindo ou impedindo que elas ocorram. Assim, tempo/espaço/eventos possuem grande ligação e não podem ser avaliados separadamente quando se projeta o ambiente construído. Malard (*op cit*), afirma não parecer apropriado em se falar em projeto do urbano, pois isso nos levaria a uma antecipação de um complexo sistema de relações. Essa antecipação haveria de ser —necessariamente — uma simulação, um modelo (no sentido matemático do termo), uma teoria. Jamais um projeto nos moldes em que são feitos os projetos arquitetônicos ou urbanísticos.

Portas (2007), alega que a opção de uma metodologia em que os projetos urbanos são sensíveis ao fator em tempo em alternativa à total definição de todo o projeto a desenvolver é preferível a um processo por etapas ou passos que possibilitem uma maior proximidade do projeto com a realidade ao longo do tempo, e a “liberdade de interpretações posteriores, visto que os conjuntos urbanos são realizados variando autores, culturas, tipologias e técnicas” (Portas, 2007, p.31).

Outro ponto de atenção quanto a este cenário complexo encontrado na maioria dos projetos urbanos é que, como o processo de projeto deve ser (idealmente) argumentativo, colaborativo e inclusivo para alcançar a sua viabilidade, o mesmo deve estar aberto a alterações como resultados das muitas idas e vindas provenientes das negociações. Isso faz com que o processo se mantenha aberto a conversação e a alterações pelo maior tempo possível, já

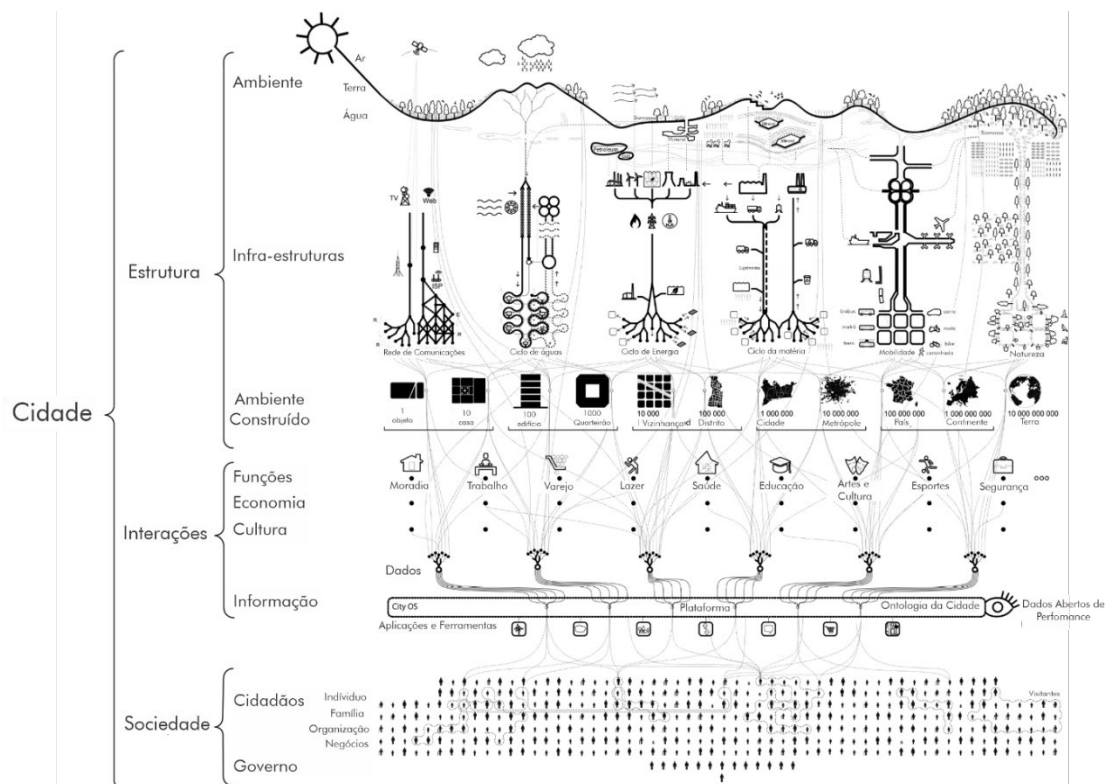
que pode ser muito oneroso em para orçamentos e cronogramas a mudança de projetos que chegaram a estágios avançados de execução. Dadas estas condições de grande volatilidade para muitas das intervenções de design urbano atual, as críticas ao planejamento urbano e os seus instrumentos já consolidados tem crescido.

Para Lefebvre (1996), a especialização das ciências tornou as respostas cada vez mais segmentadas, e dentro do urbanismo isso se torna axiomático quando diversas questões são tratadas de forma individual por diferentes agentes como se uma mesma resposta não fosse capaz de solucionar mais de uma delas sobrepondo os esforços e aumentando o grau de dificuldade e distanciamento da gestão do espaço urbano.

Dessa maneira, entende-se que as profissões envolvidas bem como as políticas adotadas no planejamento do ambiente construído continuam em grande parte operando dentro de seus silos disciplinares. Planejamento, arquitetura, engenharias: transporte, água, energia, desenvolvimento comercial, design urbano, serviços comunitários e muito mais são tratados de formas relativamente isoladas. As conexões entre eles são examinadas apenas quando se torna necessário/conveniente, ou quando exigido por lei. Como resultado, nossas cidades são um legado de soluções incrementais, tomadas de decisão fragmentadas e prioridades urbanas concorrentes.

Segundo Pangaroo (2017), o assunto se torna mais profundo, uma vez que não apenas objetos, seres humanos ou máquinas fazem parte da 'equação', mas também os seus relacionamentos, sistemas, infraestrutura e interações, como ilustrado na imagem 10.

Figura 10: City Anatomy: Adaptado de Guallart et al (2017).



Disponível em: <http://www.urbanization.org/project.html?project=2>. Acesso em: 12 abr. 2021

Sendo então os sistemas sociotécnicos, como é o caso das cidades (Vespignani, 2009), e dada a complexidade que limita a sua previsibilidade, não apenas as interações entre os componentes dos sistemas urbanos geram informações novas, mas os agentes que atuam nas cidades mudam o ambiente para o resto dos agentes.

Se as cidades outrora eram artefatos passíveis de projeção e prescrição, passam com o tempo cada vez mais a serem compreendidas como sistemas dinâmicos, cooperativos e competitivos, semelhantes a organismos biológicos (Batty, 1971), com novas teorias e novos planejamentos que visam suplantar as necessidades provocadas pelas propriedades emergentes dessas situações de imprevisibilidade e de sua natureza complexa.

Todas essas questões representam elementos complexos que exigem uma abordagem que negocie as aparentes dicotomias, ao invés de apresentá-las como polarizadoras. Isso é especialmente relevante quando se considera contrastes aparentes, como a urbanização planejada em contraposição à

informal, o crescimento de cima para baixo (top-down) e de baixo para cima (bottom-up). Em vez de adotar uma visão polarizada desses aspectos, é necessário buscar uma abordagem que integre diferentes perspectivas e promova a colaboração entre elas. As ciências que versam sobre a complexidade expandem a estrutura reducionista, não apenas entendendo as partes que contribuem para o todo, mas também entendendo como cada parte interage com todas as outras partes e emerge em uma nova entidade, objetivando assim uma compreensão mais abrangente e completa do todo.

Portanto, se as técnicas tradicionais não conseguem lidar com as dinâmicas das cidades contemporâneas, como podemos regulá-las? Essa pergunta gera limitações que vão além da falta de um método geral para a resolução destes problemas.

Desenvolver maneiras melhores de compreender é fundamental para entender a natureza de problemas urbanos complexos e o 'espaço' em que os resultados desejados podem ser alcançados.

Surge assim uma demanda por novos métodos de planejamento urbanístico, que possam ser mais dinâmicos e fornecer análises e proposições de forma mais aberta e permeável que incorporem a colaboração de outras teorias e também de outros agentes, como os usuários da cidade, teorias e incorporação de novas tecnologias.

6. CIBERNÉTICA E PLANEJAMENTO URBANO

Ao considerarmos que as cidades se tornam cada vez mais dinâmicas e complexas, mas ao mesmo tempo abertas para alterações futuras, os instrumentos de operação e regulamentação tradicionais do desenvolvimento urbano, como por exemplo planos diretores começam a ser debatidos e confrontados por sua estrutura rígida. Estes planejamentos tradicionais são muito inflexíveis em promover respostas necessárias que acompanhem o ritmo das mudanças e também na imprevisibilidade de apontá-las, em que o fator tempo e a participação democrática dos usuários não são devidamente consideradas.

Portas (2007) coloca as problemáticas envolvidas com as metodologias e instrumentos tradicionais de desenho de cidades como “cidade de uma só peça”, por serem propostas que apresentam logo em início, todos os elementos desenhados e definidos, fechando e inviabilizando possíveis mudanças e transformações no espaço, desconsiderando o fator tempo, como mencionado anteriormente. Para Verebes (2013), os novos instrumentos de planejamento urbano e design devem-se concentrar em lidar com a dinâmica do desenvolvimento da cidade em que as soluções não devem privilegiar uma solução determinada (por exemplo somente planos diretores), mas sim projetar seu sistema de controle e permitir que a solução evolua gradualmente ao longo do tempo ou situação.

Com a clara incerteza e desafios colocados, cresce uma busca por soluções visando “organismos” mais abertos e suscetíveis a adaptabilidade do sistema, que sejam capazes de incorporar novos agentes, sejam eles instrumentais ou de ação participativa. Um sistema dinâmico e multifacetado que engloba inúmeros artefatos e processos materiais, espaciais, culturais e sociais (Verebes, 2013).

Para uma melhor leitura das cidades, precisamos entender, segundo Hillier (2012), o processo de emergência, e mais ainda a sua estrutura. Em um ambiente de constante mudança e com uma multiplicidade de opções e resultados, as cidades e o seu planejamento necessitam se orientar a novas abordagens.

Neste palco de complexidades e desafios teóricos e instrumentais, a cibernética é um campo de estudo transdisciplinar que envolve a análise e a compreensão dos sistemas de controle e comunicação em organismos vivos e máquinas (Rabite, 2021). Estudos sobre a cibernética fornecem direcionamentos ao controle e a comunicação de sistemas, e seu foco é centrado em processar a informação adquirida e responder a estas alterações.

A cibernética busca entender como os sistemas percebem, processam e respondem a informações e estímulos do ambiente. Ela envolve a aplicação de princípios matemáticos e de controle para modelar, simular e otimizar o comportamento de sistemas complexos, como a análise de cidades e a formulação de instrumentos.

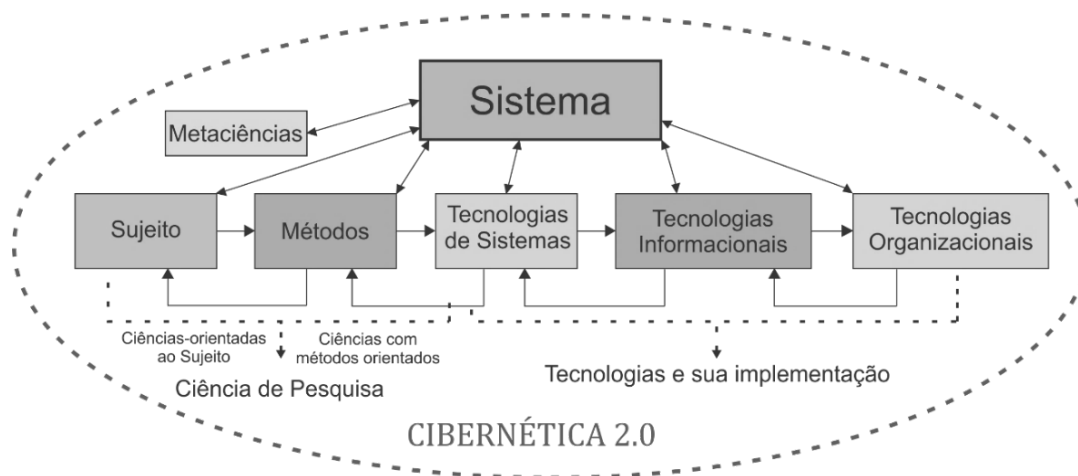
A definição pioneira da Cibernética foi elaborada pelo matemático alemão Norbert Wiener em seu livro *Cibernética* de 1945, e foi descrita como: “a ciência do controle no animal e na máquina”. O surgimento desta corrente teórico-científica ocorre no contexto histórico da Segunda Guerra Mundial, cenário o qual surge a Ciência Cibernética, que propunha estudar e elaborar mecanismos que possibilitassem o controle social, político, comunicacional e estratégico de sistemas que, através da comunicação, pudesse estabelecer conexões mundiais através de redes interligadas (Werner, 2017).

A cibernética foi influente no desenvolvimento de disciplinas como a inteligência artificial, a teoria dos sistemas e a teoria da informação. Ela proporcionou uma nova perspectiva para a compreensão dos sistemas e do comportamento complexo, destacando a importância dos processos de *feedback* e controle na adaptação e na regulação dos sistemas. A teoria cibernética teve impacto tanto na pesquisa científica quanto na aplicação prática em diversos campos, incluindo a engenharia, a biologia, a psicologia, a sociologia e a gestão organizacional (Heylighen e Joslyn, 2001).

A Cibernética não se configura como uma disciplina convencional e possui uma clara importância da subjetividade para sua realização. Tal constatação levou a uma rápida transformação dos conceitos estabelecidos inicialmente, e passou-se então, a incluir o observador como parte do sistema observado, e não meramente como um elemento externo (Von Foerster, 1991). Esta nova fase da cibernética é denominada como Cibernética de Segunda Ordem, e seus principais expoentes do campo foram: Heinz Von Foerster, Stafford Beer, Humberto Maturana, Francisco Varela e Gordon Pask.

A Cibernética de Segunda Ordem é mais tangente a estudos sociais aplicados, como é o caso da arquitetura e do urbanismo, trazendo questões sobre as relações de *feedback* e linearidade entre as partes, além de abranger teorias de sistemas emergentes e complexos, auxiliando as ciências orientadas ao sujeito e proposição de métodos, bem como na interface entre a implementação de tecnologias (Figura 011).

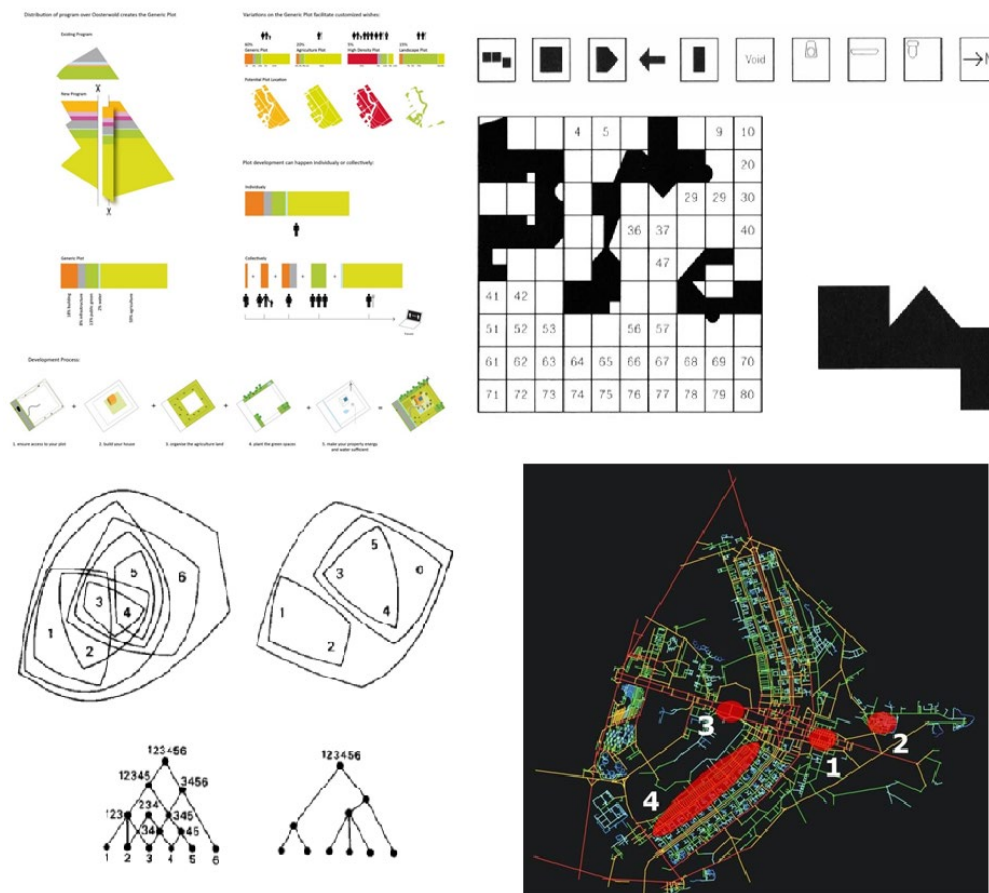
Figura 11: Cibernética 2.0. Cibernética, ciências e tecnologias.



Fonte: Rabite e Sousa 2020.

Ao longo do tempo, vários arquitetos e urbanistas têm procurado adotar abordagens sistemáticas no projeto e pensamento das cidades como sistemas abertos. Eles incorporam princípios de planejamento, tecnologia e participação/mediação em suas práticas (Rabite, 2020). Podendo citar como alguns desses: Sevtsuk (Análise de Redes Urbanas), Bill Hillier (Sintaxe Espacial), Koenig (Surveys urbanos), Batty (urbanismo emergente), Schumacher (urbanismo paramétrico), Frankhauser (fractais urbanos), Alexander (linguagem de padrões), o escritório MVRDV (Play Oosterworld), Friedman (cidade espacial e *flatwriter*) e outros exemplos, direta ou indiretamente, incorporam conceitos da cibernética em seus processos de projeto e construção. Eles utilizam recursos sistêmicos, matemáticos, empíricos e participativos com a intenção de tornar essas atividades mais científicas e abertas ao diálogo.

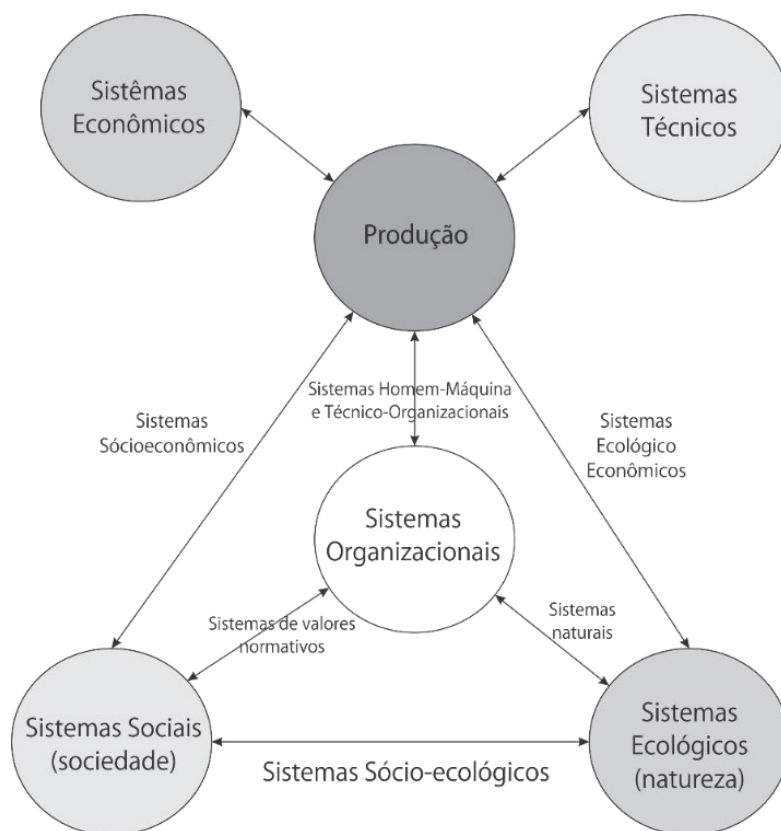
Figura 12: Em sentido horário – Flatwritwer (Friedman), Sintaxe Espacial (Hillier), Linguagem de Padrões (Alexander) e Play Oosterworld (MVRDV).



Fonte: Rabite e Sousa (2020).

A cibernética desempenha um papel importante na implementação de tecnologia em sistemas de design e planejamento por meio de sua abordagem interdisciplinar e foco na comunicação e controle de sistemas. A interação entre os vários sistemas (técnicas, econômicos, organizacionais, ecológicos e sociais) passa por uma compreensão que a cibernética auxilia a compreender. O fenômeno urbano, que é um fenômeno complexo, não pode ser compreendido parcialmente, sob uma ótica disciplinar ou multidisciplinar, mesmo que admita recortes disciplinares em diversas das suas manifestações. Com isso, cada vez é mais frequente a intersecção entre diferentes disciplinas e da conversação entre estes sistemas (Figura 13).

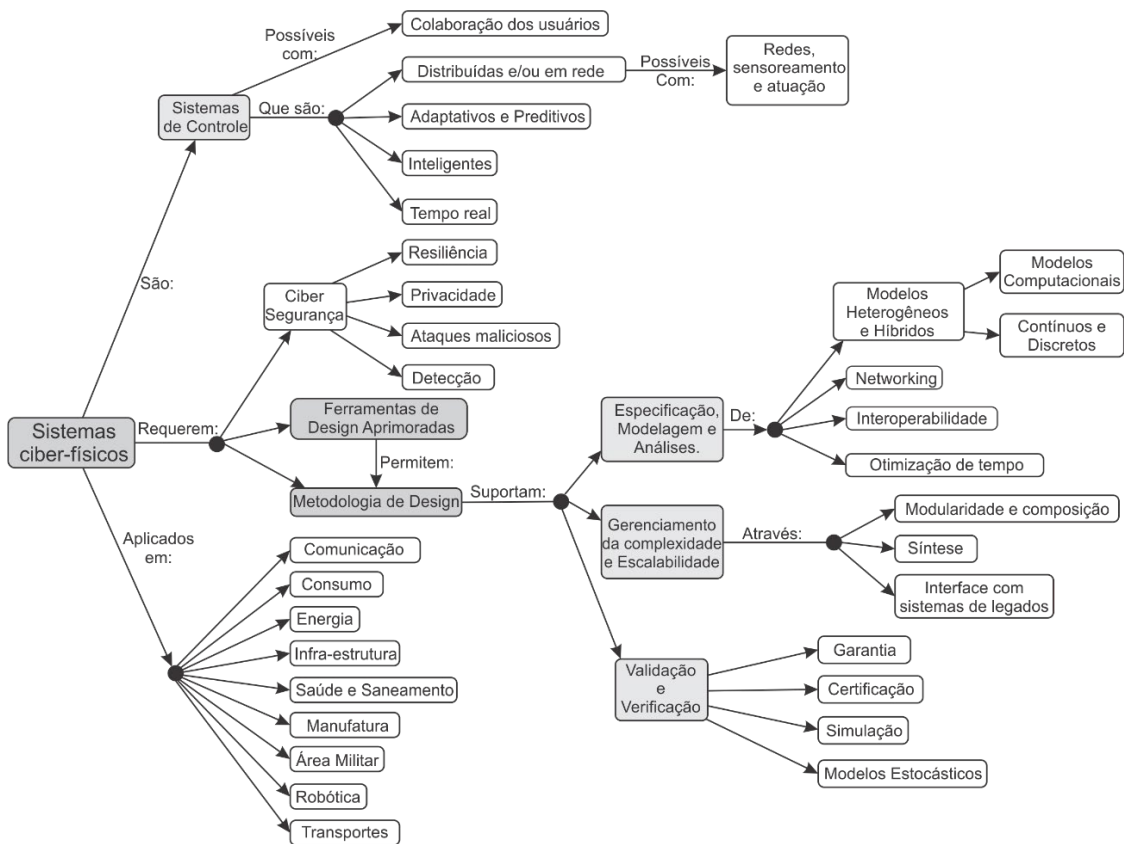
Figura 13: Sistemas de natureza interdisciplinar.



Fonte: Rabite 2021.

Os procedimentos metodológicos para a abordagem do fenômeno urbano são, portanto, de natureza completamente diversa daqueles adotados em projeto de arquitetura e urbanismo. Embora a sugestão de plataformas e metodologias mais abertas nem sempre garantam os resultados pretendidos, além da própria dificuldade de sua implementação, elas podem auxiliar na tomada de melhores decisões sobre incertezas futuras e senso de urgência. A figura 14 ilustra uma metodologia de design sobre sistemas cibernético-físicos e suas características.

Figura 14: Metodologia de design sobre sistemas cibernético-físicos.



Fonte: Rabite e Sousa 2020.

Há o reconhecimento da necessidade de melhores mecanismos que possibilitem uma melhor compreensão de ambientes complexos, como no caso das cidades. A prática tradicional de desenho urbano demonstra-se cada vez mais sobrecarregada para abordar problemas urbanos complexos, e o pensamento estruturado, pertinente a teoria cibernética pode colaborar para desenvolver ferramentas de apoio à decisão fomentando maneiras dialógicas de envolver o maior número de agentes para lidar com estes vários fatores (Portas, 2007; Gershenson et al, 2016).

Assim reflexão sobre o pensamento cibernético nos permite olhar criticamente o paradigma contemporâneo de planejamento urbano, em que a busca por sistemas e por controle ganha um interesse, na medida que se aumenta a quantidade de dados gerados e suas influências sobre o cotidiano das cidades (transporte, serviços, telecomunicações, bens de consumo), bem como a acessibilidade a informação e a dispositivos (Rabite, 2021). Tais

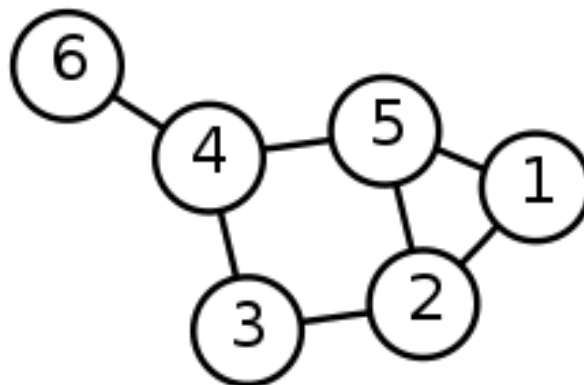
contribuições, tangem diretamente à relação da organização de sistemas, teorias e tecnologias.

Essa grande massa de dados e informações são utilizadas de maneira indiscutível para um planejamento e implementação de sistemas baseados em metodologias probabilísticas e prescritivas. Ao invés disso, a cibernética pode surgir como meio para que provoque uma cidade híbrida, onde o valor dessas tecnologias possa residir na formação da capacidade de facilitar e apoiar interações, formação de decisões mais bem embasadas. Uma mudança da probabilidade, e da prescrição, para a possibilidade e descrição.

7. TEORIA DOS GRAFOS E SINTAXE ESPACIAL

A teoria dos grafos é um ramo da matemática que lida com o estudo de grafos, que são estruturas matemáticas que representam as relações entre objetos, como visto na figura 15. Um grafo consiste em um conjunto de vértices (também conhecidos como nós) e um conjunto de arestas (também conhecidas como linhas/conexões) que conectam pares de vértices.

Figura 15: Desenho de um grafo.

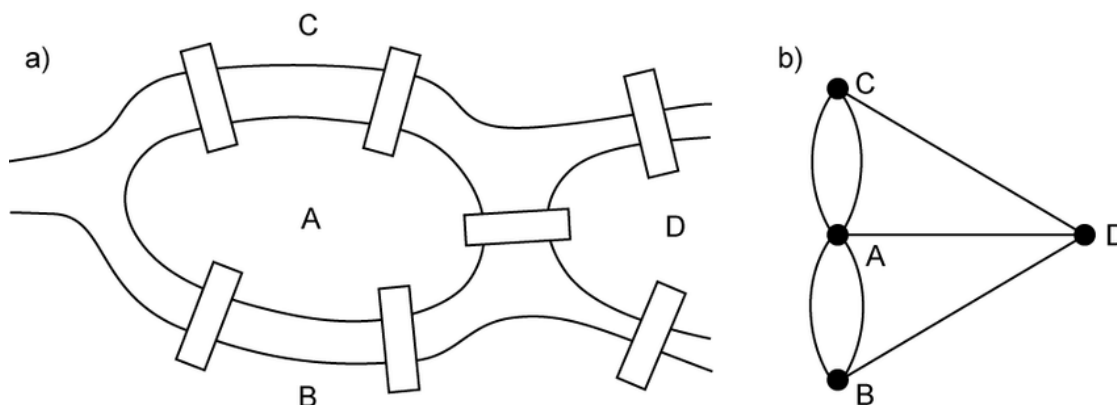


Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Graph_theory. Acesso realizado em: 07 de Julho de 2023.

Os grafos são usados para modelar e analisar vários tipos de relações e conexões, tornando a teoria dos grafos uma ferramenta utilizada em muitas áreas, que vão desde a ciência da computação, pesquisa operacional, análise de redes sociais e planejamento de transportes.

De acordo com Biggs et al (1986), o trabalho pioneiro de Leonhard Euler sobre o “Problema das Sete Pontes de Königsberg” (Figura 16), publicado em 1736, é amplamente reconhecido como o marco inicial da teoria dos grafos. A fórmula de Euler, que estabelece uma relação entre o número de arestas, vértices e faces de um poliedro convexo, foi investigada e generalizada por Cauchy (1813) e L'Huilier (1813), representando assim os primeiros passos do desenvolvimento do ramo matemático conhecido como topologia.

Figura 16: Desenho de um grafo com base nas Sete Pontes de Königsberg.



Fonte: BOGUSLAWSKI, 2011.

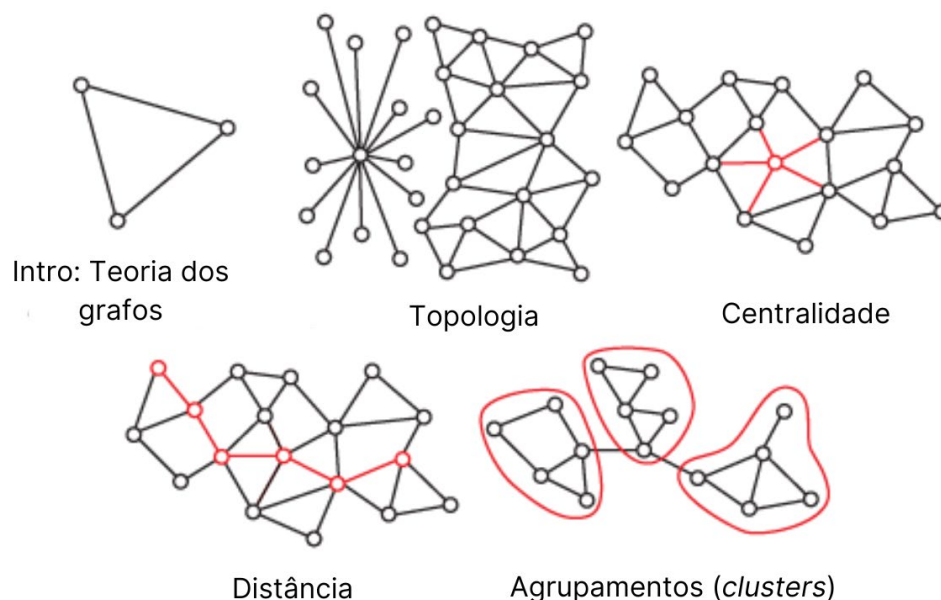
Na teoria dos grafos, os vértices representam entidades ou elementos, e as arestas representam as conexões ou relações entre eles. A teoria também inclui numerosos algoritmos e técnicas para analisar, manipular e resolver problemas relacionados a grafos, tornando-a uma ferramenta poderosa em várias áreas de estudo e pesquisa. O estudo dos grafos envolve a exploração de propriedades e características dos grafos, como conectividade, caminhos, ciclos, graus dos vértices e a estrutura geral do grafo.

Diversos estudos e algoritmos foram desenvolvidos a partir desta matriz teórica para elaboração de problemas de rota, análise de rede e complexidade e sistemas. Pode-se indicar como um dos mais reconhecidos no campo, o algoritmo proposto por Edsger W. Dijkstra cientista da computação, conhecido como algoritmo de Dijkstra (1959). Amplamente utilizado para encontrar os caminhos mais curtos entre nós em um grafo ponderado, podendo ser aplicado,

por exemplo, em redes de estradas. A versão original permitia encontrar o caminho mais curto entre dois nós específicos (Dijkstra, 1959). Contudo, a variante mais comumente utilizada fixa um nó como "nó de origem" e busca determinar os caminhos mais curtos entre esse nó de origem e todos os demais nós do grafo, gerando assim uma árvore de caminhos mais curtos.

A teoria dos grafos fornece um *framework* para compreender e resolver problemas relacionados a redes, otimização, agrupamento e muitas outras áreas que envolvem sistemas interconectados, como é o caso de cidades e núcleos urbanos (Figura 17).

Figura 17: Teoria dos grafos e alguns de seus conceitos.



Fonte: Adaptado de <https://encurtador.com.br/juZ89>. Acesso em: 17 de Julho de 2023.

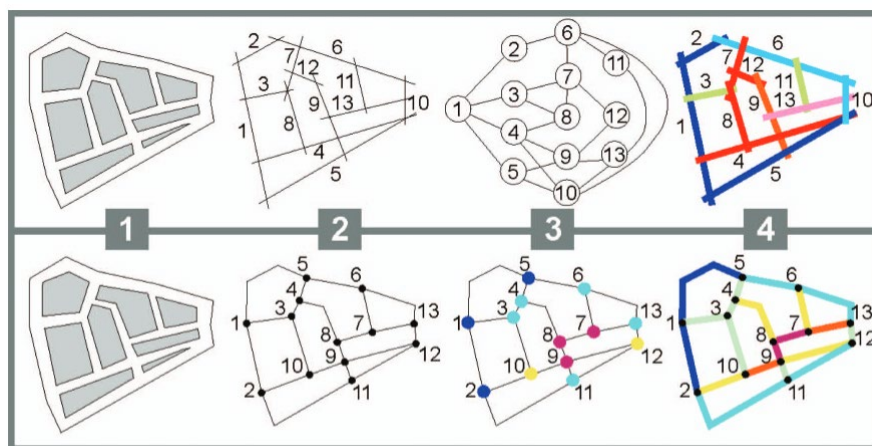
Segundo Dawes e Ostwald (2018), no final do século XX, inspirada pelas analogias linguísticas da época, a arquitetura incorporou conceitos como: "vocabulário", "sintaxe" e "gramática". O primeiro encapsula as unidades formais básicas de um edifício, o segundo se refere aos espaços delimitados por essas unidades, e o terceiro diz respeito às combinações de formas que criam a expressão arquitetônica como um todo. O último desses três elementos foi o

catalisador para a teoria da gramática da forma, enquanto o segundo, associado às propriedades sintáticas de um ambiente, levou à teoria da sintaxe espacial. A principal mudança de paradigma promovida pelas pesquisas sintáticas iniciais na arquitetura foi a sugestão de que o espaço poderia ser examinado independentemente da forma.

Essa percepção levou Hillier e Hanson (1984) a rejeitarem o interesse acadêmico predominante pela "geografia" da arquitetura - abrangendo sua dimensionalidade, orientação e localização - e a concentrarem-se, em vez disso, em sua "topologia". Embora o espaço possa ser vazio e invisível, ele possui propriedades topológicas que exercem uma influência significativa sobre a capacidade da arquitetura de desempenhar suas funções.

Segundo Dawes e Ostwald (2018), a técnica típica de sintaxe espacial envolve três estágios principais. O primeiro estágio consiste na abstração ou redução de diversas propriedades de um ambiente, comumente representadas em um plano arquitetônico ou urbano, para um conjunto de componentes diferenciados e suas conexões. Esses componentes conectados são então denominados "mapa", que, do ponto de vista matemático, é um grafo. O segundo estágio envolve a análise das propriedades topológicas desse mapa por meio da teoria dos grafos. Por fim, no estágio final, as medidas matemáticas obtidas no segundo estágio são utilizadas para analisar as propriedades sociais ou cognitivas do plano original a partir do qual o mapa foi gerado (Figura 18).

Figura 18: Passos básicos para a construção de uma análise por sintaxe espacial.



Fonte: Latora e Porta (2006).

Assim, a sintaxe espacial abrange uma série de técnicas que visam analisar os arranjos espaciais e os padrões de atividade humana em edifícios e áreas urbanas. Além disso, constitui um conjunto de teorias que estabelecem uma relação entre o espaço e a sociedade.

Segundo Chou (2022), a sintaxe espacial é composta por quatro componentes fundamentais, que são utilizados em todas as aplicações da sintaxe espacial.

- Representação do Espaço
- Análise de Relações Espaciais
- Modelos Interpretativos
- Teorias

O espaço representacional é caracterizado mediante a descrição de elementos espaciais que mantêm relação com o comportamento humano, assim como com as propriedades geométricas e configuracionais distintas das redes criadas por esses elementos. As redes viárias podem ser uma rede espacial contínua, feita a partir da malha de determinada localidade. Muitos espaços urbanos são lineares, tais como ruas, avenidas e becos e podem ser representados como linhas axiais e segmentos.

Segundo Hillier (1996), é necessário introduzir maior formalidade à definição de "configuração, que tal como a palavra "padrão" (do qual ele busca evitar, pois tende a ser interpretada como uma regularidade maior do que a encontrada na maioria dos arranjos espaciais), a configuração parece ser um conceito que se dirige ao todo de um complexo e não a suas partes isoladas. De forma intuitiva, a configuração parece envolver um conjunto de relações entre elementos interdependentes, inseridos em uma estrutura geral de algum tipo.

Ainda de acordo com as teorias da sintaxe espacial, as relações espaciais podem influenciar significativamente o comportamento humano. A configuração e o layout dos elementos espaciais em edifícios e áreas urbanas podem moldar como as pessoas se movem, interagem e percebem o ambiente ao seu redor. Pode-se elencar dentre as principais contribuições das teorias dos grafos e de análises configuracionais:

Acesso e Movimento: A configuração espacial de um local, como o arranjo de ruas, corredores e caminhos, pode determinar quão facilmente as

pessoas podem acessar áreas diferentes. Isso pode influenciar padrões de movimento, escolhas de orientação e a eficiência de deslocamentos dentro de um espaço. As relações espaciais podem impactar o fluxo de pedestres, escolhas de transporte e a mobilidade geral.

Visibilidade e Vigilância: A visibilidade e conectividade visual entre espaços podem afetar o comportamento humano. Espaços que oferecem linhas de visão claras e acesso visual tendem a promover sensações de segurança e incentivar interações sociais. Por outro lado, espaços com visibilidade limitada podem gerar sensação de isolamento ou riscos potenciais. Espaços bem conectados e bem iluminados tendem a ser percebidos como mais seguros, enquanto áreas mal projetadas ou mal conservadas podem evocar sensação de insegurança. A presença de vigilância natural e oportunidades de controle territorial pode aumentar a sensação de segurança.

Interações Sociais: O layout espacial pode facilitar ou dificultar as interações sociais. Espaços que naturalmente reúnem pessoas, como praças, pátios ou áreas de convivência, podem promover coesão social e engajamento comunitário. Por outro lado, configurações espaciais que segregam ou isolam indivíduos podem limitar os encontros sociais.

Apego ao Local: A configuração espacial e o design de um local podem contribuir para a formação do apego ao lugar, onde as pessoas desenvolvem conexões emocionais e um senso de pertencimento. Espaços de fácil orientação, visualmente atraentes e com forte identidade têm maior probabilidade de fomentar o apego ao lugar e incentivar as pessoas a passarem mais tempo e se envolverem com estes espaços.

Ao se tratar da elaboração dos grafos, segundo Hillier e Hanson (1984), uma linha axial é definida como a linha mais longa que representa a extensão axial máxima de qualquer ponto em linha reta. Um mapa axial (Figura 19), é o conjunto mínimo de linhas axiais que passam por cada espaço convexo. O princípio fundamental ao se desenhar um mapa axial é minimizar o número de linhas e mudanças angulares entre quaisquer pares de linhas.

Figura 19: Figura Fundo e mapa axial de Barnsbury, Londres.



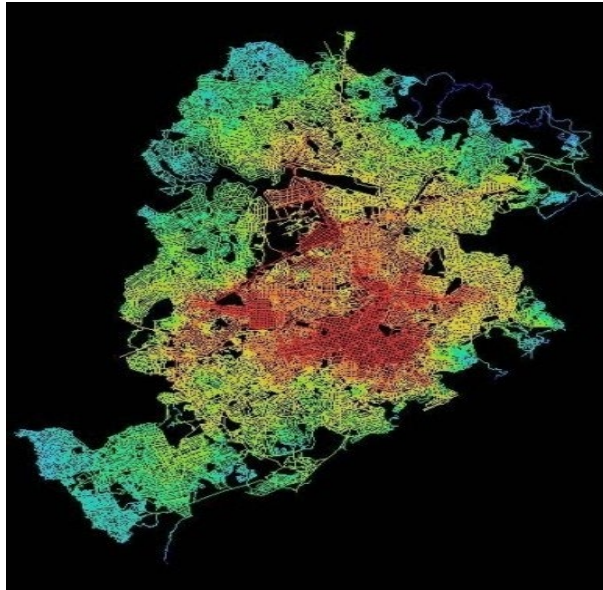
Disponível em: <https://www.spacesyntax.online/applying-space-syntax/urban-methods-2/representations-of-space/>. Acesso realizado em: 07 de Julho de 2023.

Segundo Hillier e Hanson (1984), uma linha axial é definida como a linha mais longa que representa a extensão axial máxima de qualquer ponto em linha reta. Um mapa axial (Figura 20), é o conjunto mínimo de linhas axiais que passam por cada espaço convexo. O princípio fundamental ao se desenhar um mapa axial é minimizar o número de linhas e mudanças angulares entre quaisquer pares de linhas.

A teoria dos grafos baseia-se na representação do espaço por meio da simbolização de elementos em linhas e nós, que se conectam para analisar parâmetros espaciais.

Um grafo é uma coleção de linhas e pontos, conectando a algum subconjunto deles. Na sintaxe espacial, os pontos de um grafo representam espaços (ruas, edificações, ambientes), e as linhas representam a interação entre os pares destes espaços (Hillier e Hanson, 1987). Os grafos podem ser aplicados tanto em estudos urbanos quanto dos ambientes de um edifício, como por exemplo visto na figura 20 do mapa axial da cidade de Belo Horizonte.

Figura 20: Mapa axial de Belo Horizonte.

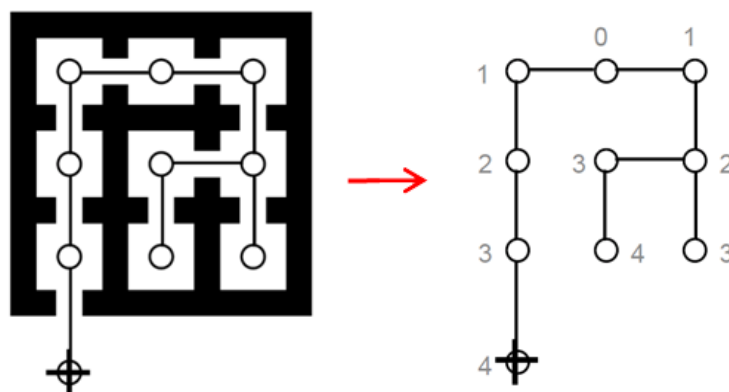


Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/15.172/5299>.

Acesso realizado em: 07 de Julho de 2023.

O *layout* de uma residência por exemplo, pode ser representada por um grafo onde cada cômodo é indicado como um círculo e as relações de acesso entre os ambientes como linhas/conexões (Chou, 2022), como ilustrado na figura 21.

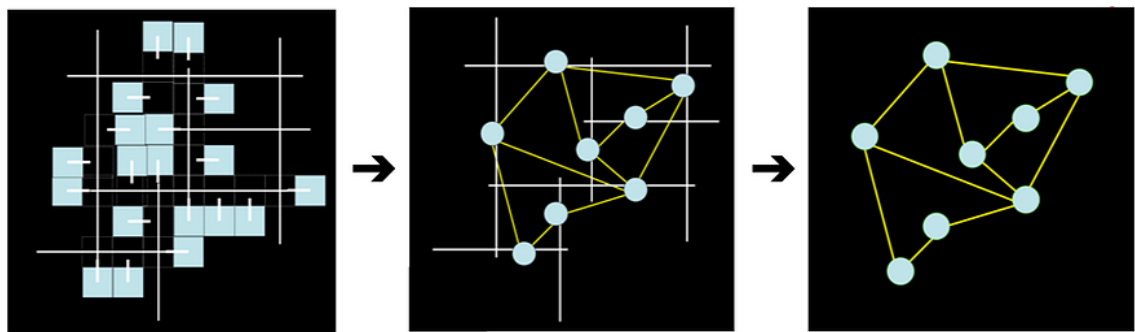
Figura 21: Grafo de uma residência indicando a relação entre cômodos e seus acessos.



Disponível em: <https://medium.com/data-mining-the-city-2022/space-syntax-urban-network-spatial-relations-7679de91beb>. Acesso realizado em: 07 de Julho de 2023.

Um exemplo adicional pode ser ilustrado por uma localidade hipotética. As vias urbanas são representadas como círculos, enquanto as interseções entre as vias são representadas por meio de linhas/conexões. Essa abordagem difere da representação convencional de uma rede viária na modelagem de transporte, em que as interseções das vias são identificadas como círculos e as vias como linhas, caracterizando-se como uma forma alternativa de representação conhecida como “grafo inverso”.

Figura 22: Figura Fundo e mapa axial de Barnsbury, Londres.



Disponível em: <https://www.spacesyntax.online/applying-space-syntax/urban-methods-2/representations-of-space/>. Acesso realizado em: 07 de Julho de 2023.

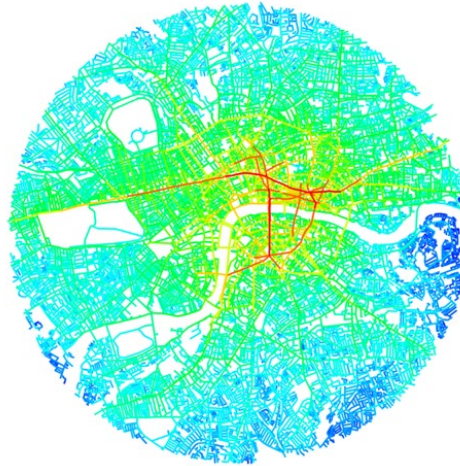
Dentre as principais diretrizes na medição das relações espaciais é o conceito de profundidade, que é representado pela distância entre qualquer par de elementos espaciais. As três principais na teoria dos grafos são:

- Distância Topológica: número de curvas necessárias para ir de um espaço a outro.
- Distância Angular: a mudança angular de um espaço para outro.
- Distância Métrica: distância euclidiana em metros de um espaço a outro.

A partir destes três principais tipos de distâncias e de suas relações é possível analisar diferentes padrões espaciais oriundos de sua configuração e geralmente conhecidos como medidas sintáticas. Uma destas principais medidas sintáticas é a integração, ou proximidade matemática. Ela indica o quão próximo ou acessível cada elemento espacial está em relação a todos os outros,

sob cada uma das definições de distância, a figura 382 demonstra como a integração pode ser usada para acessar o potencial espacial de um lugar como destino de movimentos.

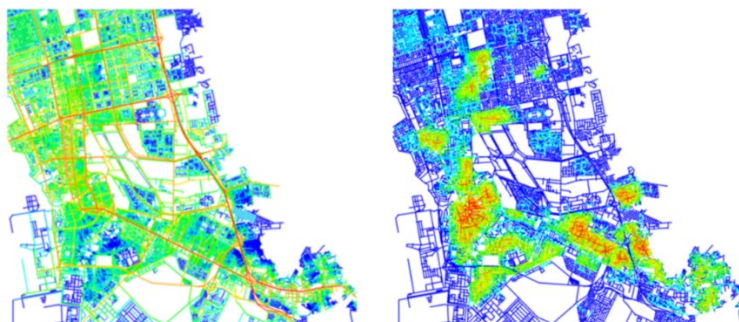
Figura 23: Mapa de padrões de integração da cidade de Londres.



Disponível em: <https://www.spacesyntax.online/applying-space-syntax/urban-methods-2/representations-of-space/>. Acesso realizado em: 08 de Julho de 2023.

Outra propriedade espacial das medidas sintáticas é o conceito de raio em diferentes escalas, para servir como uma ferramenta para selecionar subsistemas que podem ser analisados em torno de um espaço específico, seja por movimento de pedestres ou automóveis. É possível selecionar todos os espaços no raio desejado ou a partir de um ponto específico.

Figura 24: A esquerda Análise de Padrões de Escolha em escala Global.
A direita mapa de padrões de escolha em escala Local.



Disponível em: <https://www.spacesyntax.online/applying-space-syntax/urban-methods-2/representations-of-space/>. Acesso realizado em: 08 de Julho de 2023.

Consequentemente, é possível de um conjunto de métricas para avaliar a configuração espacial, com variações em termos de diferentes tipos de distâncias e/ou raios. Essas abordagens tem o potencial de gerar um extenso conjunto de medidas sintáticas viáveis (Chou, 2022).

Outras métricas sintáticas englobam a conectividade, profundidade total, entropia, intensidade, entre outras. Essas métricas têm sido corroboradas e validadas por um extenso conjunto de estudos, ferramentas e aplicações práticas. Portanto, modelos espaciais são desenvolvidos para analisar, descrever, explicar e prever diferentes tipos de fenômenos espaciais e socioeconômicos, como ilustrados na figura 25.

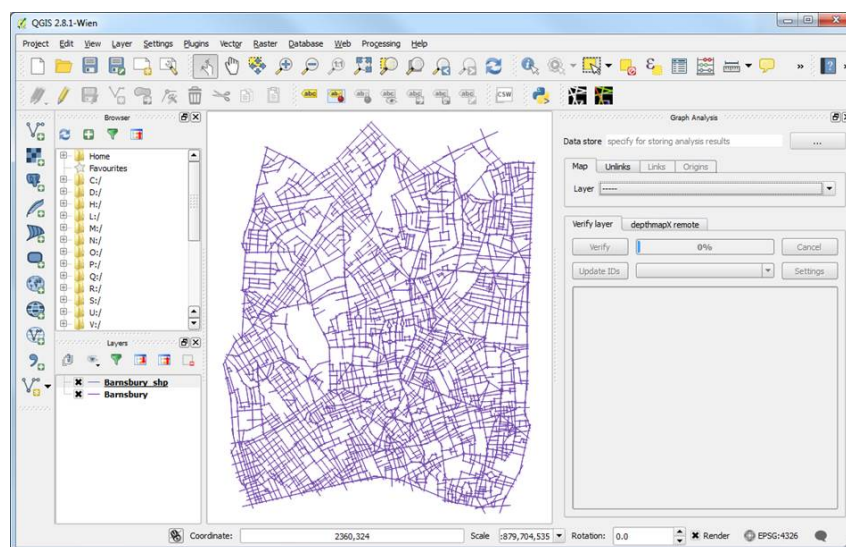
Figura 25: Modelos obtidos de atividades espaciais.



Disponível em: <https://www.spacesyntax.online/applying-space-syntax/urban-methods-2/representations-of-space/>. Acesso realizado em: 08 de Julho de 2023.

Um dos grandes desafios relacionados a sintaxe espacial, além da integração com outras abordagens e disciplinas, que agem expandindo seu escopo e escala de investigação, é a aplicação em projetos e desenvolvimentos feitos de fato. Outro ponto de consideração é a integração das teorias com tecnologias como elemento fundamental para o seu desenvolvimento e divulgação. Dentre as principais ferramentas para a Sintaxe Espacial destaca-se o *depthmapX* e *qqGIS Space Syntax Toolkit* (Figura 301), mas há várias outras ferramentas em várias outras plataformas também que partem de uma lógica comum.

Figura 26: Interface do software qqGIS Space Syntax.



Disponível em: <https://www.spacesyntax.online/software-and-manuals/space-syntax-toolkit-2/getting-started-on-qgis-space-syntax-toolkit/> Acesso realizado em: 08 de Julho de 2023.

Apesar da sintaxe espacial e da teoria dos grafos compartilharem uma base matemática comum, ao longo do tempo, as preocupações e métodos adotados nas duas áreas divergiram significativamente (Dawes E Ostwald, 2018). Enquanto a pesquisa no campo da ciência da computação se concentrou no desenvolvimento de algoritmos mais sofisticados para modelar grafos complexos, na área da arquitetura, o foco tem sido principalmente a avaliação da utilidade de diferentes medidas de grafo. Nesse sentido, os estudiosos da arquitetura têm buscado estabelecer evidências empíricas que estabeleçam uma relação entre certos valores da teoria dos grafos e as observações do

comportamento humano. Além disso, eles têm adotado abordagens para relativizar essas medidas de grafo em relação a dados de referência que são considerados representativos de propriedades arquitetônicas específicas. Como resultado, várias das medidas matemáticas essenciais desenvolvidas para a análise de sintaxe espacial não possuem equivalente direto na teoria dos grafos convencional ou não seriam aplicáveis fora do contexto da análise arquitetônica.

Um dos principais questionamentos feitos é o do que a sintaxe espacial pode acrescentar para estudos do ambiente construído. Entendendo-se que os métodos e teorias empregados oferecem uma gama de recursos para medir as alterações espaciais no espaço, independentemente de situações relacionadas ao contexto e de aspectos culturais intrinsecamente entrelaçados. No recorte dessas limitações, embora grandes contribuições podem ser geradas a partir das métricas obtidas, ela não pode analisar o caráter do lugar nem a esfera e significado simbólico da forma construída (van Nes e Yamu, 2018).

Portanto, ainda de acordo com (van Nes e Yamu, *op cit*) a sintaxe espacial pode lidar com a estrutura do lugar, se não com o caráter do lugar. Análises deste último fator exigem uma compreensão genuína nas tradições culturais de uma sociedade, em um recorte temporal maior.

Se o objetivo é criar uma teoria arquitetônica e urbana abrangente, na qual todos os tipos de aspectos relacionados à forma como os seres humanos existem em seu ambiente de vida sejam considerados, a sintaxe espacial é um ingrediente essencial para fornecer uma compreensão da vitalidade do lugar.

Embora Norberg-Schulz (1967, p. 202) tenha expressado críticas às abordagens quantitativas no estudo do ambiente construído, a aplicação da sintaxe espacial pode agregar valor ao oferecer evidências sobre como certos elementos espaciais no ambiente construído contribuem para a criação de lugares vivos ou tranquilos. Ao adotar uma abordagem qualitativa, é importante compreender como as intenções humanas, relacionadas ao comportamento e às escolhas, desempenham um papel na formação do caráter de um lugar.

Para van Nes e Yamu (2018) os resultados provenientes de experimentos realizados nesse campo de estudo têm contribuído de forma significativa para o desenvolvimento de teorias e para a obtenção de uma compreensão mais aprofundada sobre como as cidades são construídas espacialmente, considerando o impacto das atividades sociais nesse processo. Além disso, tem

sido observado que o espaço urbano desempenha um papel fundamental como um gerador de poder em relação às atividades sociais. O método da sintaxe espacial possui uma ampla aplicabilidade em diversas escalas e níveis de pesquisa no contexto dos ambientes construídos, abarcando desde o estudo do espaço arquitetônico até a análise de níveis metropolitanos. Desse modo, esse método tem se mostrado uma ferramenta valiosa para a comparação de mudanças espaciais ao longo do tempo.

Em suma, as análises de grafos, e a teoria da sintaxe espacial enfatizam em como a disposição espacial e a relação entre os muitos elementos no ambiente construído podem contribuir para o comportamento dos agentes, padrões de movimento, fomentar interações sociais e a experiência geral de um espaço. O planejamento urbano é favorecido, ao propor um partido centrado nas pessoas, em ambientes funcionais e inclusivos. Teorias que abordam as relações entre os padrões espaciais e sociais são estabelecidas com o objetivo de investigar se, e como o espaço é internalizado nos processos socioeconômicos que contribuem para a formação do ambiente construído. Essa abordagem ocorre em duas frentes distintas (Chou, 2022), (Hillier, 2015). Em primeiro lugar, as teorias são utilizadas para identificar semelhanças nos padrões de modelos em diferentes contextos funcionais e culturais. Um exemplo notável é a teoria da cidade genérica. Em segundo lugar, as teorias recorrem às ferramentas fornecidas pela sintaxe espacial para examinar as implicações das diferentes formas de implantação e modelagem dos objetos no espaço sobre os padrões espaciais resultantes.

Ressalta-se que esta tese utiliza de metodologias que tiveram parte ou princípios vinculados a sintaxe espacial e métricas derivadas das análises configuracionais de espaço como relatado em capítulos seguintes. Desse modo, esta seção evidencia as influências oriundas de tais teorias, sua importância e desdobramentos para o estudo das cidades, seus espaços e o comportamento de seus agentes.

8. NOVAS FERRAMENTAS E A TECNOLOGIA

Ao se desenhar as cidades como entidades em que organizações políticas, econômicas e sociais interagem de maneira diferenciada com sua infraestrutura, serviços e espaços, verifica-se uma complexidade intrínseca nos sistemas urbanos, os quais são suscetíveis a diversas variáveis que podem influenciar sua organização.

Como visto no capítulo acima, ao longo do tempo vários arquitetos e teóricos urbanos como Jane Jacobs (1961), Michael Batty (1971), Christopher Alexander (1977), Christian Norberg Schulz (1980), Bill Hillier (1984), Pierre Frankhauser (1994) e Jan Gehl (2010), propuseram formas de se analisar as características espaciais relacionadas a aspectos sociais, geográficos, paisagísticos, simbólicos e de desenho, com alguns destes inclusive propondo uma sistematização dessas relações.

O desenvolvimento de ferramentas e métodos computacionais incorpora parte dessas teorias e agrega novas interpretações, principalmente na formação de parâmetros.

Em um ambiente de constante mudança e com uma multiplicidade de opções e resultados, as cidades e o seu planejamento necessitam se orientar à novas abordagens. Se o planejamento modernista buscava padronização e ordenamento decompondo o ambiente construído em índices parcelados, as ferramentas digitais operam em paradigmas diferentes.

A tecnologia, impulsionada por um vasto conjunto de dados em constante expansão, está emergindo como um agente transformador nesse contexto complexo, no qual as condições nem sempre são controláveis. Diante da incerteza que caracteriza o campo do planejamento urbano, juntamente com os desafios técnicos e instrumentais que dificultam a implementação de projetos mais eficazes, pesquisas, investimentos e estudos têm se concentrado na exploração de recursos tecnológicos como uma abordagem para superar algumas dessas limitações.

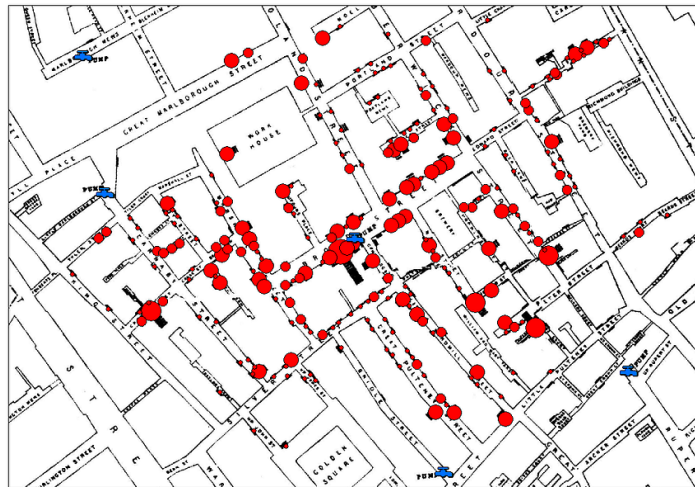
Com os avanços de tecnologia e sistemas de informação os modelos arquitetônicos adquirem uma maior flexibilidade para poderem se adequar a diferentes situações, dependendo de fatores e relações existentes em um projeto

urbano, permitindo não somente a possibilidade de diversas modificações no projeto antes de sua conclusão, mas também e simultaneamente favorecer a seleção de opções durante o processo de criação com a geração de diferentes cenários possíveis. Estes avanços são impulsionados principalmente pela maior acessibilidade a diversas fontes de dados e digitalização de informações (Devries et al., 2005).

Os dados constituem informações que foram sistematicamente organizadas e estruturadas. Sua utilidade reside na capacidade de permitir comparações entre objetos e informações relacionadas a fenômenos, categorias ou objetos de natureza similar, bem como na possibilidade de investigar tendências e antecipar resultados futuros (Chou, 2022). No contexto da análise geoespacial, os dados espaciais referem-se a dados que incorporam informações de localização, frequentemente representadas por coordenadas relativas à superfície terrestre. Os dados espaciais conferem um nível adicional de compreensão, pois possibilitam a extração de relações espaciais entre pontos de dados abstratos.

As interações entre informações e localização assumem uma relevância inestimável na construção de uma apreciação mais profunda do mundo físico que nos rodeia. Um exemplo paradigmático de estudo geoespacial é ilustrado pelo mapa da cólera de John Snow em 1854, amplamente referenciado na literatura. Neste mapa, é manifesta a obtenção de percepções mais profundas quando as informações são contextualizadas no espaço físico, o que ressalta a importância fundamental da integração de dados espaciais na análise e interpretação de fenômenos diversos.

Figura 27: Mapa dos pontos de cólera na cidade de Londres por John Snow (1854).



Fonte: <https://blog.rtwilson.com/john-snows-cholera-data-in-more-formats/>.

Acesso em: 24/10/2023.

A preocupação humana em registrar, paisagens e caminhos que lhes eram úteis é remota, de modo que os registros cartográficos se revelam como o meio de comunicação mais antigo da humanidade, tendo surgido antes mesmo da escrita (Oliveira, 1993).

As exibições dos elementos inseridos no ambiente tornaram-se mais precisos quanto as suas simbologias à medida que foram evoluindo os meios no qual eram representados (De Paula, 2017).

A automatização de parte do processamento de dados se deu na década de 50, principalmente na Inglaterra e nos Estados Unidos, com representações gráficas simples, porém denotando o que viria a ser o início de uma tecnologia a ser explorada (Camara et al, 2001). O conceito de geoprocessamento e a necessidade de extrair e mensurar dados geográficos nasce neste cenário concomitante de crescimento e surgimento da computação do período.

Da Silva (2001) entende que o geoprocessamento seria um conjunto de técnicas computacionais que possibilitam a transformação de dados georreferenciados em informações. Tal perspectiva se deve à capacidade desta tecnologia em associar atributos espaciais como localização, extensão de ocorrência, níveis de intensidade, formas e padrões de distribuição, níveis de

proximidade, tempo, custo e relações hierárquicas, de forma que sejam produzidos conhecimentos relevantes (Da Silva, 2009).

O SIG (Sistema de Informações Geográficas) foi desenvolvido a partir destas pesquisas na década de 60 e evoluiu consideravelmente nos anos 80, sendo hoje bastante difundido nas esferas pública, acadêmica e privada. O diferencial do seu uso versa principalmente à sua capacidade topológica, ou seja, as relações espaciais estabelecidas com os elementos gráficos (De Paula, 2017).

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são sistemas computacionais projetados para capturar, armazenar, gerenciar, analisar e apresentar dados geográficos. Eles combinam informações geográficas, como mapas, com dados atributivos, como características e atributos dos elementos mapeados (Getis, 2008). Os SIG permitem visualizar, analisar e interpretar dados geográficos de maneira eficiente, facilitando a tomada de decisões em diversos campos, como planejamento urbano, gestão ambiental, agricultura, transporte, entre outros.

Para Hillier (2015) o conceito de informação se conecta à produção de como visualizar, simular e descrever esses cenários encontrados. A tecnologia colabora ao traduzir informação matemática, estatística e outras em formas mais acessíveis e legíveis. Ao se colocar à prova diferentes situações, seus impactos e suas consequências, é de grande importância a orientação de processos mais claros nas tomadas de decisões coletivas, uma vez que vários obstáculos estão presentes nesse processo, como a representação gráfica e de projeto, mapas, tabelas técnicas, além dos trâmites burocráticos que acabam afastando o interesse de participação cidadã por conta desta linguagem não acessível.

Entre os dados a serem inseridos tem-se os dados gráficos, espaciais ou geográficos (representados na forma vetorial e matricial) e os dados não gráficos, alfanuméricos ou descritivos (descrevem os atributos do dado espacial) (Rocha, 2007).

Tal sistema segundo de Paula (2017), faculta a identificação da localização, geometria das entidades e sua vinculação com fatores como conectividade (relações estabelecidas), contiguidade (adjacência, proximidade) e pertinência (contingência e interseção). No entanto, como o nome (sistema de informação geográfica) sugere, o SIG lida principalmente com dados em escala geográfica e menos comumente com dados morfológicos de desenho urbano.

Essas novas técnicas de planejamento urbano e design que geram respostas mais flexíveis e rápidas a mudanças imprevisíveis do espaço é denominada de urbanismo da informação. Os *softwares* de projeto assistidos por computador deixam de ser uma mera ferramenta de representação e passam a ter uma importância maior no processo criativo e de evolução do projeto.

É neste contexto que segundo Stolk e Portugali (2016), com a disponibilidade progressiva de poder de computação e recursos de dados urbanos, a simulação urbana e a prática de design tendem a se fundir.

Neste cenário os dados são fundamentais para a efetivação desses métodos. Esses dados podem ser informados através de canais diretos e coletados através de fontes que forneçam quantitativos demográficos, geográficos, espaciais e econômicos, podendo ser inseridos diretamente como grandezas mensuráveis dentro do sistema que compõe a ferramenta.

O mapeamento é uma forma de produção de conhecimento que une o pensamento diagramático e a representação espacial para abrir novas formas de analisar, compreender, planejar e projetar a cidade.

A extração e justaposição de certas camadas do complexo campo de dados possíveis torna-se a informação através da qual o mapa representa o território. A montagem de camadas de dados no mapa produz modos particulares de ver a cidade. Isso envolve tornar visível o invisível: os dados que não podem ser apreendidos pelos sentidos tornam-se visíveis no mapa.

Além destes, há também a importância de se introduzir outra natureza de dados: os metadados, advindos de fontes não convencionais ou não explícitas. O grande desafio é como coletá-los, inseri-los em parâmetros e sistematizar essa informação para geração de uma análise e simulação urbana. A principal importância destes dados é a de promover uma adaptabilidade ao sistema e geração de soluções com rapidez e confiabilidade. Porém são claras as preocupações quanto a complexidade envolvida, não somente do ambiente urbano como a do próprio sistema.

Na tentativa de relacionar aspectos materiais com aspectos imateriais, físicos com subjetivos, além de aspectos qualitativos e quantitativos, é necessário entender as relações e as dinâmicas que ocorrem entre as várias partes do sistema urbano. Ainda que algumas pesquisas venham sendo realizadas em sensoriamento, adaptação e na própria filosofia do conceito de

“contexto” com abordagens computacionais para projetos de maneira latente tanto na arquitetura quanto no urbanismo, há ainda a permanência de poucas correntes teóricas investigadas. McCullough (2004), complementa que uma das principais dificuldades no entendimento de como a tecnologia da informação pode ser aplicada em contextos urbanos é a ausência de teorias a respeito do lugar, que possam se complementar já que a maior parte dessas propostas não considera a estrutura formal dos lugares a ligação com a rede lógica da cidade constituída.

Tendo feito estas considerações, e conforme já mencionado anteriormente, demanda e recursos se convergem, indicando uma abertura e interesse por novos métodos de mapeamento, gerenciamento e planejamento apoiados por recursos, que tendem cada vez mais a fazerem uso de tecnologias diversas: captura, mapeamento, programação e lógica, “parametrizando” as grandezas explícitas e sensíveis do espaço.

Para concluir este capítulo, é possível perceber que a tecnologia, tanto na prática quanto na teoria, apresenta-se como um dos maiores desafios intelectuais no contexto atual de várias disciplinas, incluindo o urbanismo. Encontrar formas de conciliar o discurso coletivo com um crescimento coordenado e aberto a diversas possibilidades e particularidades é uma tarefa complexa que requer consideração das implicações culturais, políticas, sociais e territoriais, bem como da comunicação entre essas diferentes variáveis. Essas questões constituem o cerne das principais investigações metodológicas no campo do urbanismo, e são exatamente nessas intersecções que esta tese busca se posicionar.

8.1 Urbanismo “paramétrico”

O design paramétrico é uma abordagem de desenho e modelagem a partir de parâmetros e diretrizes interconectados para gerar formas, analisar dados e realizar simulações (Monedero, 2000). Esses processos permitem a definição da relação entre os elementos de um projeto e a modificação simultânea de vários componentes. Por exemplo, um cubo sólido pode ser decomposto em um

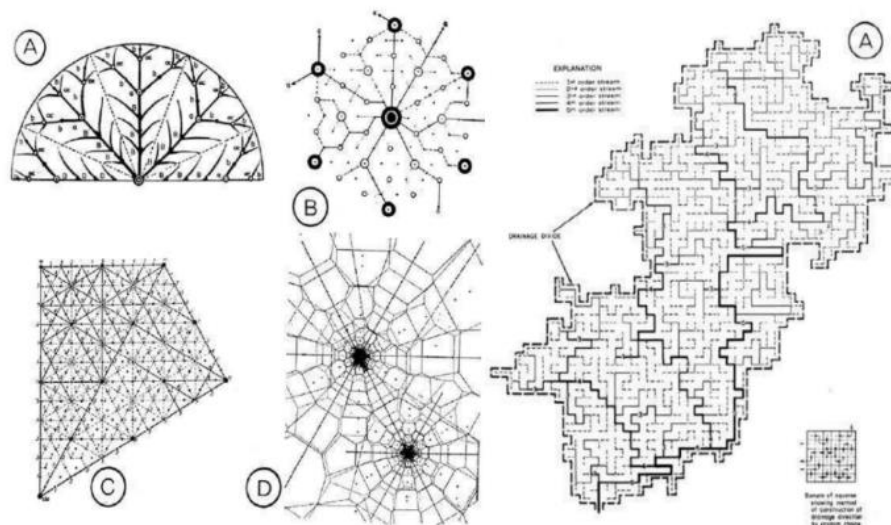
elemento que é definido por quatro parâmetros: posição, largura, comprimento e altura, e todos esses podem ser redefinidos de forma isolada.

Isso permite que o software seja flexível e adaptável às necessidades do usuário, sem precisar ser modificado diretamente. Alguns exemplos de projetos paramétricos incluem modelos de simulação, ferramentas de design assistido por computador e sistemas de automação industrial.

Embora a aplicação de ferramentas paramétricas, principalmente nas áreas de engenharia, fabricação e processos, tenham se tornado cada vez mais habituais entre arquitetos, estas ainda não foram plenamente compreendidas e usadas se tratando de escalas urbanas (Steinø & Veirum, 2005, Silva e Amorim, 2010).

Uma das primeiras tentativas de “parametrização” de fatores urbanísticos por meio de sistemas de simulação e aplicação matemática foram feitas por Haggett e Chorley (1969) e demonstrados na Figura 4.

Figura 28: Simulações matemáticas feitas em sistemas geográficos.



Fonte: Haggett e Chorley, 1969.

Um contexto urbano, um edifício ou parâmetros de projeto em geral podem ser representados de diversas formas. Geralmente, desenhos são utilizados para descrever propriedades geométricas que possam explicar, orientar e retratar a estrutura urbana, mapear e organizar informações. Na

modelagem paramétrica de espaços urbanos, uma ampla gama de fatores pode ser considerada para definir a forma final.

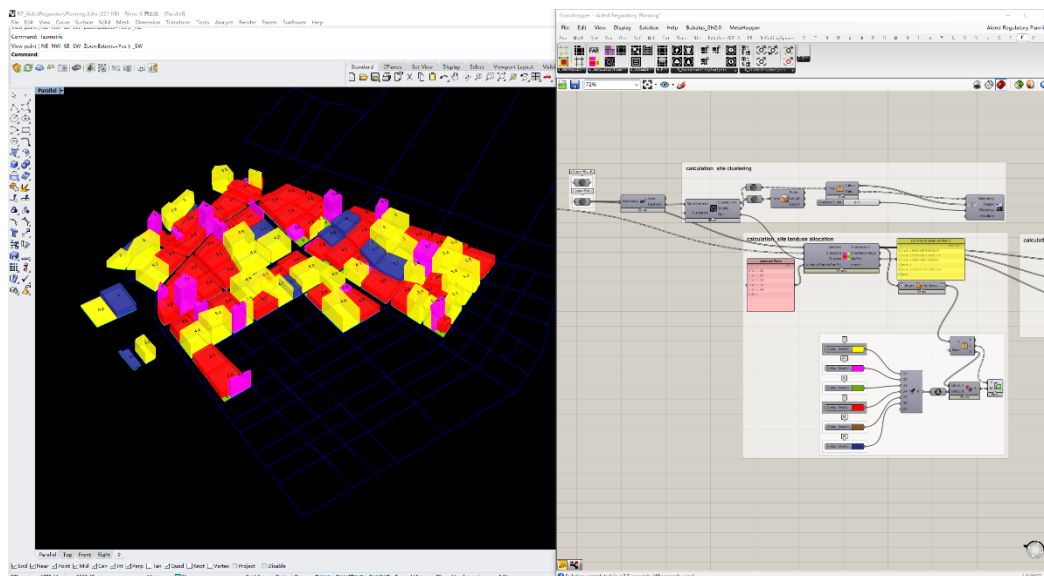
Segundo Beirão et al (2011) E Steinø & Veirum, (2005) Parâmetros geométricos e de dados, como a morfologia do local, regulamentos de altura, diretrizes de composição e vários indicadores urbanos relacionados à forma, uso, tipologia e densidade, podem ser definidos de forma paramétrica e utilizados na modelagem urbana. Ao fazer isso, é possível não apenas realizar um processo de projeto sistemático, mas também avaliar as vantagens e desvantagens de diferentes cenários com situações diversas, deixando de ser apenas uma ferramenta gráfica para uma ferramenta metodológica (Lima, 2017; Girotti, 2017).

Esse modelo de pensamento urbanístico se fundamenta essencialmente em plataformas de operação de desenho paramétrico, dos quais se destacam como principais diferenças não necessariamente a forma, mas o processo e os parâmetros geradores dela (Kolarevic, 2005).

O processamento destas informações pode ser qualquer coisa desde operações matemáticas até complexas transformações geométricas. Conforme Motta & Zdrahal (1996), o design paramétrico pode ser discutido no contexto de um design de configuração: em que um artefato final possa ser projetado em termos de elementos de design predefinidos. Dessa forma, o processo do projeto consiste na montagem e na configuração destes elementos de projeto preexistentes em um modo que satisfaça aos requisitos e restrições de projeto e se aproxime de alguns critérios de otimização, geralmente relacionados ao custo, essa classe de tarefas é denominada *design* configuracional.

Destaca-se dentre as principais ferramentas utilizadas por arquitetos e urbanistas o software *Rhinoceros* e seu plugin *Grasshopper*, que pode ser definido como uma linguagem de programação visual muito usada para a geração de geometrias (Figura 29). A linguagem consiste basicamente em componentes que podem processar tipos de dados predefinidos (como linhas, superfícies, pontos e números) como entrada e retornar estes dados processados como saída (Almeida et al, 2019). Cabe mencionar também softwares especializados em desenho urbano paramétrico como *CityCAD* e *CityEngine* (Pellitteri, 2010).

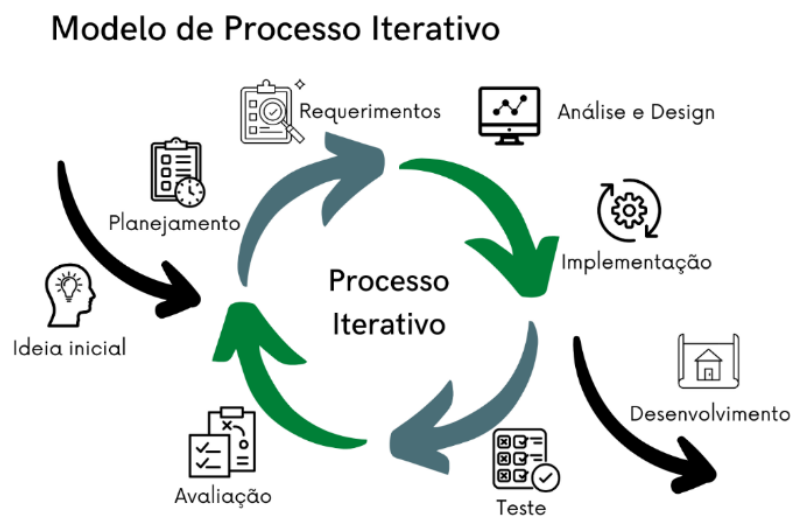
Figura 29: Interface do Grasshopper e do Rhinoceros.



Fonte: <https://www.food4rhino.com/en/app/urbanxtools-0#lg=1&slide=7>. Acesso em: 18 de Julho de 2023.

Estes softwares de caráter paramétrico apresentam como um de seus principais recursos a capacidade de iteração. Segundo o dicionário Online de Português (<https://www.dicio.com.br/iteracao/>), iteração pode ser descrita como o processo de iterar, ou repetir uma série de ações ou tarefas até que se atinja um objetivo ou condição determinada. A iteração é amplamente utilizada em processos que auxiliam o desenvolvimento de softwares, design de produtos e análise de dados. Sua aplicação permite aos desenvolvedores explorar diversas soluções para um problema, melhorar e refinar os resultados ao longo de dado tempo. A Figura 30 mostra um exemplo da descrição de um processo e as etapas realizadas.

Figura 30: Modelo de processo iterativo e suas etapas.



Fonte: Rabite et al (2023).

Uma vez que o processo de design é um processo iterativo contínuo de melhoria baseado na criação de ideias e sua avaliação (Lawson, 2011), é benéfico para o design explorar o maior número possível de iterações no processo de design.

Steinø et al. (2013) definem quatro abordagens diferentes para o desenho urbano paramétrico:

1. Usada no projeto urbano para relacionar dados analíticos parametricamente a modelos 3D, a fim de fornecer informações para o projeto.
2. Servindo ao design urbano como fonte de inspiração artística para novas propostas.
3. Na abordagem analítica de necessidades ou restrições específicas no curso do projeto
4. Aplicada na forma de design baseado em regras, como por exemplo em automação de tarefas e verificação de atendimento a restrições.

Na década passada, com o aumento da discussão sobre o urbanismo paramétrico, Silva e Amorim (2010) já ressaltavam a importância dos parâmetros espaciais em abordar aspectos configuracionais. De acordo com eles (2010), há uma série de parâmetros subjacentes aos padrões espaciais que muitas vezes não são considerados no processo de design urbano utilizando essas ferramentas. A relevância desses parâmetros configuracionais, juntamente com

os aspectos formais, ambientais e programáticos, pode garantir um nível de desempenho com um maior potencial, contribuindo para o desenvolvimento de uma metodologia sistemática de projeto. Isso implica em uma abordagem que vai além da simples derivação de produtos formais, funcionais ou ambientais, mas sim resulta de interações entre os diversos componentes de um sistema complexo, que é a própria cidade (Silva e Amorim, 2010).

Muitas das pesquisas conduzidas com o suporte de ferramentas paramétricas no campo do design urbano têm indicado que uma abordagem colaborativa é desejável, visando tornar o processo de design mais eficiente e informativo. Burry (2003) sugere que é importante compartilhar premissas básicas ao utilizar abordagens paramétricas, a fim de maximizar o potencial desses novos processos de design, ampliando a criatividade e a colaboração, em vez de restringi-las ao domínio intelectual das pessoas que operam as ferramentas e aplicativos. Para superar essas restrições, são necessários esforços no desenvolvimento de interfaces para esse tipo de design, o que pode ser considerado como um "meta-design". Essa abordagem busca reduzir as lacunas inerentes às ferramentas, tornando a discussão mais democrática e as informações mais compreensíveis, visando um planejamento estratégico que possibilite a participação de toda a equipe colaboradora no projeto (Rabite, 2023).

Por fim, qualquer tipo de modelo/método que descreva um sistema complexo pode ser útil ao fornecer visões sobre o funcionamento das cidades, mas deve-se também reconhecer as limitações dos mesmos e a continuidade dos estudos na área em questão, que são ainda pouco incipientes se tratando de aplicações práticas ou se encontram em estágios desenvolvimento analíticos iniciais, geralmente específicos para determinada função.

Cabe também frisar que qualquer modelo ou método que descreva um sistema complexo, como no caso das cidades, pode fornecer contribuições sobre o seu funcionamento. No entanto, é fundamental reconhecer as limitações desses modelos e métodos, bem como a necessidade contínua de estudos na área. Atualmente, as aplicações práticas desses modelos são ainda pouco desenvolvidas ou encontram-se em estágios iniciais de desenvolvimento analítico, geralmente voltadas para funções específicas.

9. MEDINDO FATORES DE HABITABILIDADE – OBJETOS DE ESTUDOS

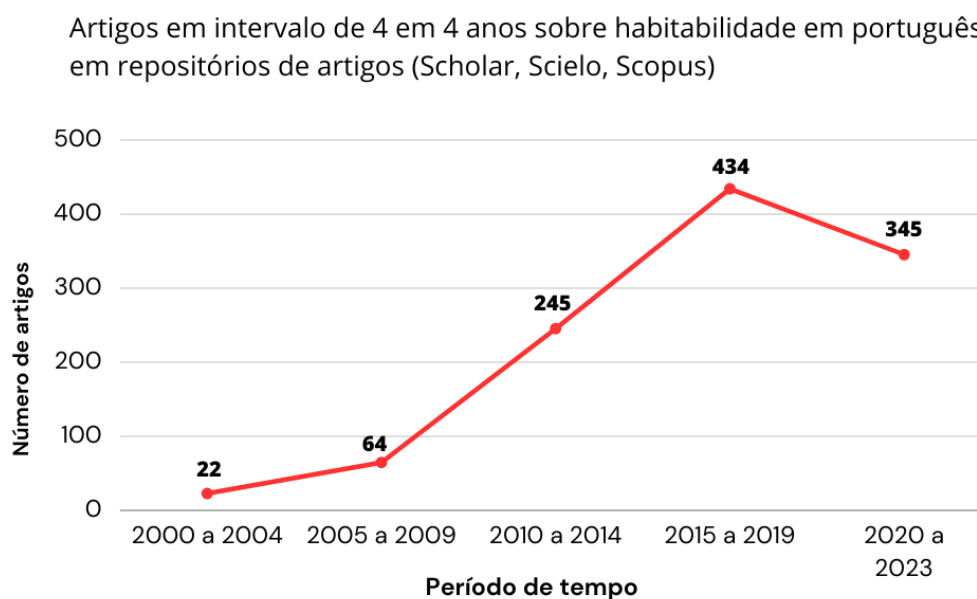
Este capítulo tem como objetivo um levantamento de estado da arte de trabalhos análogos, que integrem os conceitos de habitabilidade, urbanidade, métricas de qualidade espacial, e recursos de modelagem e simulação computacional, ou ainda a possibilidade de abordagem de algum destes tópicos de forma isolada, que contribuíram para o desenvolvimento desta tese.

Após revisão de bibliografia atrelada às palavras-chave (habitabilidade, urbanismo, índices) em português e inglês, pode-se notar que existem diversas abordagens para a mensuração de fatores de habitabilidade que surgiram até bem recentemente, estando atrelada muitas vezes como parte de estudos de caminhabilidade, transporte ou caráter urbano (Maghelal E Capp 2011 apud dovey e Pafka, 2018). Embora muitas vezes sejam combinadas com outras medidas, como densidade e conectividade, ou mesmo partindo para características qualitativas como por análises econométricas (questões imobiliárias, custo de vida), relacionadas a criminalidade, escolaridade dentre outras.

Como visto anteriormente, e reforçado por Ghasemi et al (2018), a definição de habitabilidade pode variar de uma cultura para outra e ao longo do tempo, uma vez que o conceito é relativo e seu "significado preciso depende do local, tempo e objetivo da avaliação e do sistema de valores do avaliador". O significado da habitabilidade pode ser amplo ou restrito, dependendo do contexto; e estudos, organizações e autoridades ao redor do mundo têm suas próprias definições únicas. Além disso, nossa compreensão sobre esses conceitos não é estável e pode mudar ao longo do tempo e em diferentes contextos (Leach et al, 2017).

Em pesquisa em base de dados de artigos científicos com as palavras chave "Habitabilidade", "Índices" e "Urbanismo", nas principais plataformas de repositórios de artigos científicos (*Google Scholar, Scopus e Scielo*), pode-se encontrar os seguintes dados ilustrados na tabela 1.

Gráfico 1: Número de artigos encontrados no intervalo de 4 em 4 anos em língua portuguesa nos repositórios Google Scholar, Scopus e Scielo, contendo as palavras chaves: habitabilidade, urbanismo e índices.



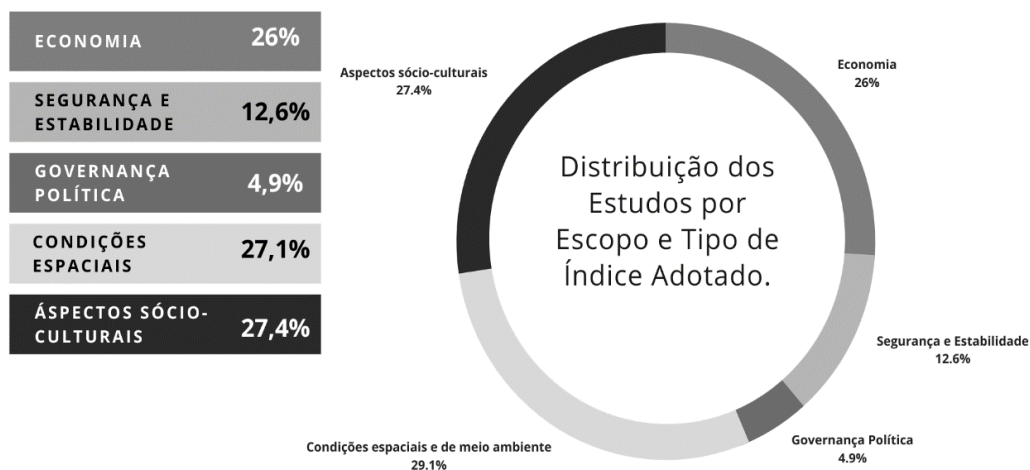
Elaboração própria.

Estes indicadores revelam um aumento da produção de trabalhos relativos à temática, ainda que em sua grande maioria não possuem correlação com a proposta desta tese.

Khorrami et al (2020), fez uma revisão sistemática da literatura em escala global, enfatizando principalmente países do eixo europeu, asiático e norte-americano, que como ditos no início deste trabalho, são os que possuem uma maior aplicação e estudos sobre habitabilidade/*liveability*.

Ao realizar o levantamento, Khorrami et al (2020) enfatizaram na seleção os índices e escopos adotados pelos artigos encontrados que se encaixavam em diretrizes metodológicas sobre habitabilidade, urbanismo e métricas/índices de avaliação. Destacam-se como os três principais pontos analisados: fatores econômicos, espaciais e aspectos sócio-culturais, como ilustrado na Figura 31.

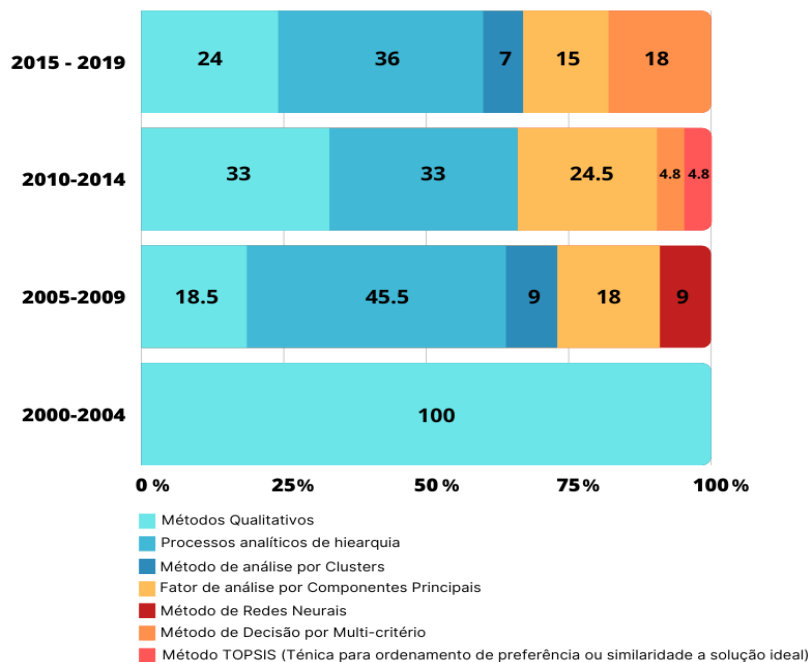
Figura 31. Distribuição dos estudos por escopo e principal tipo de índice adotado.



Fonte: Adaptação de Khorrami (2020).

Quanto aos métodos mais aplicados nos artigos levantados por Khorrami (2020), que tangem a habitabilidade e descrição da metodologia, pode-se observar que métodos qualitativos e processos analíticos de hierarquia são os mais frequentes. Principalmente nos trabalhos publicados nas primeiras faixas de tempo recortadas pela pesquisa.

Gráfico 2: Modelos de avaliação adotados pelos artigos sobre habitabilidade no intervalo de 2000 a 2019.



Adaptado de Khorrami (2020).

Os tipos de parâmetros em sua maioria podem formar duas categorias de classificação: os parâmetros quantitativos (conseguidos através de dados geográficos, escalares e numéricos), tais como: densidade, distâncias, zoneamento, área construída, volume, dentre outros, bem como os parâmetros qualitativos, como fatores econômicos, sociais, ambientais e culturais referentes ao espaço analisado.

Esta seção da pesquisa traz alguns exemplos de estudos de caso e outras pesquisas realizadas no campo que contribuem para um avanço na categorização de métricas do espaço no sentido de habitabilidade.

Aqui entende-se que estas contribuições são tanto do viés conceitual/teórico quanto de metodologias para aplicabilidade e aprofundamento do tema que serviram como estado da arte para direcionamento dos recursos instrumentais abordados por esta investigação.

Neste ponto, destaca-se a escolha por estudos de caso que não só balizassem os conceitos abordados até aqui, mas também que utilizassem de preferência recursos tecnológicos, e/ou configuracionais/paramétricos.

Algumas das abordagens a seguir abrangem parte destas variantes supracitadas, com o objetivo de recortar um contexto teórico/metodológico desta pesquisa, e estabelecer uma possível relação com outras pesquisas já feitas na área.

9.1 Mapping urbanitites – multiplicidade criativa e intensidade de interconexões de wood e dovey (2018)

O exemplo de análise a seguir descreve uma abordagem para a caracterização de atividades culturais distribuídas espacialmente em cidades Australianas. Este método proposto por Wood e Dovey (2018), parte do interesse por conexões caminháveis entre as atividades disponibilizadas na região, em que parte da proposta de linhas que conectam todas as atividades a menos de 400m, em parâmetros intitulados mapas de “multiplicidade criativa”.

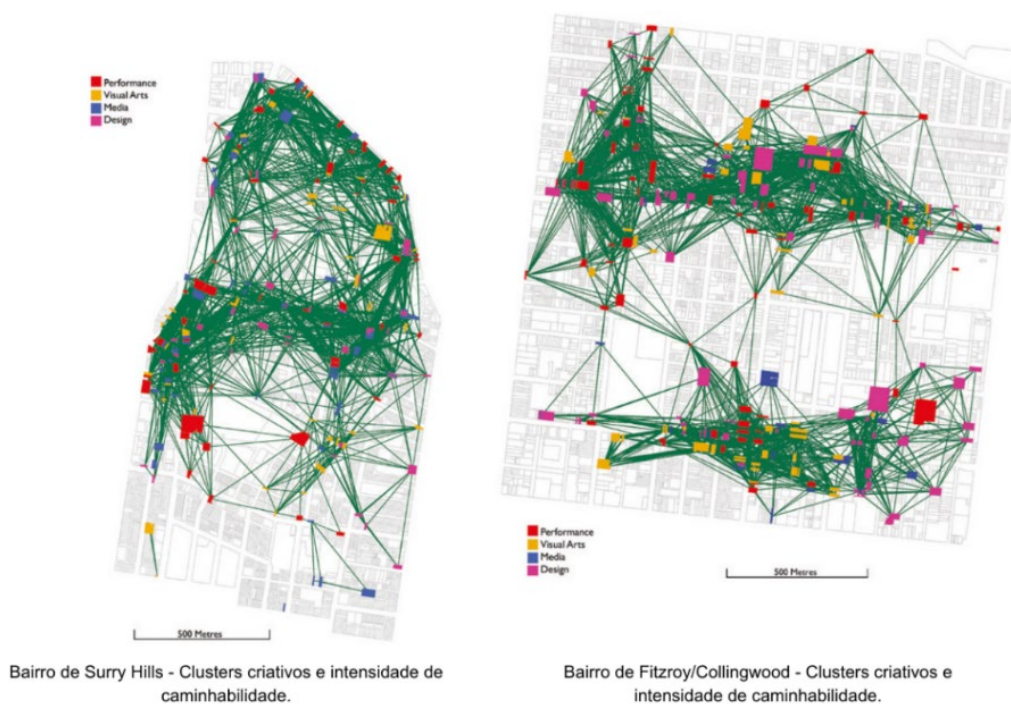
Os pesquisadores (Wood e Dovey, 2018) ressaltam que a proposta parte mais de uma compreensão visual deste agrupamento do que uma exatidão espacial local. O enfoque principal da pesquisa era identificar a localização das indústrias criativas, das quais as mesmas não se dispõem aleatoriamente pelo território, sendo sensíveis às características do lugar, explorando as misturas morfológicas, funcionais e socioeconômicas associadas as concentrações de serviços de natureza criativa/artística nas cidades de Melbourne e Sydney.

Segundo os autores (Wood e Dovey, 2018) um marco teórico relevante para este campo de estudo é representado pela obra de Jacobs (1961) já mencionada aqui nesta pesquisa, cuja investigação de campo principal concentrou-se no aglomerado criativo de *Greenwich Village*, com uma ênfase na diversidade formal e funcional. Jacobs (1961) também identificou as questões-chave de permeabilidade e densidade não como formas de diversidade, mas como condições necessárias para uma intensa interação urbana presencial.

Para determinar como e onde as indústrias criativas estão distribuídas em Sydney e Melbourne, foram coletadas informações sobre as localizações das atividades individuais de diversas fontes e mapeadas utilizando SIG; há uma atividade significativa na área central, mas os agrupamentos mais intensos estão imediatamente adjacentes em Surry Hills (Sydney) e Fitzroy/Collingwood

(Melbourne). Em ambos os casos, diferentes tipos de atividade criativa tendem a se aglomerar em áreas específicas, ocupando territórios distintos, mas (parcialmente) sobrepostos. Existem fortes sobreposições entre design e mídia (ambas funções comerciais), como visto na Figura 32.

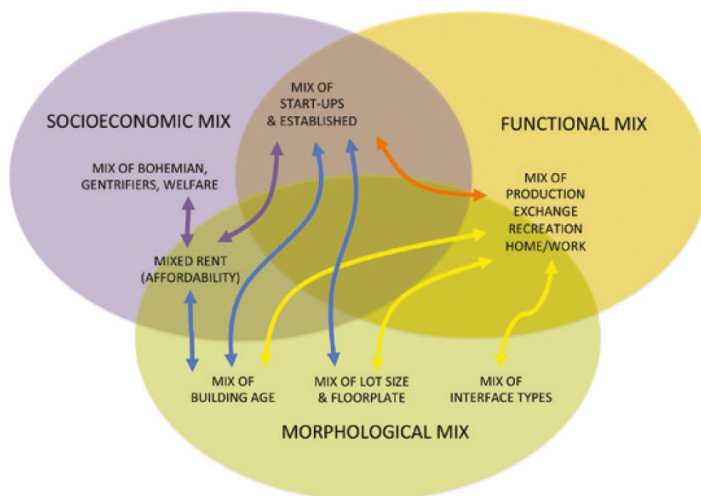
Figura 32: Mapa de fluxos de Intensidade de caminhada baseada em localidades com atividades criativas nas cidades de Sydney e Melbourne, Austrália.



Fonte: Adaptado de Wood e Dovey (2018).

Após esta primeira análise de conexões culturais do espaço, partiu-se para outras duas etapas do trabalho. Identificando as características socioeconômicas, funcionais e morfológicas, suas intersecções e misturas capazes de provocarem a intensidade das conexões culturais e criativas, gerando novos mapeamentos para relacioná-las a estas condições, conforme indicado na figura 33.

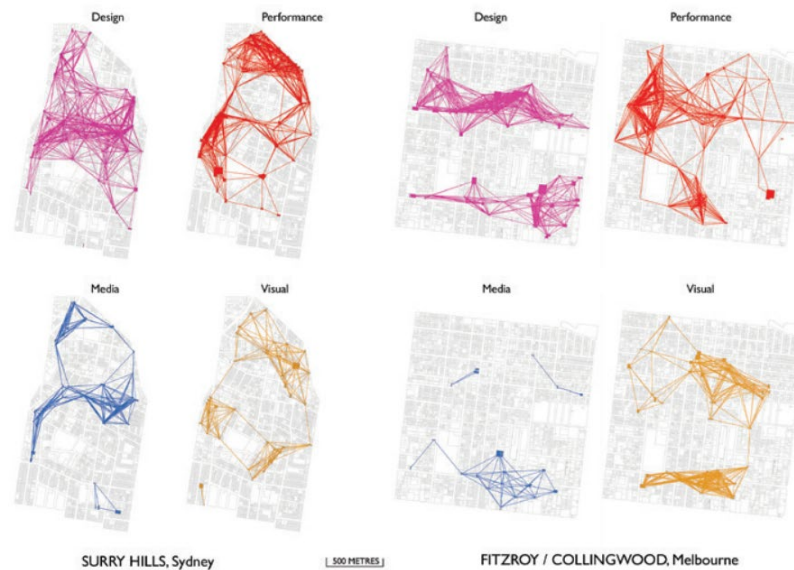
Figura 33: Diagrama de conjuntos das misturas socioeconômicas, funcionais e morfológicas analisadas.



Fonte: Wood e Dovey (2018).

A ideia desta nova etapa é segundo os autores a de entender a mistura entre convívio e consumo por um lado, e entre a produção de coisas e de ideias por outro. Como regra geral, o agrupamento criativo é mais intenso nas áreas funcionalmente mais mistas. As atividades de design, publicidade e mídias são congruentes com o espaço comercial, enquanto a música é congruente com a relação de hospitalidade. Pode-se observar na figura 13 as funções mapeadas individualmente de acordo com as categorias Design, Performance, Visual e Mídias (Figura 34).

Figura 34: Mapa de fluxos de Intensidade de caminhada por “indústria” criativa em cidades australianas.



Fonte: Dovey e Pafka (2018).

Wood e Dovey (2018) destacam que a análise não pode ser uma entendida como determinante para o entendimento de relações de causa e efeito, já que a morfologia urbana não causa a concentração criativa, assim como a criatividade não causa a morfologia. Em vez disso, busca-se oferecer um quadro para compreender as ligações entre a fenomenologia da vida cotidiana (vibração, aparência, caráter), questões representacionais (capital simbólico, exposição) e a materialidade e morfologia da cidade (forma dos edifícios, estrutura espacial).

Destaca-se ainda que o artigo não descreve com clareza os procedimentos empregados para a geração das análises. Mas indica um caminho futuro sobre as possibilidades desejadas para esta tese, ao buscar mapear conexões, suas densidades e intensidades da rede de serviços oferecidos, das atividades desempenhadas, e da qualidade de habitabilidade local.

9.2 City metrics – Lima (2017)

Lima (2017) desenvolveu em sua tese de doutorado um sistema (para)métrico de análise e otimização de configurações urbanas.

O estudo tem enfoque no Desenvolvimento Orientado pelo Transporte (DOT), cujos fundamentos conceituais foram propostos por Calthorpe (1993).

O termo não possui uma consensualidade de definição, mas são considerados para efeito das análises das configurações urbanas, arranjos formais relacionados a mobilidade e ao uso do solo (desenho de ruas, caminhabilidade, variedade e localização de serviços), densidade e aproveitamento construtivo do solo.

O DOT é reconhecido, conforme a definição de Lima (2017, p. 27-28), como um dos principais paradigmas de planejamento urbano voltado à criação de bairros de alta densidade, propícios para a mobilidade a pé e com diversidade de usos, estruturados em torno de estações de transporte. Esse sistema utiliza métricas para calcular diferentes índices, que permitem analisar e otimizar o desempenho de configurações urbanas e gerar respostas de maneira ágil, colaborando com os processos de tomada de decisão (Lima, 2017).

A partir dos princípios estruturantes do DOT, foram verificados quais atributos poderiam ser traduzidos em métricas computáveis segundo o próprio Lima (2017) e em diretrizes auxiliadas por outros autores, onde elencam-se:

- (1) Acessibilidade ao transporte – posição de residências, pontos comerciais e de serviços em relação a modais de transporte, a fim de proporcionar acessos curtos a transporte coletivo.
- (2) Caminhabilidade – é a propriedade de uma determinada região da cidade de ligar por meio de distâncias feitas a pé, habitação e serviços urbanos, a fim de gerar maior vitalidade as ruas e ao bairro de maneira geral.
- (3) Diversidade – é referente a quantidade e distribuição de usos e funções em um mesmo local, a fim de descentralizar as ações no tecido urbano.
- (4) Compacidade – indica a ocupação de maneira compacta e em índices altos dentro de um mesmo bairro.

A ferramenta *CityMetrics* encontra-se disponível no site www.citymetrics.com.br/, e utiliza o software Rhinoceros e seu plugin Grasshopper para aplicação.

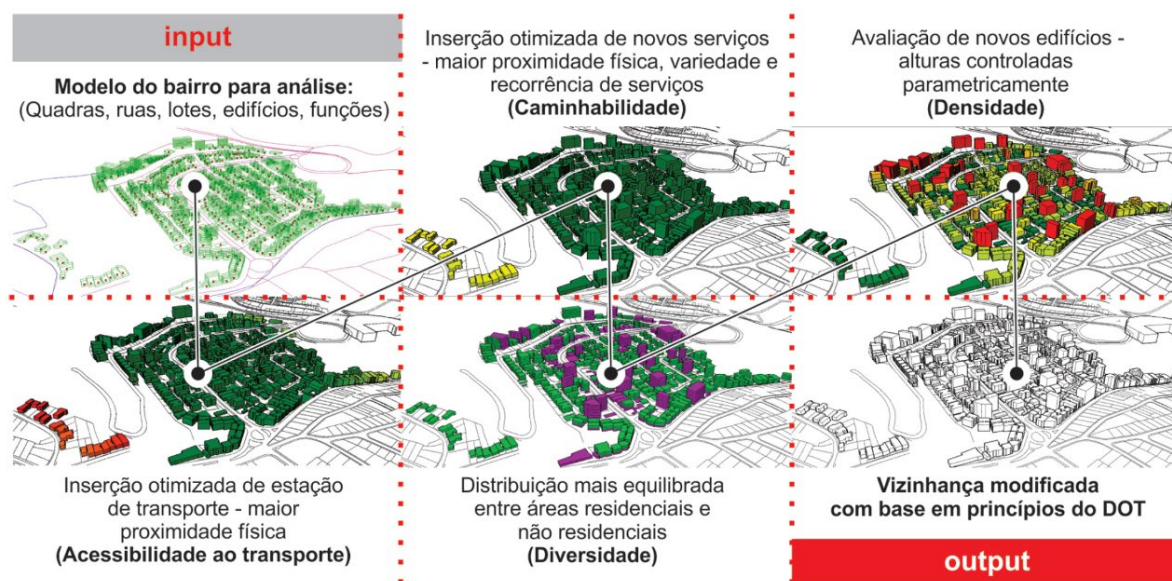
Entre os aspectos relacionados a essas métricas estão: (a) a quantificação e o posicionamento de residências, comércios, serviços e demais

funções urbanas; (b) as distâncias entre determinados pontos de interesse de um bairro (entre uma ou mais residências e uma escola, por exemplo); (c) a proporção entre áreas residenciais e não-residenciais de uma determinada localidade, e; (d) os indicadores relativos à densidade de um lote, quadra, bairro ou cidade (Lima, 2017). Ou seja, esses atributos podem ser “diretamente associados a entidades geométrico/matemáticas como coordenadas, números, pontos, curvas, polígonos e sólidos, por exemplo” (Lima, 2017, p.29).

Sendo assim, o sistema proposto utiliza as seguintes ferramentas (Lima, 2017):

- Algoritmo de Proximidade Física: calcula os percursos com as menores distâncias físicas entre diversas origens e alvos de uma localidade, considerando ainda as inclinações nos trajetos;
- Algoritmo de Proximidade Topológica: computa os trajetos com as menores distâncias topológicas entre diversas origens e alvos de uma localidade e a integração/profundidade dos espaços de uma determinada área;
- Algoritmo de Variedade de Serviços: calcula a média das distâncias entre uma determinada origem e todos os alvos próximos em uma determinada categoria de serviços urbanos;
- Algoritmo de Recorrência de Serviços: calcula a proporção entre o número de alvos informados (em uma determinada categoria de serviços) e o número total de localidades de uma área analisada;
- Algoritmo de Uso Misto: mede o índice de Uso Misto com base nos conceitos elaborados por Hoek (2008), avaliando a proporção entre a soma de todas as áreas residenciais e não-residenciais de uma localidade, comparando estas proporções,
- Algoritmo de Indicadores *Spacematrix*: visa a fornecer os cálculos para a medição da densidade de áreas estudadas, informando os três indicadores fundamentais propostos por Pont e Haupt (2010).

Figura 35: Sequência de etapas do experimento referente ao ensaio preliminar com a ferramenta CityMetrics.



Fonte: Lima (2017 p.172).

9.3 Context decoder – marsillo et al (2022)

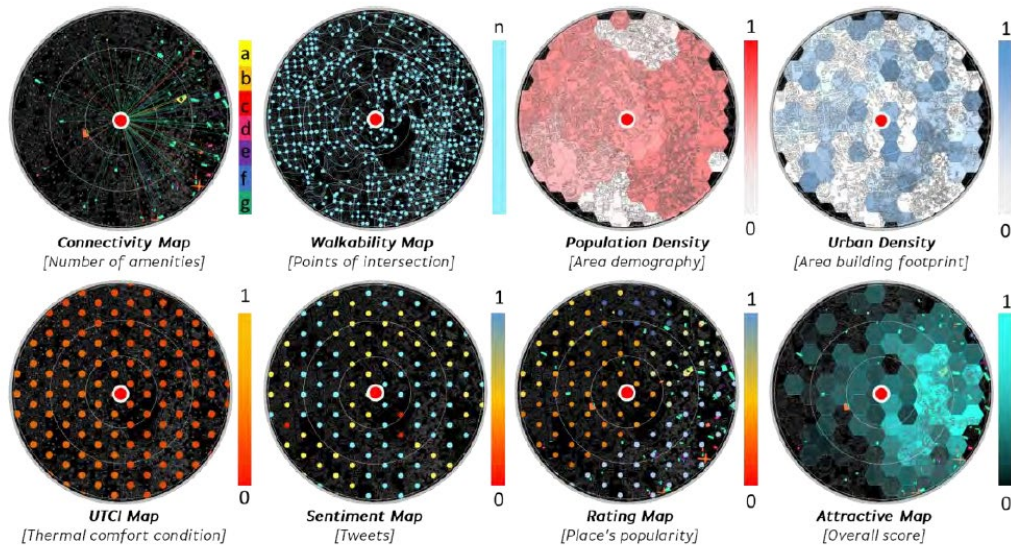
O trabalho feito por Marsillo et al (2022) busca compreender a qualidade dos lugares e em como durante o processo inicial de *design* podem melhorar a tomada de decisões, focando em desenvolvimento efetivo do local e bem-estar dos futuros ocupantes. Para isso, é feita uma correlação interdisciplinar e propõe-se um experimento de pesquisa através de uma ferramenta para trabalhar em colaboração entre *softwares* e Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*) capazes de agruparem e visualizarem as métricas.

A ferramenta tem como objetivo estabelecer conexões entre o tecido urbano e as tendências sociais. O objetivo é alcançar uma interpretação contextual holística para uma localização selecionada, utilizando fatores espaciais e não espaciais (Marsillo et al, 2022). A hipótese principal do grupo é a de que existe uma correlação entre o tecido urbano espacial e determinados padrões de comportamento social.

As principais métricas analisadas foram relacionadas à conectividade de comodidades, caminhabilidade, densidade urbana, populacional, conforto

térmico externo, taxa de popularidade e análise de sentimento de mídias sociais. Os dados foram coletados através de fontes como *OpenStreetMap* e de mídias sociais por meio de *geotags* incorporadas, em três escalas feitas a pé (400, 800 e 1.200 metros) na cidade italiana de Nápoles.

Figura 36: Sumário de todas os indicadores de performance obtidos pelo uso da ferramenta Context Decoder.



Fonte: Marsillo et al (2022).

A pesquisa é composta por duas partes identificáveis: a primeira parte consiste na mensuração de indicadores-chave de desempenho ambiental urbano, doravante referidos pelos autores (Marsillo et al, 2022) como KPIs (*Key Performance Indicators*), sendo as distâncias percorridas, densidade urbana e conectividade com amenidades. E no segundo momento, aplicar uma análise semântica e de sentimento com *geotags* de mídias sociais para estimar o ambiente urbano e sua popularidade.

Os resultados obtidos, conforme relatado por Marsillo et al. (2022), consistem em um índice abrangente de atratividade. Esse índice é calculado a partir dos dados previamente mencionados. Ao realizar uma análise dos pesos e valores dos dados em relação aos espaços, há de se considerar a ordem de prioridade de cada critério, que pode ser determinada pelo usuário, ajustando os pesos de acordo com as métricas utilizadas para mensurar a atratividade de

determinada localidade. A figura 37 demonstra a distribuição das prioridades feitas pelo grupo (Marsillo et al, 2022).

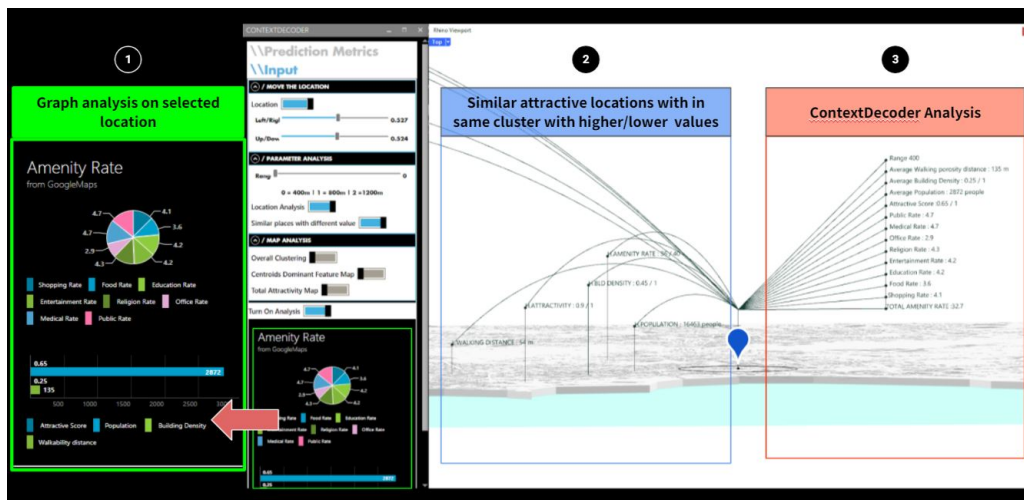
Tabela 3: Valores usados para análise da ferramenta.

| Quantitativo KPI | Descrição | Avaliação |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1. Conectividade | A distância entre a localidade e as amenidades próximas, nível de desenvolvimento do transporte público | D < 400m = 1.0 D < 800m = 0.5 D > 1200 = 0 |
| 2. Caminhabilidade | O número de ruas interseccionadas e distância média entre as interseções | D < 200m = 1.0 D < 500 m = 0.5 D > 500 m = 0 |
| 3. Densidade Urbana | A relação entre área construída e área total de piso | Densidade apropriada = 1.0 Muita densidade = 0 Densidade baixa = 0.5 |
| 4. Densidade Populacional | A relação entre o número de habitantes e área total edificada | Densidade apropriada = 1.0 Muita densidade = 0 Densidade baixa = 0.5 |
| 5. Conforto térmico externo | O cálculo entre temperatura, umidade, ventilação e sombreamento | Bom = 1.0 Mediano = 0.5 Ruim = 0 |
| KPI Qualitativo | Descrição | Avaliação |
| 6. <i>Google Maps</i> – avaliação das amenidades | Valores das avaliações e quantidade de cada localidade | Popular = 1 Não Popular = 0 |
| 7. <i>Tweets</i> / análise de sentimentos | Indicadores feitos em redes sociais sobre espaços. | Negative = -1 Neutro = 0 Positivo = 1 |

Fonte: Adaptado de Marsillo et al (2022).

Através de recursos paramétricos, os pesos podem ser ajustados de acordo com as demandas específicas de cada projeto. Para visualização dos dados desenvolveu-se também uma interface amigável para interpretação dos dados inseridos dentro do próprio software de modelagem, Figura 37.

Figura 37: Interface da ferramenta Context Decoder feita no software Rhinoceros e Grasshopper.



Fonte: Marsillo et al (2022).

A integração de dados e técnicas de aprendizado de máquina, torna possível que sistemas abrangentes consigam estabelecer correlações mais aprofundadas entre os ambientes digitais e físicos, que contribuem para o planejamento urbano. No entanto como ressaltam os autores (Marsillo et al, 2022), é importante que os usuários estejam cientes da disponibilidade dos dados e sejam capazes de interpretar adequadamente informações qualitativas, principalmente as muito complexas como o sentimento e satisfação humanas.

9.4 Urban form and liveability – martino et al (2021)

A investigação feita por Martino et al (2021), busca tratar das interações espaciais entre os elementos constituintes do ambiente urbano, como edifícios e ruas, e como estes desempenham um papel na determinação da qualidade dos espaços urbanos e, conseqüentemente, na habitabilidade das cidades.

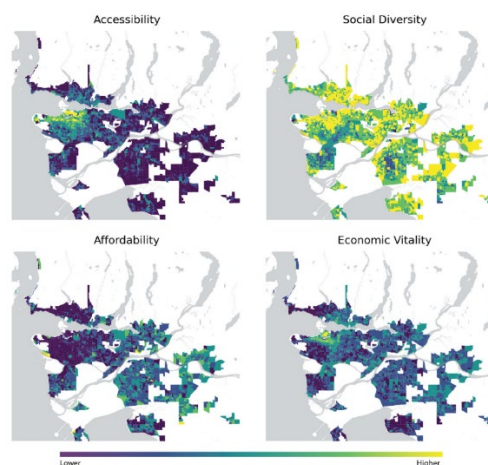
A pesquisa da forma urbana tem se mostrado uma abordagem fundamental para quantificar de maneira objetiva essas relações e compreender sua dinâmica (Martino et al 2021). Entendendo-se que a habitabilidade urbana é um conceito que diz respeito à capacidade dos espaços urbanos em satisfazerem as expectativas de seus habitantes em termos de bem-estar e qualidade de vida, padrões espaciais mensuráveis são essenciais para o

planejamento de cidades mais sustentáveis. No entanto, segundo os pesquisadores (*op cit*, 2021) poucos trabalhos têm se dedicado a examinar se, e de que forma esses padrões afetam as condições socioeconômicas em diferentes escalas espaciais.

Martino et al (2021) estuda as relações entre densidades do ambiente construído (com base em métricas que descrevem a concentração de entidades dentro de uma escala espacial, como densidade de pessoas, habitações, edifícios, pisos, vegetação, parcelas, pisos e quartos) e indicadores de quatro qualidades socioeconômicas de cidades mais habitáveis: acessibilidade, diversidade social, acessibilidade e vitalidade econômica. É apresentado um estudo de caso da região metropolitana de Vancouver no Canadá como aplicação da metodologia.

A análise foi feita em dois momentos. O primeiro busca tratar as relações entre os agrupamentos de densidade populacional e indicadores de habitabilidade, buscando entender como os processos de densificação podem influenciar tais características. Segundo Martino et al (2021), pode-se observar que a densidade populacional pode potencializar as características até um certo limite (3.000 pessoas/km² no caso de Vancouver). Além disso, espaços mais densos tornam-se inacessíveis se comparados àqueles de menor densidade.

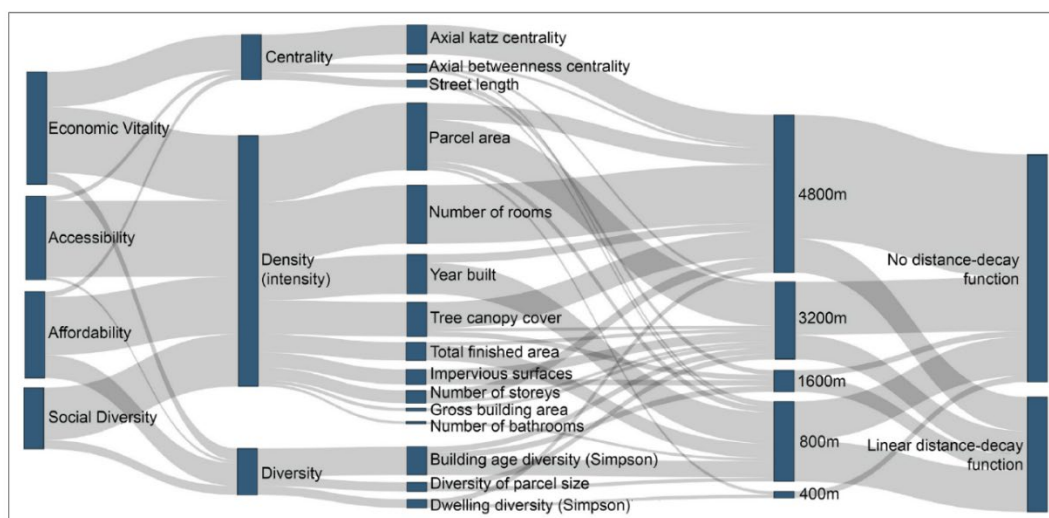
Figura 38: Índices mapeados por nível de disseminação de área em Vancouver, Canadá.



Fonte: Martino et al (2021).

A segunda seção analítica do estudo concentra-se na consideração da importância da densidade espacial, também conhecida como intensidade do ambiente construído em diversas escalas, no contexto da previsão de indicadores socioeconômicos em contraste com a diversidade e centralidade espaciais. Verificou-se que os indicadores relacionados à intensidade do ambiente construído foram mais significantes na predição das qualidades analisadas, em comparação com aqueles relacionados à diversidade e centralidade (Martino et al, 2021). Esses resultados respaldam a ideia presente na literatura de que a habitabilidade pode ser avaliada por meio de indicadores relacionados à forma urbana. A figura abaixo (Figura 39) demonstra as relações entre os índices de importância da habitabilidade divididas por tipo de atributo morfológico (densidade/intensidade, diversidade e centralidade) pelo raio agregado, e pelo tipo de função analisada pelo método.

Figura 39: Importância e métodos dos índices utilizados para as análises.



Fonte: Martino et al (2021).

Para este estudo de caso, os atributos da diversidade morfológica foram importantes para prever tanto a diversidade social quanto a acessibilidade. Segundo Martino et al (2021) é importante destacar que um mesmo indicador morfológico pode ter efeitos socioeconômicos distintos, e, portanto, é necessário encontrar um equilíbrio entre esses compromissos. A ideia de que a diversidade espacial está relacionada aos indicadores socioeconômicos é frequentemente

encontrada na literatura (Rosner & Curtin, 2015; Talen, 2008), mas ainda precisa ser examinada em profundidade.

10. METODOLOGIA

Este capítulo da tese propõe uma abordagem metodológica que correlaciona as considerações teóricas e instrumentais tratadas até aqui voltadas para a relação de análises de habitabilidade com base em índices condicionados por dados sociais e espaciais. Como o contexto urbano é composto por diversas variáveis que estão em constante interação e transformação, criar uma síntese de análise urbana implica em combinar e associar vários dados e propor uma interpretação apropriada.

Na literatura sobre planejamento urbano, Wilson (1962) foi um dos primeiros estudos a utilizar o termo habitabilidade, com foco particular no bem-estar e na satisfação. No seu artigo, o autor especificou os fatores de vizinhança como mais importantes do que os fatores de toda a cidade na definição da habitabilidade relativa do ambiente (p.381). Isto poderia ser considerado a primeira indicação da habitabilidade como uma questão da comunidade a nível local.

Posto isso, esta pesquisa adota uma metodologia segmentada em partes, das quais são constituídas fundamentalmente por dois princípios: o conceito de habitabilidade sob um viés qualitativo e outra por viés quantitativo.

Em um primeiro momento, buscou-se elencar quais critérios de habitabilidade vão ser adotados correlacionando-se com os dados necessários para verificação. A premissa é seguir as diretrizes apontadas tanto no início desta tese e nos trabalhos análogos e da revisão sistemática de literatura, mas também o de elencar quais destes índices são passíveis de tradução e comunicação com a segunda parte do trabalho, especialmente sob um olhar da área de arquitetura e urbanismo.

“Mensurar” a habitabilidade de um bairro envolve avaliar vários fatores que contribuem para a qualidade de vida e bem-estar dos seus residentes. Embora diferentes organizações e pesquisadores possam ter seus próprios critérios específicos como visto anteriormente, geralmente pode-se compreender

alguns fatores gerais que são frequentemente considerados ao avaliar a habitabilidade de um bairro/espço, tais como:

1. **Acessibilidade da habitação:** avaliar o custo da moradia no bairro em relação aos níveis de renda dos moradores. Um bairro habitável deve ter opções de moradia acessíveis para uma gama diversificada de pessoas.
2. **Segurança:** avaliar as taxas de criminalidade e as medidas de segurança no bairro. Baixas taxas de criminalidade transmitem uma sensação de segurança e contribuem para a habitabilidade.
3. **Acesso a comodidades:** considerar a disponibilidade e proximidade de comodidades essenciais, como supermercados, escolas, instalações de saúde, parques, transporte público e instalações recreativas.
4. **Caminhabilidade e transporte:** avaliar a caminhabilidade do bairro e o acesso ao transporte público, além de consideração de possibilidade de meios de transporte alternativos como ciclovias. Um bairro com boas opções de transporte pode reduzir a dependência de carros e melhorar a habitabilidade.
5. **Qualidade ambiental:** examinar a qualidade do ar e da água no bairro, bem como os espaços verdes e as condições ambientais gerais.
6. **Oportunidades de emprego e renda:** considerar a disponibilidade de oportunidades de emprego no bairro ou em áreas próximas. O acesso ao emprego pode melhorar a habitabilidade de uma comunidade.
7. **Vida comunitária e social:** avaliar a força dos laços comunitários, interações sociais e a disponibilidade de eventos e atividades comunitárias que promovam um senso de pertencimento e apoio.
8. **Educação:** avaliar a qualidade das escolas locais e dos recursos educacionais disponíveis para os moradores, incluindo o acesso à educação infantil e instituições de ensino superior.
9. **Instalações de saúde:** considerar a disponibilidade e qualidade dos serviços e instalações de saúde no bairro.
10. **Atividades culturais e recreativas:** examinar a disponibilidade de instituições culturais, locais de entretenimento e oportunidades recreativas que melhorem a qualidade de vida geral.

Para medir a habitabilidade, são frequentemente utilizadas várias pesquisas, índices e classificações, incorporando os fatores acima e atribuindo pesos a cada um com base em sua importância. Pesquisadores, urbanistas e organizações governamentais frequentemente usam avaliações de habitabilidade para tomar decisões informadas sobre o desenvolvimento do bairro e identificar áreas que precisam de melhorias.

A análise sob a ótica qualitativa parte da consulta, extração e normalização de dados provenientes de diversas fontes, principalmente governamentais e órgãos públicos.

O ambiente emergente de dados urbanos abre novas possibilidades de estudos quantitativos e sistemáticos da morfologia urbana. Com o rápido desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação (TIC), os dados geográficos voluntários sobre a forma e função urbana são gerados em altas resoluções espaciais e temporais (Liu et al., 2015).

Uma pesquisa qualitativa do espaço refere-se a um método de investigação que se concentra na compreensão e interpretação das características, experiências, percepções e interações humanas no ambiente espacial. Nesse tipo de pesquisa, o espaço é explorado não apenas como um componente físico, mas também como um contexto social e cultural que influencia as experiências individuais e coletivas das pessoas.

A pesquisa qualitativa do espaço é frequentemente utilizada em disciplinas como Geografia Humana, Sociologia Urbana, Antropologia e Estudos Urbanos. Ela oferece insights valiosos sobre as dimensões subjetivas e sociais do ambiente construído, enriquecendo a compreensão da interação complexa entre as pessoas e o espaço que as permeiam. O intuito deste primeiro momento foi exatamente o de maior compreensão sobre as características sociais, econômicas e de infraestrutura de cada bairro e região a ser considerado para a aplicação dos passos adotados na metodologia em estudos de caso.

No entanto, existe uma lacuna na literatura acadêmica em relação à compreensão precisa da relação entre a configuração urbana e a habitabilidade. É fundamental uma investigação mais aprofundada que analise os efeitos dos indicadores morfológicos em aspectos específicos da habitabilidade. No estudo conduzido por Martino e colaboradores (2021), destaca-se a abordagem da necessidade de uma perspectiva bidirecional ao examinar as forças sociais que

impactam a configuração urbana, bem como a importância de estudos que estabeleçam correlações entre os atributos físicos das cidades e os indicadores de qualidade socioeconômica (p. 238).

Fundamentando-se na premissa de que determinados elementos subjacentes à configuração do ambiente construído apresentam uma relação intrínseca com os níveis de habitabilidade urbanos, tais questionamentos ancoram a metodologia sob a ótica quantitativa do espaço. Tais elementos aludem à estrutura e propriedades do tecido urbano, englobando fatores como densidade construída e conectividade. Essa segunda conjectura encontra sua fonte de inspiração nos desdobramentos oriundos de pesquisas quantitativas no âmbito do Design Urbano.

Segundo Venerandi (2017), para superar a falta de generalização dos estudos qualitativos, a adoção de métodos quantitativos para complementar os qualitativos e utilizarem estes últimos como bases teóricas para a formulação de métricas.

Recentemente, os avanços tecnológicos têm expandido a análise da morfologia urbana a partir de uma abordagem quantitativa. A morfologia urbana diz respeito aos aspectos físicos do ambiente construído, ou seja, elementos-chave como ruas, quarteirões, terrenos e edifícios, bem como aos processos transformativos que moldam esses elementos-chave (Larkham & Jones, 1991).

Alguns acadêmicos direcionaram suas investigações para aspectos particulares da configuração viária. Por exemplo, Timothee et al. (2010) identificaram que maior acessibilidade se correlacionava com níveis mais elevados de atividades econômicas. Similarmente, Remali et al. (2014), constataram que essa mesma métrica estava também vinculada à qualidade das vias urbanas. Em campos relacionados à Saúde, outros pesquisadores concentraram seus estudos em amenidades específicas, tais como infraestruturas públicas, estabelecimentos comerciais e oportunidades recreacionais.

Um outro exemplo nesse âmbito de estudos reside nas descobertas de Hillier e Sahbaz, que observaram uma correlação positiva entre densidade populacional e a redução de incidências criminais em um bairro de Londres. Esse achado ilustra a tendência geral, notada em investigações similares, de que a densidade urbana pode exercer um efeito benéfico no contexto da segurança

pública. Pesquisas neste recorte buscam destacar a viabilidade de inter-relações significativas entre as características físicas da trama urbana e as dinâmicas socioambientais.

Os principais aspectos da habitabilidade discutidos até aqui revelam a necessidade de uma agenda de investigação que combine perspectivas sociológicas e morfológicas. Neste sentido, a questão sobre a escala temporal e espacial da habitabilidade revela a relevância da morfologia urbana na medida em que se concentra na estrutura micro relacional da forma urbana com, principalmente do olhar sobre a localidade e a malha.

Neste segundo passo, partiu-se para uma análise morfológica e espacial, entendendo os condicionantes sobre um olhar quantitativo. Para isso fez-se o uso de softwares paramétricos no desenvolvimento de uma ferramenta que realizasse as quantificações que convergem para os indicativos de habitabilidade.

No âmbito acadêmico, essa interligação entre o valor do espaço urbano e a configuração urbana tem sido objeto de estudo em diversas disciplinas, incluindo economia urbana, planejamento urbano, geografia urbana e ciências sociais. Para investigar essa relação, pesquisadores utilizam uma variedade de métodos quantitativos e qualitativos, bem como modelos teóricos que buscam explicar como os fatores mencionados influenciam as escolhas habitacionais e a qualidade de vida nas cidades.

Fundamenta-se assim a importância de considerações acerca da configuração do ambiente construído ao abordar a habitabilidade urbana.

Um estudo com estes dois vieses metodológicos possui diferenças quanto aos seus enfoques e abordagens de coleta, interpretação dos dados e contribuições, tanto para a pesquisa, conceitos e visões sobre a habitabilidade, quanto de planejamento e resultados. Ao mesmo tempo, entendendo as duas abordagens com suas vantagens e diferenças, existe também a intenção da complementaridade frente aos objetivos específicos deste estudo e da natureza das questões urbanísticas investigadas: a habitabilidade e os fatores espaciais determinantes de cada contexto.

10.1 Abordagem qualitativa da habitabilidade

A seleção dos indicadores para medir a habitabilidade é de extrema importância na investigação da habitabilidade urbana. No entanto, a complexidade do conceito de habitabilidade e seus parâmetros torna difícil uma avaliação definitiva do conceito (Kashef, 2016).

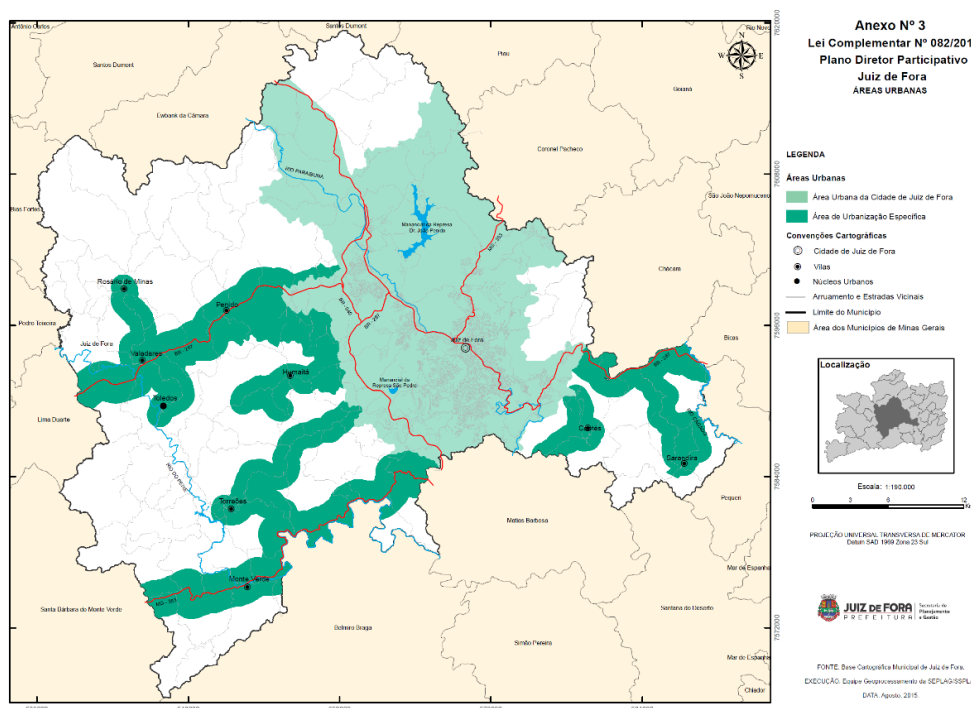
Como visto, em oposição à definição objetiva de qualidade ambiental urbana, o conceito de habitabilidade urbana revela-se como um termo relativo e contextual, que não possui caráter absoluto. Sua interpretação precisa estar sujeita a variações de acordo com o local, o período de avaliação e o propósito da análise, assim como depende do sistema de valores adotado para essa avaliação. Sob essa perspectiva, a qualidade não é considerada um atributo intrínseco do ambiente, mas sim uma função que emerge da interação entre as características ambientais e os traços individuais e comportamentais.

Neste ponto, é fundamental reconhecer que uma compreensão apropriada da qualidade ambiental urbana requer a incorporação tanto de avaliações objetivas quanto subjetivas. Essa abordagem dual é crucial para uma apreciação completa e holística dos diversos aspectos que contribuem para a experiência de habitabilidade urbana, considerando tanto os aspectos tangíveis quanto os fatores perceptivos e subjetivos que moldam a vivência das pessoas nos ambientes urbanos.

Ao considerar uma abordagem qualitativa sobre como os ambientes construídos são formados, devemos entender como as intenções humanas ligadas ao comportamento e às escolhas feitas desempenham um papel na formação do caráter de um lugar.

Para o caso de estudo deste trabalho utilizou-se como base para aplicação das ferramentas e métricas de habitabilidade o município de Juiz de Fora, localizado na Zona da mata de Minas Gerais (figura 9), com população estimada de 540.756 habitantes em 2022, contando com uma densidade demográfica de 376,44 habitantes por km². O município de Juiz de Fora está localizado na Zona da Mata de Minas Gerais, nas coordenadas 21° 45' 35" Latitude-Sul e 43° 20' 50" Longitude, abrangendo a porção sudeste do estado e ocupando 0,24% de área no mesmo.

Figura 40: Áreas Urbanas da Cidade de Juiz de Fora/MG.

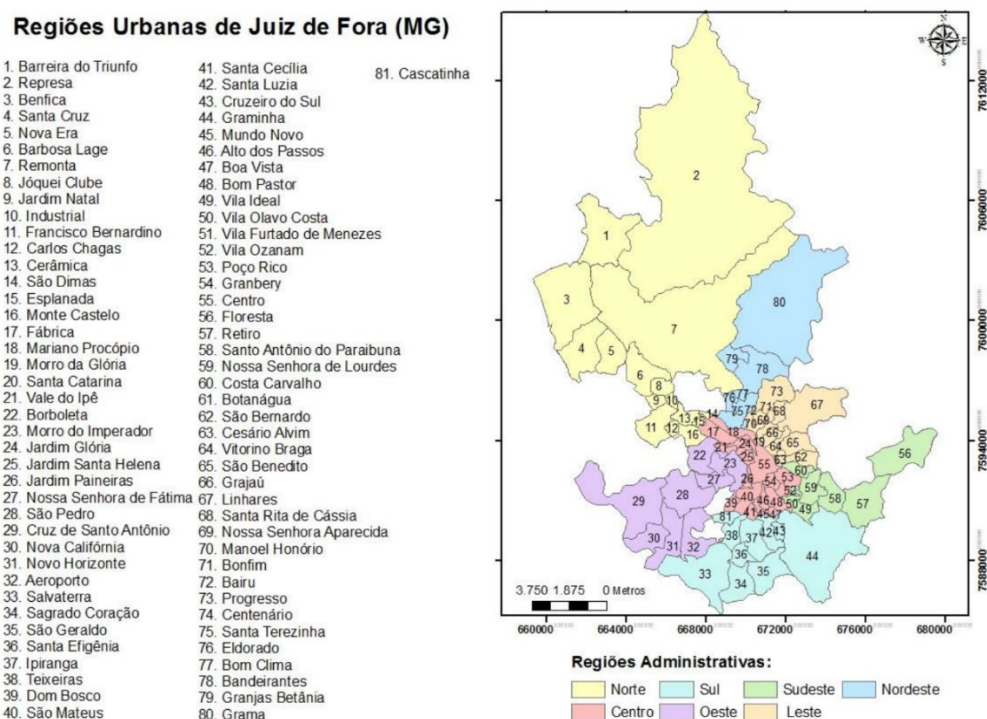


Fonte: Prefeitura de Juiz de Fora.

A Prefeitura de Juiz de Fora, estabelece, ainda regiões administrativas que se diferenciam em Norte, Sudeste, Sul, Nordeste, Leste, Oeste e Centro.

Clemente (2005, p. 141) destaca que a divisão administrativa está atrelada à definição dos “territórios socioassistenciais pela existência das condições de vulnerabilidade social e territorial, incluindo critérios de limites geográficos naturais ou gerados pela urbanização”. Considerando que a área de estudo se localiza na porção do Distrito-Sede do município, que abrange as regiões urbanas definidas abaixo, e ilustradas no mapa (Figura 41).

Figura 41: Regiões administrativas de Juiz de Fora.



Mapa 2. Regiões urbanas e administrativas de Juiz de Fora (MG).

Fonte: IBGE 2010.

Nota-se dessa forma, a heterogeneidade no município em termos de áreas e suas respectivas ocupações, no qual a região Central, destaca-se historicamente no adensamento populacional, que pode ser evidenciado na sua elevada densidade demográfica de cerca de 95,6 hab./ha. A Região Norte possui um pouco mais de habitantes se comparada ao Centro, no entanto, sua expressiva extensão territorial faculta em índices de densidade demográfica bastante inferiores com cerca de 7,73 hab./ha (IBGE, 2010).

As regiões Sudeste e Leste possuem uma área bruta bem próximas, porém a última revela-se mais adensada, demonstrando maiores valores na relação habitante por área.

As regiões Nordeste, Oeste e Sul, apresentam índices de densidade demográfica mais aproximados, pois a que apresenta maior área também envolve mais habitantes (Sul) e a que possui área menor, menos residentes no local (Oeste).

A importância dessa relação é ressaltada por Nucci (2008), ao afirmar que os adensamentos construídos e demográficos influem no espaço quanto à presença de congestionamentos, escassez de espaços livres, incidência de ruídos e aglomerações, podendo comprometer o bem-estar humano.

Figura 42: população e área bruta das regiões administrativas de Juiz de Fora.

| Regiões Administrativas | População | Área Bruta (ha) | Densidade Demográfica (hab./ha) |
|--------------------------------|------------------|------------------------|----------------------------------------|
| Norte | 106355 | 13750,2 | 7,734796585 |
| Nordeste | 47648 | 2774,5 | 17,17354478 |
| Oeste | 33976 | 1882,52 | 18,04814823 |
| Sul | 61562 | 3018,78 | 20,39300645 |
| Sudeste | 47116 | 1398,22 | 33,69712921 |
| Leste | 88590 | 1375,44 | 64,4084802 |
| Centro | 106066 | 1109,36 | 95,61008149 |
| Total | 491313 | 25309,02 | 19,41256516 |

Fonte: IBGE 2010.

Para esta etapa do trabalho e a avaliação da metodologia em uma ótica qualitativa da habitabilidade, foram levantados os seguintes dados e estatísticas sobre os bairros acima: área em Hectare, População total, Densidade (Ha), Taxa de Crescimento, Valor Médio de Aluguel, Preço do m², Preço médio de imóvel, Alteração mensal do valor da moradia, Proporção de área construída, Quantitativo de Linhas de ônibus, proporção de domicílios ocupados, Número de homicídios registrados nos últimos 5 anos, proporção de domicílios não ocupados, média de moradores por domicílio, domicílios particulares permanentes, razão entre população total do bairro de crianças e mulheres, número de domicílios identificados no CRAS, Número de famílias registradas no CRAS sem domicílio próprio, condições inadequadas a água, sem acesso a tratamento de esgoto, sem acesso a eletricidade, sem coleta de lixo, índice total de condição de habitação do CRAS, Média das avaliações dos lugares/estabelecimentos por bairro, quantidade de avaliações dos lugares/estabelecimentos, índice de cobertura vegetal em área urbana e índice de verde por habitante.

Os dados foram tratados e retiradas as informações: total, média, mediana, moda, desvio padrão, variação, coeficiente de correlação, mínimo e

máximo. P Valor e R, assim como foi feita uma normalização dos dados baseados na fórmula = Dado a ser normalizado – Mínimo entre a coleção de dados / Máximo – mínimo. A normalização dos dados é geralmente aplicada como parte da preparação de um conjunto de dados, para se usar uma escala se que distorcer as diferenças nos intervalos de valores nem perder informações, bem como tratar de números absolutos com naturezas diferentes, por exemplo distância e peso.

Figura 43: fórmula de normalização dos dados.

$$z = \frac{x - \min(x)}{[\max(x) - \min(x)]}$$

Fonte: <https://learn.microsoft.com/pt-br/azure/machine-learning/component-reference/normalize-data?view=azureml-api-2>. Acesso em: 24/10/2023.

A maior parte deste trabalho utilizou medidas objetivas derivadas de pesquisas de campo primárias ou da análise de conjuntos de dados secundários, normalmente baseados em censos.

Para se obter os dados referentes aos valores praticados por preço de imóvel e valor de aluguel cobrado na cidade de Juiz de Fora, utilizou-se uma técnica de *web scrapping* (raspagem de dados) de sites de imobiliárias do município.

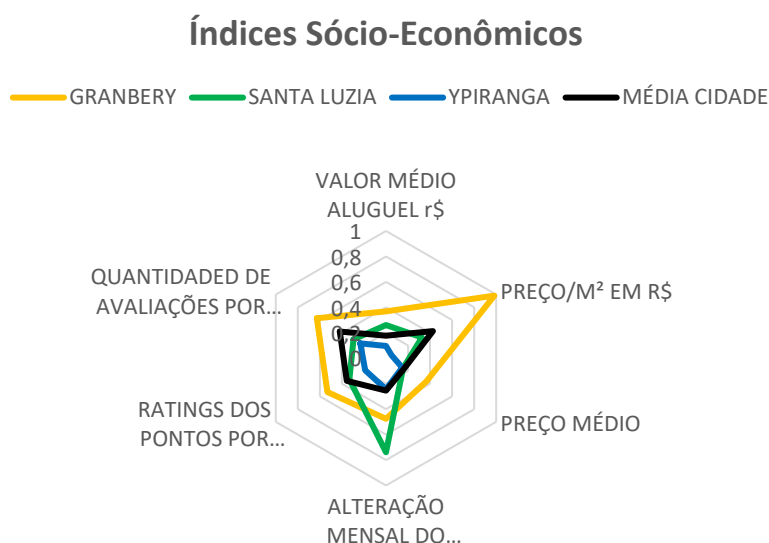
Raspagem de dados, trata-se da automação da coleta de informações de páginas da internet agilizando um processo que seria oneroso em tempo. Através de um código escrito em Python devido à sua ampla gama de bibliotecas disponíveis para web scraping identificou-se a estrutura da página e analisou-se também seu código-fonte da página para extrair em HTML as tabelas de preços. Em seguida usou-se uma biblioteca da *Beautiful Soup* para Python no auxílio da extração dos dados, já que as mesmas facilitaram a localização e filtragem dos elementos desejados, conforme ilustrado na figura 44.

Para formação classificação e agrupamentos dos dados nas categorias elencadas na tabela, usou-se como categorias cinco itens:

- Sociais: número de homicídios e tentativas nos últimos 5 anos, índice de envelhecimento da população, número de domicílios identificados no CRAS, CRAS sem domicílio próprio, razão crianças e mulheres na proporção total de população.
- Ambientais e Acesso a transporte: índice de cobertura vegetal em área urbana, índice de verde por habitante, compacidade e densidade, quantitativo de linhas de ônibus.
- Socioespaciais: População, Densidade, Taxa de Crescimento, Proporção de domicílios ocupados, Proporção de domicílios não ocupados, média de moradores por domicílio, domicílios particulares permanentes.
- Infraestrutura: Condições inadequadas à água, sem coleta de Lixo, Sem acesso a eletricidade, sem acesso a esgoto,
- Socioeconômico: Valor médio aluguel, Preço do Metro Quadrado, Preço Médio de Imóvel, Alteração Mensal de Valor da Moradia.

Com a classificação e agrupamentos feitos, pode-se gerar os gráficos a partir de cada um dos cinco pontos acima destacados, como por exemplo os aspectos socioeconômicos ilustrado no gráfico abaixo.

Gráfico 3: Índices Socioeconômicos para Habitabilidade.

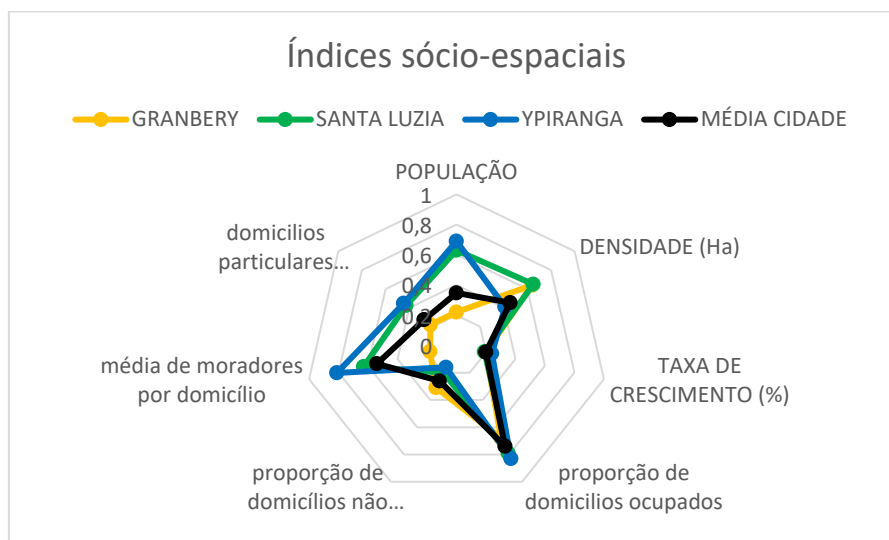


Fonte: elaboração própria.

O gráfico revela alguns aspectos relevantes para o entendimento de cada um dos bairros. O bairro Granbery como um bairro de maior índice de aspecto socioeconômico, com o preço da moradia, de morar e de boas avaliações de estabelecimentos em relação as outras médias usadas para a comparação. Destaca-se também o aumento da alteração mensal do valor da moradia do bairro Santa Luzia, o que pode indicar entre outras coisas, uma maior valorização do bairro, novas ofertas e procura por moradias. Já o bairro Ypiranga fica abaixo em todos os critérios dos índices do gráfico.

Já quanto aos aspectos socioespaciais, pode-se ver que o bairro Ypiranga e Santa Luzia possuem índices mais altos se comparados ao bairro Granbery, principalmente em população, densidade, média de moradores por domicílio. Além disso mostra que a maior parte dos residentes possui domicílio próprio.

Gráfico 4: Índices Socioespaciais para Habitabilidade.

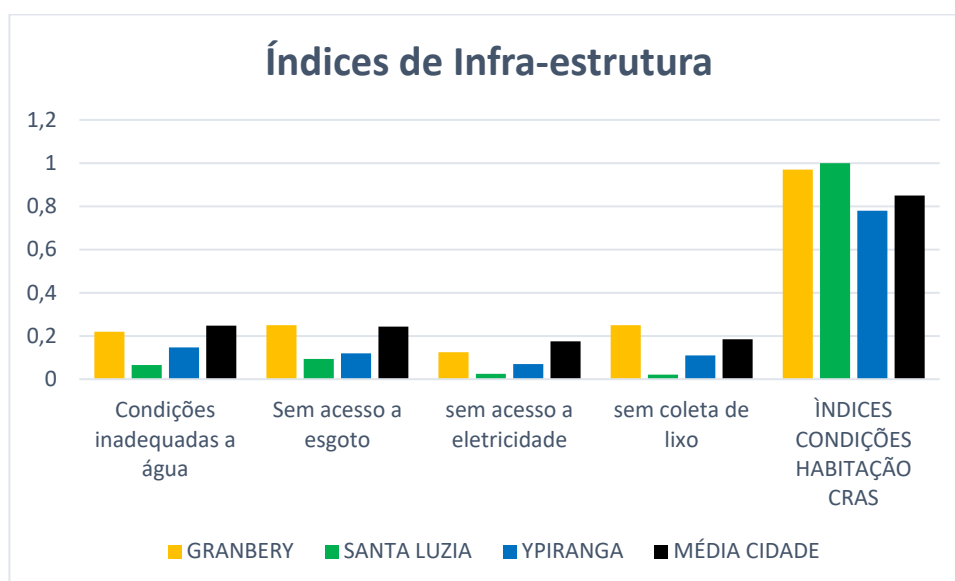


Fonte: elaboração própria.

Uma das principais condições para a uma boa habitabilidade geral é a adequação de infraestrutura urbana para atendimento às necessidades básicas de vivência. Índices ligados a infraestrutura geral se conectam a diretrizes de equidade, que poderia ser considerada como um importante indicador de habitabilidade discutido na literatura do campo. Tal como sugerido por Sharma e Lee (2020), o rápido crescimento económico e a urbanização resultaram em infraestruturas técnicas e sociais inadequadas, juntamente com o aumento da vulnerabilidade de uma grande parte da população, os chamados “pobres urbanos”. Isso inevitavelmente traz preocupações sobre equidade social e justiça para a agenda da habitabilidade urbana.

Esgoto e água tratada, coleta de lixo, eletricidade e índices das condições de habitação na tabela do CRAS foram os pontos levantados para a formação deste gráfico. O mesmo demonstra uma variação nos valores que tendem a significar uma parcela pequena da população total de cada uma das localidades estudadas, sendo os resultados específicos para cada diferença percebida. O bairro Granbery por exemplo revela que possui um índice maior do que os bairros Ypiranga e Santa Luzia em alguns pontos chave da análise, como coleta de lixo e esgoto.

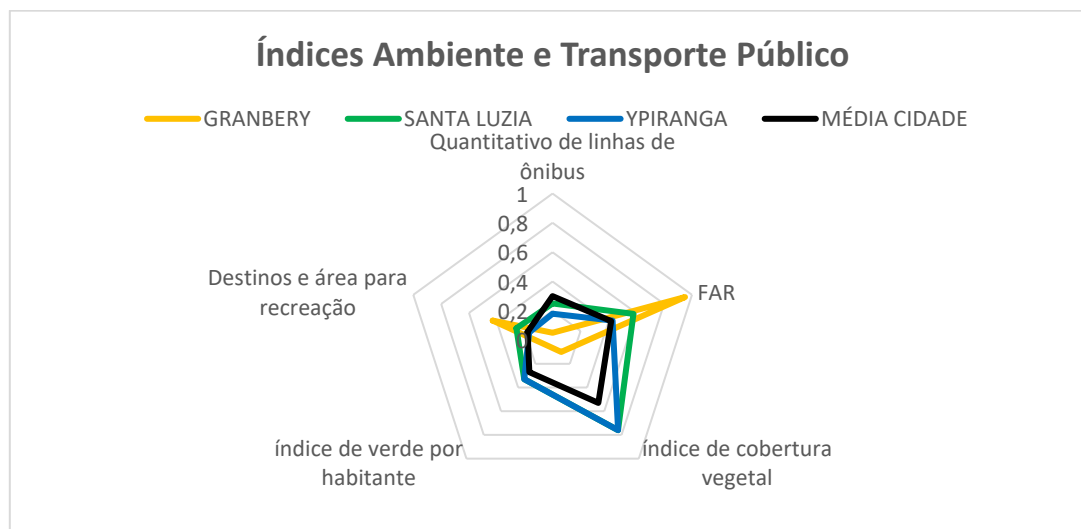
Gráfico 5: índices de Infraestrutura para Habitabilidade.



Fonte: elaboração própria.

Para os indicadores de transporte e ambientação, foram utilizados como critérios e dados extraídos para análise: destinos e áreas para recreação, quantitativo de linhas de ônibus, índice de cobertura vegetal, índice de verde por habitante e Densidade (Floor Area Ratio – FAR). As condições ambientais, de lazer e transporte são designadas por estudiosos no campo da habitabilidade e formação de índices como elementos chave para a promoção do bem-estar e da vitalidade de um espaço. Neste quesito o bairro Granbery se destaca nos pontos Densidade e Destinos voltados para áreas de recreação, mas apresenta valores bem baixos nos aspectos de quantitativo de linhas de ônibus e de cobertura vegetal. O bairro Ypiranga e o bairro Santa Luzia tiveram valores semelhantes em vários aspectos, estando o Santa Luzia com maior Densidade e destinos voltados à recreação da população.

Gráfico 6: Índices Socioespaciais para Habitabilidade.



Fonte: elaboração própria.

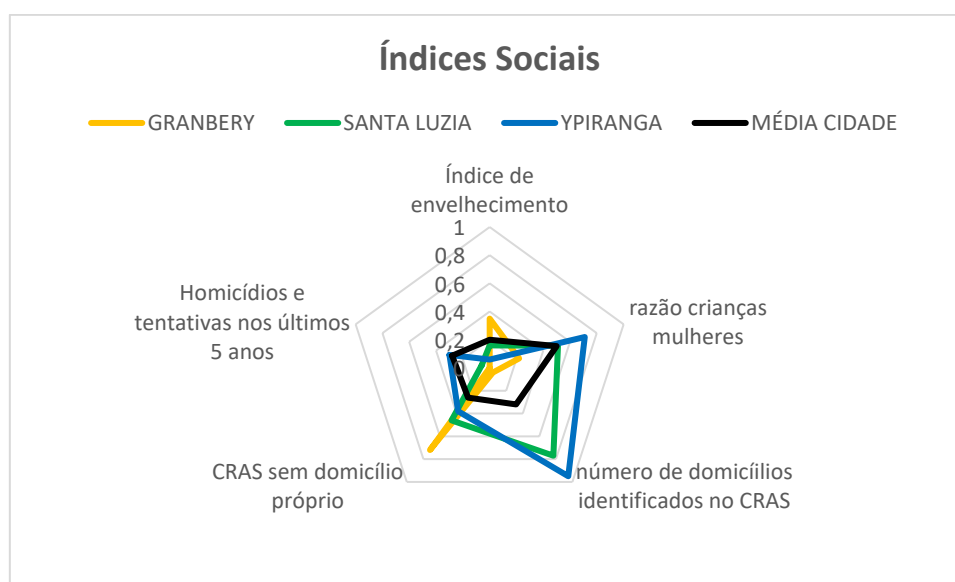
Outro elemento crucial para a promoção da habitabilidade e o fortalecimento do tecido social em uma determinada localidade diz respeito aos indicadores sociais, notadamente a composição demográfica, incluindo a diversidade de grupos populacionais, a presença de mulheres e crianças e a existência de uma comunidade segura. A segurança, indo além da redução da criminalidade, é composta não apenas pela diminuição de índices delituosos, mas também pela presença de uma parcela significativa da população em faixas etárias mais maduras, o que é percebido como um fator que contribui para um ambiente mais seguro e estável.

A importância da mistura social e de gênero revela-se como um componente essencial para o fortalecimento da coesão social e o estabelecimento de comunidades mais integradas e resilientes. O equilíbrio entre gêneros e diferentes faixas etárias é reconhecido como um fator preponderante para a promoção de uma maior interação social e para o desenvolvimento de relações comunitárias mais saudáveis e inclusivas. Além disso, a presença de famílias identificadas nos Centros de Referência de Assistência Social (CRAS) sem moradia própria indica a vulnerabilidade desses grupos, evidenciando a necessidade de abordagens sensíveis e políticas de moradia eficazes para garantir a segurança e o bem-estar dessas comunidades marginalizadas. Analisando os dados e gráficos apresentados, é possível

constatar que o bairro Ypiranga se destaca pela sua concentração de população jovem, com uma proporção significativa de mulheres e crianças em relação ao total da população estudada, além de uma quantidade expressiva de domicílios identificados nos CRAS.

Por outro lado, o bairro Granbery apresenta um índice notável de envelhecimento populacional, uma menor proporção de crianças nos núcleos familiares e uma quantidade considerável de famílias cadastradas nos CRAS que não possuem moradia própria, apontando para a necessidade de políticas específicas para abordar os desafios específicos desses grupos demográficos e promover uma maior equidade e bem-estar dentro da comunidade local.

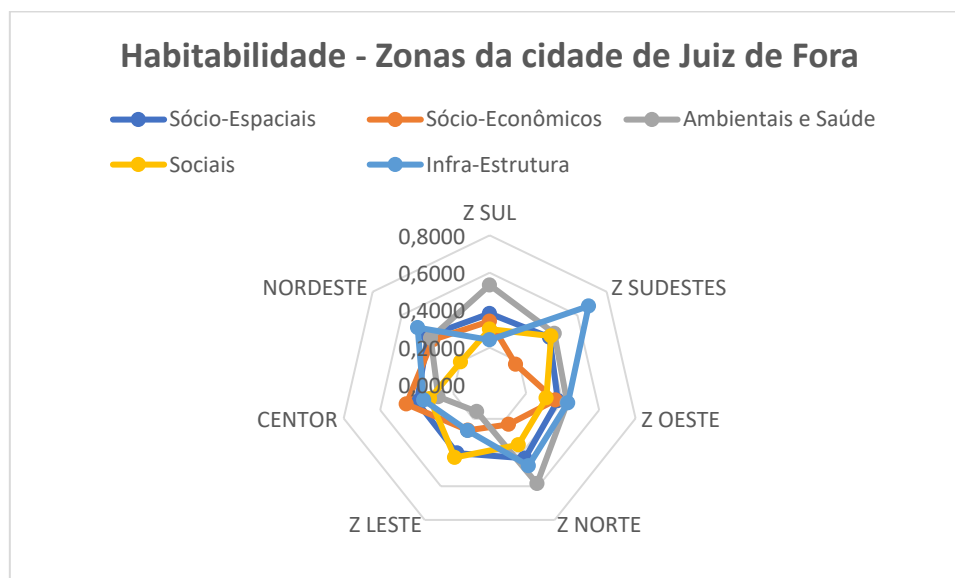
Gráfico 7: Índices Sociais para Habitabilidade.



Fonte: elaboração própria.

No índice de habitabilidade geral por zonas da cidade de Juiz de Fora pode-se observar nos gráficos obtidos com os cruzamentos dos dados que cada uma das áreas tende a se destacar sob um aspecto, o que mostra como é amplo o escopo de avaliação e a análise sobre determinada função. A Zona Norte por exemplo se destaca nos aspectos de meio ambiente e saúde urbana, mas possui baixos índices socioeconômicos e sociais. Enquanto a região do Centro possui o inverso destes indicadores, com altos índices sociais e socioeconômicos e um menor valor para os índices de meio ambiente e saúde urbana.

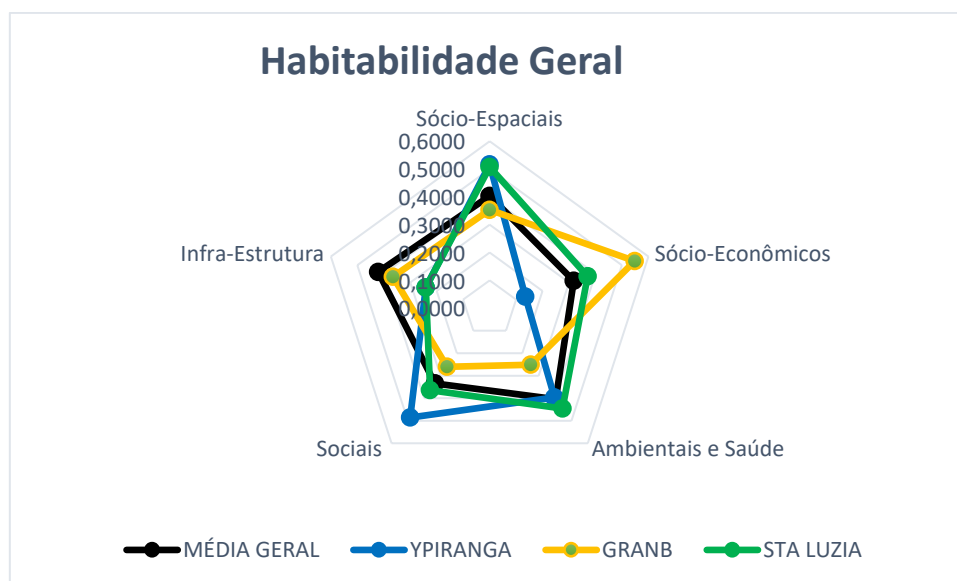
Gráfico 8: índices para Habitabilidade das Zonas da Cidade de Juiz de Fora.



Fonte: elaboração própria.

Por fim, a análise geral da habitabilidade dos bairros usados para o estudo de caso (Granbery, Ypiranga e Santa Luzia), por meio de um gráfico geral de indicadores de habitabilidade, revela notáveis disparidades no desempenho. Notavelmente, o bairro Granbery se destaca em relação a outros bairros, sobretudo em termos de indicadores socioeconômicos, superando significativamente a média da cidade e os bairros Santa Luzia e Ypiranga.

Gráfico 9: índices para Habitabilidade dos bairros analisados Granbery, Santa Luzia e Ypiranga e comparativo com a média da cidade.



Fonte: elaboração própria.

Por outro lado, o bairro Ypiranga apresenta um valor elevado em termos de indicadores sociais, que, no entanto, está inversamente relacionado a resultados desejáveis. Essa relação inversa sugere um nível de vulnerabilidade social e indica potenciais problemas relacionados à segurança e violência na localidade.

No que se refere aos aspectos de saúde e meio ambiente, o bairro Granbery fica aquém de outros bairros, principalmente devido à consideração de fatores como a disponibilidade de transporte público, quantificado pelo número de linhas de ônibus, e à presença de áreas de cobertura vegetal. É importante notar que em bairros mais densamente povoados, como no caso em questão, as áreas verdes podem ser limitadas, afetando negativamente a qualidade do meio ambiente local e, conseqüentemente, a saúde dos residentes.

Essas discrepâncias nos indicadores socioeconômicos, associadas a variações na disponibilidade de serviços de transporte público e na qualidade do meio ambiente, destacam a complexidade da habitabilidade em contextos urbanos e a importância de medidas e políticas que visem a mitigar essas desigualdades e melhorar a qualidade de vida nos bairros urbanos.

Em abordagens de pesquisa qualitativa, a precisão e a validade dos resultados dependem significativamente da integração de dados atualizados de

censo, especialmente ao investigar a habitabilidade de um bairro ou de uma cidade. A utilização de dados de censo recentes proporciona uma base sólida para a compreensão das características demográficas, socioeconômicas e ambientais de uma região específica, o que é crucial para a obtenção de insights significativos e precisos.

A disponibilidade de dados atualizados de censo permite aos pesquisadores capturarem de forma mais precisa a composição demográfica da população, incluindo informações cruciais como distribuição etária, estrutura familiar, níveis de renda, educação e ocupação. Esses fatores demográficos desempenham um papel fundamental na compreensão das condições de vida e das demandas específicas de uma comunidade, influenciando diretamente a percepção da habitabilidade.

Além disso, os dados de censo recentes são fundamentais para compreender as mudanças temporais e as tendências demográficas que podem impactar a habitabilidade de um bairro ou de uma cidade ao longo do tempo. Isso permite uma análise mais precisa das dinâmicas sociais e econômicas em evolução, ajudando os pesquisadores a identificarem possíveis desafios e oportunidades em relação ao planejamento urbano, ao desenvolvimento sustentável e ao bem-estar geral da população local.

Uma abordagem metodológica que se baseia em dados atualizados de censo contribui para a integridade da pesquisa qualitativa, fortalecendo a credibilidade das conclusões. A ausência de dados recentes pode resultar em uma compreensão distorcida da realidade local, comprometendo a eficácia das intervenções e políticas propostas. Portanto, a atualização regular dos dados de censo é crucial para a compreensão precisa e atualizada da habitabilidade de um bairro e de uma cidade, promovendo uma base sólida para a tomada de decisões informadas e orientadas para a melhoria da qualidade de vida da comunidade.

A verificação qualitativa da metodologia auxilia a respaldar e a complementar as características quantitativas, atreladas a aspectos morfológicos contribuindo para diminuir as lacunas que a pesquisa pode gerar.

10.2 Métricas e análises quantitativa da habitabilidade

Partindo dos pressupostos já citados, esta parte da pesquisa tem como intenção o delineamento de um método de investigação que parte do princípio da habitabilidade do espaço, de formas de classificação e formação de índices na proposição de uma ou mais ferramentas que contam com auxílio de tecnologias principalmente computacionais, a fim de utilizá-la como um método de análise interdisciplinar.

As demandas por medidas de análise de rede e as ferramentas de design urbano com reconhecimento de mobilidade oferecidas por ferramentas diversas estão crescendo rapidamente com a crescente disponibilidade de dados geoespaciais e melhorias no poder computacional. Tais medidas permitem investigar como a forma urbana, o programa e a alocação de pessoas, bem como os padrões de atividade, estão inter-relacionados e, em combinação, podem se tornar uma parte significativa da vida urbana.

Szibbo (2015: 32) destaca atributos morfológicos relacionados à habitabilidade, como densidade populacional, diversidade de uso da terra, disponibilidade de espaços abertos, acessibilidade e acessibilidade.

A relevância de discutir a habitabilidade tendo em conta a forma urbana é porque as características físicas de um ambiente construído contribuem significativamente para o desempenho a longo prazo de um lugar (Southworth, 2003, p. 345).

O conceito de forma urbana abrange localização, forma, geometria e relações de/entre os elementos espaciais (ou seja, ruas e estradas, terrenos e edifícios, espaços públicos e áreas verdes) dentro do ambiente construído (Çaliskan e Sevik, 2022).

Afeta as escolhas dos indivíduos na organização das suas vidas, delimita ou proporciona oportunidades para a alocação social de recursos e comodidades; facilita o movimento humano, portanto, condiciona a interação social, a aprendizagem e o prazer (Hack, 2012, pp. 33–35).

Para Bosselmann (2008) a habitabilidade é uma qualidade mensurável, uma vez que se concentra na percepção de elementos físicos concretos (p. 143). Seguindo o estudo inicial de Smith et al. (1997) que avaliaram a qualidade de vida da forma física dos bairros, existem poucos estudos que questionem

explicitamente a relação mensurável entre a forma urbana e a habitabilidade (Southworth, 2003; Ewing e Clemente, 2013).

Conciliando a disponibilidade de dados geo-espaciais, os avanços em métodos de análise por meios computacionais expandem as capacidades de geração e avaliação de cenários urbanos considerando diversos parâmetros.

Como forma de validação, os estudos de casos são utilizados para descrevem as metodologias em que foram tecidas as análises, pretendendo-se estabelecer conexões com os assuntos até aqui então tratados. Sejam estes através de ferramentas computacionais ou por viés teórico-conceitual.

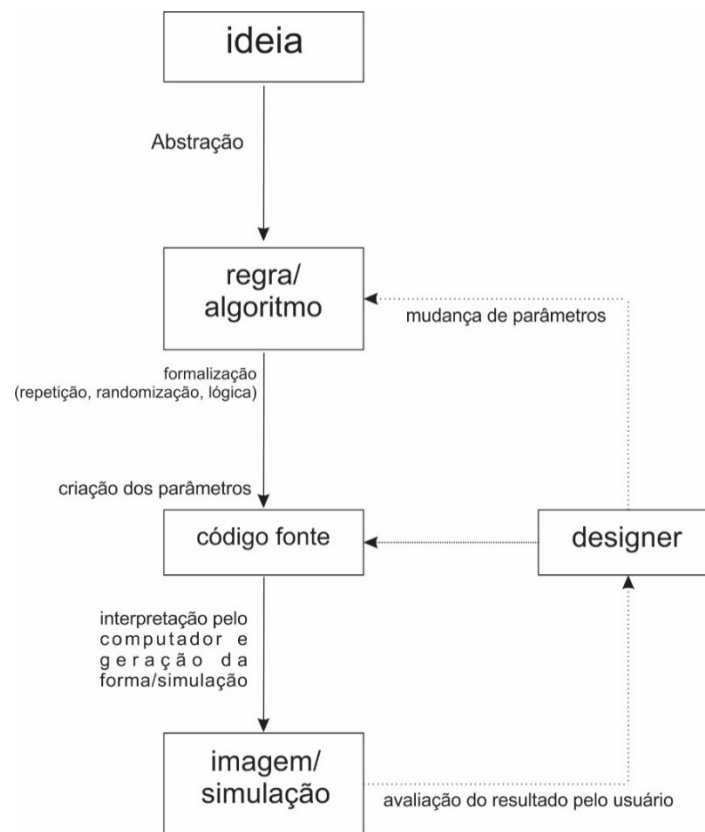
O design computacional é uma abordagem interdisciplinar que combina princípios de design, ciência da computação e tecnologia para criar soluções inovadoras, produtos e sistemas por meio do uso de software, algoritmos e ferramentas digitais. Essa abordagem envolve a geração, exploração e avaliação de alternativas de design com o auxílio de computadores e técnicas computacionais. O design computacional tem uma ampla gama de aplicações em diferentes campos, incluindo arquitetura, design de produtos, engenharia e urbanismo.

Destaca-se também, que o design computacional tem o potencial de oferecer soluções mais otimizadas e adaptadas às necessidades específicas em menor tempo e custo. Ele permite que os designers explorem um espaço de soluções muito maior do que seria possível usando métodos tradicionais e manuais.

As definições automatização e codificação, ocasionadas pela combinação de algoritmos através de programação, alertam para o fato de os modelos digitais não serem artifícios alheios ou indiferente aos processos de criação da Arquitetura e Urbanismo. Afinal, se o projeto se baseia na estruturação de conceitos e ideias, isto é: na síntese de informações visando problematizar e solucionar uma realidade, a utilização de um instrumento que disponibiliza modos distintos de acesso e articulação do conhecimento induz novos enquadramentos e processos criativos (Veloso, 2010).

O processo de trabalho, apoiado por meio de ferramentas de natureza computacional permite uma rápida retroalimentação do sistema e a geração de diversos cenários em um tempo otimizado. A figura abaixo ilustra o processo de design feito com uso de programação.

Figura 46: Representação do processo de design com uso de programação.



Fonte: Adaptado de BOHNACKER, 2012 p.46

Nestes cenários os dados são fundamentais para a efetivação do método. Esses dados podem ser informados através de canais diretos e coletados através de fontes que forneçam quantitativos demográficos, geográficos, espaciais e econômicos, podendo ser inseridos diretamente como grandezas mensuráveis dentro do sistema que compõe a ferramenta.

Os tipos de parâmetros podem formar duas categorias de classificação: os parâmetros diretos (conseguidos através de dados geográficos, escalares e numéricos), tais como: densidade, distâncias, zoneamento, área construída, volume, etc. Os outros seriam os parâmetros indiretos, como fatores econômicos, sociais, ambientais e culturais referentes ao espaço analisado. Esses dados precisam ser colocados dentro de uma lógica estabelecida na configuração do parâmetro, para gerar a leitura da informação correta e o seu peso/grandezza na avaliação do espaço.

Figura 47: representação de uma pirâmide com a escala das etapas e das características de cada uma.



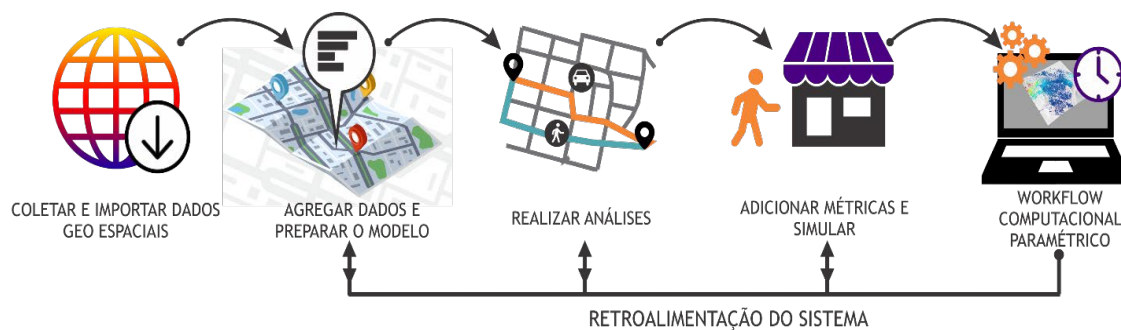
Fonte: Elaboração Própria

O grande desafio é como coletá-los, inseri-los em parâmetros e sistematizar essa informação para geração de uma análise e simulação urbana.

A utilização das ferramentas está diretamente ligada ao tipo de análise por ela obtida, e da métrica/índice resultante. Portanto, descrever o funcionamento da mesma elucidada os pontos tratados em cada etapa.

De maneira sucinta, a figura 15 descreve a abordagem em todas as etapas a serem descritas a seguir, mesmo que cada ferramenta possua sua lógica de análise e contribuição para o assunto.

Figura 48: Metodologia adotada para as análises quantitativas do espaço e dos processos feitos no uso das ferramentas.



Fonte: Elaboração Própria.

Para realização desta etapa, são necessários conjuntos de dados que geralmente são: um que forneça informações sobre os tipos de localidades presentes no local, outro que contenha a representação vetorial da malha viária, edifícios e lotes, e o terceiro que forneça algum índice de qualidade de vida, pesos e forças para a área em estudo. Ao se falar de um mosaico mais amplo, como é o caso do espaço urbano, relacionar os “nós da cidade” e as relações interpessoais com a abrangência de benefícios sociais diversos como: segurança, comunicação, áreas livres, habitação, engajamento e serviços. Assim esta etapa parte das seguintes ações:

- Coleta de dados: obter os dados e agrupá-los a partir de diferentes fontes. Como fonte para importação da malha viária, lotes, edificações e distribuição de usos, o OpenStreetMap, Google Maps, base cadastral em CAD da cidade de Juiz de Fora. Ainda assim, importante destacar que alguns destes dados encontram-se desatualizados frente ao processo natural de evolução urbana como no caso da base cadastral da prefeitura, e já no Openstreetmaps há poucos trechos com os dados disponíveis na plataforma. No Google Maps, podemos coletar as avaliações de várias comodidades dentro da cidade, juntamente com suas coordenadas geográficas (ou seja, latitude e longitude), usando a API do Google Maps e depois posicioná-las junto ao CAD da cidade fornecido pela PJJ (Prefeitura de Juiz de Fora). O OpenStreetMap (OSM) é um banco de dados online de código aberto

que contém camadas de informações geográficas que podem ser usadas com Python com a ajuda de uma biblioteca chamada OSMnx, que é baseada na biblioteca NetworkX, que ajuda a extrair curvas, geotags, comodidades, ruas e outras características urbanas.

- Calcular as métricas e fazer as análises: consiste em desenvolver os procedimentos para geração das diferentes análises quantitativas de habitabilidade. Para isso utilizou-se fundamentalmente do software Rhinoceros® e seu plugin de programação visual Grasshopper®, bem como outros *add-nos* do próprio Grasshopper, tais como: Heron, DecodingSpaces, Urbano, NNA, Heteroptera, UNA, Leafvein, UrbanXTools, TTools e Human. Estas várias ferramentas podem ser direcionadas ao planejamento e análise urbana, podendo colaborar nos estágios iniciais de projeto e no apoio da tomada de decisões, através de *feedbacks* ativos e análise de métricas. As ferramentas em conjunto produziram as análises que serão descritas nos capítulos a seguir nesta tese.
- Análise de dados e mapas: coleta dos resultados obtidos e tratados em bases comparativas/analíticas.

Partindo de uma escala macro da cidade de Juiz de fora para um olhar focalizado sobre 4 bairros do mesmo município, esta parte da metodologia adota os seguintes índices e análises:

- Alcance (reach), Gravidade (gravity), Streetscore, Walkscore, Mistura de Usos, Intensidade da Network, Área de cobertura Direta por Serviço, Integração Angular, Escolha Métrica (Metric Choice), Metric Integration, Metric Mean Depth, Acessibilidade da via e do lugar, Normalised Angular Integration, Intermediação. Matriz Topológica, Proximidade, Degree, Straightness e Compacidade/Densidade.

10.3 Análise global da cidade

Conforme previamente abordado, a Sintaxe Espacial (também conhecida como Teoria da Lógica Social do Espaço) foi desenvolvida, em Londres, por Bill Hillier e colaboradores, nos anos 1970 (Hillier e Hanson, 1984), tratando da

observação da cidade procurando entender a integração dos aspectos físicos e todas as interações sociais que ocorrem em seus domínios. A Sintaxe Espacial usa técnicas e modelos computacionais para o entendimento das questões configuracionais, associando valores quantitativos e expressões matemáticas para a análise do espaço, gerando propriedades capazes de quantificar relações na rede urbana da malha viária, mostrando seus fluxos naturais de movimentação.

A partir da teoria da Sintaxe do Espaço, a ferramenta UNA (*Urban Network Analysis*) foi desenvolvida com a intenção particular de disponibilizar ferramentas de modelagem de caminhabilidade na rede urbana, acrescentando duas novas considerações nesse tipo de análise (Sevtsuk, 2010).

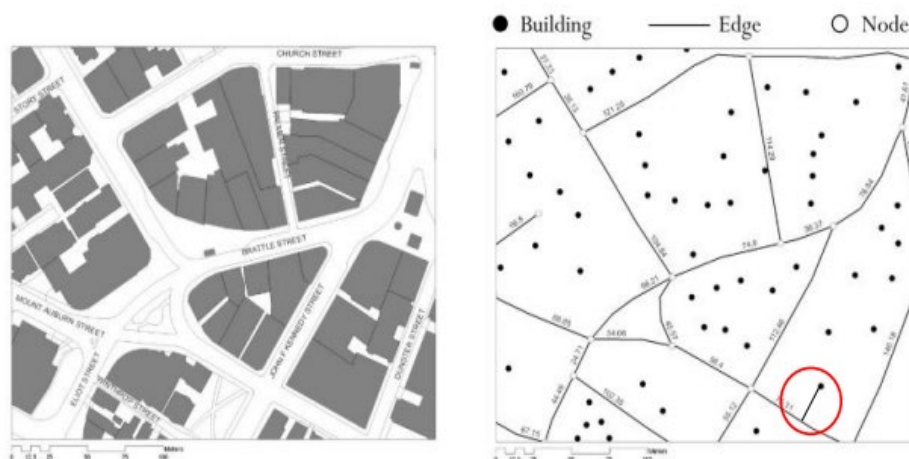
Primeiramente, ela introduz um novo elemento, as edificações (ou outra instância de localização como terrenos ou estações de transporte público), o que permite estabelecer índices diferentes para cada edificação ou terreno. Além disso, existe a possibilidade de usar os “nós” como *input* de entrada para os prédios ou para realizar a análise convencional. Essas possibilidades representam um avanço para o campo de estudos, uma vez que se torna possível estabelecer pesos diferentes entre as edificações e uso do solo em toda a área de análise, o que não era possível na maioria dos métodos anteriores (Sevtsuk, 2010).

A ferramenta UNA emprega indicadores visando a formulação de suas medidas avaliativas. Dentre esses, o Índice Gama se destaca como um componente central, destinado a apreender características fundamentais de um grafo. Tradicionalmente, o Índice Gama é empregado na análise convencional da teoria de grafos, na qual os nós e as arestas constituem as representações primárias. No entanto, nos contextos de análise em Unidades de Análise Urbana (UNA), é possível conferir aos nós a atribuição de quaisquer entidades pertinentes a uma rede urbana, tais como edificações, parcelas de terreno, pontos de acesso ao transporte, entre outros.

As ferramentas da UNA permitem quantificar quantas e quais tipos de comodidades (*amenity*s) são acessíveis a pé a partir de um local específico na rede, bem como capturar as qualidades espaciais das rotas que levam a essas comodidades.

A conexão do edifício/localidade com a aresta que representa a rua mais próxima, se dá mediante a um segmento na menor conexão perpendicular, como se pode observar no destaque da imagem a seguir:

Figura 49: Representação básica de redes em UNA. Esquerda: Quarteirões em Harvard, MA. Direita: Representação do mesmo conjunto com destaque nas unidades em UNA.



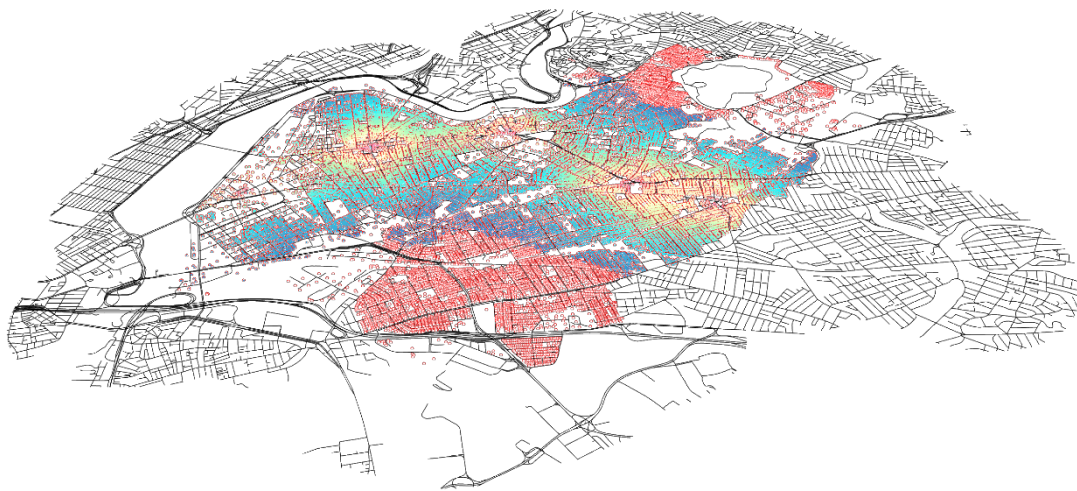
Fonte: (Sevtsuk, 2010).

Portanto a ferramenta de Análise de Rede Urbana (UNA Toolbox) fornece métodos para avaliação de distâncias, acessibilidades e lugares ao longo de redes espaciais. A ferramenta faz uso de “atributos” para fornecer propriedades a objetos de origem e destinos, com identificação por nome, número ou peso.

A criação dessas “tags” de classificação de espaços, ou mapeamento de usos dos edifícios, dentro das métricas da extensão UNA não permitem somente a análise espacial específica do funcionamento de uma rede determinada, mas também em incorporar uma rápida análise e redesenho. Após apontar dentro da rede quais os pontos de origem e destino e seus pesos dentro da mesma, bem como o tipo de análise a ser verificada pelo software, é gerado um gráfico de cores que pode ser editado graficamente pelo usuário, em que o padrão escolhido indica através de pontos aqueles de maior influência ou proximidade para determinada cor (Figura 3.), esses atributos também podem ser

demonstrados numericamente para cada ponto. A figura abaixo demonstra a visualização de uma rede obtida com o apoio da ferramenta UNA.

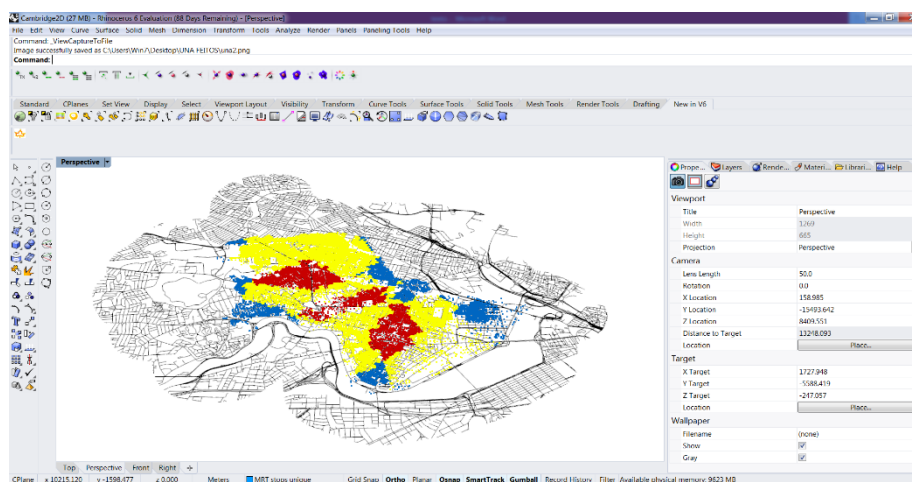
Figura 50: Exemplo da simulação de Alcance gerada pela Ferramenta UNA Toolbox gerada no software Rhinoceros.



Fonte: Elaboração Própria.

Segundo Sevtsuk (2010), o desenvolvimento da ferramenta parte a princípio de uma distinção entre densidade urbana e intensidade urbana. Enquanto densidade se refere à quantidade de pessoas ou elementos de forma urbana em uma área específica, intensidade refere-se à concentração de atividades no solo pisos ao longo das ruas da cidade. É a parte do ambiente urbano que as pessoas se relacionam mais diretamente e rotineiramente. A ferramenta opera junto do software Rhinoceros, como pode ser visto na figura abaixo:

Figura 51: Interface do Rhinoceros com o plugin UNA Toolbox.



Fonte: Elaboração Própria.

As características complexas podem ser quantificadas pela teoria dos grafos como grau, conectividade, correlações de graus, centralidade e intermediação, agrupamento e estrutura da comunidade (Wang et al., 2016).

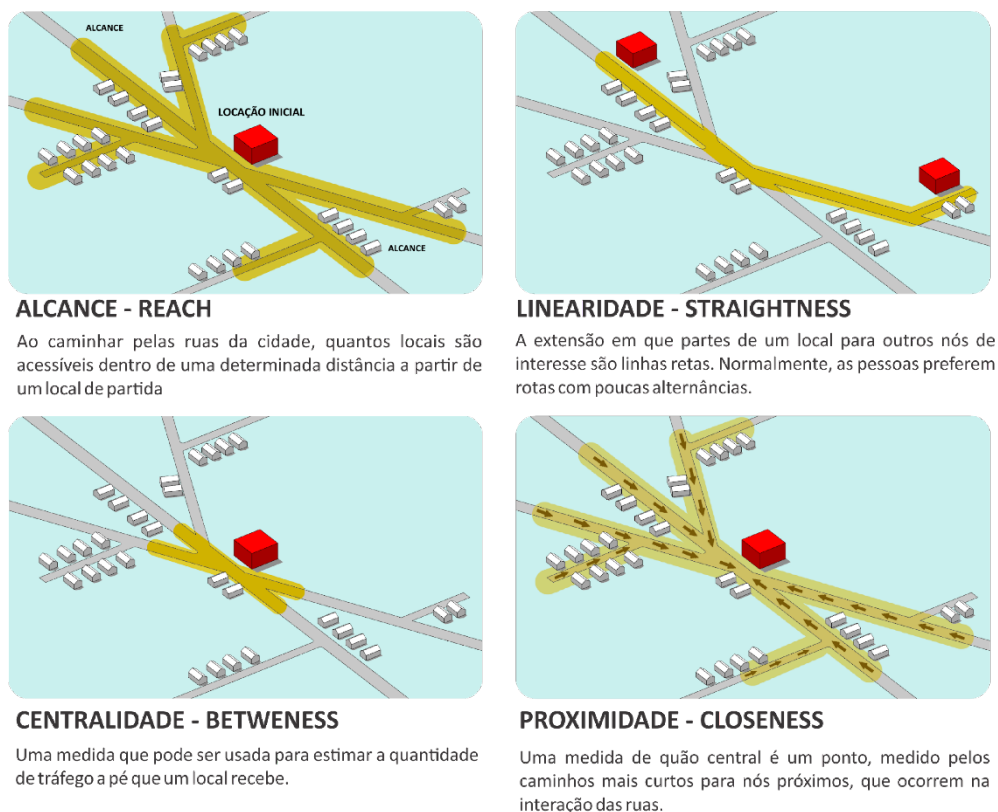
De acordo com Sevtsuk (op. cit), juntamente com o grupo de pesquisa do qual coordena, denominado City Form Lab, as três principais qualidades da forma urbana que afetam a intensidade e os níveis de interação que determinados destinos podem ser alcançados por um raio de caminhada, e que formam a base da ferramenta elaborada são:

4. Escala: se os edifícios de destino forem maiores em volume, eles poderão acomodar mais estabelecimentos.
5. Frequência: se o número de prédio e edificações vizinhas for alto, ou seja, se houver um espaçamento mais denso entre os prédios por comprimento linear dos trechos das ruas, mais destinos serão encontrados na mesma faixa de caminhada.
6. Localização: se o destino estiver localizado em uma junção mais conectada de uma rede de ruas, onde mais ruas se estendem, poderá ser alcançado por mais usuários.

O *City Form Lab* se refere a isso como por exemplo na medida da acessibilidade de alcance (*reach acessibility*) de um local e eles descobriram que isso está correlacionado com qualidades distintas da forma urbana que podem promover a presença de diversas empresas em uma área. As atividades

comerciais tendem a favorecer ruas com alta conectividade (Nes, 2005; Scoppa e Peponis, 2015); localidades especializadas favorecem ruas com alta proximidade; e lojas de departamentos ou supermercados preferem ruas com alta intermediação (Wang et al., 2014).

Figura 52: Descrição das métricas utilizadas pelo plugin UNA Toolbox.



Fonte: Elaboração Própria.

Proximidade (*Closeness*): reflete a conexão e acessibilidade entre a parte local do espaço e todos os outros espaços no sistema. Um caminho próximo aos destinos tem mais chances de ser selecionado pelas pessoas. A proximidade é medida pela distância euclidiana média entre a origem e todos os destinos alcançáveis em um raio e quantidade de rede penalizada pela distância euclidiana. As hipóteses por trás dessas duas medidas são uma densidade ideal do ambiente construído para instalações de entretenimento de lazer e uma grande barreira fisiológica entre a origem e sua vizinhança para ambientes sinuosos.

Centralidade/Intermediação (*Betweenness*): estima como cada link de rede é preenchido à medida que as entidades se movem pelo sistema e, assim, avalia todas as viagens possíveis que passam por um link de rede. Esse fator é medido pela previsão de fluxo com base na menor distância do caminho euclidiano e propõe um nível ótimo de fluxo de pedestres para atividades de entretenimento de lazer.

Linearidade (*Straightness*): por fim a linearidade, é a medida da qual a extensão de uma parte do nó até outro nó são linhas retas, caminhos feitos sem mudanças de direção. Essa métrica é baseada na indicação de que as pessoas tendem a preferir caminhos com poucas mudanças de rota.

10.4 Análise urbana da malha total

Com o entendimento das métricas, buscou-se a apreensão macro da cidade de Juiz de Fora como primeiro passo para obtenção dos índices de habitabilidade partindo do viés quantitativo.

Os procedimentos metodológicos para as etapas relacionadas ao uso desta primeira ferramenta podem ser descritos da seguinte forma:

- O primeiro passo é configurar a Network (malha urbana) do espaço ou cidade desejada, já que ambas as ferramentas necessitam dessa entrada de dados, esses arquivos podem ser implementados de diversas formas: por meio de arquivos Open Street Maps (osm.), Shapefiles (shp.), GIS ou desenhados dentro de interfaces CAD, que acompanhem o traçado das malhas do espaço delimitado. É importante nesta etapa a verificação da integridade topológica da malha (network) a ser analisada. As linhas resultantes devem estar todas integradas para não gerar incongruências nos resultados das análises. Não foram inseridas na malha total feita da cidade regiões que não apresentavam conectividade considerável, geralmente bairros ou distritos em que o acesso não estava representado ou apresentavam intervalos consideráveis para o restante da malha.
- Depois de adicionar curvas à rede desejada, o próximo passo é localizar pontos dentro desta rede. A maior parte das funções

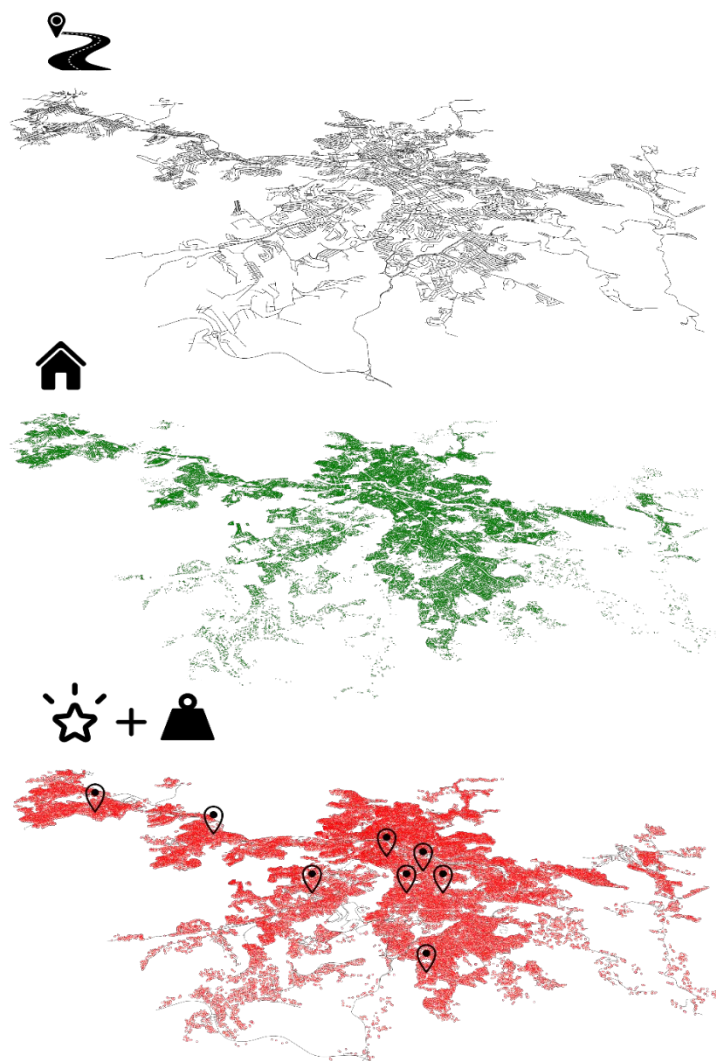
analíticas utilizadas pelas ferramentas propostas valem-se de pontos para descrição dos locais (edifícios, entradas, espaços públicos) como unidades de análise. Estes pontos podem ser classificados em três categorias dentro da primeira ferramenta usada, a UNA dentro do Rhino: Pontos de Origem, Pontos de Destino e Pontos de Observação. Feito isso, é possível inserir pesos dentro dos pontos, com a força de atratividade ou importância que cada um deles contém por exemplo. Para efeito de estudo do método consideramos os espaços dentro de três escalas de pesos, de 1 a 3 baseados em uma escala numérica.

1. Peso de Vetor 3 - Pontos nodais, locais com grande atratividade, considerados pontos de destino, possuem uma alta concentração de serviços e convexidade de transportes e deslocamentos, pontos de encontro ou de passagem de um grande fluxo de pessoas. Como por exemplo Universidade Federal de Juiz de Fora, Shopping Independência, Parque Halfeld, Rodoviária e Hospital Santa Casa. Locais de significativa relevância dentro da cidade, pontos de referência. No mapa esses locais tendem a receber gradientes avermelhados.
2. Peso de Vetor 2 - Demais locais que possuem relevância local média, recebem um fluxo, concentração de serviços e demais fatores em menor escala. Tais como: demais shoppings, hospitais, praças de bairros, centros comerciais, parques e outras instituições. Na visualização do mapa esses pontos ficam com a coloração amarela ou alaranjada.
3. Peso de Vetor 1 – O restante dos pontos, considerados dentro do programa como pontos de origem, geralmente casas, prédios residenciais, espaços públicos pequenos. Possuem geralmente cores frias na visualização de centralidade e alcance, são geralmente azuis e verdes. A Figura 7 ilustra resumidamente as etapas compreendidas nesta fase.

Distribuídos os pesos, identificados os pontos de origem e destino, e realizando a configuração e limpeza da rede através da ferramenta UNA, fez-se uma análise de gravidade e alcance dentro de toda a área urbana da cidade de Juiz de Fora. Durante a aplicação destes modelos de estudo, cabe ressaltar o

conhecimento prévio sobre as dinâmicas urbanas locais, como indicação de possíveis pontos de maior atratividade se pautando também no número de avaliações e relevância do Google Maps/Places.

Figura 53: de cima para baixo - Network da malha viária da cidade de Juiz de Fora, distribuição de edificações (pontos de origem) e por fim colocação de pontos de destino e de seus respectivos pesos.



Fonte: Elaboração Própria.

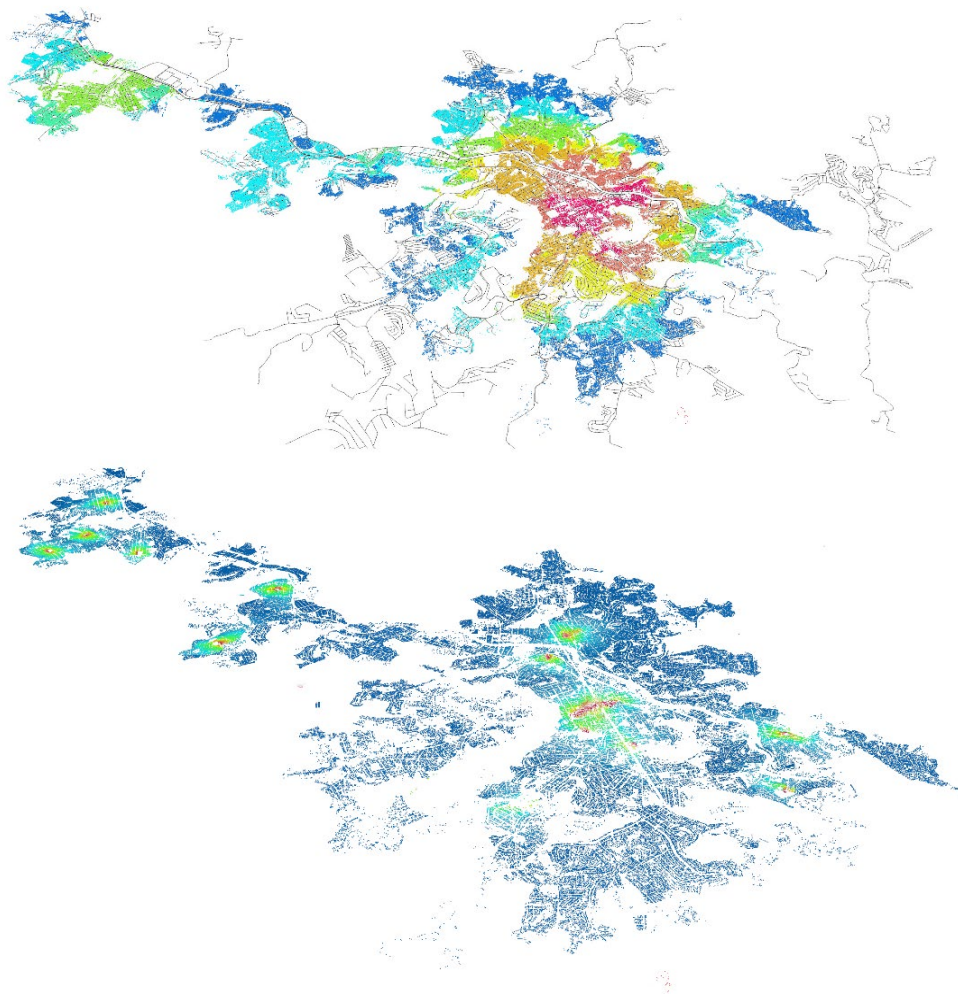
O uso da UNA em um primeiro instante auxiliou na quantificação e tipificação das comodidades (tradução livre de *amenity*), que podem ser acessados a pé a partir de um local dentro da malha usada, bem como capturar

as qualidades espaciais das possíveis rotas que levam a estes lugares de destino.

O indicador de alcance (reach) pode ser traduzido como a facilidade de acesso a serviços, bens e locais no menor deslocamento possível. Essa característica diz respeito à possibilidade de viajar através de diferentes modos (garantidos por conexões físicas e redes integradas de transporte), bem como à possibilidade de acessar instalações urbanas remotamente sem necessidade de deslocamentos longos. Já a gravidade (gravity) pode ser usada para identificar a presença de empresas e serviços disponíveis em uma área e sua área de influência direta.

A rede gerada pela ferramenta mostra quantos pontos de origem estão mais próximos dos pontos de origem ou pontos com pesos de valores mais altos, e gera os mapas de alcance e gravidade destes destinos, com base em sua proximidade e atratividade (Figura 9).

Figura 54: Análise de Alcance e Gravidade utilizando da ferramenta UNA na cidade de Juiz de Fora nos parâmetros utilizados.



Fonte: Elaboração Própria.

Em ambos os mapas gerados, observa-se a que na malha macro da cidade de Juiz de Fora, os pontos de gravidade e alcance mais intensos situam-se no centro da cidade, contando também com algumas centralidades especialmente na Zona Norte do município, e em centros econômicos de maior diversidade de serviços, como a Zona Sul. Índices com valores menos são encontrados nas Zonas Oeste, e principalmente Leste da cidade, que são áreas de grande densidade populacional e maior vulnerabilidade social.

A elaboração das simulações de alcance e gravidade a partir da malha urbana de Juiz de Fora possibilitaram perceber as áreas da cidade que, embora próximas às centralidades indicadas pelo parâmetro gravidade, possuam baixos

valores do parâmetro alcance, indicando a necessidade de maiores deslocamentos para realização de atividades cotidianas.

Adentrando-se na escala do bairro, a proposta metodológica buscou analisar três bairros para validação das próximas métricas de habitabilidade a serem sugeridas pela ferramenta desenvolvida nesta tese.

10.5 Habitabilidade – mix de usos

Como primeira utilização da ferramenta desenvolvida para a análise de habitabilidade a partir de condicionantes quantitativas, desenvolveu-se em um primeiro momento a compreensão da mistura de usos presentes em cada um dos três bairros de Juiz de Fora a serem utilizados como base para aplicação da metodologia, sendo estes: Granbery (região Central), Santa Luzia (região Sul) e Ypiranga (Região Sul).

O Mix de Usos é crucial para a habitabilidade segundo literatura encontrada sobre o campo, porque cria cidades e bairros dinâmicos, acessíveis e socialmente conectados. Melhora a conveniência, promove a caminhabilidade, a segurança pela presença de pessoas em diversos ciclos do dia, a atividade econômica e de maneira geral a qualidade de vida dos ambientes. O planejamento urbano e as políticas públicas de regulamentação do espaço priorizam o desenvolvimento do uso misto como estratégia-chave para o desenvolvimento de bairros sustentáveis.

Cidades vibrantes proporcionam lugares viáveis para sociabilidade, conexões e envolvimento em múltiplas atividades (Findlay & Sparks, 2009).

O espaço urbano bem estruturado acomoda funções e permite a atividade social humana quando um lugar habitável e vibrante define as características essenciais de um ambiente urbano para uma alta qualidade de vida urbana (Jacobs & Appleyard, 1982).

O conceito de vitalidade tem sido amplamente utilizado no contexto urbano, muitas vezes sendo considerado em paralelo com a noção de habitabilidade. Em seu conhecido trabalho "Good City Form", Lynch (1981) caracterizou a vitalidade como o grau de suporte que um assentamento oferece para os requisitos biológicos e de sobrevivência de uma comunidade,

destacando a importância de uma vida saudável que englobe o acesso a recursos naturais e urbanos essenciais (p. 118).

Vitalidade se refere ao número de pessoas em locais ativos ou movimentados em diferentes momentos do dia e da noite (Muñiz & Garcia-López, 2010) e à presença de uma vida de rua ativa. A vitalidade é um indicador crítico de habitabilidade em cidades de alta densidade e tem impactos positivos na economia e na vida social e econômica das pessoas (Lynch, 1992). A vitalidade urbana é construída socialmente no sentido de que depende da concentração de pessoas.

Montgomery (1998) propôs uma interpretação mais fundamentada sociologicamente do termo, enfatizando a capacidade do espaço urbano de promover a vida pública e atividades culturais em diferentes momentos do dia e ao longo do ano (pp. 98-100). Nesse sentido, a vitalidade social pode ser definida como a habilidade de um local em facilitar a troca de informações, conhecimentos e serviços por meio da interação e do contato local, demonstrando assim a importância da dinâmica social para o fortalecimento da vida urbana.

Por outro lado, como afirmou Lefebvre (1968), o “urbano” é a vida urbana imaterial de diversidade, vitalidade e atratividade, que por sua vez dependem de entidades físicas da forma urbana, ou seja, o ambiente construído. Dito de outra forma, a vitalidade urbana é um processo social que tem fortes laços com a forma urbana (Lees, 2010; Marcus, 2010; Oliveira, 2013). Segundo Lima (2017), a variedade de serviços de uma localidade é fundamental para a a caminhabilidade deste bairro, e conseqüentemente promover a encontros e mobilidade constante.

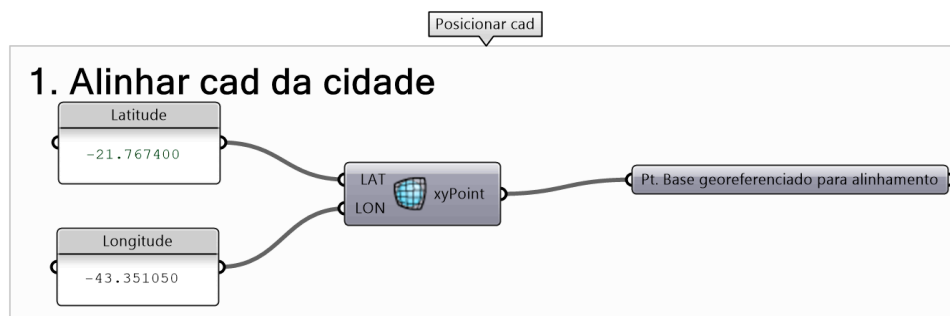
Um dos processos que estão presentes em todas as etapas da abordagem quantitativa proposta pela metodologia e no desenvolvimento da ferramenta de índices de habitabilidade, foi a de mesclar os dados provenientes de fontes secundárias e de fontes primárias.

O principal motivo foi o de agilizar a entrada dos metadados provenientes de fontes como Google Maps e Place, responsáveis por conter dados como localização, tipo de estabelecimento, informações georreferenciadas, que levariam muito tempo caso fossem feitas de forma manual, além de geraram precisão e atualização constante sob qualquer modificação feita na base da geometria analisada.

Com isso foi necessário juntamente com o auxílio do plugin Heron o alinhamento das bases encontradas pelo OpenStreetMap e as informações contidas nestes com a rede viária fornecida pelo arquivo em CAD da Prefeitura de Juiz de Fora, já que o município não conta ainda com toda a sua malha em plataformas Open Source de mapeamento como o próprio OpenStreetMap.

O Heron é um complemento que permite a importação de dados GIS de várias fontes para o ambiente Rhino/Grasshopper. A utilização deste *plugin* foi no posicionamento do CAD da cidade e do georreferenciamento dos pontos de interesse com os dados extraídos da API do Google e o último arquivo com as edificações em formato CAD da cidade de Juiz de Fora.

Figura 55: Parte Inicial do código responsável por alinhar o CAD da cidade de Juiz de Fora com as exportações do OSM.



Fonte: elaboração própria.

Para extração dos pontos a partir do Google Places API foi necessário um *script* em Python com um pacote de GeoPandas, que se trata de um projeto de código aberto que visa simplificar o trabalho com dados geoespaciais em Python. O GeoPandas estende os tipos de dados utilizados pelo GeoPandas para permitir operações espaciais em tipos geométricos. Estes dados foram todos exportados e salvos em formato .CSV e posteriormente lidos dentro do software Grasshopper e com um lançamento dos pontos a partir das coordenadas referenciadas.

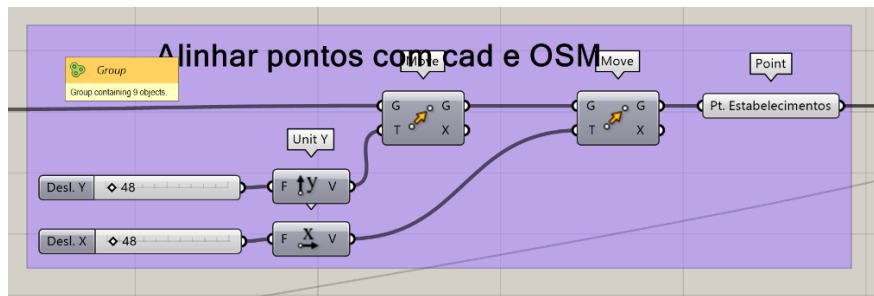
A partir daí, alinhar todos os dados e identificar aqueles que não estiverem corretamente alinhados com as coordenadas X e Y e fazer o download das informações do OSM.

Figura 56: Parte do código para alinhamento da rede viária com o CAD e pontos geométricos.



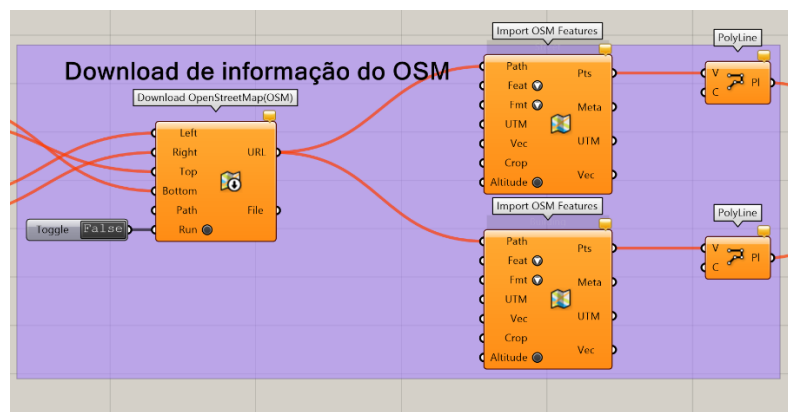
Fonte: elaboração própria.

Figura 57: Parte do código para alinhar os pontos obtido com OSM e as geometrias do CAD.



Fonte: elaboração própria.

Figura 58: Parte do código para download das informações do OpenStreetMap.

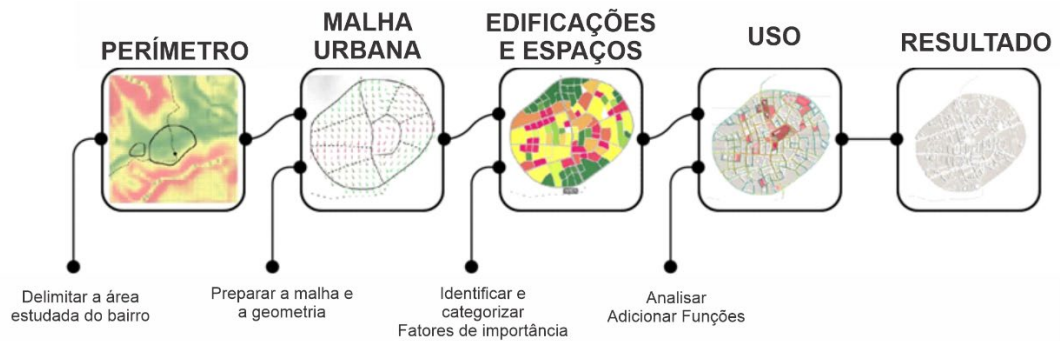


Fonte: elaboração própria.

O código desenvolvido para a análise do mix de usos parte de dois critérios para mensuração. Quantificar o mix de usos em piso a nível do pedestre sob a forma numérica, avaliando a proporção simples de localidades destinadas

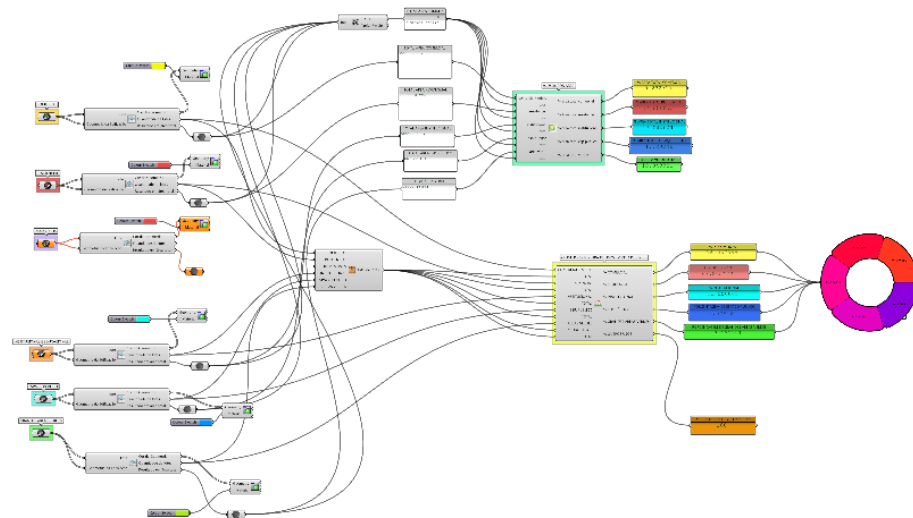
a cada atividade, estando elas distribuídas em áreas verdes, espaços públicos, institucional, residencial e comercial. As etapas podem ser compreendidas pela figura abaixo:

Figura 59: Passos metodológicos adotados.



Fonte: Elaboração Própria.

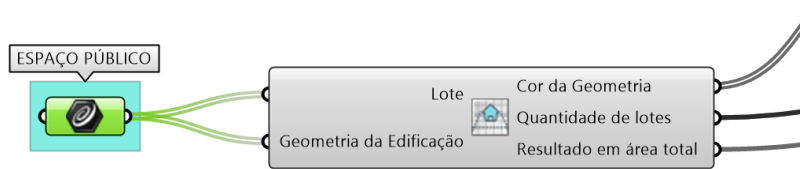
Figura 60: Definição responsável pela análise das métricas de mix de usos para habitabilidade.



Fonte: elaboração própria.

Cada geometria responsável pela identificação do uso é inserida como dado de entrada como curvas e/ou polígonos. Esta geometria é tratada, quantificando o número total de geometrias respectivas, bem como de suas áreas totais. A figura abaixo apresenta um *cluster* utilizado para este procedimento.

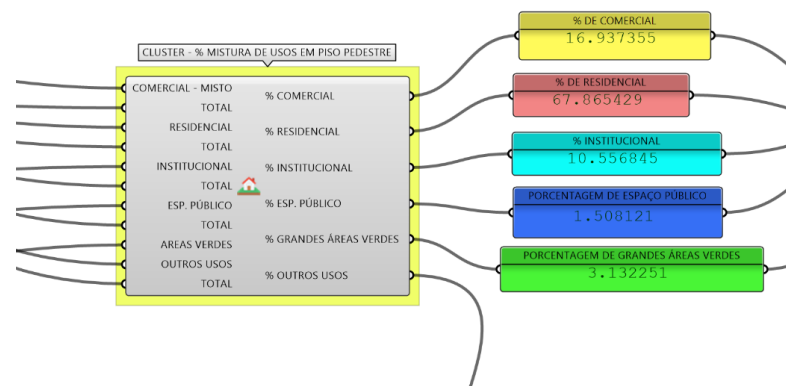
Figura 61: Cluster no Grasshopper para quantificação de espaços em lotes e resultados em área total.



Fonte: (Sevtsuk, 2010).

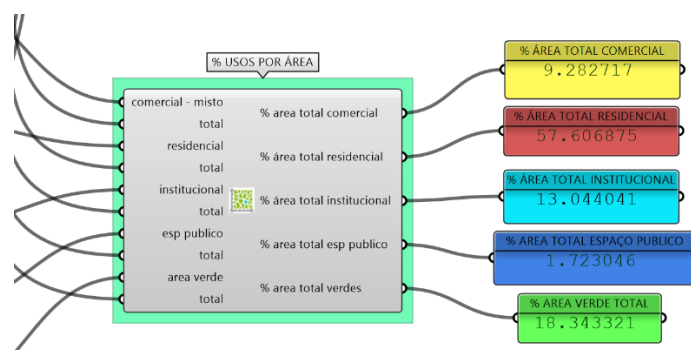
É possível gerar um mapa de cores indicando cada uso e um gráfico com os dados numéricos. Além desta primeira coleta, pode-se também quantificar a área total destinada a estes usos no bairro analisado.

Figura 62: Cluster do código responsável por mensurar a porcentagem de mistura de usos numericamente das geometrias do bairro.



Fonte: elaboração própria.

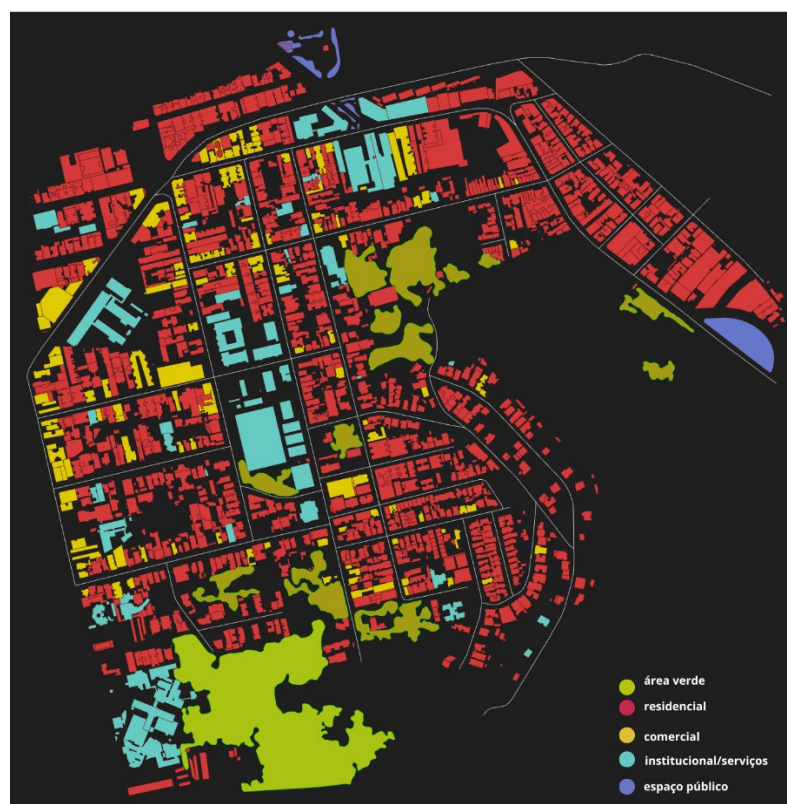
Figura 63: Cluster do código responsável por mensurar a porcentagem de mistura de usos por área ocupada por cada atividade no bairro analisado.



Fonte: elaboração própria.

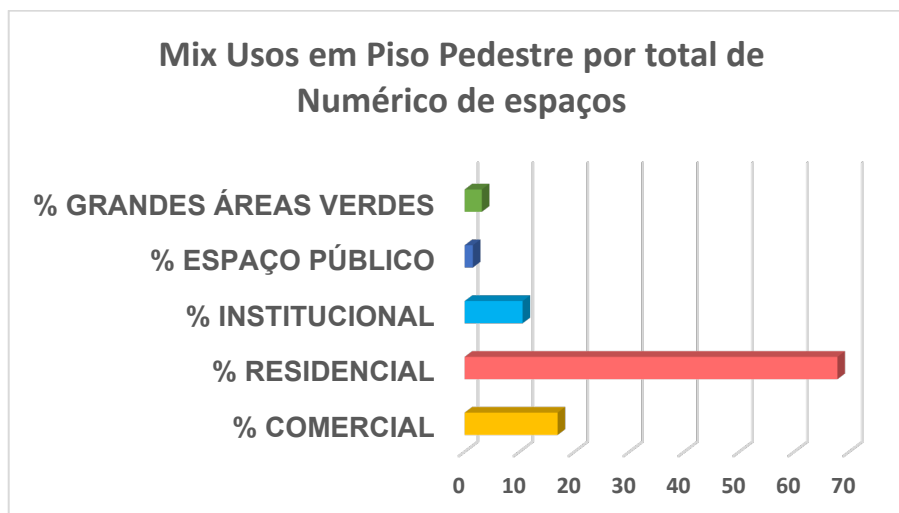
O mapa gerado do bairro Granbery e dos resultados obtidos demonstram que o bairro possui um número alto de uso residencial, mas a presença bem marcante de espaços institucionais e de pontos mais concentrados de serviços e comércio.

Figura 64: Mapa de tipo de mix de usos no bairro Granbery.



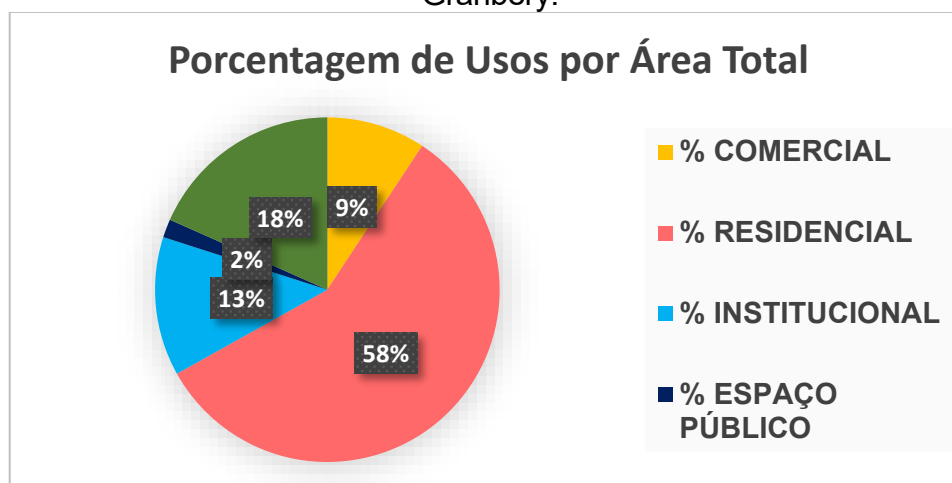
Fonte: elaboração própria.

Gráfico 10: Gráfico de barras para Mix de Usos em Piso Pedestre do bairro Granbery por total numérico de espaços geométricos.



Fonte: elaboração própria.

Gráfico 11: Gráfico em pizza para Mix de Usos por área total ocupada no bairro Granbery.



Fonte: elaboração própria.

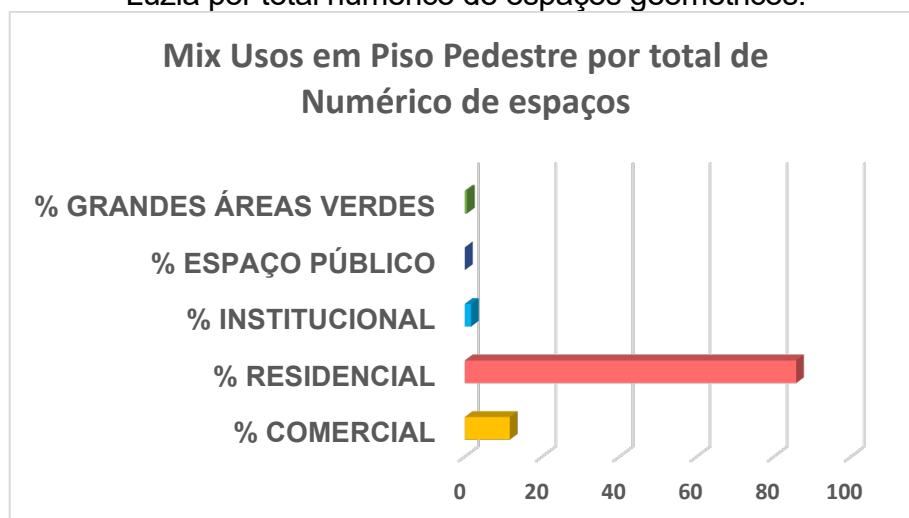
O resultado obtido pela verificação de mix de usos do bairro Santa Luzia, revela também a presença de grande ocupação residencial, presença de grandes áreas verdes e espaços públicos/institucionais que agregam consigo outros serviços como comércio e serviços.

Figura 65: Mapa de tipo de mix de usos no bairro Santa Luzia.



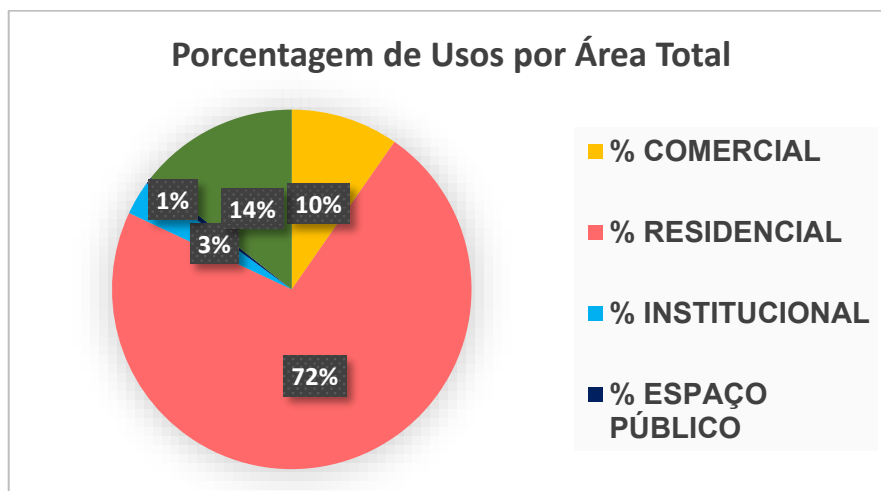
Fonte: elaboração própria.

Gráfico 12: Gráfico de barras para Mix de Usos em Piso Pedestre do bairro Santa Luzia por total numérico de espaços geométricos.



Fonte: elaboração própria.

Gráfico 13: Gráfico em pizza para Mix de Usos por área total ocupada no bairro Santa Luzia.



Fonte: elaboração própria.

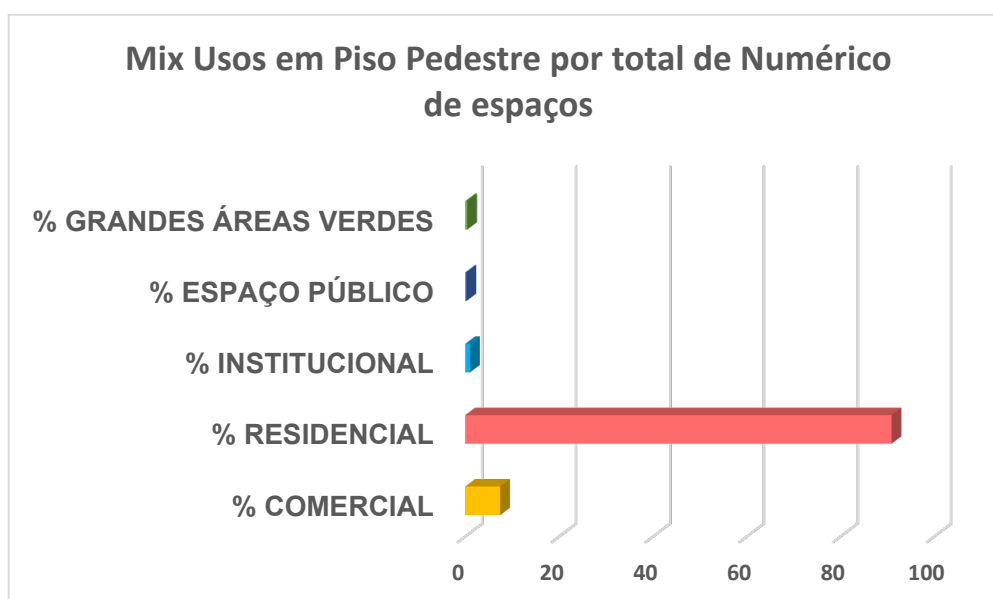
Por último, o bairro Ypiranga, sendo um dos mais populosos do município conta com pouca distribuição de serviços e comércio, bem como de espaços públicos e institucionais. A ausência destes equipamentos contribui para um menor índice de habitabilidade relativo a mistura de usos, já que revela que os moradores necessitam realizar deslocamentos para acesso à serviços ou trabalho. O alto índice de porcentagem numérica de edificações destinadas a residência 90,87% baliza esta afirmação.

Figura 66: Mapa de tipo de mix de usos no bairro Ypiranga.



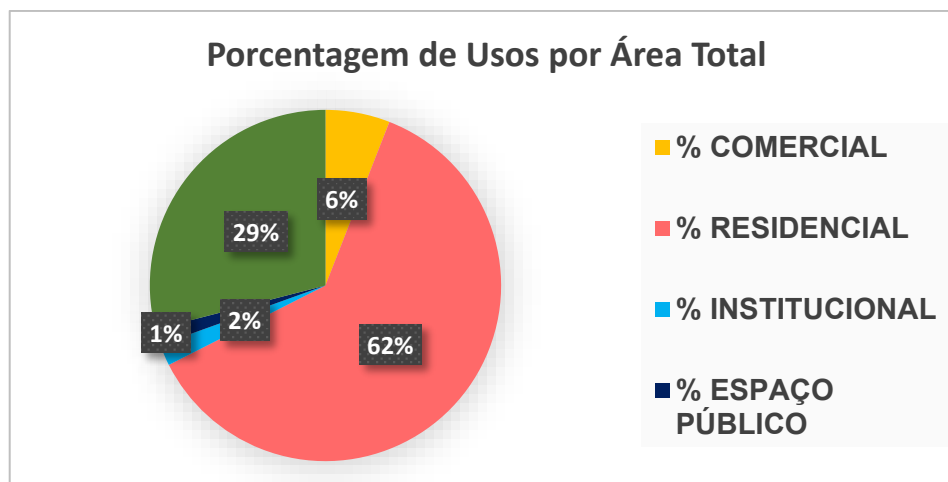
Fonte: elaboração própria.

Gráfico 14: Gráfico de barras para Mix de Usos em Piso Pedestre do bairro Ypiranga por total numérico de espaços geométricos.



Fonte: elaboração própria.

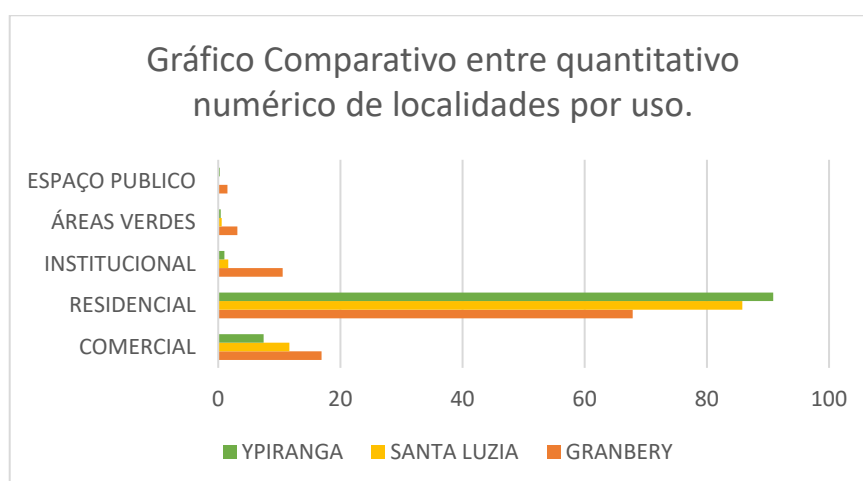
Gráfico 14: Gráfico em pizza para Mix de Usos por área total ocupada no bairro Ypiranga.



Fonte: elaboração própria.

No gráfico abaixo pode-se visualizar o comparativo entre o quantitativo numérico de localidades por uso de cada um dos bairros. A maior distribuição de usos do bairro Granbery contribui, segundo as teorias de habitabilidade para um maior índice de habitabilidade e satisfação dos residentes.

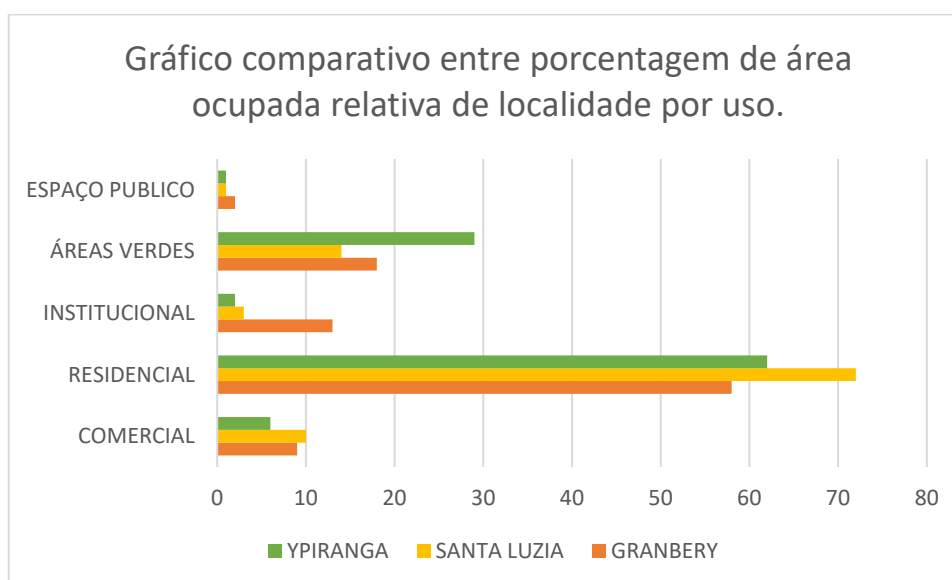
Gráfico 15: Gráfico comparativo entre quantitativo numérico de localidades por uso dos bairros Granbery, Ypiranga e Santa Luzia.



Fonte: elaboração própria.

Por ocupação de área relativa a cada localidade e de seu uso, percebe-se a grande área ocupada pelas geometrias identificadas como exclusivamente residenciais. O baixo número de área ocupada destinada a espaços públicos nos três bairros analisados, e a diferença de espaços institucionais no bairro Granbery em relação aos outros dois, marcado pela maior presença de repartições públicas e privadas, de ensino, saúde e serviços ao cidadão em geral.

Gráfico 16: Gráfico comparativo entre porcentagem de área ocupada relativa de localidade por uso nos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga.



Fonte: elaboração própria.

Esta primeira análise apesar de ser simplificada por contribuir para o entendimento rápido do bairro e de potencialidade e carências, principalmente ao considerar sua rápida aferição por meio da natureza paramétrica e georreferenciada da ferramenta. Além disso é possível gerar outros mapas com filtros de critérios de classificação (ratings) obtidos pelo Google Maps ou outros fatores. Além disso, adiantou os processos a serem realizados nas outras métricas de habitabilidade da metodologia, identificando os espaços e categorizando a importância de cada um destes.

Pode-se afirmar que a habitabilidade está, portanto, diretamente relacionada com a qualidade dos serviços e disponibilidade destes ao longo da malha de cada região.

10.6 Densidade de rede e proximidade física

A análise de densidade de rede pode contribuir para quesitos como acessibilidade a serviços, modais de transporte e intensidade de atividades de varejo e comércio por conta de avaliação por aglutinação, relevância e proximidade de serviços. Os resultados podem servir de parâmetros para o entendimento tanto sob o ponto de vista de estudos de viabilidade para novos pontos, quanto para redistribuição de serviços e zoneamento.

Há um constante debate no campo de estudos urbanos que ambientes mais densos tendem a gerar níveis maiores de interação entre pessoas e oferta de usos e serviços do que ambientes urbanos espalhados (Sevtsuk, 2014). O argumento é que a densidade influi no aumento das possibilidades de encontros planejados e aleatórios, permitindo que os usuários de uma área façam mais atividades em menos tempo.

A densidade da rede é calculada como a razão entre o número total de vínculos reais e de vínculos potenciais, e mede a conectividade da rede, que seria igual à unidade se cada nó estivesse conectado a todos os outros nós (Zeballos et al, 2012).

Considerando que um grafo é composto basicamente de N nós conectados por L arestas. A densidade de um gráfico é uma medida da conectividade dos nós no gráfico. Muitas vezes é visto como uma métrica de eficiência, uma vez que uma rede de alta densidade tem mais conexões e, portanto, explora melhor o número total de interações possíveis (Held e Karp, 1970). Em alguns contextos, uma alta densidade pode permitir uma difusão mais rápida da informação. Segundo Perez e Germon (2016) a densidade é igual à razão entre o número de links observados dividido pelo número total de links possíveis entre os nós. Para gráficos não direcionados, é calculado da seguinte forma:

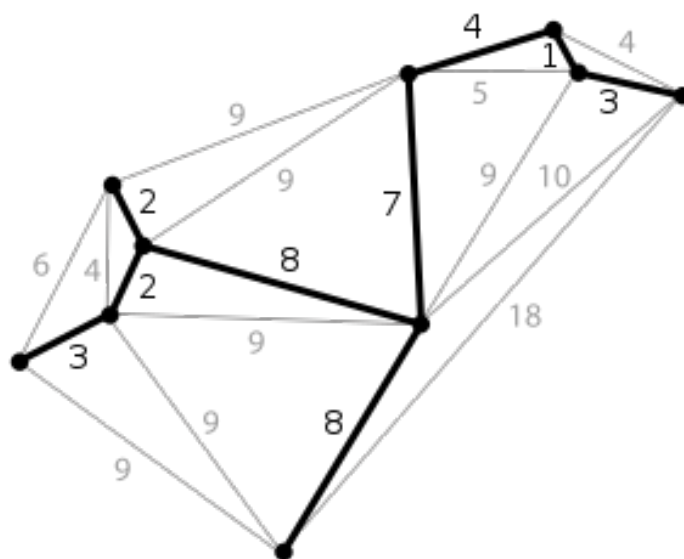
$$d=L(N \times (N-1))/2$$

Diversos algoritmos são utilizados para decomposição de uma rede, dentre estes o de “árvore geradora mínima (*Minimum Spanning Tree*)” é um subconjunto das arestas de um grafo não direcionado conectado e ponderado por arestas que conecta todos os vértices juntos, sem nenhum ciclo e com o

menor peso total possível das arestas (Held E Karp, 1970). Ou seja, é uma árvore geradora cuja soma dos pesos das arestas é a menor possível. De forma mais geral, qualquer grafo não direcionado com ponderação de arestas (não necessariamente conectado) tem uma rede geradora mínima, que é uma união das árvores geradoras mínimas para seus componentes conectados.

Há muitos casos de aplicação para algoritmo de árvores geradoras mínimas. Um exemplo no uso deste tipo de abordagem (*Minimum Spanning Tree*/Árvore geradora mínima) é uma empresa de telecomunicações buscando otimizar a instalação de cabos em um novo bairro. Alguns dos caminhos podem ser mais caros, porque são mais longos ou exigem que o cabo seja enterrado mais fundo; esses caminhos seriam representados por arestas com pesos maiores. Uma árvore geradora para esse grafo seria um subconjunto desses caminhos que não possuem ciclos, mas ainda conectam todas as casas; pode haver várias árvores geradoras possíveis. Assim uma “*spanning tree*” mínima seria aquela com o menor custo total, representando o caminho menos dispendioso para colocar o cabo.

Figura 67: Um gráfico planar e sua árvore geradora mínima. Cada aresta é categorizada com seu peso, que neste caso é aproximadamente proporcional ao seu comprimento.



Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Minimum_spanning_tree. Acesso em: 7 de Setembro de 2023.

Já o algoritmo de Kruskal (Kruskal, 1956), é o conceito introduzido na teoria dos grafos da matemática discreta. É usado para descobrir o caminho mais curto entre dois pontos em um gráfico ponderado conectado. Este algoritmo converte um determinado gráfico na rede, considerando cada nó como uma árvore separada.

O algoritmo de Kruskal classifica todas as arestas em ordem crescente de seus pesos de aresta e continua adicionando nós à árvore somente se a aresta escolhida não formar nenhum ciclo. Além disso, ele escolhe a aresta com custo mínimo inicialmente e a aresta com custo máximo por último. Portanto, pode-se dizer que o algoritmo de Kruskal faz uma escolha localmente ótima, com a intenção de encontrar a solução ótima global (Kruskal, 1956).

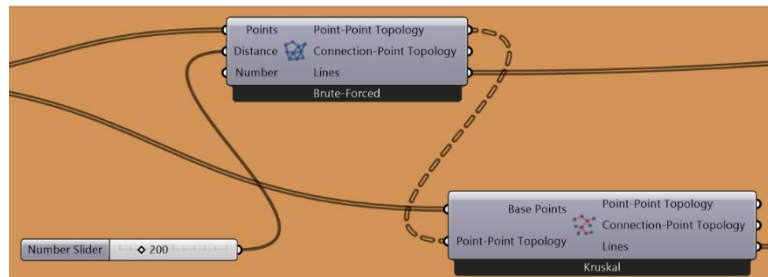
Essas teorias e modelos de rede fornecem uma maneira eficaz de entender o padrão de conectividade complexo e heterogêneo no campo dos sistemas sociais, de serviços e de transporte. A teoria dos grafos é sempre empregada para formalizar matematicamente as redes, sendo composta por nós e arestas. As características complexas podem ser quantificadas pela teoria dos grafos como grau, conectividade, correlações de graus, centralidade e intermediação, agrupamento e estrutura da comunidade (Wang et al., 2016). Para Panerai (2008), a densidade tende a fortalecer centros existentes, redistribuir usos, equipamentos, espaços públicos e privados, aproximar habitantes dos transportes e dos serviços, que possam favorecer a qualidade de determinado lugar em sua apropriação por usuários.

Uma análise urbana que verifique o aspecto topológico desta rede, ou seja a distribuição dos muitos componentes e interfaces que a compõe colabora para o entendimento das correlações presentes em determinado espaço.

Assim, a ferramenta de análise da habitabilidade traça as análises de densidade de rede e conexões topológicas sob os seguintes aspectos: distribuição de serviços e comércio analisados sob variações de distâncias e distribuição de pesos, distribuição de pontos de transporte público na malha viária do bairro e distribuição de equipamentos públicos e institucionais como escolas, centros de ensino, saúde, segurança. Serviços públicos e de lazer. Os *inputs* e *outputs* são basicamente a colocação dos pontos referentes a análise, a distância considerada para análise máxima e o número desejado de conexões, a topologia resultante através de linhas e as topologias por Árvore Geradora

Mínima (*Minimum Spanning Tree*), onde foi adotada a averiguação por meio do algoritmo de Kruskal. A ferramenta desenvolvida permite a criação de grafos direcionados, não direcionados ou mistos, assim como definir as propriedades (direção, peso e distância) para cada aresta.

Figura 68: Componentes do Grasshopper para a análise da densidade de rede e do algoritmo de Kruskal.

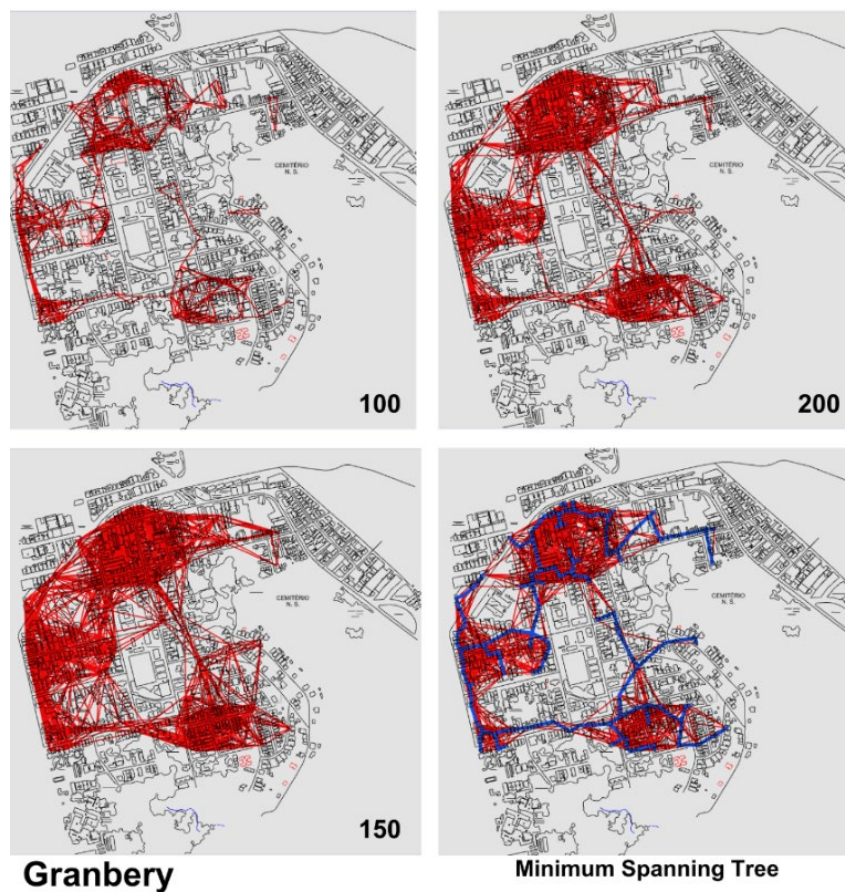


Fonte: Elaboração Própria.

Os três bairros utilizados como estudo de caso até aqui foram considerados nas escalas de distância de 100, 150 e 200 metros além da árvore geradora mínima com o algoritmo de Kruskal sobreposto. No primeiro momento observou-se os pontos comerciais e de serviço com as linhas vermelhas e o resultado do algoritmo de Kruskal na cor azul.

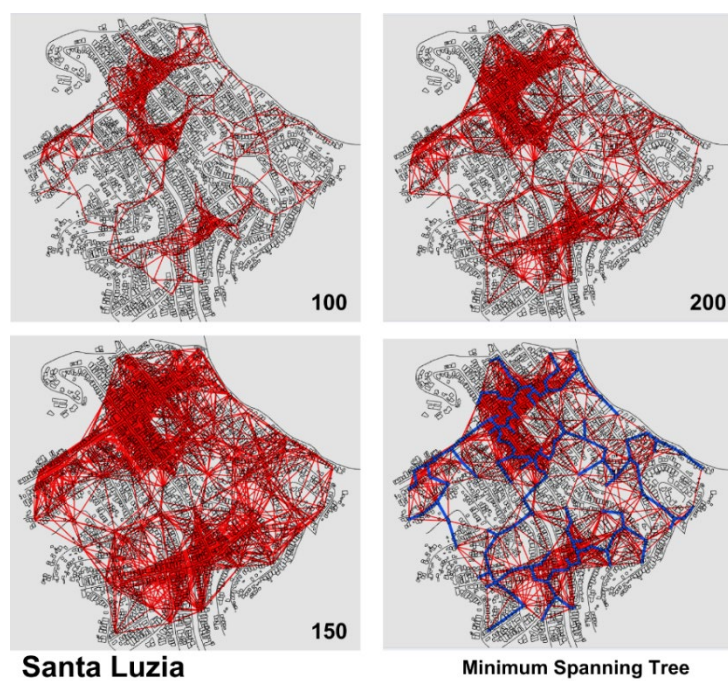
Os resultados revelam a característica de ocupação dos pontos comerciais em relação a malha urbana/viária e indicam a natureza de cada uma das localidades, como sendo mais ou menos residenciais e ocupando predominantemente as vias de maior axialidade, ou nas bordas do próprio perímetro de cada um deles.

Figura 69: Análise de Densidade de Rede do bairro Granbery por distribuição de serviços e pontos comerciais.



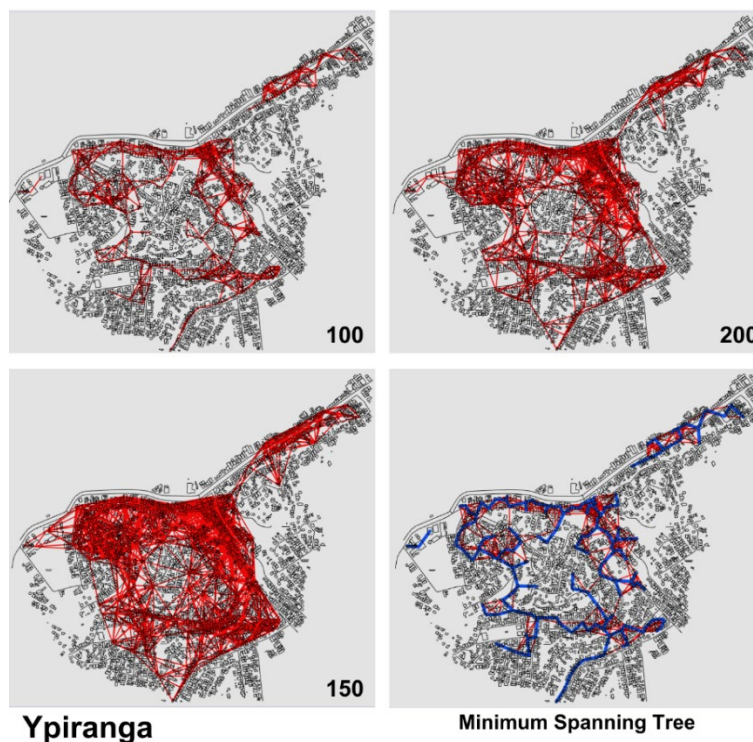
Fonte: elaboração própria.

Figura 70: Análise de Densidade de Rede do bairro Santa Luzia por distribuição de serviços e pontos comerciais.



Fonte: elaboração própria.

Figura 71: Análise de Densidade de Rede do bairro Ypiranga por distribuição de serviços e pontos comerciais.



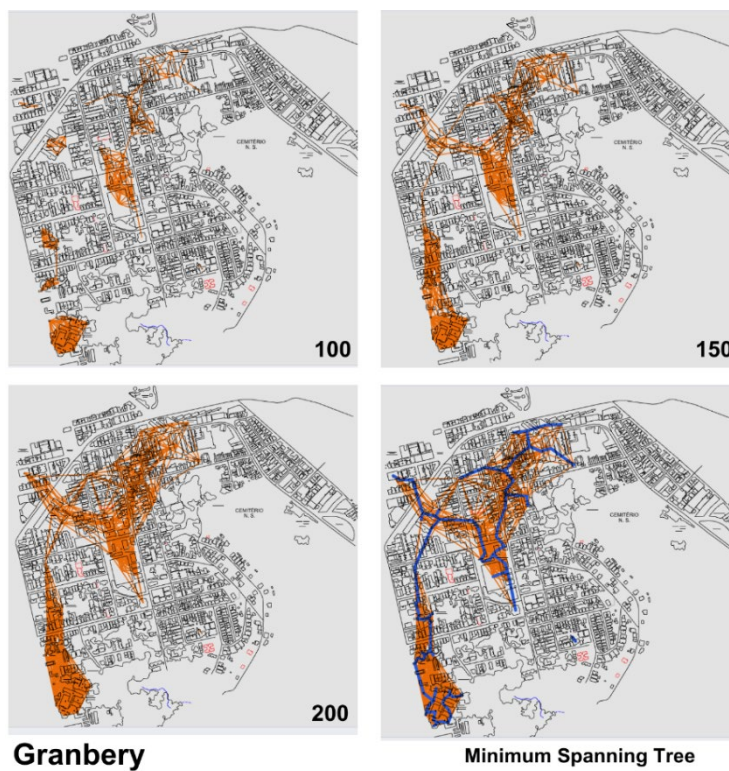
Fonte: elaboração própria.

No segundo momento desta etapa, utilizou-se como pontos de entrada as localizações com caráter institucional e público, tais como escolas, postos de saúde, hospitais, centros culturais, serviços, centros comunitários, espaços públicos, e áreas de lazer.

Segundo diversos autores (Jacobs, 1961; Montgomery, 1998; Gehl, Lefebvre), um bairro com acessos a diferentes serviços e infraestruturas tem mais condições de ser um bairro seguro, saudável e agradável para se viver, conseqüentemente com maior habitabilidade.

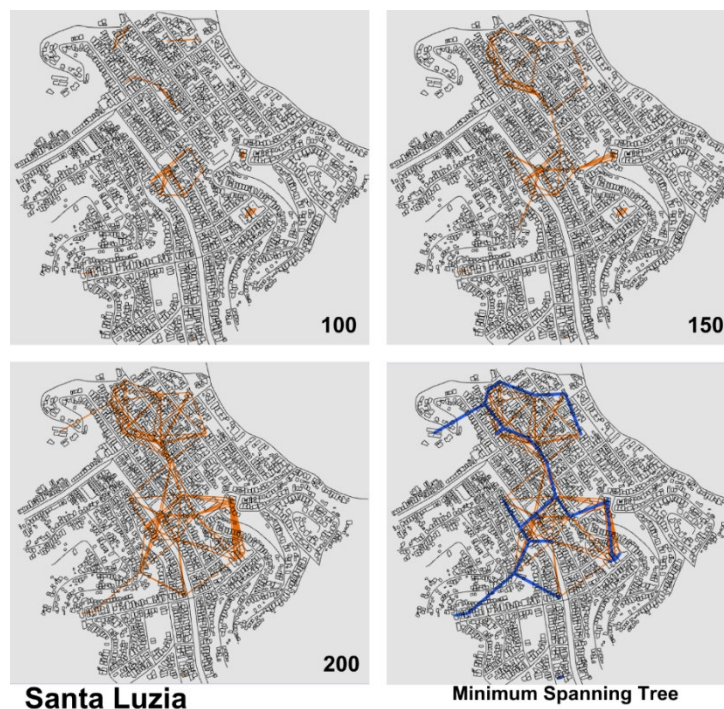
Os mapas e as redes contam a característica de diversidade e presença destes equipamentos no bairro Granbery o que contribui para uma vitalidade social mais diversificada, principalmente por conta de colégios e faculdade, uma distribuição mais espreada no bairro Santa Luzia e o baixo índice de conexões no bairro Ypiranga.

Figura 72: Análise de Densidade de Rede do bairro Granbery de localidades institucionais, recreativas e espaços públicos.



Fonte: elaboração própria.

Figura 73: Análise de Densidade de Rede do bairro Santa Luzia de localidades institucionais, recreativas e espaços públicos.

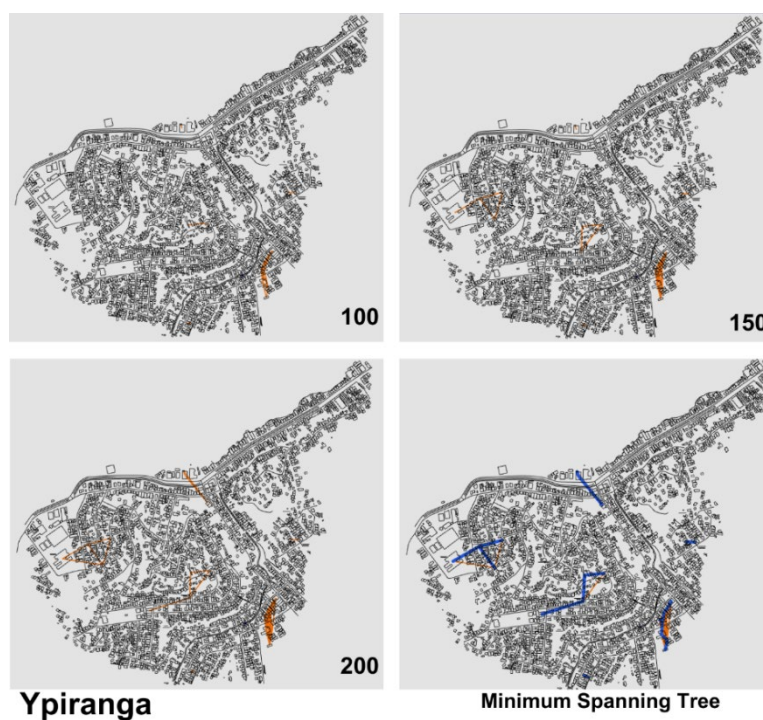


Santa Luzia

Minimum Spanning Tree

Fonte: elaboração própria.

Figura 74: Análise de Densidade de Rede do bairro Ypiranga de localidades institucionais, recreativas e espaços públicos.



Ypiranga

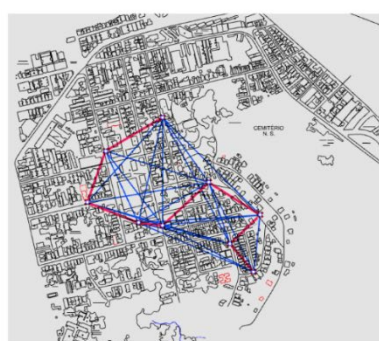
Minimum Spanning Tree

Fonte: elaboração própria.

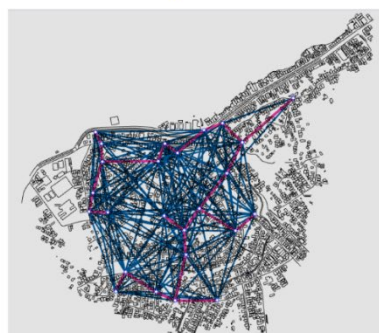
A análise de rede com as condições de pontos de ônibus para transporte público caracteriza a densidade de cada um dos bairros quanto a este aspecto.

Percebe-se a pouca distribuição de pontos de transporte público no bairro Granbery, dado a sua região ter menor área, ter maior compacidade e também renda *per capita* mais elevada, que prioriza o transporte individual. A análise pode contribuir para uma distribuição mais igualitária na área indicando distâncias compatíveis entre cada ponto de parada e distribuindo os pontos proporcionalmente.

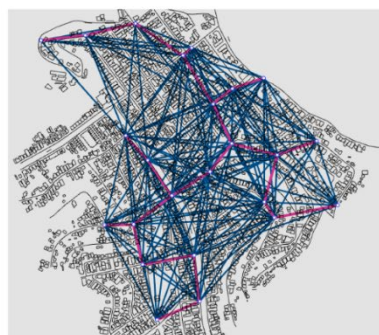
Figura 75: Análise de Densidade de Rede do bairro Ypiranga de distribuição de pontos de transporte público.



Granbery
Redes de 500m +
Minimum Spanning Tree



Ypiranga
Redes de 500m +
Minimum Spanning Tree



Santa Luzia
Redes de 500m +
Minimum Spanning Tree

Fonte: elaboração própria.

Considerando as análises feitas nesta seção, é importante a definição da densidade urbana e a relação com a intensidade local de nós de distribuição: entende-se que a densidade toma como referência a quantidade de pessoas ou elementos de forma urbana em uma área específica, e a intensidade está ligada

à concentração e distribuição de atividades no plano das ruas da cidade. A densidade adotada neste trabalho toma como parâmetros os aspectos construtivos e de usos, considerando as distâncias e a diversidade de determinados serviços em uma área, índices que estão, portanto, relacionados com as premissas de habitabilidade.

10.7 Densidade/compacidade urbana

Existem muitas abordagens para a mensuração de fatores de habitabilidade que surgiram recentemente, muitas vezes como parte de estudos de caminhabilidade, infraestrutura, diversidade de serviços, aspectos socioeconômicos de transporte ou caráter urbano (Maghelal e Capp 2011 apud Dovey e Pafka, 2018).

No entanto, em desenho e planejamento urbano tem havido uma falta de atenção dada aos aspectos espaço-temporais da vida urbana (Schaick 2011; Young e Schuller 1988). Como foi discutido em capítulos anteriores, Jacobs (1961), descreveu a ligação entre vida nas ruas, mistura funcional e morfologia.

O que ela chamava de vitalidade urbana, já referido como intensidade urbana, estava ligado a pré-condições como: diversidade de usos, granulometria, permeabilidade e densidade. Neste quadro, uma boa mistura funcional entre residentes, trabalhadores e visitantes garante uma boa distribuição temporal das atividades públicas ao longo dos ritmos diários e semanais. Ela também argumentou que a granulometria do espaço, permite a diversidade social e funcional, um alto nível de permeabilidade aumenta a caminhabilidade e, portanto, as oportunidades de encontro, enquanto a alta densidade de construção é uma pré-condição para um tamanho populacional crítico para que possa haver uma diversidade de interações sociais constante.

Densidade urbana é o nível de concentração de edifícios e pessoas dentro de uma cidade e é um tópico de muito debate nos estudos urbanos por boas razões. A densidade reduz as distâncias entre as pessoas e os lugares que precisamos acessar; gera intensidade e presença de mais amenidades. A densidade também leva ao congestionamento, à falta de privacidade e à falta de espaço aberto – à perda de comodidade. Um grande número de pesquisas tem

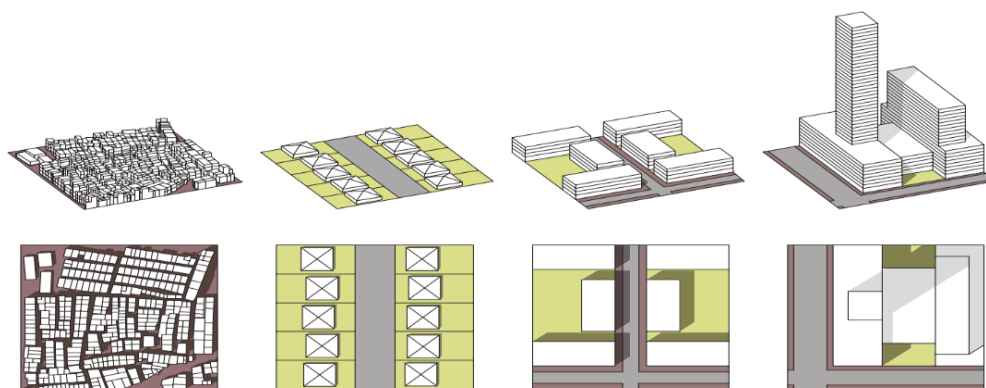
apresentado evidências de que a densidade da área construída urbana e a densidade da atividade humana estão intimamente relacionadas (Levy, 1999).

O conceito de densidade deriva originalmente da física como uma quantidade de massa por unidade de volume. Conforme aplicado em estudos urbanos, a densidade refere-se a certas quantidades por unidade de área. Essas quantidades podem ser espaço de piso, volumes de edifícios, habitações ou pessoas; a escala pode variar de um pequeno lote a uma região inteira. A medida de densidade mais comumente usada em arquitetura e planejamento é a razão de área de piso (a razão entre a área total do piso e a área do terreno).

As medidas de 'densidade habitacional' (habitações/hectare), 'densidade residencial' (residentes/hectare) e 'densidade de emprego' (empregos/hectare) são amplamente utilizadas em geografia humana e planejamento.

Cabe ressaltar que todas essas medidas podem ser líquidas ou brutas, sendo a densidade líquida calculada dentro de um local de desenvolvimento e a densidade bruta incorporando a rede mais ampla do espaço público, a figura 9 ilustra algumas das morfologias espaciais geralmente encontradas:

Figura 76: Quatro morfologias espaciais: densidade informal, suburbana, urbano e de alto gabarito/arranha céus.



Fonte: Dovey e Pafka (2018).

O desenho do ambiente construído - o arranjo espacial do edifício, quarteirões, ruas, espaços públicos e as funções socioeconômicas que abrigam - produz uma variedade de influências nos padrões de mobilidade urbana e escolhas/possibilidades de modos e culturas locais. Edificações extensas, onde

os destinos são distantes e as rotas entre eles amplas e rápidas, incentivam as viagens motorizadas. Ambientes de alta densidade e uso misto, com diversos destinos conectados por uma rede de calçadas de qualidade, incentivam caminhadas, ciclismo e encontros presenciais.

Se por um lado, as densidades físicas são uma natureza estática das estruturas espaciais e estão relacionadas à proporção de área construída em um ambiente urbano; por outro lado, a densidade da atividade social expressa a intensidade das interações humanas em um ambiente urbano (Krehl et al., 2016).

Segundo Dovey e Pafka (2018), o que muitas vezes falta é uma compreensão clara do que as pessoas querem dizer quando usam a palavra “densidade”. Queremos dizer concentrações de edifícios ou pessoas? Se são edifícios, então queremos dizer altura, espaço ou cobertura do solo? Se são concentrações de pessoas, então queremos dizer densidades internas de espaço por pessoa ou densidades externas de vida nas ruas e espaços abertos? Em que escala as densidades devem ser medidas e devem ser calculadas as médias em redes de ruas e espaços abertos?

Houve uma série de tentativas de levantamento da gama de definições de densidade com o objetivo de listar e esclarecer tais definições (Cheng 2010; Boyko e Cooper, 2011). A lista típica incluiria: densidade habitacional, densidade de pessoas, densidade residencial, densidade de emprego, densidade líquida, densidade bruta, densidade física, densidade medida, densidade percebida, densidade interna, densidade espacial e densidade social. Esses estudos fornecem uma boa imagem do desconcertante número de definições de densidade e seu uso abrangente.

Na sociologia, as primeiras discussões sobre densidade derivam da noção de Durkheim de “densidade dinâmica” como uma concentração de relacionamentos socialmente significativos (Roskamm, 2011).

Tais concepções de densidade estão próximas de outro conceito da física, o de “intensidade”, que descreve a quantidade de energia que flui através de uma área durante um período de tempo. A distinção entre os termos densidade e intensidade tem sido essencial na teoria da *assemblage* (Deleuze E Guattari 1987; Delanda 2006) e também tem sido invocada no desenho urbano como uma interação complexa entre concentrações de edifícios, pessoas e atividades (Shelton et al., 2011).

Se a densidade é definida como o grau amplamente mensurável em que formas construídas, empregos, residências e atividades são co-localizados, a “intensidade” urbana pode ser definida como a experiência de encontro intensivo no espaço público, que pode ou não surgir sob condições de densidade.

Para Dovey e Pafka (2018), a intensidade difere da densidade por ser um efeito sinérgico que é mais do que a soma de suas partes. Enquanto a densidade é sobre volumes de pessoas, empregos, espaço físico e edifícios, a intensidade é mais como a “temperatura” de uma cidade, embora não possa ser facilmente medida. A intensidade é um efeito emergente das conexões, alianças, interações e diferenças entre as pessoas, práticas e formas construídas que compõem a cidade (Delanda, 2006).

A relação entre densidade e intensidade é relativamente pouco teorizada e parte dos pensamentos a este respeito são pouco trabalhados ou possuem interpretações distintas. Pode-se entender, que o desenho urbano desempenha um papel fundamental na mediação desta relação. Há claramente recintos urbanos que produzem o fenômeno da “densidade sem intensidade”. Este é particularmente o caso de torres de alto gabarito, de difícil acesso ou que priorizem o veículo, presença de edifícios garagem ou grandes áreas de estacionamento.

Neste âmbito, é importante a definição da densidade urbana e a relação com a intensidade local de nós de distribuição: entende-se que a densidade toma como referência a quantidade de pessoas ou elementos de forma urbana em uma área específica, e a intensidade está ligada à concentração e distribuição de atividades no plano das ruas da cidade. A densidade adotada neste trabalho toma como parâmetros os aspectos construtivos e de usos, considerando as distâncias e a diversidade de determinados serviços em uma área. Como visto nas outras abordagens adotadas pelo desenvolvimento da ferramenta e a sua aplicação nesta pesquisa.

Especificamente para esta seção da tese, a densidade abordada foi a de Cálculo do Índice de Aproveitamento do Terreno (*Floor Area Ratio* – FAR termo comumente utilizado em inglês) que é considerada uma medida importante no planejamento urbano e no desenvolvimento de áreas.

Ela representa a relação entre a área total construída do edifício e a área total do terreno em que o edifício está situado. É usado para regular a dimensão

e a densidade das construções em áreas urbanas. Valores mais altos de Aproveitamento do Terreno permitem edifícios mais altos e densamente construídos, enquanto valores mais baixos incentivam mais espaço aberto e desenvolvimento de baixa densidade.

Para efeitos das métricas de obtenção dos índices de aproveitamento do terreno e densidade de uma localização urbana, primeiramente determinou-se a área total construída de todos os edifícios no terreno: medindo a área construída de cada edifício no terreno em metros quadrados através das geometrias obtidas pelo Openstreetmap ou configuradas a partir do mapa cadastral da cidade de Juiz de Fora e da representação respectiva das edificações. Logo após foi-se necessário incluir todos os andares/gabaritos de cada uma.

Em seguida é preciso obter-se a área total do terreno respectivo a cada uma das edificações e dividir a área total construída pela área total do terreno. Em uma fórmula simples para calcular os índices: Índice de Aproveitamento do Terreno / Densidade construída = (Área Total Construída dos Edifícios) / (Área Total do Terreno). A imagem abaixo (Figura 18) demonstra parte do código adotado na ferramenta para quantificação destas métricas.

Figura 77: Componente para cálculo da área construída.



Fonte: Elaboração Própria.

Por exemplo, se a área total construída de todos os edifícios em um terreno for de 200 metros quadrados e a área total do terreno for de 400 metros quadrados, o índice de Aproveitamento do terreno será:

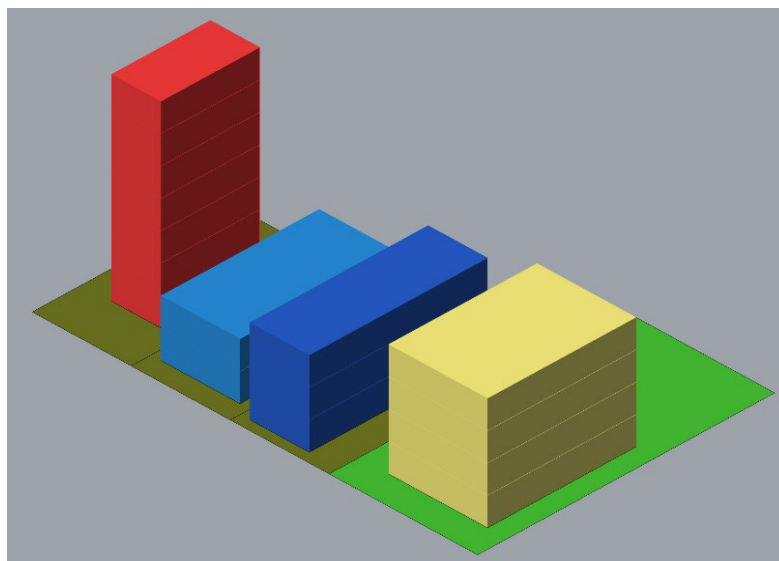
$$\text{Densidade} = 200 \text{ m}^2 / 400 \text{ m}^2 = 0,5$$

Neste exemplo, o Índice é 0,5, o que significa que a área total construída dos edifícios corresponde à metade do tamanho do terreno em que estão

localizados. Isso resulta em um desenvolvimento de baixa densidade com bastante espaço aberto.

A ferramenta quantifica e coloriza por tipo de geometria/gabarito e densidade os edifícios e a relação que eles possuem com o terreno, auxiliando na visualização destes nos mapas gerados.

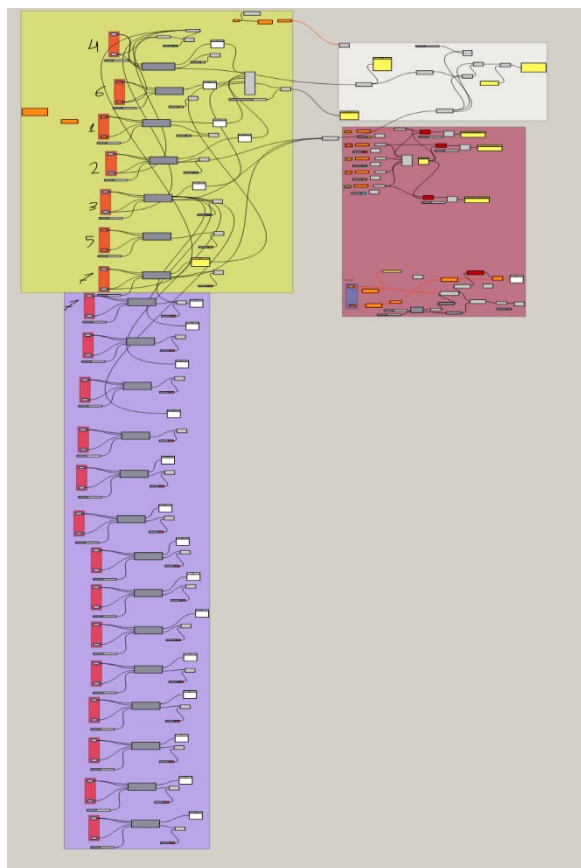
Figura 78: Visualização da geometria por densidade e gabarito na interface Rhino e Grasshopper.



Fonte: Elaboração Própria.

O código completo para este trecho da ferramenta pode ser visualizado abaixo, no qual cada agrupamento da definição atende a diversidade de andares, as densidades medidas e a visualização dos resultados. Por se tratar de uma ferramenta paramétrica a correção de qualquer polígono corresponder a um edifício ou lote pode ser rapidamente ajustado e reintegrado a análise.

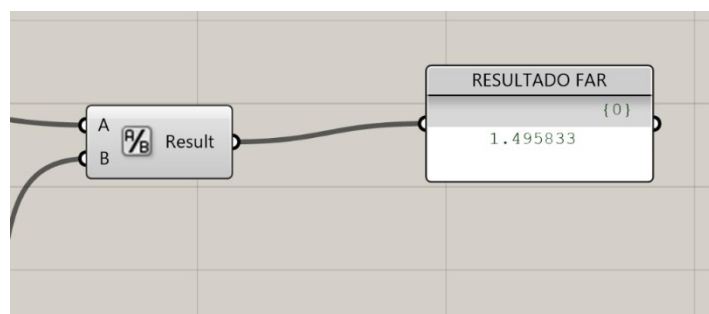
Figura 79: Código geral para a análise dos índices de Aproveitamento do terreno/densidade.



Fonte: Elaboração Própria.

É obtido também dois painéis com os resultados que podem ser comparados em gráficos posteriormente, o primeiro sendo o resultado do índice de Aproveitamento de Terreno, em que quanto mais próximo de zero menor o adensamento e a densidade, conforme figura 80.

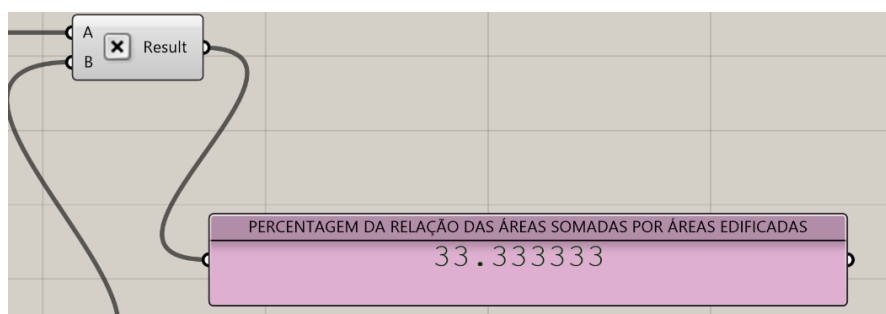
Figura 80: Painel com o índice de Densidade obtido através das relações entre área edificada e terreno de todas as edificações.



Fonte: Elaboração Própria.

E o segundo demonstra o resultado da porcentagem da relação das áreas edificadas somadas entre si entre todas as geometrias do local analisado.

Figura 81: Painel com a porcentagem da relação das áreas somadas por área edificada.



Fonte: Elaboração Própria.

As análises de gabarito e altura das edificações inicialmente demonstram um baixo valor para os bairros Santa Luzia e Ypiranga, onde predominam edificações residenciais, compostas por casas, sobrados e edifícios de poucos andares. Estes bairros são caracterizados por serem mais locais, mais afastados do centro verticalizado da cidade e que estão em outro zoneamento e modelos de ocupação da legislação, que formam volumes de menor altura.

Já o bairro Granbery passa por processo de adensamento e verticalização, com a presença de edifícios altos principalmente nas vias que dão acesso a principal avenida da cidade a Rio Branco. O bairro se caracteriza também por processo de investimento e especulação imobiliária, com uma produção recente nos últimos anos de prédios e substituição de residências que antes eram uma característica do local.

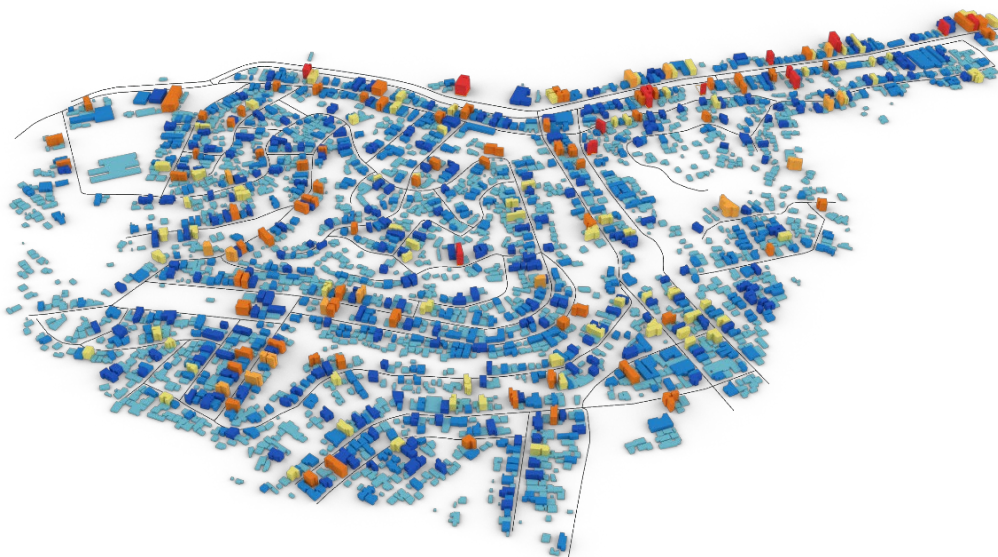
Estas análises podem ser observadas nas figuras a seguir (82, 83 e 84), onde o gradiente de azul são edificações de baixo gabarito, indo para tons de amarelo, laranja e vermelho para maiores alturas encontradas em relação as outras do mesmo bairro.

Figura 82: Mapa de gabarito do bairro Santa Luzia e aproveitamento de terreno obtido com a ferramenta.



Fonte: Elaboração Própria.

Figura 83: Mapa de gabarito do bairro Ypiranga e aproveitamento de terreno obtido com a ferramenta.



Fonte: Elaboração Própria.

Figura 84: Mapa de gabarito do bairro Granbery e aproveitamento de terreno obtido com a ferramenta.



Fonte: Elaboração Própria.

Diferentes cidades geralmente possuem regulamentações de zoneamento e diretrizes de planejamento urbano que especificam o a ocupação e coeficientes permitidos para diferentes zonas ou áreas. É essencial estar ciente dessas regulamentações ao planejar novos empreendimentos ou alterações em estruturas existentes em localizações urbanas. A utilização de outros parâmetros de consideração para a densidade, como habitabilidade, e qualidade ambiental podem ser considerados como suporte para às tomadas de decisões nestes critérios.

Importante ressaltar que conforme descrito, as densidades de edifícios e pessoas são incompletas sem uma compreensão das relações dos edifícios com o espaço aberto e as formas como as densidades externas da vida nas ruas são produzidas no espaço público.

10.8 Análises de rede locais

Entendendo-se que as cidades são sistemas complexos compostos por muitos elementos interligados. As relações entre as partes físicas desses sistemas – quarteirões, lotes, ruas, prédios, áreas verdes, espaços públicos etc. – estão constantemente mudando e remodelando a vida urbana. Os padrões espaciais da forma urbana podem ser identificados a partir das relações entre as

partes físicas das cidades. Tais padrões afetam a habitabilidade dos espaços urbanos.

Uma vez que a forma urbana é uma consequência e um condutor da vida urbana ao mesmo tempo (Holanda 2013), a habitabilidade urbana também depende da forma urbana.

Padrões espaciais mensuráveis fundamentam o surgimento de cidades habitáveis. Ainda assim, poucos pesquisadores consideraram em como esses padrões afetam as condições socioeconômicas em escalas espaciais (Martino et al., 2021).

A estrutura espacial urbana é descrita como uma definição abstrata ou generalizada da distribuição do espaço geográfico (Foley, 1964). Compreender a estrutura espacial urbana tem uma significância relevante no desenvolvimento de estratégias de planejamento e no apoio à formulação de políticas para construir cidades habitáveis, vibrantes e de alta densidade, que podem ser mensuradas no contexto de funções e atividades (Krehl et al., 2016).

Planejadores e tomadores de decisão devem entender a formação das estruturas espaciais urbanas na moldagem das cidades. Por um lado, a estrutura espacial urbana simboliza o espaço urbano físico, enquanto, por outro lado, o espaço de atividade humana caracteriza a dinâmica social e a vitalidade urbana (Chen et al., 2019). Claramente, a estrutura espacial urbana exerce uma influência poderosa na vida diária das pessoas, na equidade social, no crescimento econômico e no desenvolvimento sustentável (Zhong et al., 2017).

Neste sentido, o método busca incorporar também a implementação de métricas que oferece abordagens fáceis para medir distâncias e analisar vários conceitos de acessibilidade e centralidade com redes espaciais, principalmente por operar em uma interface paramétrica, em que os pontos de origem, destino, pesos e variâncias bem como adições e transformações tanto da estrutura viária quanto da de edificações podem ser feitas e recalculadas de maneira dinâmica.

Quanto as ferramentas e funcionalidades incorporadas para a avaliação de métricas relativas a redes espaciais, áreas locais, construções e aspectos custo/tempo de deslocamentos, estas análises realizam uma ampla variedade de cálculos de propriedades relacionadas à análise de mobilidade, visando otimizar o processo de concepção e a tomada de decisões.

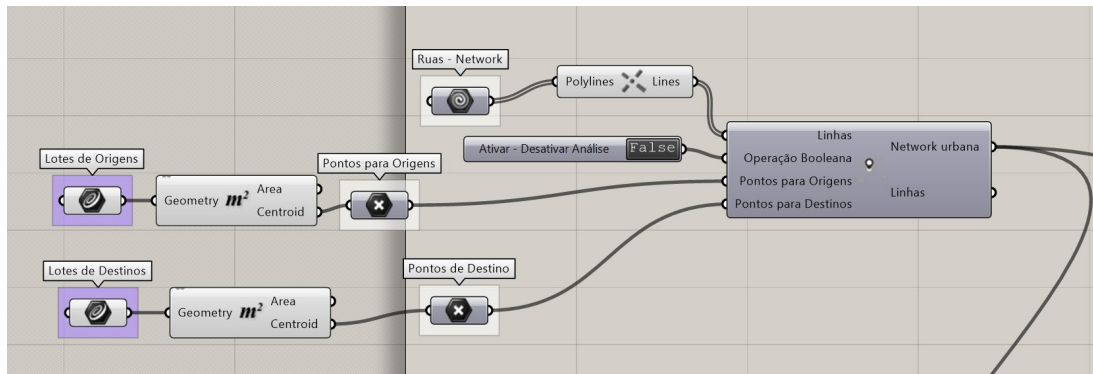
No campo das teorias voltadas para a análise de redes, estas podem ser categorizadas em duas abordagens principais: as de centralidade e as de acessibilidade. Conforme discutido anteriormente nesta seção, o reconhecimento da necessidade de conduzir análises de mobilidade em escalas mais restritas, como a de um bairro, desencadeia uma ampliação do enfoque e oferece a oportunidade de explorar as potencialidades sob diversas perspectivas em âmbito local.

A análise de centralidade em redes envolve a identificação e avaliação de nós ou elementos que desempenham um papel central ou de destaque na estrutura da rede, enquanto as abordagens de acessibilidade se concentram na compreensão das características que afetam a facilidade de deslocamento e conectividade entre os diferentes pontos da rede. Essas teorias são fundamentais para o estudo de mobilidade urbana e podem ser aplicadas em diversos contextos, incluindo o planejamento e o design de bairros e áreas urbanas.

Além disso, ao adotar uma abordagem localizada para a análise de mobilidade, é possível obter *insights* sobre as interações e os fluxos de pessoas em nível local, o que pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de planejamento urbano e melhoria da qualidade de vida nas comunidades. Essa perspectiva ampla e multifacetada permite que os profissionais envolvidos no planejamento urbano explorem alternativas e soluções de forma mais abrangente e informada, considerando as dinâmicas específicas de cada área analisada. Portanto, a escolha entre as abordagens de centralidade e acessibilidade dependerá das metas específicas do estudo e da complexidade da rede em questão.

Os diferentes componentes e parâmetros utilizados fizeram uso de duas ferramentas principais para esta abordagem, os programas *DecodingSpaces* e *NNA* (Numerical Network Analysis). A parte inicial de preparação da malha para as análises segue procedimento semelhante a outros já descritos, como a inserção de pontos de origem, destinos, colocação e preparação da rede, como pode ser visto na imagem a seguir.

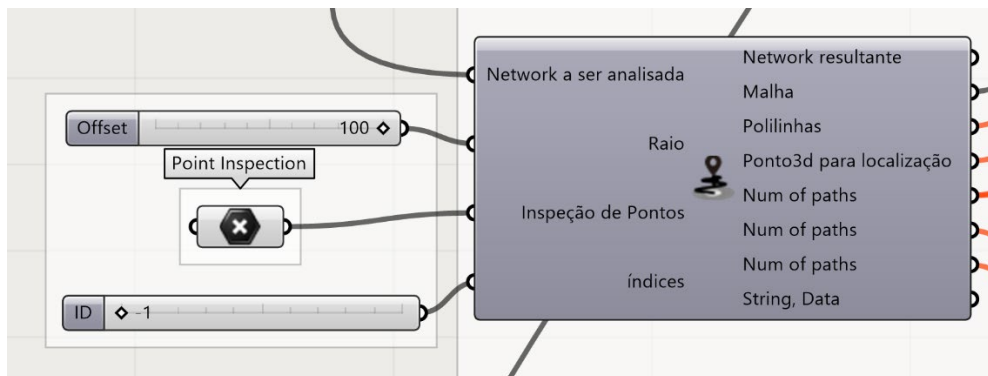
Figura 85: Preparação das geometrias para análise.



Fonte: Elaboração Própria.

Logo após este procedimento, é possível gerar as análises através da malha a ser analisada sob diversas condicionantes, como estabelecer vetores de peso para cada parâmetro bem como o de indicar o raio para análise considerado.

Figura 86: Componentes, inputs e outputs para a geração de uma análise de Linearidade.



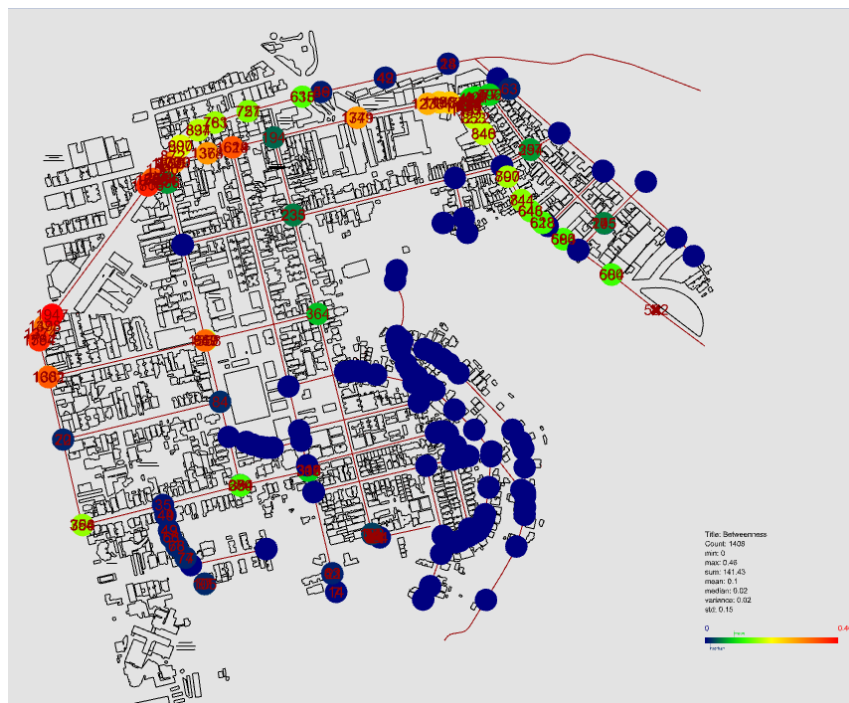
Fonte: Elaboração Própria.

Assim, fez-se a princípio as Análises de centralidade, sendo estas: intermediação, proximidade, retidão e grau, que promovem estimativas de centralidade para determinar a hierarquia dos nós dentro de uma rede estipulada.

1. Intermediação (*Betweenness*) — O Índice de Intermediação (*Betweenness*) reflete fluxos realistas de pedestres na rede. Se um nó de destino tiver uma centralidade de intermediação mais alta, ele mostrará muitos caminhos mais curtos para o nó determinado. A

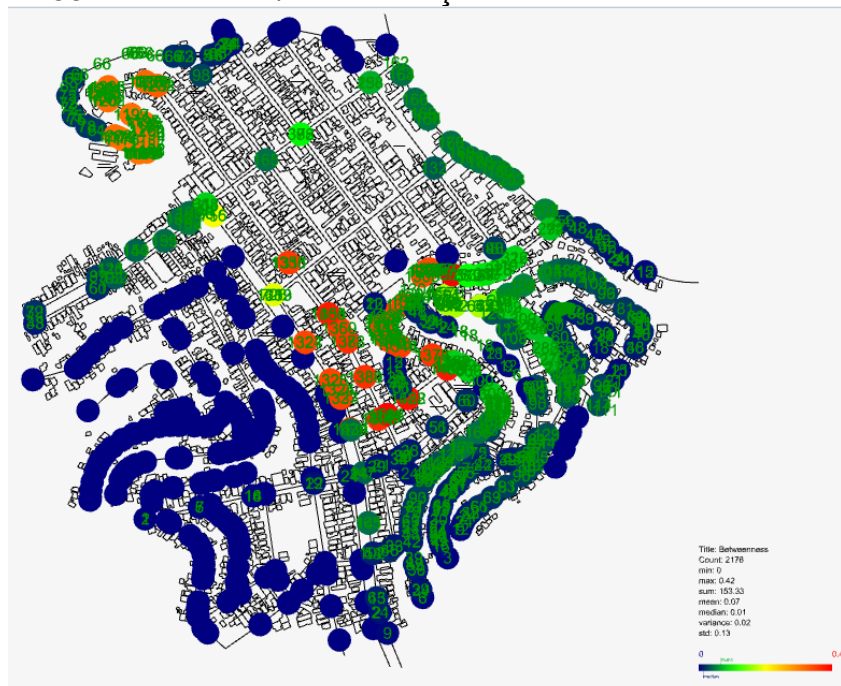
medida indica, globalmente ou localmente, o centro topológico de uma rede (cidade/bairro), ou seja, as partes onde a maioria das funções especificadas podem ser realizadas em sua maioria.

Figura 87: Betweenness/Intermediação do bairro Granbery.



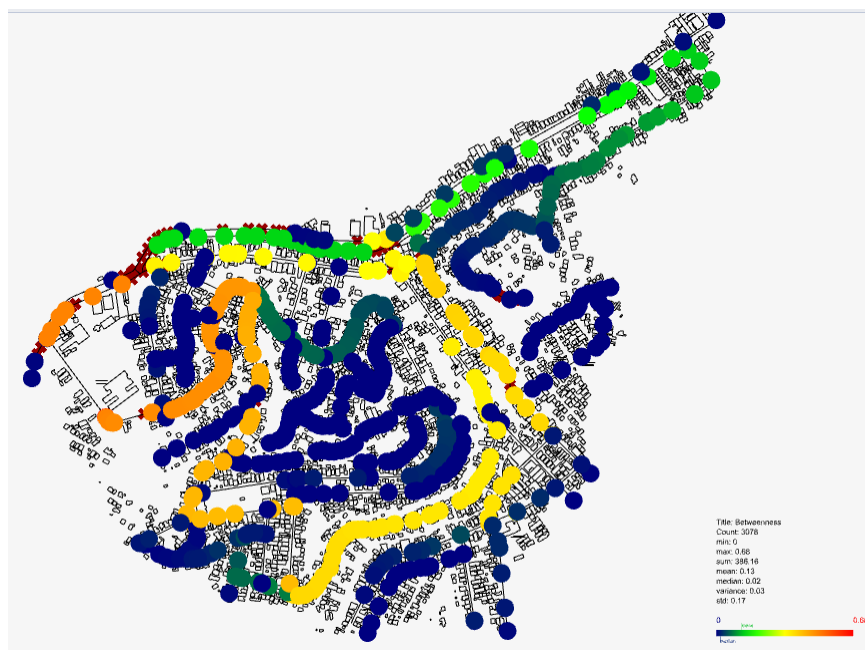
Fonte: Elaboração Própria.

Figura 88: Betweenness/Intermediação do bairro Santa Luzia.



Fonte: Elaboração Própria.

Figura 89: Betweenness/Intermediação do bairro Ypiranga.



Fonte: Elaboração Própria.

A partir dos resultados pode-se observar que o bairro Granbery possui valores altos de Intermediação, realizando tarefas diversas em sua maioria, estando os pontos mais quentes (de valores mais altos), distribuídos nas vias que dão acesso a uma das principais avenidas da cidade de Juiz de Fora, e próximos as ruas de comércio, serviços e localidades institucionais presentes no local. Já nos bairros Santa Luzia e Ypiranga uma maior quantidade de pontos azuis, revelando índices de baixo valor de intermediação, provocadas pela distribuição de menor área de serviços e maior distância de realização de tarefas diversas, considerando também sua maior área total. Os resultados indicam, também quais as áreas também de maior atividade socioeconômica.

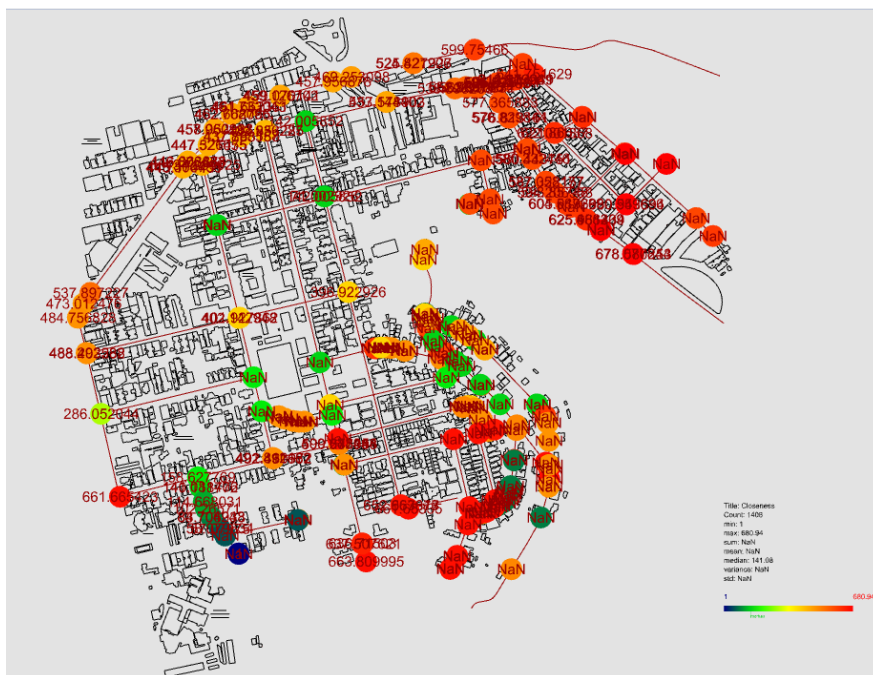
A princípio, a centralidade urbana pode parecer uma noção estática, implicando uma área central claramente definida que requer análises específicas de seu layout espacial e econômico. No entanto, quando consideramos fatores temporais, a concepção de um centro estável e definido perde sua solidez: os centros urbanos têm a capacidade de se deslocar, expandir, contrair ou alterar seus focos, e tais transformações ocorrem de forma não linear. O comportamento humano, expresso por meio de escolhas individuais, como padrões de consumo e trajetos de deslocamento, também desempenha um

papel significativo na configuração do espaço e na determinação da centralidade urbana.

Nesse contexto, a sintaxe espacial emerge como uma ferramenta de medição que conceitua a centralidade por meio de duas lógicas distintas: 'integração', que representa a 'centralidade em relação a', e 'escolha', que denota a 'centralidade entre'. Por meio dessa abordagem, é possível compreender de maneira mais abrangente a dinâmica complexa que envolve o fenômeno da centralidade urbana, considerando não apenas seus aspectos espaciais e econômicos, mas também os fatores temporais e comportamentais que contribuem para sua evolução e transformação ao longo do tempo.

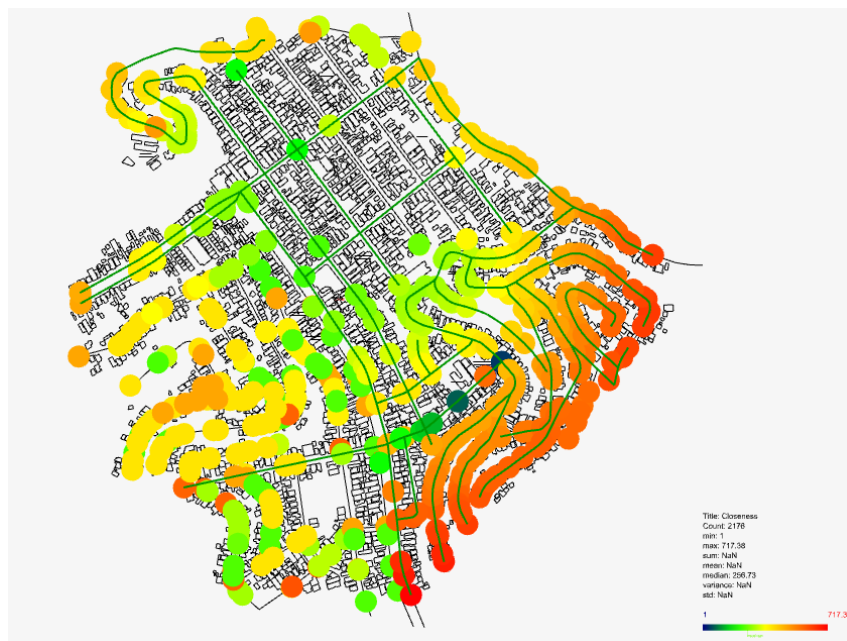
2. Proximidade (*Closeness*) — O Índice de Proximidade indica quão próxima uma origem está de todos os outros destinos. Medindo com que frequência um elemento é percorrido se todos os caminhos mais curtos no gráfico (de cada elemento para todos os outros elementos) forem percorridos. Os elementos com o maior valor de proximidade são percorridos com mais frequência. O conceito de mapas axiais foi posteriormente ampliado por outra representação espacial linear, chamada mapas de segmentos (Hillier e Lida, 2005). Isso também é baseado na rede de linhas, mas seu elemento básico é um segmento de linha. Um segmento ocorre entre as interseções das linhas axiais. Para calcular a distância entre dois segmentos, não é considerado o número de segmentos, mas o ângulo entre os segmentos. Segundo van Nes e Yamu (2018), em comparação com os mapas axiais, os mapas de segmentos oferecem duas vantagens: em primeiro lugar, usando ângulos em vez de etapas, os resultados da análise se correlacionam mais fortemente com os padrões de movimento; e em segundo lugar, uma vez que o método usa elementos menores, ele oferece uma escala muito mais refinada de análise configuracional. Valores mais baixos indicam que um nó de origem está localizado mais próximo dos nós de destino do que outras origens.

Figura 90: Closeness/Proximidade do bairro Granbery.



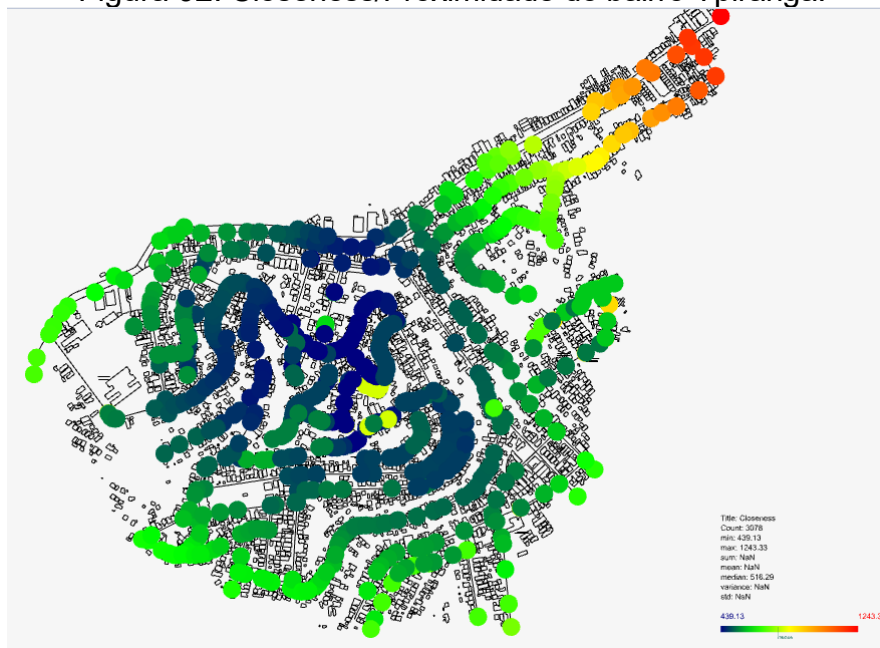
Fonte: Elaboração Própria.

Figura 91: Closeness/Proximidade do bairro Santa Luzia.



Fonte: Elaboração Própria.

Figura 92: Closeness/Proximidade do bairro Ypiranga.



Fonte: Elaboração Própria.

Novamente o bairro Granbery é caracterizado por melhores valores de Proximidade, estando os valores mais baixos encontrados no bairro Ypiranga.

3. Retidão (*Straightness*) — Quanto maior o índice de retidão, maior a eficiência da conectividade da rede e maior a centralidade da retidão na ligação aos destinos.

Figura 93: Straightness/Retidão do bairro Granbery.



Fonte: Elaboração Própria.

Figura 94: Straightness/Retidão do bairro Santa Luzia.

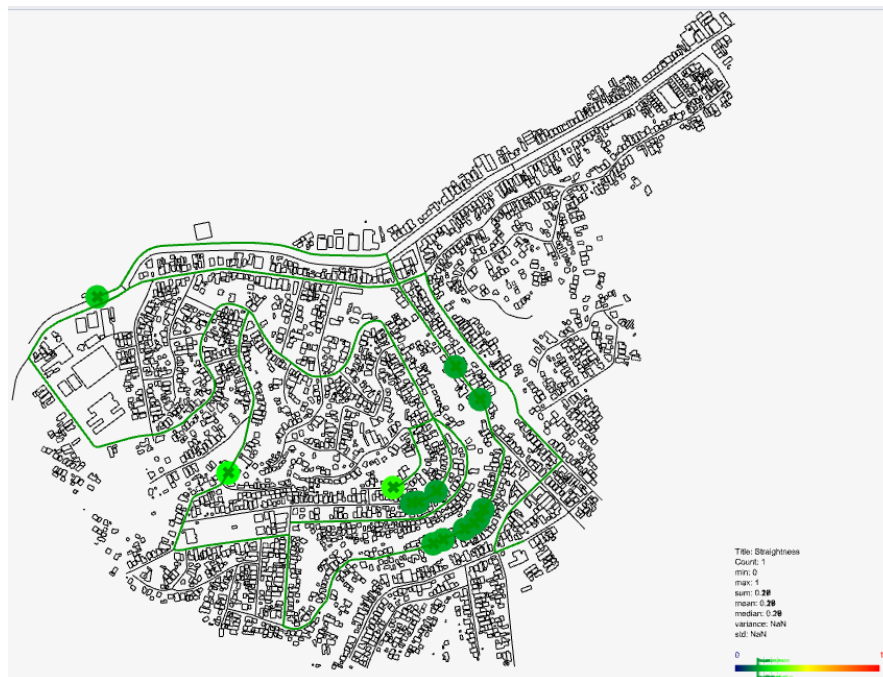


Fonte: Elaboração Própria.

Índices de retidão são obtidos ao considerarem as partes da malha em que se obtêm uma linha reta, capaz de conectar as origens e destinos com

eficiência, já que consideram a menor distância, sem angulações para o trajeto. Algo característico de bairros planejados com malha reticulada. Neste sentido vê-se um valor baixo obtido no mapa do bairro Ypiranga, com alta densidade populacional e poucos trechos de retidão presentes no bairro.

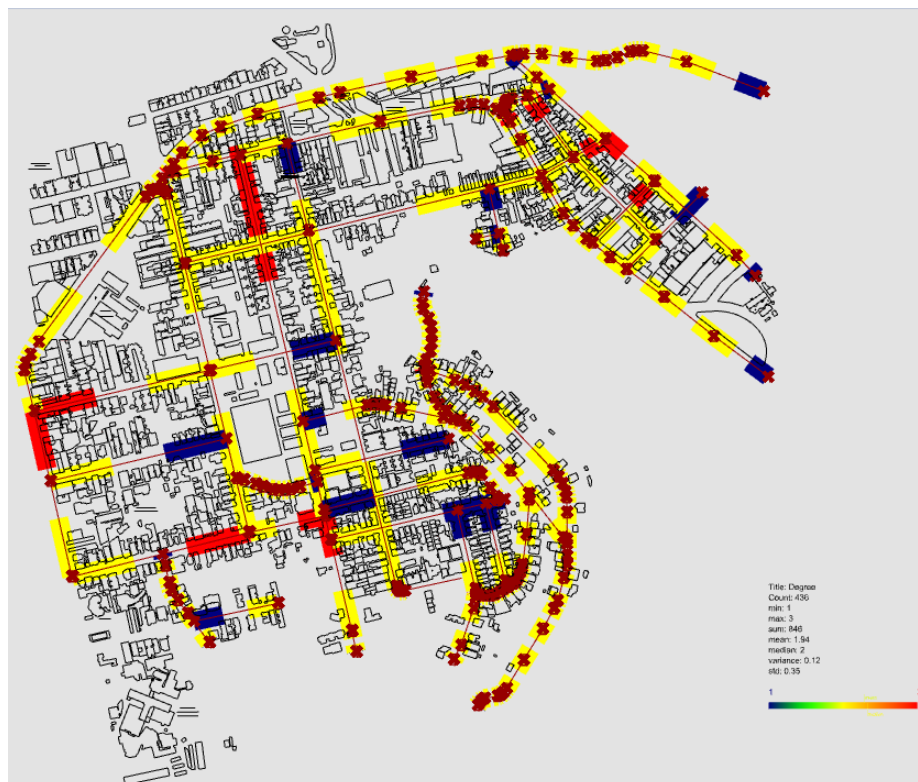
Figura 95: Straightness/Retidão do bairro Ypiranga.



Fonte: Elaboração Própria.

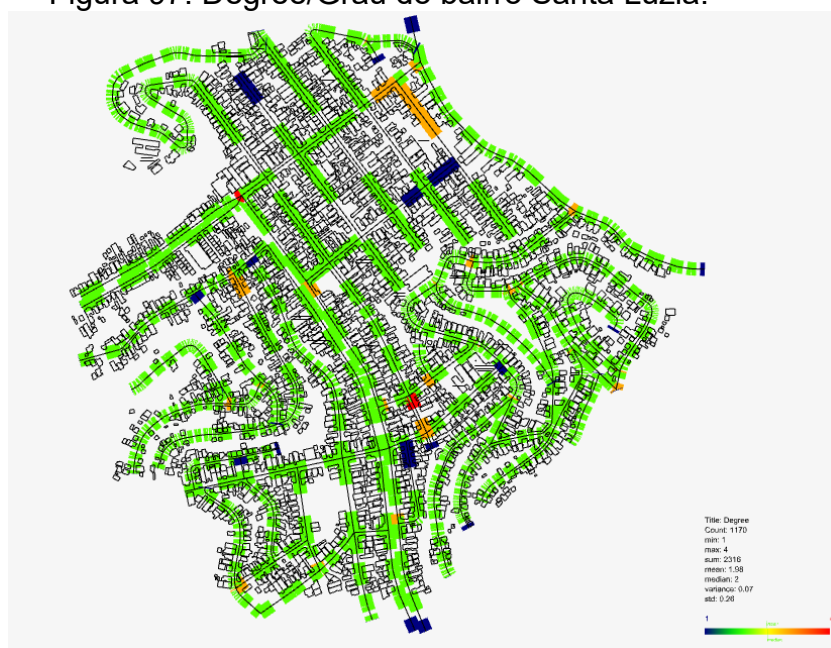
4. Grau (Degree) — O Índice de Centralidade de Grau é uma contagem do número total de arestas conectadas. Um Índice de Grau mais alto significa que um nó está mais conectado aos nós da vizinhança. A inclusão da diversidade espacial e das medidas de centralidade da rede no planejamento urbano e nas práticas de design potencialmente promovem processos de densificação mais habitáveis.

Figura 96: Degree/Grau do bairro Granbery.



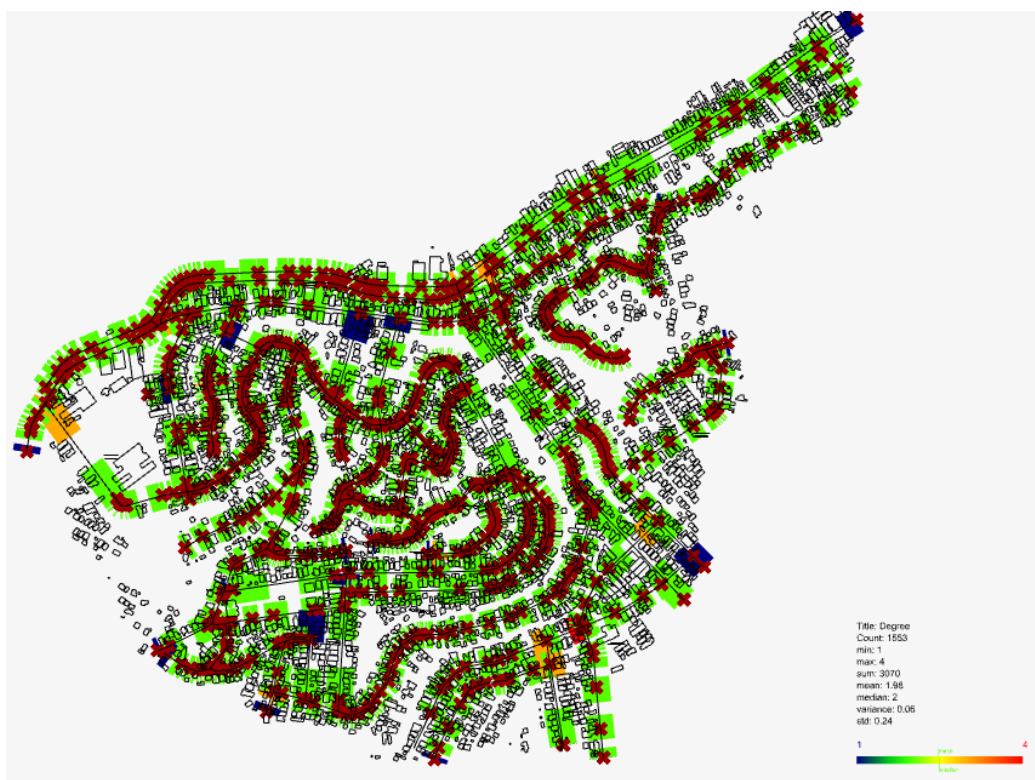
Fonte: Elaboração Própria.

Figura 97: Degree/Grau do bairro Santa Luzia.



Fonte: Elaboração Própria

Figura 98: Degree/Grau do bairro Ypiranga.



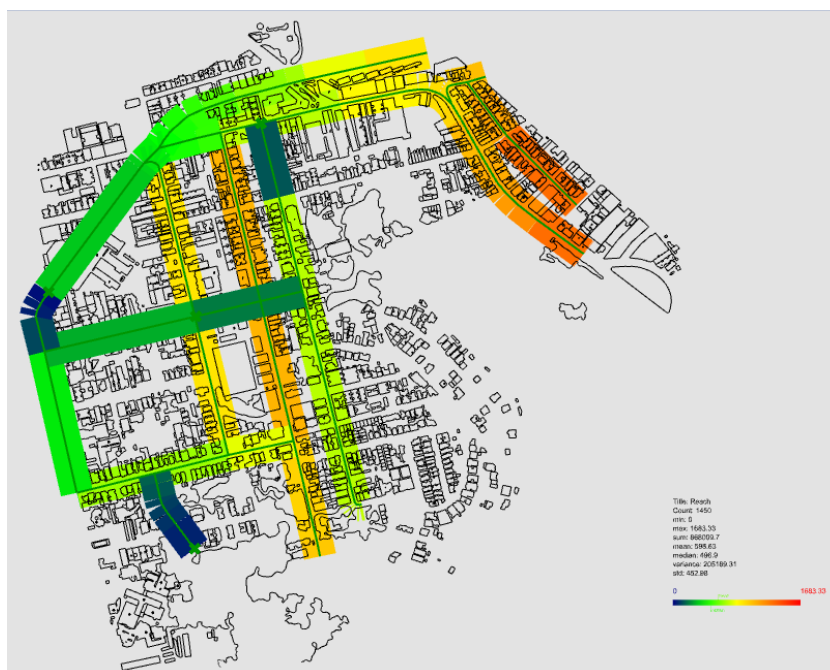
Fonte: Elaboração Própria.

Nota-se que os índices obtidos revelam trechos com alto grau no bairro Granbery, marcados em vermelho, valores medianos nos bairros de Santa Luzia e Ypiranga, caracterizados por bairros de maior extensão em área e pontos de destino de menos vetor de atração.

Utilizou-se também a verificação de acessibilidade dos três bairros com a ferramenta obtendo-se as seguintes métricas:

1. Análise de Alcance — O Índice de Alcance mostra as oportunidades cumulativas que estão acessíveis dentro de um determinado raio. Quanto maior o índice de alcance, maior será o valor do destino em torno de cada origem.

Figura 99: Alcance/Reach do bairro Granbery.

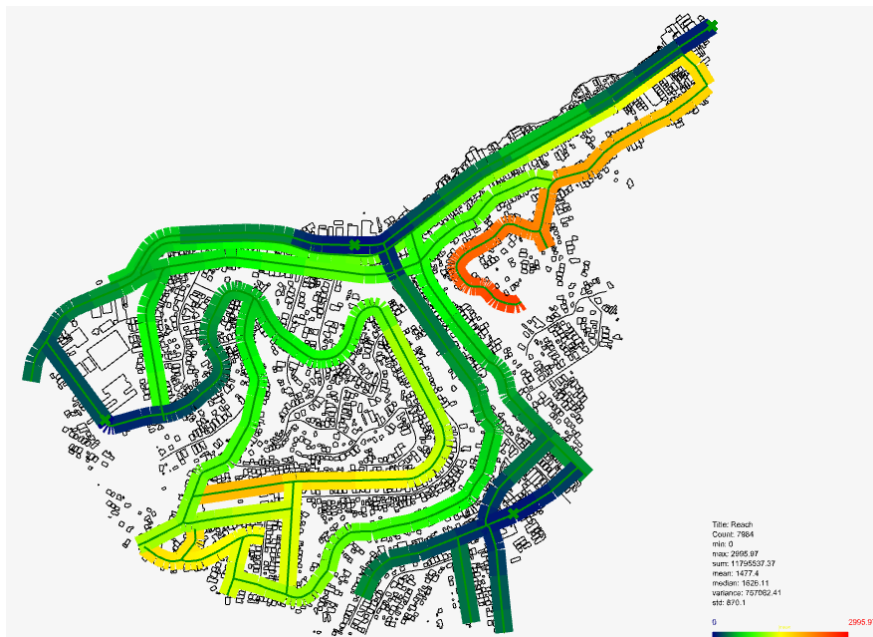


Fonte: Elaboração Própria.



Figura 100: Alcance/Reach do bairro Santa Luzia. Fonte: Elaboração Própria.

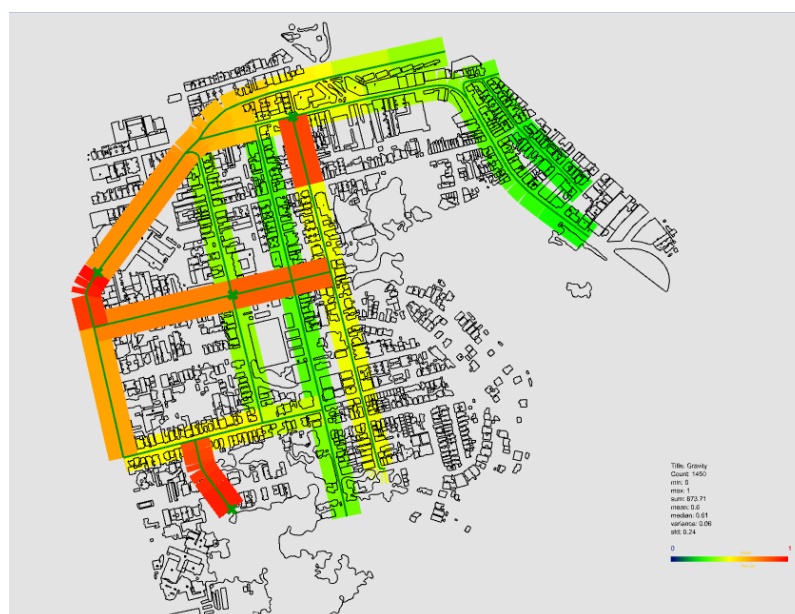
Figura 101: Alcance/Reach do bairro Ypiranga.



Fonte: Elaboração Própria.

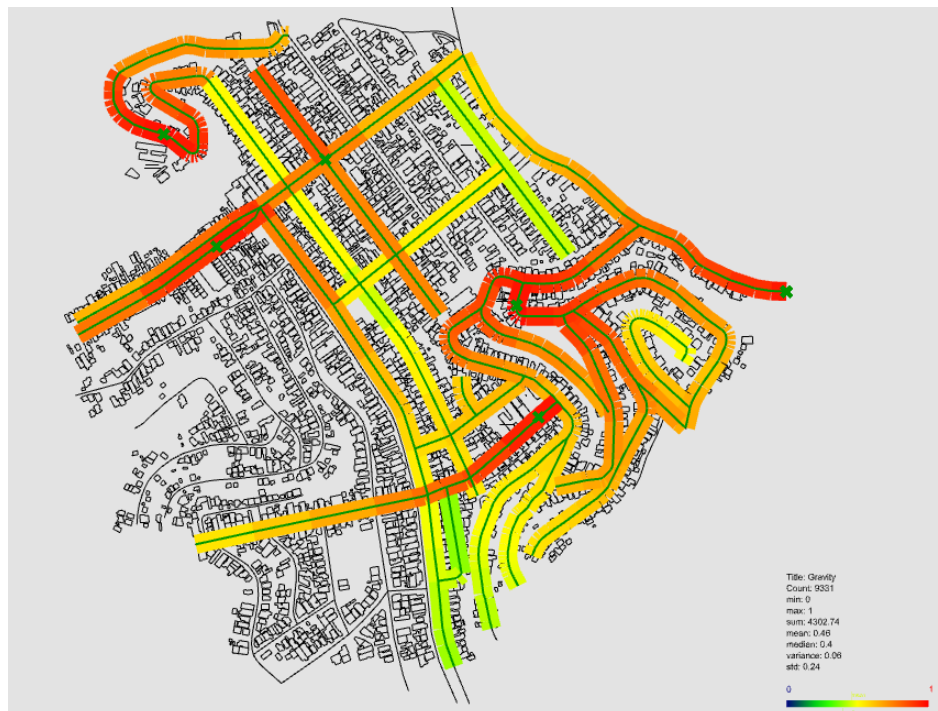
2. Análise de Gravidade - O modelo considera o custo geral (*Distance Decay*), o fator de resistência da viagem de acessibilidade para chegar aos destinos. O resultado do Índice de Gravidade é inferior ao Índice de Alcance devido ao efeito de redução da distância.

Figura 102: Gravidade/Gravity do bairro Granbery.



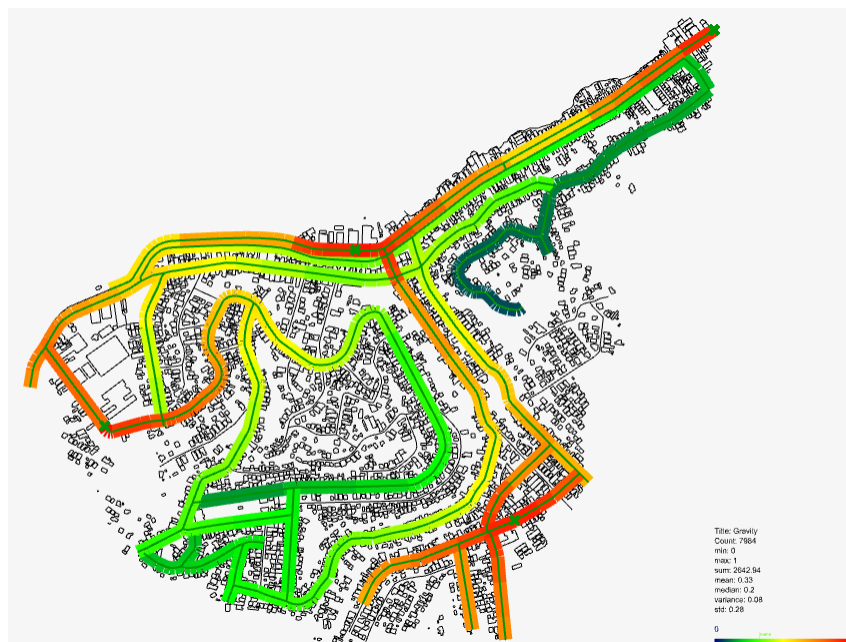
Fonte: Elaboração Própria.

Figura 103: Gravidade/Gravity do bairro Santa Luzia.



Fonte: Elaboração Própria.

Figura 104: Gravidade/Gravity do bairro Ypiranga.



Fonte: Elaboração Própria.

Ambas as análises demonstram os segmentos da malha que tendem a favorecer maiores índices de caminhabilidade, circulação de pessoas e consequentemente vitalidade/habitabilidade. Estes segmentos de rua são

caracterizados pelas proximidades com pontos de atratividade (destinos de alto vetor), facilidade de caminhabilidade gerando insumos para o planejamento de diversas condicionantes.

10.9 Análises de rede sintáticas

Como parte final do método proposto, consistiu-se em calcular as relações espaciais configuracionais em ambientes construídos. Esta última etapa da abordagem quantitativa da habitabilidade fez-se uma análise das características sintáticas e configuracionais dos bairros estudados propostos nesta pesquisa como validação e aplicação da ferramenta.

Há segundo diversas pesquisas realizadas na área uma relação entre como os seres humanos organizam suas vidas e como eles moldam os espaços para suas atividades, como a maneira como a configuração espacial afeta as oportunidades e cria limitações para a atividade humana.

Segundo Hillier (2015) a análise sintática explora as inter-relações do espaço, movimento em diferentes escalas e padrões de uso da terra, contribuindo para o entendimento da aceção das cidades como sistemas auto-organizados. Ainda segundo Hillier (2012), esta afirmação ao indicar que o comportamento e as escolhas das pessoas constituem o espaço e são fundamentais para os processos *bottom-up* de auto-organização, por meio dos quais as cidades adquirem sua forma espacial. Isso está profundamente entrelaçado com a transformação espacial. A análise do espaço sintaxe pode identificar essa mudança espacial como parte destes processos de auto-organização de uma cidade.

O questionamento central da sintaxe espacial e o que ela acrescenta aos estudos sobre a habitabilidade, pode-se afirmar que a mesma oferece um conjunto de métricas para analisar as mudanças espaciais no ambiente construído, independentemente de situações relacionados ao contexto e de aspectos culturais intrínsecos do lugar.

Dentro dessas limitações, ele pode auxiliar na busca de evidências espaciais em relação a determinadas suposições e observações. Embora o espaço sintaxe ofereça conceitos precisos com os quais operar, ele não pode

analisar o caráter do lugar, como mencionado acima, nem a esfera e o significado simbólico da forma construída. No entanto, o espaço sintaxe pode analisar a estrutura configurativa da sua configuração espacial como um fator independente do significado simbólico da forma construída.

Em certa medida, ela pode prever o efeito de alguns tipos de processos econômicos em intervenções urbanas. Da mesma forma, ele proporciona uma compreensão das possibilidades espaciais de certas atividades sociais, como observância de espaços menos seguros, segregação social e espaços que promovem comportamentos sociáveis. A sintaxe espacial trata de como as condições de integração e segregação espacial funcionam.

Para van Nes e Yamu (2018), o espaço sintático mede as duas principais relações de todos os segmentos de rua com todos os outros. Primeiro, mede o potencial de movimento para cada segmento de rua em relação a todos os outros, ou seja, sua acessibilidade. Segundo, mede o potencial de movimento através de cada segmento de rua em relação a todos os pares de outros segmentos.

Cada um desses dois tipos de padrões relacionais pode ser ponderado de acordo com três definições diferentes de distância: métrica, topológica e geométrica.

A distância métrica mede a rede de ruas e estradas da cidade como um sistema de caminhos mais curtos. Esta medida implica que algo está localizado no meio de uma área, com a menor distância métrica para todos os outros pontos dessa área. Podendo se considerar aspectos como o tempo necessário para o trajeto.

A distância topológica calcula a rede de ruas e estradas da cidade como um sistema de caminhos com menos curvas. A medida topológica lida com a configuração espacial da rede de ruas e estradas em termos do número de mudanças de direção. Quanto mais fragmentada for a rede de ruas, mais frágeis se tornam as condições espaciais para um centro econômico vital. Isso diz respeito ao grau de acessibilidade, em termos das menores mudanças de direção.

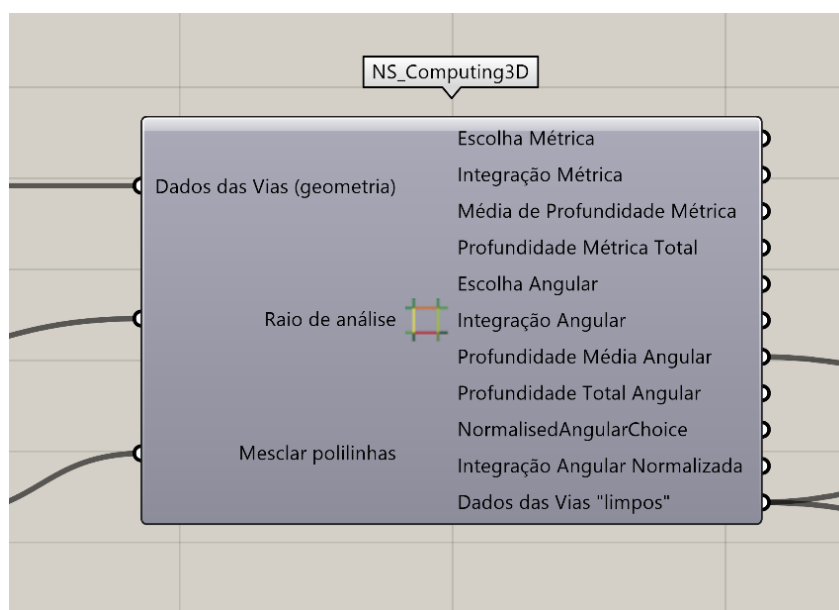
Por fim, a distância geométrica oferece uma imagem da rede de ruas e estradas da cidade como um sistema de caminhos com menor mudança de ângulo. A distância geométrica lida com mudanças nas direções angulares ao

se mover de um lugar para qualquer outro. Isso diz respeito à identificação da rede de rotas principal que liga as bordas de uma cidade ao seu centro.

Distâncias métrica, topológica e geométrica tratam de questões espaciais em um ambiente construído. No entanto, sua relação com outros conceitos como os de centralidade são necessários para descrever as atividades sociais e econômicas que ocorrem dentro dos centros urbanos.

As análises de sintaxe espacial foram feitas por meio da ferramenta desenvolvida para mensurar a habitabilidade, tendo como principais recursos integrados a inclusão do *add-on* que opera também no software Rhino/Grasshopper denominado UrbanXTools, a imagem abaixo demonstra o principal componente responsável pelo desenvolvimento das análises.

Figura 105: Componente do Grasshopper para geração das análises de sintaxe espacial através da utilização complementar do plugin UrbanXTools.



Fonte: Elaboração Própria.

Foram escolhidas para esta etapa da metodologia as seguintes métricas: Escolha Angular (Angular Choice), Profundidade Métrica Total (Metric Total Depth), Integração Angular Normalizada (Normalized Angular Integration), Integração Métrica (Metric Integration), Escolha Métrica (Metric Choice), Métrica de Profundidade Média (Metric Mean Depth).

10.10.1 Escolha angular

A escolha é calculada contando o número de vezes que cada segmento de rua cai no caminho mais curto entre todos os pares de segmentos dentro de uma distância selecionada (chamada de 'raio'). O 'caminho mais curto' refere-se ao caminho de menor desvio angular (ou seja, a rota mais reta) através do sistema (Hillier e Lida, 2005).

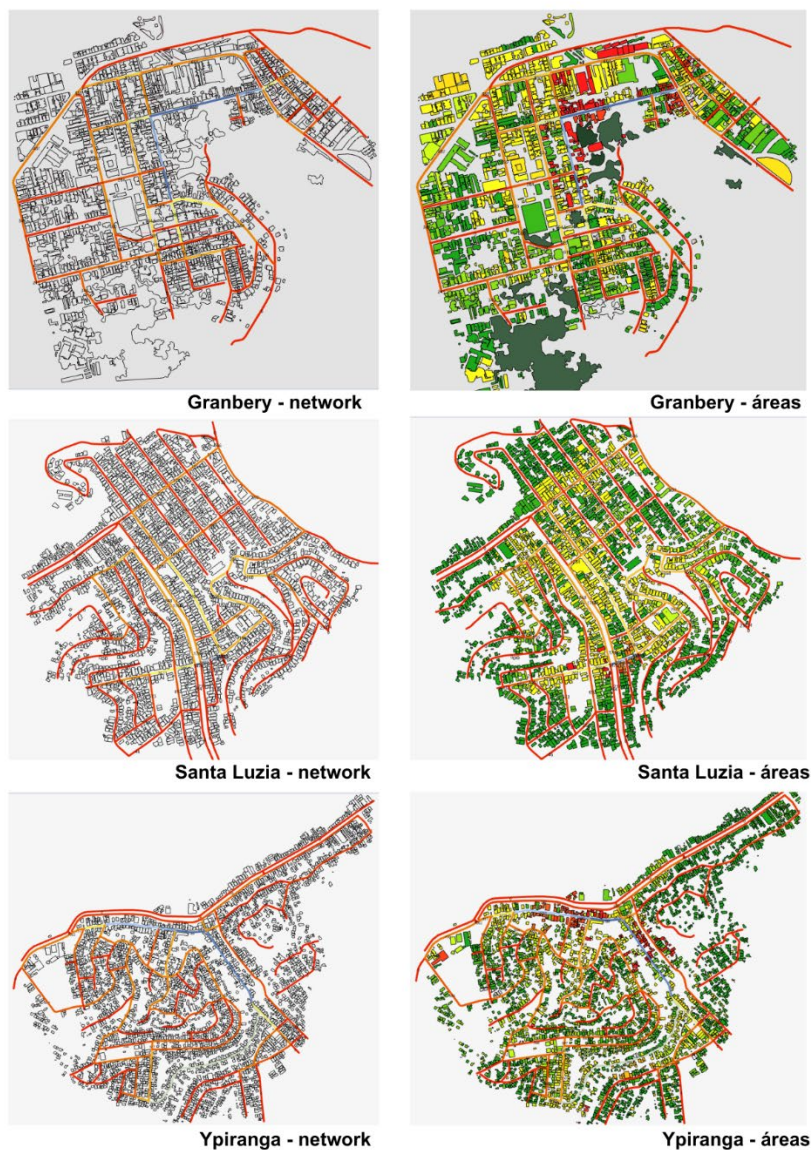
Como mostram pesquisas na área (Hillier e Lida, 2005; Dalton, 2001), a relação angular das ruas desempenha um papel na forma como as pessoas se orientam pelo ambiente construído. Isso é empiricamente comprovado pela pesquisa de Conroy Dalton, que descobriu que os ângulos influenciam a escolha das rotas pelas pessoas nos cruzamentos de estradas. Ela concluiu que as pessoas tendem a conservar a linearidade nas rotas escolhidas, com o mínimo desvio angular (Dalton 2001, p. 47.8).

Ao mudar de direção, as pessoas tendem a escolher um ângulo próximo de 90 graus ou 180 graus. Blocos urbanos com ângulos raros, como 30 ou 60 graus, tendem a fazer as pessoas se perderem. Além disso, ela descobriu que as pessoas tendem a escolher a rua mais longa com o ângulo mais curto na direção para a qual estão apontando. Em outras palavras, as pessoas escolhem as rotas mais retas possíveis para evitar a complexidade ao encontrar o caminho através das redes de ruas urbanas (Dalton 2001, p. 47.11).

A análise de integração angular mostra o "potencial de movimento para" de um ambiente construído, destacando os centros urbanos, enquanto a análise de escolha angular mostra o "potencial de movimento através", destacando as principais rotas através de um ambiente construído (Van Nes e Yamu, DATA).

Figura 106: Análise sintática de Escolha Angular dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga.

Escolha Angular (Angular Choice)



Fonte: Elaboração Própria.

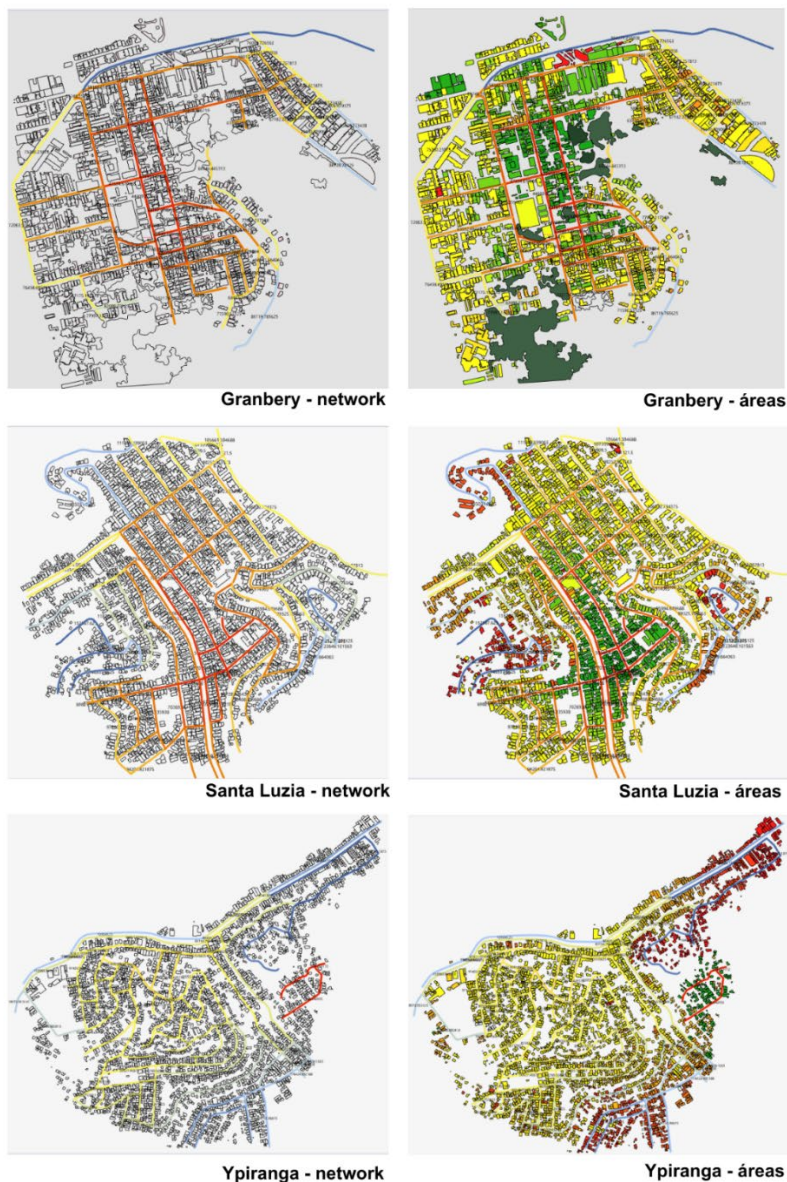
Os resultados podem ser visualizados através de dois tipos de “mapas”: os resultados com as malhas (*network*), coloridas em gradientes a serem definidos pelo usuário, e o grau de acessibilidade de cada parcela correspondente a uma localidade do bairro, indicando qual destas possui um maior valor.

10.10.2 Profundidade métrica total

A profundidade total métrica é o total cumulativo dos caminhos de distância métrica mais curtos entre todos os pares de nós.

Figura 107: Análise sintática da profundidade métrica total.

Metric Total Depth

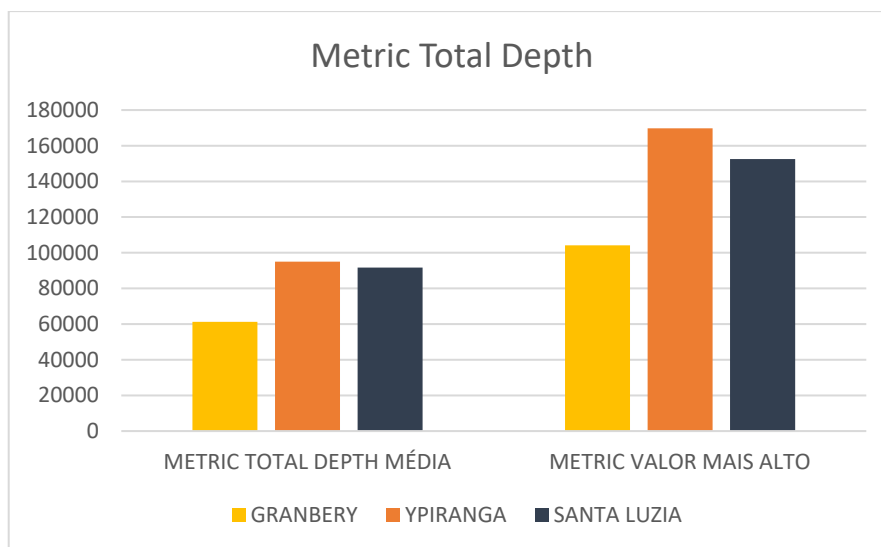


Fonte: Elaboração Própria.

Os dados e índices obtidos também podem ser traduzidos em gráficos para utilização em qualquer medida avaliativa. Obtendo por exemplo, a média

de cada localidade bem como os valores mais altos e baixos de cada situação, como exemplificado no gráfico abaixo.

Gráfico 17: Gráfico com a Média e Amplitude obtida na análise de Profundidade Métrica Total dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga.



Fonte: Elaboração Própria.

10.10.3 Integração angular normalizada

A integração angular é o recíproco da profundidade angular total normalizada. Pode ser comparada entre sistemas. Ela mede quão próxima cada segmento está de todos os outros em termos da soma das mudanças angulares que são feitas em cada rota (2005).

Quanto menos mudanças de direção, maior o valor de integração global. A chave para avaliar a integração local de um ambiente construído está em calcular o valor médio da profundidade média de todas as ruas em um ambiente construído.

A integração angular normalizada visa normalizar a profundidade angular total comparando o sistema com a média urbana. A fórmula de normalização, definida na sintaxe espacial, busca eliminar o efeito do número de elementos do gráfico nos cálculos de profundidade total e/ou escolha.

A análise angular é essencialmente uma extensão da análise de gráficos de visibilidade e análise axial (Turner 2001, p. 30.1). Aqui, o mapa axial é dividido

em segmentos, de interseção a interseção. O que a análise angular adiciona às várias análises de integração é que cada linha de segmento é ponderada pelo ângulo de suas conexões com outras linhas de segmento.

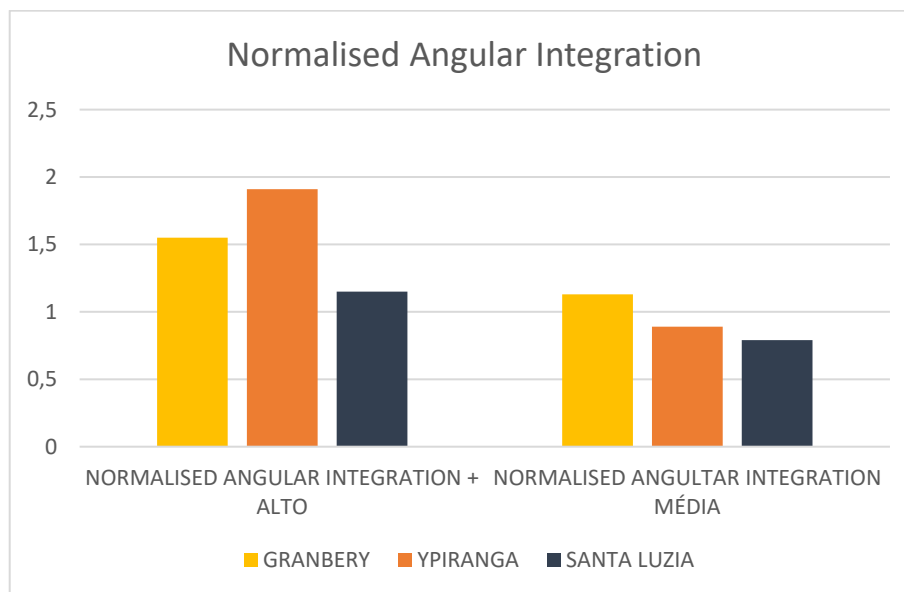
Figura 108: Análise sintática de integração angular normalizada dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga.

Normalised Angular Integration



Fonte: Elaboração Própria.

Gráfico 18: Média e Amplitude obtida na análise de Integração Angular Normalizada dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga.



Fonte: Elaboração Própria.

10.10.4 Integração métrica

A integração métrica mede o quão próximo cada segmento está de todos os outros sob a definição de distância métrica, ou seja, a distância métrica ao longo das linhas entre os pontos médios de dois segmentos adjacentes.

Pesquisas mostraram que a posição ideal dos atratores econômicos depende da estrutura da rede de ruas. Em relação à teoria do movimento natural dos processos econômicos, a configuração da malha viária influencia as taxas de movimento através da rede urbana de ruas e direciona onde as atividades econômicas ocorrem.

Atratores, como lojas, centros comerciais e grandes empresas, tendem a se localizar ao longo das ruas mais integradas (Hillier et al. 1993, pp. 31, 61). Assim, quanto mais pessoas utilizarem uma rua, maior a probabilidade de atrair lojas. Por sua vez, quanto mais lojas estiverem localizadas ao longo de uma rua, mais elas atraem pessoas para essa rua (lembrando a ideia de atratores de Lynch, 1960), criando assim um processo de efeito múltiplo.

De maneira análoga, é possível observar que os valores imobiliários e os processos de locação de propriedades são amplamente influenciados pelos

diferentes níveis de integração presentes na rede de vias urbanas (Desyllas, 2000). Um alto grau de acessibilidade e conectividade desempenha um papel crucial na criação de centros urbanos dinâmicos, estimulando a geração de atividades econômicas e contribuindo para o florescimento do ambiente urbano como um todo.

No entanto, vale ressaltar que certos aspectos da centralidade urbana extrapolam os limites impostos pelo escopo da análise sintática do espaço. Estudos dedicados à análise da forma construída e do significado atribuído aos espaços urbanos abordam não apenas a configuração física do ambiente, mas também exploram as características simbólicas e culturais que conferem identidade a um determinado local (Van Nes E Yamu, 2018). Ao considerar o caráter do lugar e os estilos arquitetônicos empregados, é possível compreender de maneira mais abrangente a complexa interação entre a dimensão física e simbólica da centralidade, permitindo uma apreciação mais profunda da centralidade cultural e do seu impacto na estrutura e na identidade de um centro urbano.

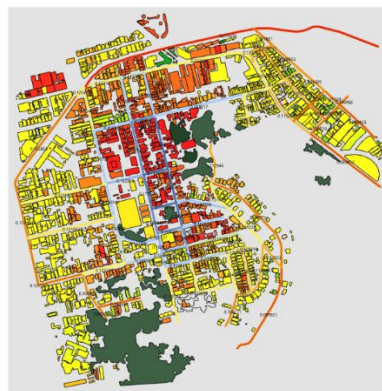
Além disso, ao explorar as dimensões culturais da centralidade urbana, torna-se possível compreender o papel desempenhado pelos aspectos históricos, estéticos e socioculturais na configuração da identidade coletiva de um espaço urbano, o que contribui para a promoção da diversidade cultural e para o enriquecimento da experiência vivida pelos seus habitantes e visitantes.

Figura 109: Análise sintática de Integração Métrica dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga.

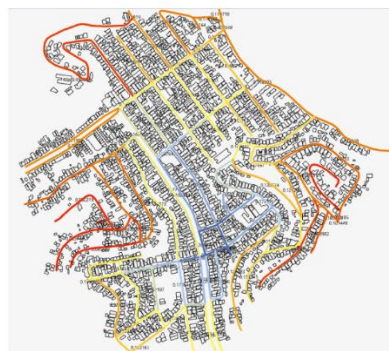
Metric Integration (Integração Métrica)



Granbery - network



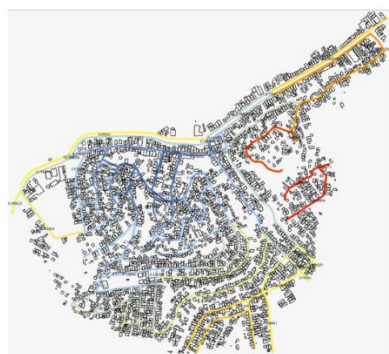
Granbery - áreas



Santa Luzia - network



Santa Luzia - áreas



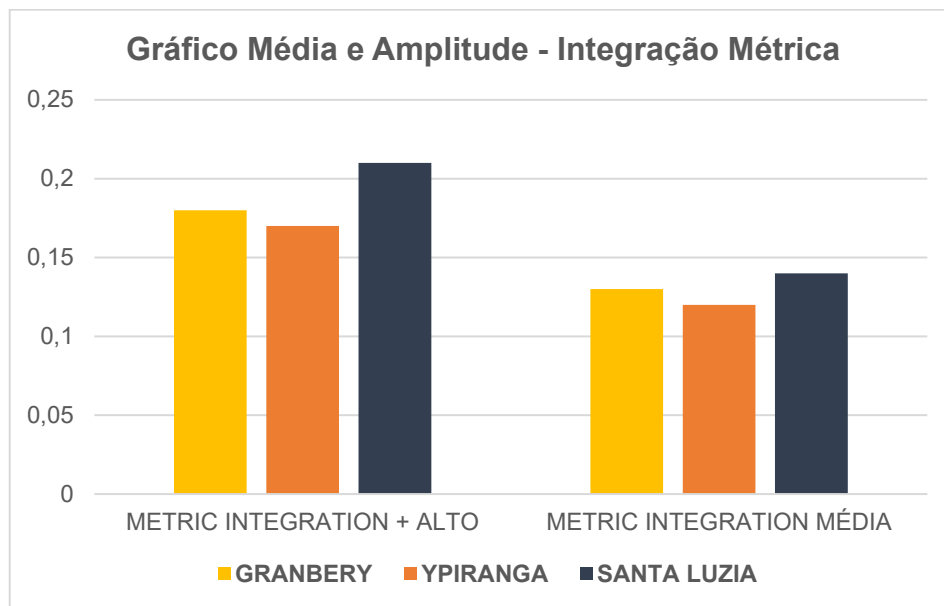
Ypiranga - network



Ypiranga - áreas

Fonte: Elaboração Própria.

Gráfico 19: Média e Amplitude obtida na análise de Integração Métrica dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga.



Fonte: Elaboração Própria.

10.10.5 Escolha métrica

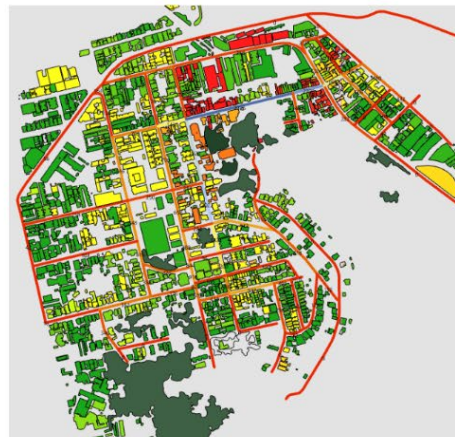
A escolha métrica é calculada contando o número de vezes que cada segmento cai no caminho mais curto entre todos os pares de segmentos dentro de uma distância selecionada medida metricamente (Hillier, 2009).

Figura 110: Análise sintática de Escolha Métrica dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga.

Escolha Métrica (Metric Choice)



Granbery - network



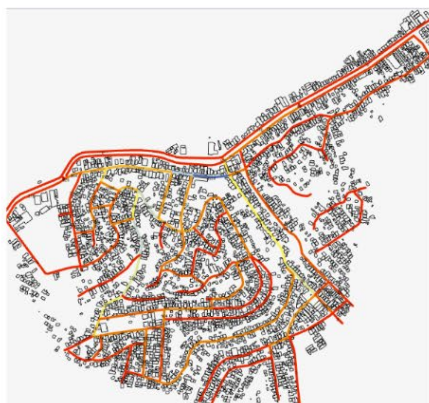
Granbery - áreas



Santa Luzia - network



Santa Luzia - áreas



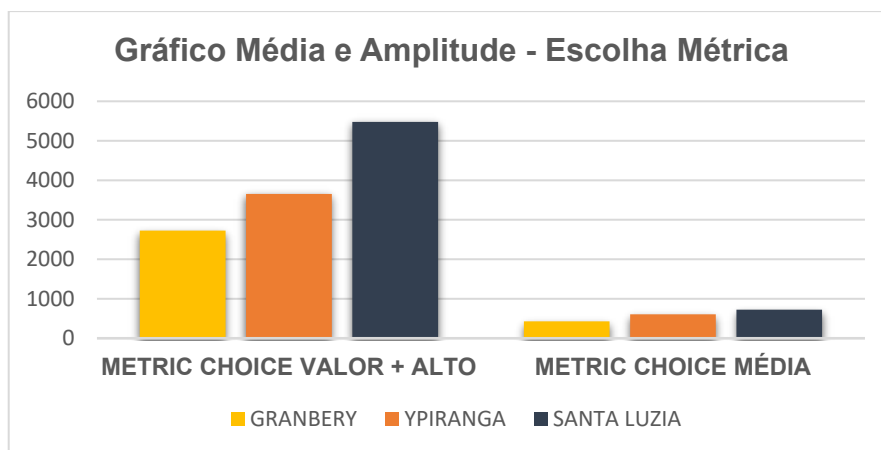
Ypiranga - network



Ypiranga - áreas

Fonte: Elaboração Própria.

Gráfico 20: Média e Amplitude obtida na análise de Escolha Métrica dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga.



Fonte: Elaboração Própria.

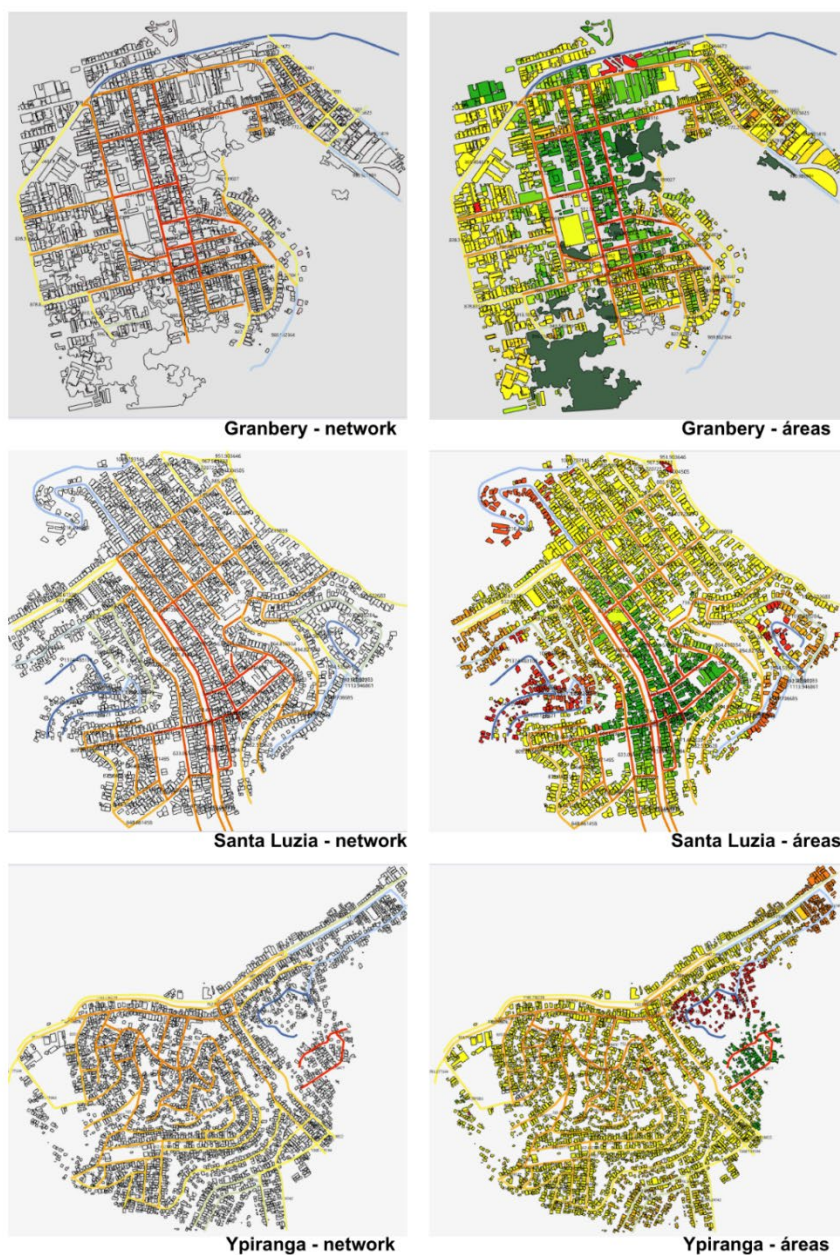
10.10.6 Profundidade média métrica

A profundidade média métrica é a distância métrica média de cada espaço a todos os outros (Hillier, 2009).

Seguindo a trilha teórica de Gehl (1971) e Whyte (1980) sobre a propiciação do espaço público para uma sociabilidade efetiva, a literatura emergente sobre o assunto amplia o escopo para tipologias alternativas de espaço público que aumentam o potencial social da cidade. Deste ponto de vista, Palaiologou e Vaughan (2014) significaram a configuração da rede viária, o layout do lote e a organização da fachada como as propriedades básicas da forma construída gerando habitabilidade nas ruas.

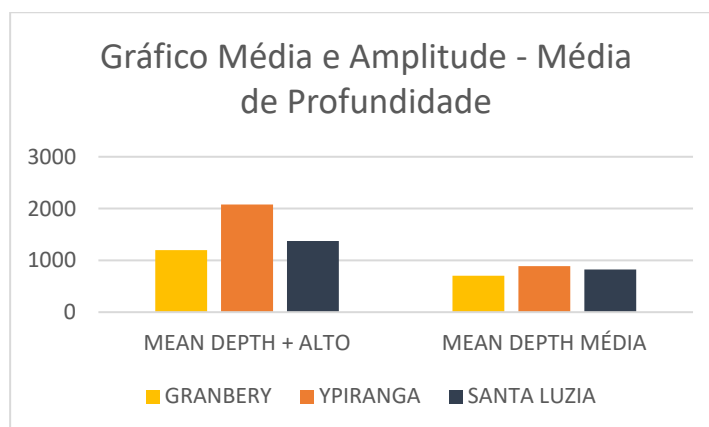
Figura 111: Análise sintática de Profundidade Média Métrica dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga.

Metric Mean Depth



Fonte: Elaboração Própria.

Gráfico 21: Média e Amplitude obtida na análise de Média de Profundidade dos bairros Granbery, Santa Luzia e Ypiranga.



Fonte: Elaboração Própria.

Pode-se concluir que a sintaxe espacial pode lidar com a estrutura do lugar, se não com o caráter do lugar. Análises deste último exigem uma compreensão genuína nas tradições culturais dos mesmos.

Embora Norberg-Schulz (1967, p. 202) tenha criticado abordagens quantitativas para o estudo do ambiente construído, uma abordagem de sintaxe espacial pode agregar valor ao fornecer evidências sobre como alguns componentes espaciais do ambiente construído criam lugares vivos ou mais tranquilos.

Uma compreensão das condições espaciais das taxas de fluxo de pedestres e do grau de vitalidade urbana são também componentes essenciais da atmosfera de um lugar. Esse aspecto está ausente na maioria da literatura sobre fenomenologia do lugar (van Nes 2012).

Estudos acadêmicos têm reiterado a influência significativa da organização espacial na geração de movimento, fundamentando-se na noção de co-presença e coconsciência no contexto do ambiente construído. Além disso, têm se dedicado a compreender as raízes do uso inadequado de determinadas áreas, reconhecendo a importância de uma perspectiva espacial extrínseca. Esse olhar abrange diversas condições-chave, incluindo, mas não se limitando a: a interdependência entre conectividade e integração local e global da vizinhança, a distância topológica entre áreas segregadas e vias integradas, bem como a complexidade intrínseca e sistêmica da estrutura espacial topológica em uma dada localidade.

Além disso, a pesquisa evidencia que a compreensão aprofundada da dinâmica social em áreas urbanas requer uma análise metódica dos fatores

que moldam a interação humana no ambiente construído. Essa abordagem enfatiza a necessidade de considerar não apenas as características físicas e topológicas das localidades urbanas, mas também os aspectos socioeconômicos e culturais que moldam as interações entre os indivíduos e seu entorno. Isso destaca a importância de um entendimento abrangente e multidimensional do contexto espacial para uma intervenção eficaz no planejamento e design urbano.

Portanto, as análises de sintaxe espacial, que tem se aprimorado a buscado superar suas limitações introduzindo novos atratores e aspectos de consideração de cálculo, podem lidar com a estrutura do lugar, se não com o caráter do lugar. Segundo Van Nes e Yamu (2021) análises deste último exigem uma compreensão genuína das tradições culturais e espirituais de uma sociedade, tanto no presente quanto no passado. Enquanto pesquisadores que adotam uma abordagem fenomenológica ou existencialista arquitetônica buscam descrever as qualidades essenciais subjacentes da experiência humana e do mundo onde essas experiências ocorrem (Seamon 1994, p. 37), os pesquisadores que utilizam uma abordagem de sintaxe do espaço buscam identificar as condições espaciais de praças urbanas animadas ou mais tranquilas, ruas, bairros e recintos urbanos.

10.10.7 Conclusão da seção

Profissionais das áreas de arquitetura, design, urbanismo e planejamento urbano que integram análises espaciais em suas etapas de projeto podem interativamente avaliar redes predefinidas, redesenhar percursos e fluxos, bem como analisar os impactos da implantação de novas construções, promovendo uma melhoria substancial nos resultados finais do projeto.

Como os estudos de caso têm mostrado que existem correlações entre medidas baseadas em gráficos e aspectos funcionais de uma configuração espacial, o método tem o potencial de ajudar arquitetos a prever os efeitos socioeconômicos de seus projetos. O princípio central da metodologia é representar o espaço (por exemplo, um plano urbano ou de piso) como uma

configuração de elementos individuais (por exemplo, ruas, edificações, loteamentos) e analisar suas relações mútuas.

Dessa forma, a reavaliação da morfologia social, especialmente com um enfoque direcionado para a compreensão abrangente da habitabilidade urbana, requer uma abordagem metodológica complexa e interdisciplinar que articule de maneira eficaz os princípios fundamentais da pesquisa sociológica e morfológica. Essa abordagem híbrida busca integrar perspectivas e ferramentas metodológicas de ambas as disciplinas, reconhecendo a importância de uma análise abrangente e holística dos fatores que contribuem para a configuração do ambiente construído e para a vivência dos indivíduos em contextos urbanos.

A interrelação entre os elementos urbanos e sua integração em uma entidade funcional é a essência da estrutura espacial urbana. Na pesquisa urbana, a estrutura espacial urbana está altamente inter-relacionada com a função urbana, que se refere à interação entre pessoas e atividades (Chen et al, 2019). A estrutura espacial urbana pode ser medida pelo grau de concentração espacial da atividade humana. Huang e Wong (2015) argumentaram que os estudos sobre a estrutura urbana se concentram na análise da atividade para avaliar a habitabilidade.

As evidências apresentadas sugerem que existe uma relação intrínseca entre o valor do espaço urbano e a configuração das cidades, e essa relação é mediada por diversos elementos de significativa influência. Entre esses elementos, destacam-se fatores como a localização geográfica, a qualidade da vizinhança e a acessibilidade ao centro urbano e aos pontos de atratividade locais, que desempenham um papel crítico na tomada de decisões relacionadas à habitação por parte dos agentes econômicos. Portanto, a compreensão aprofundada de como os indivíduos atribuem valor a essas amenidades urbanas assume uma importância crucial para a análise do bem-estar dos residentes e para a configuração espacial da cidade e conseqüentemente da habitabilidade dos espaços.

Adicionalmente, esses estudos podem ter implicações práticas significativas para o planejamento urbano e o desenvolvimento de políticas públicas. Compreender como a configuração urbana afeta a satisfação e o bem-estar dos cidadãos permite aos formuladores de políticas tomar decisões mais informadas sobre investimentos em infraestrutura, transporte público,

desenvolvimento habitacional e outras áreas que afetam diretamente a vida nas cidades.

Portanto, a análise da conexão entre o valor do espaço urbano e a configuração da cidade é um campo de pesquisa interdisciplinar que contribui para uma compreensão mais profunda dos complexos processos urbanos e desempenha um papel fundamental na promoção de cidades mais sustentáveis e habitáveis para seus residentes.

11. RESULTADOS

Os resultados tiveram como objetivo a transição de modelos de conceito tipo para modelos do tipo processo. Isso implica em um resultado que fosse consequente a efeitos observados e analisados sobre elementos interligados (objetos, materiais, dados).

Os métodos empregados permitiram a inserção e avaliação de diversas propostas de modificação e análise, possibilitando simular a antever os índices de habitabilidade correlacionando diversos dados e contribuindo para um entendimento de cada localidade.

A possibilidade de reprodução da metodologia e a facilidade em se obter os resultados torna a proposta da ferramenta desenvolvida pela pesquisa um artefato que amplia o campo disciplinar servindo como interface dialógica com outros campos disciplinares. Isso direciona os resultados para um horizonte de buscar maiores interconexões entre os dados e análises feitas, no sentido de enquadrar mais os conceitos de habitabilidade no planejamento urbano.

A análise morfológica e a pesquisa exploratória, portanto, tendem a revelar as características multifacetadas da questão que informariam as estratégias de design responsivo para a habitabilidade.

Considerados em conjunto, os métodos oferecem uma ampla cobertura do problema com base em diversas dimensões de habitabilidade urbana. Essa multiplicidade na discussão da habitabilidade urbana pode fornecer um sólido quadro conceitual no qual aplicar metodologias alternativas em diferentes contextos.

Nota-se que a coleta de dados é importante, mas a sua relevância está diretamente relacionada a conexão dentro de um contexto específico que possa revelar redes de interdependências. O maior empecilho na execução do método reside na dificuldade de encontrar uma ampla gama de dados socioespaciais digitalizados em bancos compatíveis com os softwares e plugins utilizados. Algumas inserções manuais dos dados para cada edificação dificulta a elaboração do modelo e reduz a confiabilidade dos resultados, já que informações importantes podem não ter sido consideradas. Quanto maior a disponibilidade de dados oficiais digitalizados, mais precisas as simulações e resultados, de forma que a análise das propostas projetuais e a retroalimentação do modelo tendem a ter maior sucesso. Para tal é necessário que se tenha acesso a metadados para gerar resultados mais significativos e reduzir o tempo de elaboração do modelo. Pode-se afirmar, portanto que a análise da relação entre a forma urbana e a socioeconômica junto a estas ferramentas digitais de rápida operação e fácil visualização podem contribuir com planejadores e agentes políticos.

A proposta metodológica e os resultados podem induzir à ideia de que os espaços com os melhores índices de habitabilidade são aqueles que dispõem de maior oferta e qualidade de serviços. Sendo assim é importante compreender as especificidades de cada lugar – não se situando apenas em fatores econômicos e sociais – relativizando possíveis dinâmicas que ocorrem em regiões periféricas ou que possuam outras formas de habitabilidade, como por exemplo a sazonalidade de eventos e serviços ou características de percepção ambiental e cultura.

Embora a forma urbana e a conectividade estejam associadas a melhores resultados, como demonstrado nos estudos de casos, estes não são os únicos fatores que podem influenciar as discrepâncias socioespaciais das cidades. Incorporar as teorias urbanas integradas a ferramentas computacionais, podem contribuir na estruturação e planejamento de uma cidade e de seus espaços, tornando-se instrumento que pode ser utilizado para visualização e formação de estratégias de projeto que considere a importância das dimensões sociais presentes em um espaço construído de maneira a fortalecê-lo.

A coleta de dados é importante, mas o que é ainda mais importante é conectá-los a um contexto específico e revelar redes de interdependências. E a

melhor maneira de transmitir esse tipo de informação é por meio de comunicação visual.

Para efetivamente empreender um programa de pesquisa interdisciplinar dessa natureza, é imperativo realizar um estudo sistemático que estabeleça uma sólida ligação entre os métodos de pesquisa estabelecidos em sociologia. Esse diálogo entre as disciplinas permite a exploração profunda das interações complexas entre os aspectos sociais, espaciais e morfológicos que influenciam a qualidade de vida e a habitabilidade nas áreas urbanas, proporcionando insights valiosos para a formulação de estratégias e intervenções eficazes no planejamento e no desenvolvimento urbano sustentável.

A contribuição para o conhecimento de possíveis diálogos entre a cultura da cidade no seu sentido qualidade do lugar, ou seja, na relação que as pessoas estabelecem com a cidade em diferentes estados, configurações e contextos, e em como essas alternativas propõem perspectivas abertas e suscetíveis ao envolvimento de muitas disciplinas, que tendem progressivamente a contribuir com o assunto em questão.

12. DISCUSSÃO

Devemos reconhecer algumas limitações para este trabalho. Primeiro, a forma urbana não é o único fator que influencia os níveis socioeconômicos das áreas da cidade. Muitos outros aspectos estão em jogo, por exemplo, políticas habitacionais específicas, intervenções econômicas e gentrificação. Como Malard (2005), nos lembra, antes de começarmos a elaborar hipóteses de solução é necessário conhecer mais e melhor o problema, analisando informações sobre ele disponíveis.

Embora seja impossível explicar todos esses fatores diferentes em um modelo, resultados de pesquisas de outros campos (por exemplo, demografia, econometria) podem ser usados para contextualizar e interpretar os resultados fornecidos pela aplicação dos métodos que vêm sendo desenvolvidos.

São, portanto, necessários mais esforços para explorar empiricamente a ligação entre a morfologia urbana e o desenho urbano (Marshall & Caliskan, 2011).

Outro ponto de limitação diz respeito à causalidade. Seguindo a abordagem proposta, a mesma deve ser vista como uma pesquisa exploratória, que investigou uma variedade de questões relacionadas ao ambiente urbano e à qualidade de vida nas cidades. Por exemplo, mesmo que a princípio a conectividade esteja ligada a índices socioeconômicos melhores, o aumento da conectividade em um bairro pode não trazer necessariamente melhorias diretas para a população residente.

Cabe lembrar que as ferramentas aqui utilizadas ainda passam por um processo de desenvolvimento, não se fixando apenas em soluções que forneçam resultados morfométricos, mas também na geração e visualização de dados.

Tal como afirmou Hall (1968), em que o estudo da cultura no sentido proxêmico é a análise do comportamento das pessoas e bem como do uso de seu espaço perceptivo em distintos estados emocionais, durante diferentes atividades, relações, configurações e contextos, nenhuma técnica de pesquisa exclusiva, ainda é suficiente para investigar a complexidade desta multiplicidade de assuntos dimensionais.

Com o mundo passando por um processo de rápida urbanização, a desigualdade está aumentando, pois algumas áreas estão se beneficiando mais do que outras de financiamentos públicos e investimentos internacionais. A análise da relação entre a forma urbana e a socioeconômica tornou-se urgente, pois pode ajudar planejadores e formuladores de políticas a debater como projetar cidades e onde alocar recursos.

A integração de novos conjuntos de dados e ferramentas fornece uma base sólida para estudos morfológicos aprofundados e em grande escala (Oliveira & Medeiros, 2016). Além disso, há um interesse acadêmico crescente em introduzir um novo pensamento quantitativo nos estudos da forma urbana e do desenho urbano.

Para futuros trabalhos, busca-se gerar possíveis comparações entre recortes urbanos, identificando suas potencialidades, qualidades e debilidades, fornecendo análises de como estes contextos se adaptam e transformam-se alterando padrões ao longo do tempo.

Considera-se também a busca por métricas que consigam capturar a intensidade urbana levando em consideração não apenas os aspectos

socioeconômicos, como valor da terra ou disponibilidade de serviços em uma área, com especial atenção à variabilidade dos pesos e categorizações como faixa etária, necessidades e classe social local, entre outros fatores que possam agregar vitalidade a ruas e lugares.

Outra possibilidade de investigação futura seria a de compreender quais as contribuições que podem ser feitas por meio de uso de ferramentas paramétricas e construção de modelos efetivos de compensação do território e do uso local do espaço, ou ainda a distribuição do layout de serviços dentro de um território, com base nas necessidades reais dos usuários e superando padrões impostos por padrões de urbanismo e planos diretores para regulamentação qualitativa de espaço baseadas em mapas e estudos comparativos.

13. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho buscou apontar alternativas para a identificação de meios assistidos por ferramentas digitais para análise de contextos locais e de índices de habitabilidade diversos em problemáticas relacionadas a desigualdades socioespaciais, que aumentam paralelamente à rápida urbanização e as análises morfológicas e qualitativas dos espaços.

Como se viu na sua definição, a habitabilidade implica uma enorme gama de aspectos, correspondendo principalmente às características sociais, econômicas, ambientais e relacionadas com a saúde dos assentamentos humanos.

Conclui-se que a pesquisa a ser desenvolvida tem como objetivo contribuir no desenvolvimento de instrumentos que possam servir de assistência na simulação e avaliação de cenários diversificados para a tomada de decisões projetuais, utilizando como critério uma metodologia de planejamento e análise baseada em condicionantes propostas pelo conceito de habitabilidade e suas métricas aplicadas em sistemas digitais, que beneficiam-se destes recursos tecnológicos e promovem avanços para tópicos como: urbanismo emergente, cibernética, análise, simulação e planejamento de cidades.

A habitabilidade, assim como outras correntes de estudo socioespaciais, pode e deve ser então utilizada como meio para auxiliar na percepção destes comportamentos na estruturação e planejamento de uma cidade e de seus espaços. É fundamental que exista uma consonância entre os diversos agentes dos diversos campos de atuação e conhecimento que se debruçam sobre o planejamento das cidades, e ferramentas digitais bem orientadas podem colaborar efetivamente para a redução dessas lacunas.

Perceber esses comportamentos na estruturação e planejamento de uma cidade e de seus espaços, tornam-se instrumentos que podem ser utilizados para visualização e formação de estratégias de projeto.

Com as possibilidades advindas da emergência de instrumentos tecnológicos e outros avanços como Big Data e Inteligência Artificial, há uma progressiva adoção e interesse em pesquisas que assumem a perspectiva de que o espaço urbano não deve ser mais concebido como um sistema estático ou bem definido, mas que possua flexibilidade e esteja aberto às constantes implicações e mudanças inerentes à sua complexidade.

Atentar-se também para a necessidade de uma abordagem holística que compreenda um diverso campo de profissionais envolvidos na proposição de soluções e na identificação de problemas e potencialidades. É fundamental que exista uma consonância entre esses agentes, ferramentas digitais bem estruturadas podem colaborar efetivamente para a redução dessas lacunas.

Portanto, o viés tecnológico, seja na prática e na teoria apresenta um dos desafios mais profundos para este atual momento do urbanismo; descobrir como as diversas naturezas de implicações antropológicas, políticas, culturais, sociais podem ser implementadas em novas técnicas e ferramentas tecnológicas, conciliando o discurso sensível a estes fatores e ao próprio tempo e complexidade, mas que também promova uma abertura a diferentes possibilidades e particularidades próprias de cada espaço e conseqüentemente cultura.

REFERÊNCIAS

ABRAMS, J.; P. Hall. **Else/where: mapping**. Minneapolis, Minn, University Of Minnesota Design, 2006.

AGNEW, J. Representing space: space, scale and culture in social science. In: DUNCAN, J.; LEY, D. (org.) **Place/Culture/Representation**. Routledge, Londres, 2013. DOI: 10.4324/9780203714034.

AGUIAR, D. Urbanidade e a qualidade da cidade. Disponível em: **Arquitextos**. **141. 08 ano 12**, março de 2012. Acessado em: 12/03/2022.

AIELLO, J. R. Human Spatial Behavior. Stokols, D., Altman, I. (Eds.), **Handbook of Environmental Psychology**. John Wiley & Sons, Nova York, pp. 359-504, 1987.

ALEXANDER, C. **A Timeless Way of Building**. Oxford University Press, Nova York, 1975.

ALMEIDA, C. A. R., DO AMARAL, W. D. H., & BRANDÃO, G. V. L. Ferramentas paramétricas para apoio ao planejamento urbano: perspectivas e desafios. **Revista FOCO**, Vol. **16(02)**, N. e1036, 2023.

ALTMAN, I. **The Environment and Social Behavior: Privacy, Personal Space, Territory and Crowding**, Brooks/Cole Publishing Company, Monterey, California, 1975.

ASCHER, F. **Os novos princípios do urbanismo**. Romano Guerra, São Paulo, 2010.

ASHBY, R. W. **Introduction to Cybernetics**, Chapman & Hall, 1956.

BATTY, M. Cities as complex systems: scaling, interaction, networks, dynamics and urban morphologies. In: Meyers, R. A. (Ed.) **Encyclopedia of Complexity and Systems Science**. Springer, Nova York, p. 1041-1071, 2009.

BATTY, M. Modelling cities as dynamic systems. **Nature** **231**:: 425-428, 1971. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/231425a0>.

BIGGS, N.; LLOYD, E.; WILSON, R. **Graph Theory, 1736-1936**, University Press, Oxford, 1986.

BISWAS, A. A Conceptual Framework to Visualise Liveability. **Int. Journal of Com**, **WB 5**, p. 793-817, 2022.

BOGUSLAWSKI, P. **Modelling and analysing 3D building interiors with the dual half-edge data structure**. Universidade de South Wales, Reino Unido, 2011.

BOHNACKER, H. **Generative design: visualize, program, and create with processing**. Princeton Architectural Press, Nova York, 2012.

BOSELDMANN, K. **The Principle of Sustainability: Transforming Law and Governance**. Taylor & Francis, 2008.

BARTIK, T; SMITH, K. Urban Amenities and Public Policy. **Handbook of Regional and Urban Economics**. V.2, p. 1207-1254, 1987.

BREWSTER, M., D. HURTADO, S. OLSON, AND J. YEN. "Walkscore.com: A New Methodology to Explore Associations between Neighborhood Resources, Race, and Health." Disponível por: **American Public Health Association: 137th Annual Meeting**, Filadélfia, 2009.

BURRY, M. Blurring the Lines: An Exploration of Current CAD/CAM Techniques, Parametric Design and Rapid Prototyping – Mediating Between Analogue and Digital Skill Sets. **Architectural Design**, N. 73, Vol. 2, Mar – Abr., p. 110-118, 2003.

CALTHORPE, P. **The next American metropolis: ecology, community and the American dream**. Princeton Architectural Press, Nova York, 1993.

CÂMARA, G. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Instituto de Pesquisas Espaciais, 2001.

CANTER, D. **The Psychology of Place**. Architectural Press, Londres, 1977.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. Paz e Terra, São Paulo, 2007.

CAUCHY, A. L. *Recherche sus les polyèdres – premier mémoire*. **Journal de l'École Polytechnique**, 9 (Cahier 16), p. 66-86, 1813.

ÇALISKAN, O.; SEVIK, E. Urban Form and Liveability: Towards a Socio-Morphological Perspective. In: **Built Environment**. Banister, D, Marshall, S.; Natarajan, L. (eds). Alexandrine Press, Vol. 48, N.3, 2022. ISSN: 0263-7960.

CERTEAU, M. **A invenção do cotidiano**. Editora Vozes, São Paulo, 2013.

CERVERO, R., & KOCKELMAN, K. **Travel demand and the three Ds: Density, Diversity and Design**. Workingpaper 674, Institute of Urban and Regional Development. University of California, Berkeley, 1997.

CHEN, T.; EDDIE C.; HUI. M.; WU, J.; LANG, W.; LI, X. Identifying urban spatial structure and urban vibrancy in highly dense cities using georeferenced social media data. In: **Habitat International**, Volume 89, 2019.

CHORLEY, R. J.; & HAGGETT, P. Trend-Surface Mapping in Geographical Research. **Transactions of the Institute of British Geographers**, N. 37, p. 47–67, 1965.

CHOU, R. **Urban Data and What to Do With It**. Fonte: <https://medium.com/data-mining-the-city-2022/urban-data-and-what-to-do-with-it-6929016c3e38>. Acesso em: 17 de Setembro de 2023.

CHOU, R. **Space Syntax: Urban Network & Spatial Relations**. Publicado em: Data Mining the City. 23 de Fevereiro de 2022. Disponível em: medium.com/data-mining-the-city-2022/space-syntax-urban-network-spatial-relations-7679de91beb. Acesso em: 07/07/2023.

COOK, R. **Zoning for Downtown Urban Design**. Lexington Books, Nova York, 1980.

CORBUSIER, L. **The City of Tomorrow and It's Planning**. London Architectural Press, Londres, 1947.

CULLEN, G.. **Paisagem Urbana**. Lisboa: Edições 70, Lisboa, 202 p., 2009.

DA SILVA, J. X. **Geoprocessamento para Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: sn, 228p. 2001.

DA SILVA, J. X. O que é Geoprocessamento? **Revista do CREA**, 2009.

DA SILVA, A. F. C. Coalizões Urbanas no país do futebol: relações entre o megaevento Copa do Mundo 2014 e o mercado imobiliário. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (RBEUR)**. Vol. 16, n.2, p.13-26, 2014.

DALTON, R. C. The secret is to follow your nose: Route path selection and angularity. **Environment and Behavior**, 35(1), p. 107-131, 2003.

DAWES, M.J.; OSTWALD, M. Space Syntax: Mathematics and the Social Logic of Architecture. In: Sriraman, B. (eds). In: **Handbook of the Mathematics of the Arts and Sciences**. Cham: Springer International Publishing, p.1407-1418, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70658-0_6-1

DE PAULA, I. F. **Cobertura Vegetal das Regiões Urbanas de Juiz de Fora – MG**. Dissertação de Mestrado, Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Juiz de Fora, 189 p., 2017.

DE LANDA, M. **Philosophy and Simulation**. Continuum, Londres, 2011.

DE LANDA, M. **Intensive Science and Virtual Philosophy**. Continuum, Nova York, 2007.

DEVRIES, B., TABAK, V., ACHTEN, H. **Interactive urban design using integrated planning requirements control**. Automation in Construction, 14(2), p. 207–213, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/16/j.autcon.2004.07.006>.

DIJKSTRA, E. Note on two Problems in Connexion with Graphs. **Numerische Mathematik**. 1: p. 269-271, 1959.

DOGAN, T.; YANG YANG, SAMITHA SAMARANAYAKE & SARAF, N. Urbano: A Tool to Promote Active Mobility Modeling and Amenity Analysis in Urban Design. In: **Technology | Architecture + Design**, 4:1, p. 92-105, 2020.

DOGAN, T.; SAMARANAYAKE, S.; SARAF, N. Urbano – A New Tool to Promote Mobility-Aware Urban Design Active Transportation Modeling and Access Analysis for Amenities and Public Transport. In: **SimAUD '18 Conference**, Delft, Holanda. Anais San Diego: SCSI, 2018. DOI: 10.22360/simaud.2018.simaud.028.

DOVEY, K.; RISTIC, M.; PAFKA, E. Mapping As Spatial Knowledge. In: **Mapping Urbanities – Morphologies, Flows, Possibilities**. Eds. Dovey, K., Pakfa, E., Ristic, M. Routledge Taylor & Francis Groups, pp. 10-25. Nova York, 2018.

ECO, H. **A estrutura ausente – Introdução a pesquisa semiológica**. Editora Perspectiva, São Paulo, 1976.

ECO, H. **Obra Aberta**. Editora Perspectiva, 10ª Ed., 352 p., 2015.

ECONOMIC INTELLIGENCE UNIT (EIU). **A Summary of the Liveability Ranking and Overview**. Disponível em: <http://www.eiu.com>. Acesso em: 10 de Junho de 2023.

EIU (ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT) (2021). **The Global Liveability Index 2021: How the Covid-19 Pandemic Affected Liveability Worldwide, research report**. Disponível em: https://www.eiu.com/n/campaigns/global-liveability-index-2021/#mktoForm_anchor. Acesso em: 06 de outubro de 2023.

EWING, R. AND CLEMENTE, O. **Measuring Urban Design: Metrics for Livable Places**. Island Press, Washington, 2013.

FARBER, S.; NEUTENS, T.; MILLER, H. & LI, X. The Social Interaction Potential of Metropolitan Regions: A-Time-Geographic Measurement Approach Using Joint Accessibility. **Annals of the Association of American Geographers**, V. 103:3, p. 483-504; 2013.

FINDLAY, A., & SPARKS, L. LR policies adopted to support a healthy retail sector. **Edinburgh: Scottish Government Social Research**, 2009.

FOLEY, D. L. An approach to metropolitan spatial structure. In: M. Webber (Ed.). **Explorations into urban structure**. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, p. 21–78, 1964.

FRANKHAUSER, P. **La Fractalité des structures urbaines**. Anthropos, Paris, 1994.

GEHL, J. **Cidade para Pessoas**. Perspectiva, 1ª ed., 2013.

GEHL, J. **A changing street life in a changing society**. Places (Fall), pp. 8-17, 1989.

GEHL, J. ***Life Between Buildings: Using Public Space***. Van Nostrand Reinhold, Nova York, 1971.

GERSHENSON, C. Facing complexity: Prediction vs. adaptation. In: **Complexity Perspectives on Language, Communication and Society**. A. Massip and A. Bastardas, (Eds.). Springer, Berlin Heidelberg, 3, 14, 2013. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/1112.3843>

GERSHENSON, C. AND HEYLIGHEN, F. How can we think the complex? In: **Managing Organizational Complexity: Philosophy, Theory and Application**. V. 3, p. 47-62, 2005.

GETIS, A. **GIS Best Practices – Essays on Geography and GIS**. ESRI Press, v.1. California, 2008.

GHASEMI, K.; HAMZENEJAD, M.; MESHKINI, A. The spatial analysis of the livability of 22 districts of Tehran Metropolis using multicriteria decision making approaches. **Sustain Cities Soc.**, Vol 38., p. 382-404, 2018.

GIDDENS, A. **The Constitution of Society**. Polity Press, Cambridge, 1984.

GIEDION, S. **Espaço, Tempo e Arquitetura - O Desenvolvimento de uma Nova Tradição**. Martins Fontes, São Paulo, 2004.

GIROTTI, C. A Desmistificação do Urbanismo Paramétrico Para Análise de Densidade Urbana. **Rev. Belas Artes**, São Paulo, n. 23, Setembro, 2017.

HACK, G. Shaping urban form. In: **Planning ideas that matter: livability, territoriality, governance, and reflective practice**. N. 33, 2012.

HALL, E. T. et al.; **Proxemics Comments and Replies**, Current Anthropology, Vol. 9, University of Chicago, Chicago, 1968.

HALL, E. T.; **The Hidden Dimension**, University of Chicago, Chicago (1975).

HALL, E. T. **Beyond Culture**. Anchor Books, Nova York, 1989.

HALL, E. T. Proxemics. In: **The Anthropology of Space and Place, Locating Culture**. S. Low; D. Lawrence-Zuniga (eds). Blackwell Publishing, Oxford, p. 51-73, 2009.

HARVEY, D. Do Administrativo ao Empreendedorismo: a transformação da governança urbana no capitalismo tardio. In: Harvey, D. **A produção capitalista do espaço**. Ed. Annablume, 2ª ed., São Paulo, p. 163-190, 2006.

HEIDEGGER, M. **Conferencias y artículos. Capítulo Sexto. Construir, Habitar, Pensar**. Ed. Serbal, Barcelona, p. 139-142, 1994.

HELD, M.; KARP, R. The Traveling-Salesman Problem and Minimum Spanning Trees. **Operations Research** 18(6):, p.1138-1162, 1970.

HEYLEN, K. Liveability in Social Housing: Three Case-Studies in Flanders. In: Anais da **ENHR Conference “Housing in an expanding Europe: theory, policy, participation and implementation”**. Ljubljana, Slovenia, 2006.

HEYLIGHEN, F.; JOSLYN, C. Cybernetics and Second-Order Cybernetics. In: **Encyclopedia of Physical Science & Technology**, R.A. Meyers, Nova York, 2001.

HILBERSEIMER, L. **The New City: Principles of Planning**. Theobald, 1944.

HILLIER, B. **Space Is The Machine: A Configurational Theory of Architecture**. Ed. CreateSpace Independent Publishing, 370 p., 2015.

HILLIER, B.; HANSON, J.; GRAHAM, J. Ideas are-in-things: an application of the space syntax method to discovering house genotypes. In: **Environment and Planning B: Planning and Design**, v.14, p. 363-385, 1987.

HILLIER, B.; SAHBAZ, O. Safety in Numbers: high resolution analysis of crime patterns in urban street networks. In: CECCATO, V. (Ed.). **The Urban Fabric of Crime and Fear**. Dordrecht: Springer, 2012.

HILLIER, B.; LIDA, S. Network and psychological effects in urban movement, In: International Conference on Spatial Information Theory. Berling, Heidelberg: Springer Berlin, p.475-490, 2005.

HILLIER, B. Spatial sustainability in cities: organic patterns and sustainable forms. In: Koch, D. and Marcus, L. and Steen, J., (eds.) **Proceedings of the 7th International Space Syntax Symposium**. Royal Institute of Technology (KTH): Stockholm, Suécia, 2009.

HILLIER, B. & NETTO, V. Society Seen through the Prism of Space: Outline of a Theory of Society and Space. In: **Urban Design International**, 7, 181-203., p. 182, 2002.

HILLIER, B. The Genetic Codes for Cities: Is It Simpler than We Think?. In: Portugali J., Meyer H., Stolk E. e Tan E. (Eds). **Complexity Theories of Cities Have Come of Age. An Overview with Implications to Urban Planning and Design**, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, p. 129–152, 2012.

VAN DEN HOEK, J. The MXI (Mixed use Index). An instrument for anti-sprawl policy? In: **Proceedings of the 44th ISOCARP congress**, Dalian, China, 2008.

HOLANDA, F. **Arquitetura & Urbanidade**. São Paulo: Pro Editores Associados, 2003a.

HOLANDA, F. Urbanidade: Arquitetônica e Social. In: **I ENANPARQ: Arquitetura, Cidade, Paisagem e Território: Percursos e Prospectivas**. Rio de Janeiro, 2010.

HOLANDA, F. **10 Mandamentos da Arquitetura**. FRBH, 2013.

HUANG, Q.; WONG, D. Modeling and visualizing regular human mobility patterns with uncertainty: An example using Twitter data. In: **Annals of the Association of American Geographers**, 105(6), p. 1179–1197, 2015.

IBGE. **CENSO 2010**. (Último censo feito com os dados necessários e na data de defesa. Disponível em: www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8> Acesso em: 16 de Julho de 2022.

JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. Martins Fontes, São Paulo, 2011.

JACOBS, J. “Urban Geographies I: Still thinking cities relationally”. In: **Progress in Human Geography**, 36(3): 412–422, 2012.

JACOBS, A., & APPLEYARD, D. Toward an urban design manifesto. In: **Journal of the American Planning Association**, 53(1), p. 112–120, 1982.

JIWON, K.; ZHENG, K. AHN S.; PAPAMANOLIS, M.; CHAO, P. Graph-based analysis of city-wide traffic dynamics using time-evolving graphs of trajectory data. In: **Proceedings of Australasian Transport Research Forum Conference**, Melbourne, Australia, 2016.

JUIZ DE FORA. **Decreto Municipal N° 4219 de 1 de Novembro de 1989**. Descreve o perímetro urbano do município de Juiz de Fora. Disponível em: <https://jflgis.pjf.mg.gov.br/norma.php?chave=0000021947>. Acesso em: 10 de Outubro de 2023.

KAAL, H. A conceptual history of liveability. Dutch scientists, politicians, policy makers and citizens and the quest for a livable city. In: **City**, 15(5), p. 532–547, 2011.

KASHEF M. Urban livability across disciplinary and professional boundaries. In: **Front Architectural Research**, V. 5, n.2, p.239–253, 2016.

KATZ, D. **Animals and men: studies in comparative psychology**. Longmans, Green; 1937.

KENDON, A. **Conducting Interaction: Patterns of Behavior in Focused Encounters**. Cambridge University Press, 1990.

KHORRAMI, Z.; YE, T.; SADATMOOSAVI, A.; MIRZAEI, M.; FADAKAR DAVARANI, M.M, KHANJANI, N. The indicators and methods used for measuring urban liveability: a scoping review. **Rev. Environ. Health**. Dec. 18;36(3), p. 397-441. 2020 DOI: 10.1515/reveh-2020-0097

KNOWLES, E. S. An affiliative conflict theory of personal and group spatial behavior. Paulus, P.B. (Ed.), **Psychology of Group Influence**. L. Erlbaum, Hillsdale, Nova Jersey, 1989.

KOLAREVIC, B. Computing the performative. In: **Performative Architecture: Beyond Instrumentality**. Spon Press, New York, p. 201, 2005.

KRAUT, R., EGIDO, C., GALEGHER, J. Patterns of contact and communication in scientific research collaboration. **Proceedings of the 1988 ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work, CSCW' 88**. Nova York, EUA, pp. 1-12, 1988.

KREHL, A.; SIEDENTOP, S.; TAUBENBÖCK, H.; WURM, M. A comprehensive view on urban spatial structure: Urban density patterns of German city regions. In: **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v.5, n.6, p. 76, 2016.

KRUSKAL, J. On the shortest spanning tree of a graph and the traveling salesman problem. In: **Proceedings of the American Mathematical Society**, v.7, n.1, p. 48-50, 1956.

LARKHAM, P.; JONES, A. **A glossary of urban form**. Londres, Institute of British Geographers, 1991.

LATORA, V.; PORTA, S. Centrality in Network of Urban Streets. In: **Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science**, v. 16, n.1, Woodbury, Nova York, 2006.

LAWSON, B. **Como Arquitetos e Designers Pensam**. Ed. Oficina de Textos, 1a Ed., 2011.

LEACH J.; LEE S.; HUNT D.; ROGERS C. Improving city-scale measures of livable sustainability: a study of urban measurement and assessment through application to the city of Birmingham, UK. In: **Cities**; v. 71, p.80-87, 2017.

LEFEBVRE, H. **Writings on Cities**. Traduzido e Editado por E. Kofman e E. Lebas. Oxford: Blackwell, 1996.

LEVY, A. Urban morphology and the problem of the modern urban fabric: Some questions for research. **Urban Morphology**, 3, p.79–85., 1999.

LI G.; WENG Q. Measuring the quality of life in city of Indianapolis by integration of remote sensing and census data. In: **International Journal of Remote Sensing**. V. 28, n.2, p. 249–267, 2007.

LIMA, F. T. **Métricas Urbanas: Sistema (para)métricos para análise e otimização de configurações urbanas de acordo com métricas de avaliação de desempenho**. 2017. Tese (Doutorado em Urbanismo) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

LIU, X.; SONG, Y.; WU, K.; WANG, J.; LI, D.; LONG, Y. Understanding urban China with open data. **Cities**, v. 47, p. 53–61, 2015.

L'HUILLIER, S. Mémoire sur la polyèdrométrie". **Annales de Mathématiques**, v.3, p. 169-189, 1813.

LYNCH, K. **The image of the city**. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1992.

LYNCH, K. **A Theory of Good City Form**. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, , 1981.

MAFFESOLI, M. **O tempo das Tribos: O Declínio do Individualismo nas Sociedades de Massa**. Ed. Forense Universitária, 5ª Ed., Rio de Janeiro, 2014.

MAGHELAL, P.; CAPP, C. Walkability: A Review of Existing Pedestrian Indices. **Journal of the Urban & Regional Information Systems Association**, v. 23, n.2, p. 5-19, 2011.

MALARD, M. **Alguns problemas de projeto ou de ensino de arquitetura**. Editora UFMG, Belo Horizonte, p. 79-114, 2005.

MARSHALL, S.; CALISKAN, O. A joint framework for urban morphology and design. **Built Environment**, v.37, n.4, 409–426, 2011.

MARSILLO, L., SUNTORACHAI, N., KARTHIKEYAN, K. N., VOINOVA, N., KHAIRALLAH, L., & CHRONIS, A. Context Decoder - Measuring Urban Quality through Artificial Intelligence. In: **Co-creating the Future: Inclusion in and through Design - Proceedings of the 40th Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe** (p. 237-246), 2022.

MARTINO, N., GIRLING, C., & LU, Y. Urban form and livability: socioeconomic and built environment indicators. **Buildings and Cities**, v.2,n.1, p. 220–243, 2021.

MCCULLOUGH, M. **Digital Ground: architecture, pervasive computing and environmental knowing**. MIT Press, Massachusetts Institute of Technology, 2004.

MEAD, R.; ATRASH, A.; MATARIC, M.J. Automated Proxemic Feature Extraction and Behavior Recognition: Applications in Human-Robot Interaction. **International Journal of Social Robotics**, v.5, p. 367-378; 2013.

MICHELSON, W.H. **Man and His Urban Environment: A Sociological Approach**. Reading, MA: Addison-Wesley, 1970.

MOLOTCH, H. The City as a Growth Machine: Toward a Political Economy of Place. **American Journal of Sociology**, Vol. 82, no. 2, p. 309-332, 1976.

MOORE, S. A. Technology, Place, and the Nonmodern Thesis. **Journal of Architectural Education**, v. 54, n.3, p. 130-139, 2013.

MONEDERO, J. Parametric Design: A Review and Some Experiences. In: **Automation in Construction**, Vol. 9, Issue 4. p. 369-377, 2000. ISSN: 0926-5805.

MONTGOMERY, J. Making a city: Urbanity, vitality and urban design. **Journal of Urban Design**, v.3, n.1, p. 93–116, 1998.

MOTTA, E.; ZDRAHAL, Z. Parametric Design Problem Solving, 1996. Disponível em: www.kmi.open.ac.uk/people/motta/papers/pardes-banff/pardesbanff.html, 13 pp., Acesso realizado em: 11/12/2022

MUÑIZ, I., & GARCIA-LÓPEZ, M.À. The polycentric knowledge economy in Barcelona. **Urban Geography**, v.31, n.6, p. 774–799, 2010.

NETTO, V. M. **A urbanidade como devir do urbano**. EURE (Santiago), Santiago, v. 39, n. 118, p. 233-263, 2013.

NORBERG-SCHULZ, C. **Genius Loci: Towards a Phenomenology of Architecture**. Ed. John Wiley & Sons, Londres, 1980.

NORBERG-SCHULZ, C. O fenômeno do lugar. In: **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica**, v. 1995, n.2, 1965.

NNA (Numerical Network Analysis) Plugin para Grasshopper. Disponível em: <https://www.food4rhino.com/en/app/numeric-network-analysis-nna>

OLIVEIRA, C. **Cartografia Moderna**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 152p., 1993.

OLIVEIRA, V; MEDEIROS, V. MORPHO: Combining morphological measures. **Environment and Planning B: Planning and Design**, 43(5), 805–825, 2016.

ONNOM, W.; TRIPATHI, N.; NITIVATTANANON, V.; NINSAWAT, S. Development of a liveable city index (LCI) using multi criteria geospatial modelling for medium class cities in developing countries. In: **Sustainability**, v.10, n.2, p.520, 2018.

PACIONE, M. Urban Liveability: A Review. **Urban Geography**, v.11, n.1, p.1-30; 1990.

PALAIOLOGOU, G.; VAUGHAN, L. The sociability of the street interface—revisiting West Village, Manhattan. In: **Our Common Future in Urban Morphology**. FEUP, p. 88-102., 2014.

PANERAI, P. **Paris Métropole – Formes et échelles du Grand-Paris**. Paris: Éditions La Villette, 2008.

PANGARO, P. Cybernetics as phoenix: why ashes, what new life? **Cybernetics: State of Art, Vol. 1**, p. 16-33, Alemanha, 2017. DOI: 10.14279/depositonce-6121

PATTERSON, M. L. Personal Space: Time to Burst the Bubble?. In: **Man-Environment Systems**, v.5, n.2, p. 67, 1975.

PAUL, A.; SEN, J. A Critical Review of Liveability Approaches and Their Dimensions. **Geoforum, Vol. 117**, p. 90-92. 2020.

PEREZ, C.; GERMON, R. Graph Creation and Analysis for Linking Actors: Application to Social Data. In: **Automating Open Source Intelligence**, 2016.

PONT, M. & HAUPT, P. **Spacematrix: Space, Density and Urban Form**. Rotterdam: NAI Publishers, 2010.

PORTAS, N. **A cidade como arquitetura**. Livros Horizonte, Lisboa, 2007.

PORTUGALI, J. **Self-Organization and the City**. Springer, Berlim, 2000.

PUNTER, J. Participation in the design of urban space. **Landscape Design**, n.200, p. 24-27, 1991.

RABITE, C. A. A Cibernética e o Planejamento de Sistemas Urbanos. **Revista Thésis**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 12, p. 132-144, dez. 2021.

RABITE, C. A.; FERREIRA, R. C. A Cidade e sua Complexidade: Por uma Abordagem Cibernética de Planejamento. **Anais do VI ENANPARQ**, p. 308-228, 2020.

RABITE, C. A. Metáforas urbanas: da cidade-máquina à cidade-rede. **Revista Foco, 16(02)**, e1037, 2023. DOI: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n2-131>.

RAPOPORT, A. Thinking about home environments. In: 1. Altman & C. Werner, Eds.; **Human Behavior and Environment**, Vol. 8. Plenum Press, Nova York, p.255-286, 1985.

RAPOPORT, A. **The Meaning of the Built Environment: A Nonverbal Communication Approach**. Ed. University of Arizona Press, 253 p., 1990.

RAPOPORT, A. **Human Aspects of Urban Form: Towards a Man-Environment Approach to Urban Form and Design**. Ed. Pergamon Press, 438 p., 1977.

RELPH, E. **Place and Placelessness**. Pion, Londres, 1976.

REMALI A.; PORTA S.; ROMICE, O. Correlating street quality, street life and street centrality in Tripoli, Libya. **The Past, Present and Future of High Streets**, 2014.

ROCHA, C. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora: s.n, 2007.

ROSNER, T.; & CURTIN, K. M. Quantifying urban diversity: Multiple spatial measures of physical, social, and economic characteristics. In: M. Helbich, J. Jokar Arsanjani, & M. Leitner (Eds.), **Computational approaches for urban environments**, Springer, pp. 149–181, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-11469-9_7

SCOPPA, M. D., & PEPONIS, J. Distributed attraction: the effects of street network connectivity upon the distribution of retail frontage in the City of Buenos Aires. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v.42, n.2, p. 354–378, 2015.

SEAMON, D. The Life of the Place. Nordisk Arkitekturforskning/**Nordic Journal of Architecture Research**, Vol. 1, p. 35–48, 1994.

SEVTSUK, A., & MEKONNEN, M. Urban network analysis. In: **Revue internationale de géomatique**, n. 287, p.305, 2012.

SHARMA, M.; LEE, H. Redesigning Cities for Resilience and Livability, 2020. Disponível em: <https://development.asia/insight/redesigning-cities-resilience-and-livability>. Acesso realizado em: 14 de outubro de 2023.

SILVA, R.C., AMORIM, L.M.E. Urbanismo paramétrico: emergência, limites e perspectivas de nova corrente de desenho urbano fundamentada em sistemas de desenho paramétrico. In: **VIRUS. N. 3**. São Carlos: Nomads.usp, 2010.

SOMMER, R. **Personal space. The behavioral basis of design**, Bosko Books, 1969.

SOUTHWORTH, M. Measuring the liveable city. In: **Built Environment**, v.29, n.4, p. 343–354, 2003.

SNOW, J. On the mode of communication of cholera. In: **Edinburgh medical journal**, v. 1, n. 7, p. 668, 1856.

STEINØ, N. & VEIRUM, N. A Parametric Approach to Urban Design. In: **Anais da 23ª Conferência eCAADe**. Lisboa, Portugal: Universidade Técnica de Lisboa, p.679-686, 2005.

STEINØ, N. Parametric thinking in urban design – a geometric approach. In: Amar Bennadji et al. (eds.): CAAD, Cities, Sustainability. **Proceedings for the 5th ASCAAD 2010 Conference**, National School of Architecture, Fez, Morocco. Aberdeen: Robert Gordon University, p. 261-270, 2010.

STOLK, E.; PORTUGALI, J. A complexity-cognitive view on scale in urban design. In: **Complexity, Cognition, Urban Planning and Design: Post-**

Proceedings of the 2nd Delft International Conference, Springer International Publishing, p. 217-235, 2016.

SZIBBO, N. A. **Livability and LEED-ND: The Challenges and Successes of Sustainable Neighborhood Rating Systems.** University of California, Berkeley, 2015.

TALEN, E. **Design for diversity: Exploring socially mixed neighborhoods.** Architectural Press, 2018.

TIMOTHEE, P.; LACHANCE-BERNARD N.; STRANO E., PORTA S.; JOOST S. A network based kernel density estimator Applied to Barcelona economic activities. In **International Conference on Computational Science and Its Applications**, p. 32-45. Springer, 2010.

TSCHUMI, B. **Architecture and Disjunction.** MIT Press, Cambridge, Massachusetts, p. 121-140, 1994.

TUAN, Y. Sign and Metaphor. **Annals of the Association of American Geographers**, v.68, n.3, p.363-372, 1978.

TURNER, A. Angular Analysis. **Anais do 3º Simpósio: International Space Syntax.** Atlanta, Georgia Institute of Technology, p.30-11, , 2001.

UN-HABITAT. Habitat III: Draft New Urban Agenda. **UN-Habitat World Cities Report 2017.** Nairobi, 2017.

van DORST, M. Liveability. In: van Bueren, E., van Bohemen, H., Itard, L., Visscher, H. (eds.). **Sustainable Urban Environments.** Springer, Dordrecht, 2012. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-1294-2_8.

VAN KAMP, I., LEIDELMEIJER, K., MARSMANA, G. DE HOLLANDER, A. Urban environmental quality and human well-being: towards a conceptual framework and demarcation of concepts: a literature study. In: **Landscape and Urban Planning**, 65, p. 5-18, 2003.

VAN NES, A.; YAMU, C. Space Syntax: A Method to Measure Urban Space Related to Social, Economic and Cognitive Factors. In: **The Virtual and the Real in Planning and Urban Design: Perspectives, Practices and Applications.** Ed:1, Routledge, Francis and Taylor. p.136-150, 2018.

VAN NES, A. Between Heaven and Earth: Christian Norberg-Schulz's contribution to the phenomenology of place and architecture". In: **Environmental and Architectural Phenomenology**, n. 23, v.1, p. 7-12., 2012.

VAUGHAN, L. The Spatial Syntax of Urban Segregation. **Progress in Planning.** v.67, n.3, p. 199-294, 2007.

VELOSO, P.L., Modelagem Digital na Arquitetura Contemporânea: por uma abordagem crítica e conceitual. **Anais do Congresso ENANPARQ**, Rio de Janeiro, 2010.

VEREBES, T. **Masterplanning the Adaptive City: Computational Urbanism in the Twenty-First Century**. Routledge, Londres, 2013.

VENERANDI, A. **A Quantitative Method to Study the Relationship between Urban Form and City Liveability Indexes**. University College of London, Dissertação de Mestrado. Reino Unido, Londres, 7 de Agosto de 2017.

VESPIGNANI, A. Predicting the behavior of techno-social systems. **Science**, v.325, n.5939, p.425-428, 2009. DOI: 10.1126/science.1171990.

VON FOERSTER, H. Ethics and Second-Order Cybernetics. In: **Understanding Understanding**. Nova York: Springer, 1991.

WANG J, ZHU Q AND QIZHI M (2007) "The Three Dimensional Extension of Space Syntax". **Proceedings, 6th International Space Syntax Symposium**. Istanbul, p.12-15, 2007.

WATSON, O. M. **Proxemic Behavior**. The Hague: Mouton; 1974.

WERNER, L.C. Cybernetification I: Cybernetics Feedback Netgraft in architecture. **Cybernetics: State of Art**, Vol. 1, p. 58-73, Alemanha, 2017.

WHYTE, W. **The Social Life of Small Urban Spaces**. Nova York: Project for Public Space, 1980.

WIENER, N., **Cybernetics: or the Control and Communication in the Animal and the Machine**. Herman & Cie, Paris, 1945.

WILSON, R.L. Liveability of the city: attitudes and urban development. In: Chapin F.S. and Weiss, S.F. (eds.) **Urban Growth Dynamics in A Regional Cluster of Cities**. John Wiley and Sons, Nova York, 1962.

WOOD, S.; DOVEY, K. Creative Multiplicities. In: **Mapping Urbanities – Morphologies, Flows, Possibilities**. Eds. Dowey, K., Pakfa, E., Ristic, M. Routledge Taylor & Francis Groups, p. 174-197. Nova York, 2018.

ZEBALLOS, L.; GOMES, M.; POVOA-BARBOSA, A.; NOVAIS, A. Optimum Design and Planning of Resilient and Uncertain Closed-Loop Supply Chains. In: **Computer Aided Chemical Engineering**. Eds. Bogle I.; Fairweather, M. Elsevier, Vol. 30, p. 407-411, 2012.

ZEISEL, J. **Sociology and Architectural Design**. Free Press, Nova York; 1975.

ZHAN, D., et al., 2018. Assessment and determinants of satisfaction with urban liveability in China. **Cities**, v.79, p.92-101, Elsevier, 2018.

ZHONG, C., SCHLÄPFER, M., MÜLLER ARISONA, S., BATTY, M., RATTI, C., & SCHMITT, G. Revealing centrality in the spatial structure of cities from human activity patterns. In: **Urban Studies**, v.54, n.2, p. 437-455, 2017.

ZIMMERMAN, D. Small is Beautiful, but: an appraisal of the optimum city. **Humboldt Journal of Social Relation**, v.9, p.120-141, 1982.