



CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E CONECTIVIDADE ECOLÓGICA:

Blumenau (SC)

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

Edilson Pereira

**CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E CONECTIVIDADE ECOLÓGICA:
Blumenau (SC)**

Belo Horizonte

2024

Edilson Pereira

**CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E CONECTIVIDADE ECOLÓGICA:
Blumenau (SC)**

Versão Final

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

Orientador: Prof. Dr. Renato César
Ferreira de Souza

Belo Horizonte

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

P436c

Pereira, Edilson.

Configuração espacial e conectividade ecológica [manuscrito] :
Blumenau (SC) / Edilson Pereira. - 2024.
187f. : il.

Orientador: Renato César Ferreira de Souza.

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

1. Cidades e vilas - Teses. 2. Espaço urbano - Teses. 3. Espaços
abertos - Teses. 4. Ecologia humana - Teses. 5. Planejamento urbano -
Teses. 6. Blumenau (SC) - Teses. I. Souza, Renato César Ferreira de. II.
Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 711.4



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



FOLHA DE APROVAÇÃO

Configuração Espacial e Conectividade Ecológica: Blumenau (SC)

EDILSON PEREIRA

Tese submetida à Banca 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 07 de outubro de 2024, pela Banca constituída pelos membros:

Documento assinado digitalmente



RENATO CESAR FERREIRA DE SOUZA
Data: 08/10/2024 19:34:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Renato César Ferreira de Souza - Orientador
EA/NPGAU – UFMG

Documento assinado digitalmente



JUPIRA GOMES DE MENDONÇA
Data: 11/10/2024 17:12:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Jupira Gomes de Mendonça
EA/NPGAU - UFMG

Documento assinado digitalmente



MAURICIO JOSE LAGUARDIA CAMPOMORI
Data: 14/10/2024 07:41:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Maurício José Laguardia Campomori
EA/NPGAU - UFMG

Profa. Dra. Júlia Bastos Souza
DAU/PPGDR - FURB

Prof. Dr. Leandro Ludwig
DAU/PPGDR – FURB

Belo Horizonte, 07 de outubro de 2024.

Dedico este trabalho a minha mãe, que me fez viver a cidade desde os meus primeiros passos como caminhante. Juntos vivenciamos as inúmeras oportunidades de se andar a pé, principalmente ao lado de quem se ama.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a força criadora do universo pela oportunidade desta experiência, não somente desta pesquisa, mas da vida.

Agradeço ao Professor Dr. Renato César, que foi mais do que um orientador, foi uma inspiração, um verdadeiro amigo e parceiro nesta jornada. Só tenho a agradecer toda a generosidade; e principalmente por acreditar em mim e no meu trabalho. Expresso aqui, toda a minha admiração.

Aos professores, Dra. Jupira Gomes de Mendonça, Dr. Maurício José Laguardia Campomori, Dra. Cristiane Mansur de Moraes Souza e Dr. Leandro Ludwig, que aceitaram o desafio de me auxiliarem nesta empreitada, e brilhantemente enriqueceram minha pesquisa.

A todos os colaboradores do NPGAU e da UFMG, que sempre auxiliaram gentilmente em questões acadêmicas e burocráticas, mas importantes para o processo.

Ao meu companheiro Felipe, que me ouviu falar muito sobre cidade e sintaxe e me incentivou em todos os momentos para que eu concluísse essa jornada.

E por fim, mas não menos importante, a UFMG pela oportunidade da prática, na ciência de qualidade.

RESUMO

A abordagem desta pesquisa reflete uma preocupação crescente com a necessidade de integrar o planejamento urbano e a preservação ambiental, de forma a promover um desenvolvimento sustentável e uma qualidade de vida superior para os habitantes urbanos. Além disso, destaca-se pela sua capacidade de abordar questões complexas, como o crescimento inevitável das cidades e a proteção do meio ambiente. Nesse contexto, o estudo de centralidades e de soluções baseadas na natureza se torna essencial para a governança do território municipal, visando promover a sustentabilidade das cidades. A partir desse entendimento, iniciou-se a pesquisa, buscando os principais conceitos relacionados às questões emergentes do planejamento urbano, especialmente as ambientais, bem como os conceitos seminais sobre configuração, sintaxe espacial e centralidades. Nesse contexto, definiu-se como hipótese central que a sintaxe espacial, quando associada às soluções baseadas na natureza e às métricas de centralidade, permite avaliar potenciais de centralidades e conectividade com o ambiente natural. Essa hipótese desdobra-se em duas: a primeira, com foco na sintaxe espacial; a segunda, com relação às áreas verdes, bem como às cheias e deslizamentos de terra. Para testar as hipóteses, assumiu-se como objetivo principal aproximar o estudo sobre centralidades do conceito de configuração espacial, tanto da configuração dos espaços abertos e barreiras quanto da configuração das áreas verdes e seus fragmentos. Em seguida, propôs-se um método de análise e fomento de centralidades que considerasse soluções baseadas na natureza. Com esse propósito, iniciou-se o estudo de caso, conduzido na cidade de Blumenau, que foi escolhida por seus desafios ambientais significativos, devido à sua localização em um vale estreito, suscetível a enchentes e deslizamentos de terra. A pesquisa explorou o uso da sintaxe espacial associada a soluções baseadas na natureza para sugerir áreas favoráveis à ocupação e ao desenvolvimento da cidade. Os resultados indicaram que, desde 2000, intervenções urbanas em Blumenau alteraram a dinâmica da cidade, com destaque para bairros Itoupava Norte, Fortaleza e Velha, que apresentaram altos níveis de integração, densidade e diversidade no uso do solo. No entanto, a região norte permanece segregada, apesar dos incentivos ao desenvolvimento nos últimos 40 anos, o que pode ter sido positivo ao evitar ainda mais o espraiamento da cidade. Adicionalmente, constatou-se que, na escala urbana, as áreas verdes da região norte são maiores em extensão, em contrapartida, a região oeste apresenta as áreas com maior potencial de integração dessas áreas. A metodologia validou a hipótese central, demonstrando que a sintaxe espacial combinada com soluções naturais é eficaz para planejar centralidades urbanas, preservar áreas verdes e mitigar riscos ambientais. A pesquisa oferece uma ferramenta valiosa para urbanistas e gestores públicos, sugerindo diretrizes claras para o desenvolvimento urbano sustentável, com potencial de aplicação em diferentes contextos urbanos.

Palavras-chave: configuração espacial; centralidade; sintaxe espacial; soluções baseadas na natureza.

ABSTRACT

This research reflects a growing concern with the need to integrate urban planning and environmental preservation to promote sustainable development and a higher quality of life for urban inhabitants. Additionally, it stands out for its ability to address complex issues such as the inevitable growth of cities and environmental protection. In this context, the study of centralities and nature-based solutions becomes essential for municipal governance, aiming to promote the sustainability of cities. Based on this understanding, the research began by exploring the main concepts related to emerging issues in urban planning, especially environmental ones, as well as seminal concepts about configuration, spatial syntax, and centralities. In this context, the central hypothesis was defined: spatial syntax, when combined with nature-based solutions and centrality metrics, allows for the evaluation of potential centralities and connectivity with the natural environment. This hypothesis unfolds into two: the first focuses on spatial syntax, and the second relates to green areas, as well as floods and landslides. To test these hypotheses, the main objective was to bring the study of centralities closer to the concept of spatial configuration, considering both the configuration of open spaces and barriers as well as the configuration of green areas and their fragments. Subsequently, a method for analyzing and promoting centralities that considers nature-based solutions was proposed. With this purpose, the case study was conducted in the city of Blumenau, chosen for its significant environmental challenges due to its location in a narrow valley, susceptible to floods and landslides. The research explored the use of spatial syntax combined with nature-based solutions to suggest favorable areas for occupation and development in the city. The results indicated that since 2000, urban interventions in Blumenau have altered the city's dynamics, with emphasis on neighborhoods such as Itoupava Norte, Fortaleza, and Velha, which showed high levels of integration, density, and diversity in land use. However, the northern region remains segregated despite development incentives over the past 40 years, which may have been positive in preventing further urban sprawl. Additionally, it was found that, on an urban scale, the green areas in the northern region are larger in size, while the western region presents areas with greater potential for integrating these green spaces. The methodology validated the central hypothesis, demonstrating that spatial syntax combined with nature-based solutions is effective for planning urban centralities, preserving green areas, and mitigating environmental risks. The research offers a valuable tool for urban planners and public managers, suggesting clear guidelines for sustainable urban development with potential applicability in different urban contexts.

Keywords: spatial configuration; centrality; spatial syntax; nature-based solutions.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Esquema de modelos de conexão da paisagem	44
FIGURA 2 – Regiões da área urbana de Blumenau	53
FIGURA 3 – Esquema hipotético de Diagrama de Voronoi Ordinário	61
FIGURA 4 – Esquema de um grafo simples	64
FIGURA 5 – Esquema de layout urbano hipotéticos	65
FIGURA 6 – Esquema comparativo entre e a representação de linhas axiais em grafos simples	68
FIGURA 7 – Esquema de mapa axial, grafo simples e mapa axial com a medida sintática de integração (processado)	69
FIGURA 8 – Esquema de rede, em mapa axial e mapa de segmentos	71
FIGURA 9 – Ilustração da métrica de centralidade por alcance	77
FIGURA 10 – Esquema ilustrativo de um diagrama de voronoi com a aplicação da sintaxe espacial	92
FIGURA 11 – Diagrama estrutura metodológica.	95
FIGURA 12 – Localização de Blumenau, área urbana	99
FIGURA 13 – Planta baixa da Colônia Blumenau em 1864	100
FIGURA 14 – Fragmento do mapa de Blumenau no ano de 1974	105
FIGURA 15 – Ilustração anéis viários e vias radiais, Plano Blumenau 2050	111
FIGURA 16 – Mapas axiais de 1850 a 2010	112
FIGURA 17 – Mapas de segmentos de integração global, 2000, 2010 e 2021	115
FIGURA 18 – Mapas de segmentos de escolha, anos 2000, 2010 e 2021	118
FIGURA 19 – Mapas de integração local, anos 2000, 2010 e 2021	120
FIGURA 20 – Densidade populacional, anos 2000, 2010 e 2022	122
FIGURA 21 – Diversidade no uso do solo: diversidade real (DTD), anos 2000, 2010 e 2022	124
FIGURA 22 – Vias existentes e projetadas, incluindo os anéis viários propostos	127
FIGURA 23 – Mapas de segmentos de integração global, cenários atual e projetados, 2021	128
FIGURA 24 – Mapas de segmentos de escolha, atual e projetados, 2021	130
FIGURA 25 – Mapas de segmentos de integração local, cenários atual e projetados, 2021	132

FIGURA 26 – Mapas de segmentos de integração global e local, bairros Fortaleza, Itoupavazinha e Salto do Norte	134
FIGURA 27 – Mapas de segmentos de integração local e centralidade por alcance, bairro Fortaleza	137
FIGURA 28 – Mapas de segmentos de integração local e centralidade por alcance, bairro Itoupavazinha	138
FIGURA 29 – Mapas de segmentos de integração local e centralidade por alcance, bairro Salto do Norte	139
FIGURA 30 – Mapas de segmentos de integração local e centralidade por intermediação, bairro Fortaleza	141
FIGURA 31 – Mapas de segmentos de integração local e centralidade por intermediação, bairro Itoupavazinha	142
FIGURA 32 – Mapas de segmentos de integração local e centralidade por intermediação, bairro Salto do Norte	143
FIGURA 33 – Vegetação urbana de Blumenau, NDVI >0,60, rios e ribeirões	146
FIGURA 34 – Vegetação NDVI >0,60 aplicado diagrama de voronoi	149
FIGURA 35 – Diagrama de voronoi aplicada a sintaxe espacial, integração (R1000m) e escolha (R1000m)	151
FIGURA 36 – Vegetação NDVI >0,60, possibilidades de corredores ecológicos, região norte	154
FIGURA 37 – Vegetação NDVI >0,60, possibilidades de corredores ecológicos, região norte e oeste	155
FIGURA 38 – Vegetação NDVI >0,60, possibilidades de corredores ecológicos, região leste	156
FIGURA 39 – Mapa de cheias e suscetibilidade de deslizamento de terra, área urbana de Blumenau	158
FIGURA 40 – Mapa de áreas a serem protegidas e ocupadas	160
FIGURA 41 – Diagrama de fluxo de trabalho para fomento de centralidades	162

LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

QUADRO 1 – Os 10 princípios do <i>Smart Growth</i>	34
QUADRO 2 – Métricas de centralidade	75
GRÁFICO 1 – Densidade populacional e diversidade no uso do solo	136
GRÁFICO 2 – Vegetação NDVI >0,60, por região, da cidade de Blumenau	147

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina
DTD - *True-Diversity* (Diversidade Real)
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH-M – Índice de Desenvolvimento Humano – Municipal
INCH – Integração + Escolha Angular Normalizada
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
NACH - Escolha Angular Normalizada
NAIN - Integração Angular Normalizada
NAU – Nova Agenda Urbana
NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
ODM - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU - Organização das Nações Unidas
PIB – Produto Interno Bruto
PST - *Place Syntax Tool*
SbN – Soluções baseadas na Natureza
SC – Santa Catarina
SEPLAN - Secretaria Municipal de Planejamento Urbano
UNA – *Urban Network Analysis*
VLT – Veículo Leve sobre Trilhos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Organização da Tese	19
2 EPISTEMOLOGIA E AS QUESTÕES URBANAS CONTEMPORÂNEAS.....	21
2.1 Epistemologia.....	22
2.2 Questões contemporâneas sobre planejamento urbano.....	26
2.3 Novo urbanismo	30
2.4 <i>Smart growth</i>	34
2.5 Soluções baseadas na natureza	39
2.6 Outras dimensões urbanas	45
2.7 Enquadramento e delimitação da pesquisa.....	50
2.8 Hipóteses	52
2.9 Conclusão do capítulo	54
3 CONFIGURAÇÃO ESPACIAL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	56
3.1 Um conceito de configuração.....	57
3.2 Diagrama de voronoi	59
3.3 Teoria dos grafos	62
3.4 Sintaxe espacial: a teoria da lógica social do espaço	64
3.5 Análise angular de segmentos	71
3.6 Novas métricas de centralidade	74
3.7 Diversidade no uso do solo	80
3.8 Conclusão do capítulo	83
4 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	85
5 ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÕES E DISCUSSÕES.....	97
5.1 Blumenau	98
5.2 Configuração espacial.....	114

5.3 Modelagem de cenários	126
5.4 Bairros: Fortaleza, Itoupavazinha e Salto do Norte	133
5.5 Conectividade ecológica.....	145
5.6 Diagrama para análise e fomento de centralidades.	162
5.7 Conclusão do capítulo	164
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	167
REFERENCIAS.....	172
APÊNDICE A - Mapa de bairros de Blumenau (SC)	183
APÊNDICE B - Dados Celesc: diversidade e densidade populacional	184



1 INTRODUÇÃO

Começo esta tese pedindo licença para me referir na primeira pessoa, ao menos neste primeiro momento, para que eu possa compartilhar uma reflexão sobre uma pergunta que me fiz quando ainda estava no mestrado: “*Por que estudar a cidade e o deslocamento das pessoas?*” Este era o tema inicial da minha dissertação, e esse questionamento pairou sobre mim por muito tempo, até que me lembrei de um momento da minha infância e me dei conta de que não se tratava apenas de um momento, mas de vários, durante muitos anos. Esses momentos foram marcados pelas inúmeras caminhadas que fazia pela manhã, com minha mãe, na rua principal do bairro onde morávamos. Lembro-me das calçadas largas, das árvores frondosas e altas; talvez nem fossem tão altas assim, mas afinal, eu era uma pessoa de 80 cm de altura, então, para mim, elas eram. As paradas na frente das lojas para olhar as vitrines, e eu, sempre procurando algum brinquedo para minha mãe comprar, mas é claro, nem sempre ela atendia aos meus pedidos. Os cafés nas padarias, parece que até consigo sentir o aroma do sonho de baunilha, o meu preferido, enquanto escrevo aqui. Mas, principalmente, o que eu mais gostava eram os encontros. Por diversas vezes encontrávamos meus amigos da escola, alguns professores e as amigas da minha mãe. Para ela, essas caminhadas tinham alguns objetivos, como pagar as contas, ir ao supermercado, resolver algum problema. Mas, para mim, era apenas diversão. Tudo isso, me fez pensar muito sobre o papel da cidade na vida das pessoas. Talvez eu esteja sendo nostálgico demais, principalmente para a introdução de uma tese de doutorado, mas foi exatamente esse *insight* que me fez perceber o quanto “vivi” a cidade, o quanto experimentei na prática todos aqueles conceitos estudados, que nem mesmo durante a graduação de arquitetura eu havia me dado conta. E o quanto essas experiências impactaram minhas escolhas, tanto na vida profissional e acadêmica quanto na vida pessoal. Talvez todas essas memórias afetivas tenham sido preponderantes para hoje eu estar aqui escrevendo minha tese sobre a cidade, sobre Blumenau, afinal, foi nela que tudo isso aconteceu, mas, sobretudo, como eu posso agora contribuir para incentivar a apropriação dos espaços urbanos, como estimular a caminhada e, principalmente, as relações sociais nas cidades. Percebo, que para que isso possa ocorrer, é necessário conhecer a dinâmica atual das cidades e pensar em novas estratégias, novas formas de estudá-las e projetá-las. Afinal, as cidades cresceram, se desenvolveram e continuam em expansão, como se observa nas cidades brasileiras atualmente.

Hoje, o Brasil se configura como um país predominantemente urbano, com 82% de sua população concentrada nas áreas urbanas. Essa realidade demanda uma estrutura para as cidades que seja compatível e que leve em conta a busca pela diminuição das desigualdades sociais, a ampliação do acesso aos benefícios e oportunidades com sustentabilidade, de forma a construir um habitat mais humano.

Contudo, a expansão desordenada das cidades, tem gerado problemas tanto físicos quanto sociais. A mobilidade urbana, por exemplo, tem apresentado deficiências na qualidade das calçadas e na prestação de serviços do transporte coletivo, ao passo que tem dividido a cidade em áreas segregadas, dificultando o acesso das pessoas às mesmas oportunidades. Mas, novos estudos buscam confrontar a inevitabilidade desse crescimento urbano. Dentre essas teorias, destaca-se o *Smart Growth* ou Crescimento Inteligente, que vem ganhando força nas últimas décadas como uma abordagem que considera o crescimento inevitável, mas direcionando-o de maneira inteligente, pautado na sustentabilidade das cidades.

Nesse sentido, as questões ambientais emergem como prioridades para enfrentar os desafios atuais das cidades. Há um crescente movimento que direciona o redesenho das cidades para um novo modelo de urbanismo, que seja orientado a lidar com os desafios atuais da urbanização, ao passo que transforma as cidades em espaços mais habitáveis e sustentáveis, através da promoção de cidades mais verdes, resilientes e inclusivas. O mais recente conceito a fazer parte da sustentabilidade é o de soluções baseadas na natureza (SbN). É um conceito guarda-chuva que engloba ações que integrem a natureza no espaço urbano e que as ações realizadas nas cidades partam do princípio ecológico (Faivre, 2017). Sob a perspectiva conceitual, as SbN levam em consideração a conexão entre o meio natural e o planejamento urbano. Há um crescente número de urbanistas e gestores urbanos conscientes da importância de preservar áreas verdes em meios urbanos. E muitas iniciativas bem-sucedidas têm difundido essa prática em países europeus, como em Copenhague, que criou áreas verdes urbanas, como parques e jardins, para aumentar a resiliência da cidade contra eventos climáticos extremos, melhorar a qualidade do ar e promover a biodiversidade urbana. Essas iniciativas têm demonstrado que o direcionamento do planejamento urbano alinhado às SbN tem oferecido ótimos retornos (Kabisch *et al.*, 2016).

A centralidade urbana é outra abordagem que tem sido frutífera nos processos de planejamento urbano, contribuindo para o não espraiamento das cidades e estabelecendo uma rede de mobilidade ativa mais eficaz. Um exemplo é Barcelona, que recentemente tem divulgado suas estratégias para a criação de bairros autossuficientes, com quarteirões reduzidos, ruas exclusivamente para pedestres e ciclistas, transporte coletivo eficiente e incentivo à diversidade de modos de transporte e usos do solo. Kneib (2016) argumenta que uma cidade composta por vários núcleos que concentram diversidade e densidade criam oportunidades para as pessoas se deslocarem menos pela cidade, principalmente de carro. Essa concentração, quando efetivamente planejada e organizada, estabelece uma rede de mobilidade ativa mais eficaz, reduzindo a dependência do automóvel nos deslocamentos. Essa ideia de policentrismo tem sido estudada desde os trabalhos de Castells (1983), Correa (1995) e Lefebvre (2004), que concluíram que o espaço urbano tende à centralidade e policentralidade. Esses estudos têm contribuído para o fortalecimento de correntes como o *Smart Growth* (Dutton, 2000), que defende o planejamento urbano orientado por objetivos, entre eles a promoção de padrões de desenvolvimento mais sustentáveis. Além disso, o fomento de centralidades urbanas também contribui para as questões ambientais, ao passo que reduz o uso de automóveis e desestimula a construção de mais vias e outras áreas impermeáveis, diminuindo problemas como enchentes, congestionamentos, emissão de gases de efeito estufa e poluição generalizada. Em resumo, a organização da estrutura urbana baseada na policentralidade e associada às soluções baseadas na natureza pode contribuir para o planejamento de cidades mais sustentáveis e saudáveis. Assim, faz-se necessário que os estudos urbanos considerem a leitura da estrutura urbana como premissa para as reflexões e direcionamentos do futuro das cidades.

A estrutura urbana, segundo Alexander (1980), é resultante da unificação de dois processos: a estrutura física e a forma social, tal como seriam unificados tempo e espaço. Entretanto, o tempo se entende como o tempo das atividades humanas tornadas possíveis no espaço. Sendo assim, a cidade pode ser encarada como composta pelo sistema viário, edificações e morfologia urbana juntamente com as atividades realizadas nesta estrutura, que compõem o habitar. Desta forma, a relação sociedade-espaço é composta pela estruturação urbana, bem como pela apropriação e acesso aos espaços urbanos que, juntos, apresentam fortes atributos para que se

possa conhecer a dinâmica da cidade. Essa aproximação entre a sociedade e o espaço construído foi fortemente estudada pela sintaxe espacial.

A Teoria da Lógica Social do Espaço, desenvolvida por Hillier e Hanson (1984) por meio da Sintaxe Espacial, permite investigar o relacionamento entre o espaço construído, o edifício, a cidade e a sociedade, visto como um sistema de possibilidades de encontros (Holanda, 2002). De acordo com Hillier (2005), a Sintaxe Espacial surgiu para responder a uma lacuna nos estudos das cidades. Até então, a cidade era investigada a partir dos aspectos físicos ou sociais, com arquitetos dedicados ao primeiro e sociólogos ao segundo. A sintaxe surgiu para aproximar a cidade humana da cidade física, buscando integrar esses dois aspectos em um único estudo. Dessa forma, a Sintaxe Espacial se torna uma ferramenta relevante para o estudo das cidades, pois permite investigar as relações entre o espaço construído e a sociedade de forma mais completa. Por meio dessa teoria, é possível analisar a organização espacial da cidade, sua estruturação e apropriação pelos indivíduos e grupos sociais.

A partir do entendimento de que a expansão desordenada das cidades tem se mostrado nociva para o desenvolvimento sustentável das cidades e ainda que o crescimento é inevitável. Esta tese identifica uma oportunidade de contribuição, na medida em que propõe uma abordagem a partir da estrutura urbana, ou seja, da sua configuração, propondo uma análise urbana que direciona o crescimento de maneira inteligente, através de centralidades, ao passo que incorpora soluções baseadas na natureza, identificando e analisando áreas verdes e fragmentos com maior qualidade de habitat e manutenção da biodiversidade e que possuem maior potencial de conexão. Para isso, buscou-se realizar um estudo de caso na cidade de Blumenau (SC).

A cidade de Blumenau foi escolhida como recorte para a aplicação deste estudo de caso devido a duas condições principais: a primeira, diz respeito à sua característica de difícil planejamento, uma vez que está incrustada em um vale estreito, suscetível a cheias e enchentes e apresenta uma geologia extremamente frágil. Além disso, há de se considerar, a ênfase que foi dada na expansão urbana da cidade ao longo do rio Itajaí-Açu, desde a sua colonização. Cabe destacar, que Blumenau desde o início da sua colonização, em 1850, teve sua ocupação de maneira desordenada, orientada particularmente por condicionantes naturais. Essa realidade,

leva a segunda condição, que diz respeito à problemática de Blumenau em estimular a ocupação da região norte da cidade. A partir das cheias de 1983 e 1984, que atingiram mais de 70% da área urbana de Blumenau (Siebert, 2009), a Prefeitura Municipal, através da revisão do Plano Diretor de 1989, uma revisão do primeiro plano diretor de 1970, iniciou um movimento de expansão da cidade em direção a região norte, motivado pelo processo de urbanização e fuga dos desastres ambientais, pois, acreditava-se que era a região com as melhores características para ocupação urbana (Ludwig; Avila; Mattedi, 2022). Após passados 35 anos e outras quatro revisões do plano diretor, esse movimento se perpetua até os dias de hoje. É diante deste contexto, que a cidade de Blumenau se mostrou como uma excelente oportunidade para ser o objeto de estudo desta pesquisa.

Além disso, não é a primeira vez que Blumenau é analisada sob a luz da Sintaxe Espacial. Carminatti (2017) desenvolveu várias análises axiais (primeira representação original da sintaxe), da cidade de Blumenau, de diferentes períodos históricos, de 1864 a 2010. Os resultados revelaram que até meados da década de 70, o bairro Centro era a região mais integrada da cidade. A partir desse período, essa integração se modificou, indicando um deslocamento para o bairro Victor Konder. Além disso, os resultados apontaram que a área mais integrada se caracterizou justamente porque apresentou inúmeras potencialidades, como atividades cotidianas diversas de dia e de noite, forte uso misto do solo e presença de espaços públicos de encontros e permanências, ou seja, características de uma centralidade. E ainda, que a região norte, amplamente desejada para a expansão da cidade, não apresentou a integração desejada, ao contrário, um traçado esparso e com poucas conexões (Carminatti, 2017).

A partir desta problemática, e principalmente, da importância de repensar novas formas de analisar o espaço urbano, em especial as pautadas em soluções ambientais. Esta pesquisa tem como objetivo aproximar o estudo sobre centralidades do conceito de configuração espacial, tanto da configuração dos espaços abertos e barreiras quanto da configuração das áreas verdes e seus fragmentos. Para então, propor um método de análise e fomento de centralidades. A inclusão de uma variável ecológica neste método, busca estimular as centralidades considerando a manutenção de áreas com funções ecológicas essenciais para manter a sustentabilidade do crescimento urbano (Han, *et al.*, 2021). Assim, a fim de atingir este

objetivo, e considerando a epistemologia de Popper (1946), deu-se início ao desenvolvimento de hipóteses sobre a problemática da pesquisa. Em seguida, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre conceitos como: configuração, teoria da sintaxe espacial (Hillier; Hanson, 1984), novas métricas de centralidades (Sevtsuk; Mekonnen, 2012), e questões contemporâneas da cidade relacionadas às questões ambientais. Para então, testar e falsear as hipóteses através do estudo de caso proposto.

Em suma, esta pesquisa busca contribuir para a discussão sobre centralidades urbanas a partir da sua configuração e suas implicações no desenvolvimento urbano sustentável, através da incorporação de uma perspectiva ecológica em sua análise. Por fim, buscou-se desenvolver uma proposta de análise urbana com ênfase em centralidades e soluções baseadas na natureza, que possa ser aplicada a outras cidades no desenvolvimento ou revisão de Planos Diretores, utilizando-se da modelagem e das tecnologias de informação para que possam agilizar esses estudos. E, com a finalidade de atingir estes objetivos, esta tese foi estruturada em quatro capítulos, detalhados a seguir.

1.1 Organização da Tese

Esta tese está organizada em quatro capítulos, sendo finalizada com as considerações finais e proposições para pesquisas futuras. O primeiro capítulo tem como objetivo discutir as questões contemporâneas sobre o planejamento urbano e das cidades. Inicia-se o capítulo a partir da epistemologia tratada nesta tese e busca definir as influências teóricas e sociológicas que conduziram o pensamento científico proposto. Em seguida, o propósito é estabelecer uma visão sobre questões emergentes, em especial as ambientais. Contudo, o primeiro capítulo evidencia que as cidades estão sujeitas a outras dimensões urbanas, além das questões técnicas, como as sociais, econômicas e políticas, e portanto, delimita o enquadramento da pesquisa.

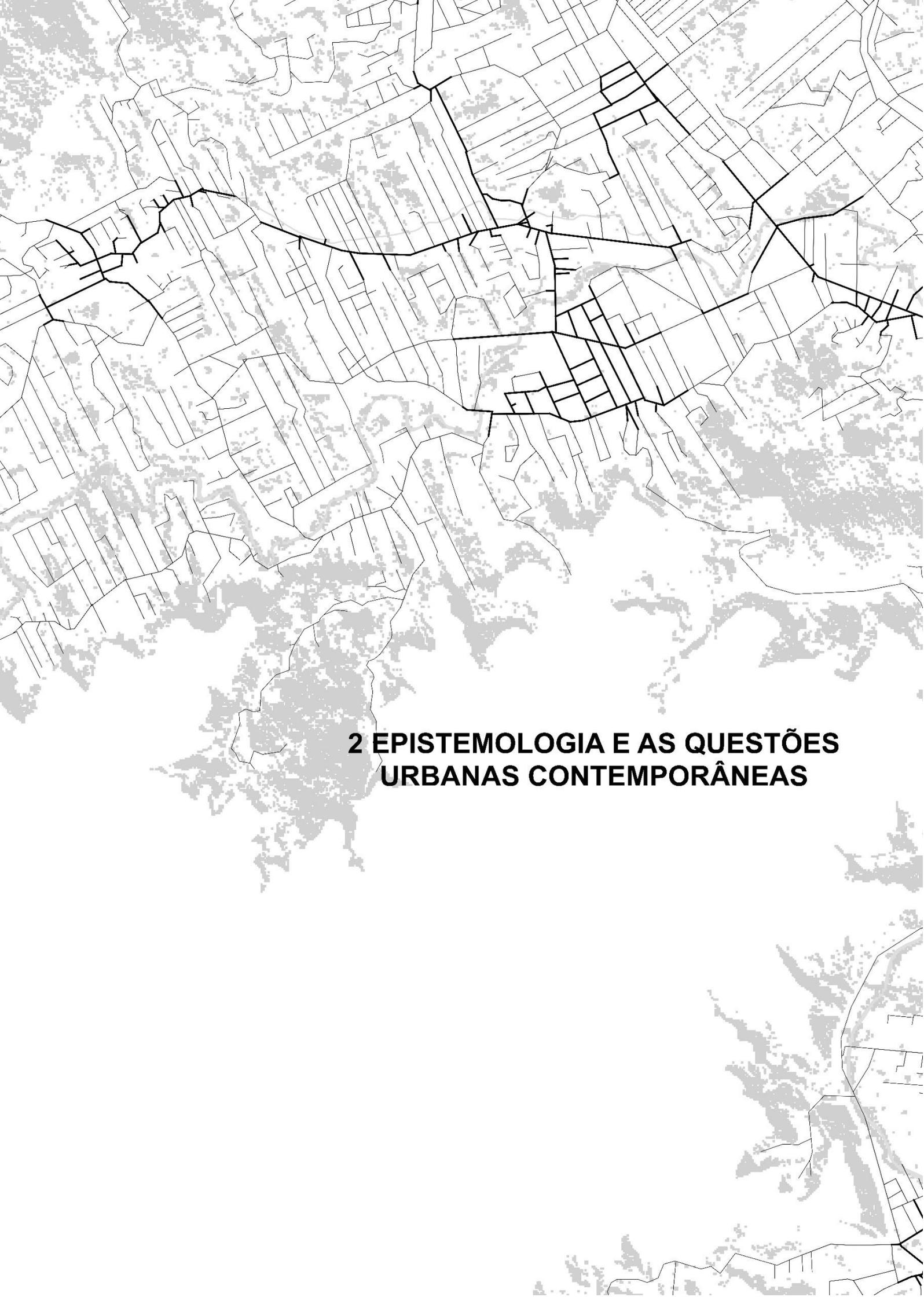
O segundo capítulo trata do enquadramento teórico e do estado da arte propostos nesta investigação. A primeira parte, trata-se de uma revisão da literatura, partindo do entendimento do que é configuração e como ela faz parte dos processos

urbanos. Apresenta-se o estudo sobre o diagrama de Voronoi e como se relaciona à teoria dos grafos e, por consequência, à teoria da lógica social do espaço. Esta teoria, inicialmente proposta por Hillier e Hanson (1984) através das análises axiais, teve sua evolução através da análise angular de segmentos, por meio de Turner (2001). Por fim, busca-se estabelecer uma relação entre a sintaxe espacial e as novas métricas de centralidades, através de ferramentas de análise que incorporam o elemento construído no estudo da sintaxe, buscando respostas de apropriação e produção do espaço, através das ferramentas propostas por Sevtsuk (2012).

O terceiro capítulo descreve a metodologia utilizada para a investigação do problema de pesquisa, que, por sua natureza exploratória, buscou reunir informações e hipóteses acerca da problemática tratada na introdução, com subsídio teórico evidenciado no capítulo 2. Assim, têm-se como métodos de pesquisa: a pesquisa bibliográfica, o estudo de caso e a própria sintaxe espacial, que buscaram falsear as hipóteses, ou seja, afastar o objeto de pesquisa da incerteza, e não simplesmente comprová-las, estando longe de determinar uma verdade absoluta. Para cada hipótese, há a descrição de uma metodologia a ser seguida e detalhada no decorrer do capítulo.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos no estudo de caso, discute os resultados a partir das respostas das hipóteses e avalia como a inclusão da variável ecológica pode contribuir no modelo proposto de diagnóstico urbano.

Por fim, apresenta, em sua parte final, as conclusões, os alcances e limites encontrados, bem como as proposições para futuras pesquisas que visem reunir as discussões acerca da problemática da pesquisa. Entretanto, o resultado não deve ser considerado completo ou fechado, mas sujeito a uma investigação contínua e de aprimoramento constante, de acordo com o método hipotético-dedutivo de Popper (1946), que busca o questionamento contínuo das hipóteses menos refutadas. Assim, a partir do interesse por contribuir no desenvolvimento de cidades sustentáveis e saudáveis, esta pesquisa se inicia na busca por novas formas de estudar e projetar o espaço urbano.



2 EPISTEMOLOGIA E AS QUESTÕES URBANAS CONTEMPORÂNEAS

A proposta desta pesquisa é contribuir para a análise de cidades considerando sua complexidade contemporânea. Sendo assim, este primeiro capítulo busca evidenciar as questões urbanas atuais, na medida em que enfatiza a necessidade de novas formas de análise, em especial, no que diz respeito às questões ambientais; tema emergente em discussões e teorias sobre o planejamento urbano das cidades. Desta maneira, propõe-se demonstrar as questões urbanas sob a perspectiva do viés ecológico, ao passo, em que também esclarece que a cidade é composta de outras questões, além das técnicas. E portanto, define-se o enquadramento da pesquisa diante das diversas dinâmicas urbanas que influenciam as cidades. Mas antes, inicia-se o capítulo com a abordagem epistemológica que enquadra toda a pesquisa e seus desdobramentos teóricos.

2.1 Epistemologia

Busca-se nesta tese, adotar um quadro embasado no que se denominou epistemologicamente na América Latina, de Autopoiese, ou seja, na capacidade gerativa e regenerativa de sistemas vivos, que encontra seu melhor representante no biólogo chileno Humberto Maturana (1978) quando aborda os sistemas complexos, detalhados a seguir. E também, através do método hipotético-dedutivo de Karl Popper (1946) para guiar a abordagem científica da pesquisa.

A sintaxe espacial ganhou notoriedade como uma teoria que se utiliza da topologia para expressar a concreção do espaço físico associado ao fenômeno do movimento de pessoas, que Hillier e Hanson (1984) denominaram de lógica social do espaço. A representação da teoria, através dos espaços de maneira axial (topológica), visa estabelecer parâmetros de caráter simplesmente sintático, sem significado. Isso quer dizer que o espaço é a informação em sua forma concreta e por isso não pode ser transferida de um lugar ao outro, ou de um sujeito ao outro, exceto por narrativas, que então, influenciadas pela experiência do sujeito, entram no campo semântico de discussão das coisas. Assim, considera-se que informação é equivalente às formas espaciais concretas, não sendo possível transferir essas formas em um processo de comunicação, pois elas são a concreção do fenômeno (Maturana, 2001). E o sujeito,

na sua experiência (seu contato) com a informação (formas espaciais), cria relatos do que entende e os narra aos demais membros de sua comunidade.

Diante deste entendimento, Maturana (1978) explica que o conceito de informação não é aquele que deriva do pensamento da mecânica tradicional, ou seja, onde há um emissor que carrega, como dentro de um barco, a informação e a transporta até o receptor, que a decifra fora do barco. Ou seja, não há esse carregar de representações simbólicas sobre o mundo no processo comunicacional. A informação é tomada como todo tipo de perturbação (influência) por meio do qual os sistemas coordenam seu comportamento diante do conflito causado por esse processo, do sujeito à sua comunidade. Assim, de acordo com o nível de perturbação exercido pelo sujeito e/ou seu meio, pode desencadear modificações internas e estruturais, fazendo o sistema se adaptar em busca de equilíbrio. Entretanto, essa adaptação nem sempre ocorre, seja pela não aceitação da narrativa do sujeito ou pela simples dificuldade de adaptação por si só, e então, considera-se tal informação, como uma ilusão (não verdadeiro), numa demonstração de que não há nenhuma garantia de veracidade quanto ao que percebemos, exceto se nosso meio social o aceite.

Desta maneira, pode-se inferir que as informações são fenômenos concretos, não transmissíveis, mas, quando passam ao campo da vivência, transformam-se em narrativas, que então, transmitidas e aceitas pelo grupo, passam a ser reais. Caso não sejam aceitas, então, tem-se que o sistema está lidando com uma "ilusão". Esse processo ocorre, porque se trata de uma relação entre sistemas determinados estruturalmente (Maturana, 2002), conforme veremos a seguir.

Para Maturana (2001), os sistemas determinados estruturalmente são sistemas nos quais as interações desencadeiam mudanças que estão determinadas neles mesmos, e estes sistemas não são capazes de separar o que é ilusão do que é percepção. Os sistemas possuem uma habilidade em provocar modificações e mudar o ambiente através de suas interações. Se o ambiente espacial é tido como um sistema, ele pode então interferir (perturbar) outros sistemas. Assim, entende-se que o conceito de informação diz respeito a capacidade de promover mudanças espaciais recíprocas nas interações que ocorrerem entre o meio e os sistemas que o habitam, ou seja, o ambiente perturba, e é perturbado, modificando-se, cada qual em seu processo determinado estruturalmente (Souza, 2008). Este entendimento parte da episteme sobre a Autopoiese, que apesar de ter sido desenvolvida dentro do escopo

da Biologia, explica a capacidade dos seres vivos de se produzirem e se autogerirem e possibilita um entendimento mais amplo sobre sistemas e processos. A autopoiese descreve a capacidade de os seres vivos produzirem e gerirem a si mesmos, e o fato de serem um sistema fechado, não impede que ocorra uma conexão com o todo. Ao contrário, os sistemas autopoieticos se relacionam com o meio ambiente no qual estão inseridos, e essa interação pode ser cooperativa e mutual (acoplamento estrutural) ou não. Assim, um sistema está sempre se autorregulando, e mantendo interações com o meio onde está inserido, essa interação produz mudanças estruturalmente determinadas em sua própria constituição, e não por algum agente externo (Maturana, 2001).

Então, diante deste contexto, pode-se associar a sintaxe espacial à epistemologia de Maturana, ao dizer que a sintaxe espacial trouxe o espaço para um lugar novo no mundo social. A influência da configuração produz uma reprodução social, que por sua vez, também acaba por influenciar a configuração. Assim, como sistemas autônomos (configuração e reprodução social), eles mantêm relações e se modificam para se adaptarem. Essa relação pode ser explicada através da abordagem de Hillier *et al* (1993) que afirma que a configuração é o gerador primário dos padrões de movimento de pedestres, e em geral os atratores são equalizáveis ou trabalham como multiplicadores no padrão básico estabelecido pela configuração. Além disso, considerando a proposição sobre a inclusão de uma variável ecológica para o estudo de centralidades, o processo de análise das áreas verdes e seus fragmentos a partir da sua configuração espacial pode fornecer informações relevantes quanto a sua forma e relação entre si mesmas e o meio o qual está inserido (meio urbano).

Portanto, a sintaxe espacial vai ao encontro desta episteme quando tenta responder a lacunas sobre sistemas e processos das teorias sociedade-espaço do nosso tempo, e que esta relação é dinâmica e está em constante mudança - seja pelo tempo ou pela inovação tecnológica - e com esse dinamismo, novos problemas surgem com frequência na sociedade e nas cidades, aumentando a sua complexidade. Isso também corrobora que não podemos nos pautar em uma visão com princípios rígidos e imutáveis que determinam que todos os eventos e ações que ocorrem têm uma causa específica. Isso pode não garantir o avanço na descoberta de fenômenos complexos. Considerando este pensamento, busca-se para esta tese métodos científicos que se alinham ao indeterminismo da ciência.

A partir da metade do século XX, diversos filósofos e epistemólogos contribuíram significativamente para a compreensão dos fundamentos e métodos científicos, principalmente com relação a esse indeterminismo. A seguir alguns filósofos notáveis e suas características marcantes:

- Thomas Kuhn (1922-1996): Kuhn propôs a ideia de paradigmas científicos. Segundo ele, a ciência avança por meio de períodos de ciência normal, em que os cientistas trabalham dentro de um paradigma estabelecido, e revoluções científicas, em que ocorrem mudanças fundamentais no paradigma dominante. Ele enfatizou a importância da comunidade científica e das estruturas sociais na evolução científica;
- Imre Lakatos (1922-1974): Lakatos desenvolveu a metodologia dos programas de pesquisa científica. Ele argumentou que a ciência avança por meio de programas de pesquisa que consistem em um núcleo duro de princípios e suposições centrais, cercado por um cinto protetor de hipóteses auxiliares. Lakatos enfatizou a importância da heurística negativa, em que as hipóteses são modificadas ou abandonadas quando não conseguem prever resultados;
- Paul Feyerabend (1924-1994): Feyerabend defendeu uma visão mais radical da metodologia científica conhecida como anarquismo epistemológico. Ele argumentou que não há um método único e universalmente válido para a ciência, e que os cientistas devem ser livres para adotar abordagens diferentes e experimentar. Feyerabend questionou a ideia de uma metodologia científica fixa e defendeu a pluralidade e a tolerância na prática científica;
- Karl Popper (1902-1994): Popper é conhecido por sua filosofia da ciência crítica e pelo conceito de falseabilidade. Ele argumentou que uma teoria científica deve ser capaz de ser testada e refutada por meio de observações e experimentos. Sua abordagem enfatizava a importância da testabilidade e da busca incessante por refutação para o progresso da ciência.

Esses filósofos foram influentes no debate sobre os métodos e os fundamentos da ciência no século XX. Suas ideias e abordagens desempenharam um papel importante na compreensão da natureza do conhecimento científico e nas questões epistemológicas relacionadas ao desenvolvimento científico.

Em especial, na visão de Popper (1946), a ciência à época estava muito preocupada com a predeterminação dos resultados. Essa visão determinista poderia levar a uma ciência autoritária, que imporá sempre uma verdade. Para Popper, a ciência precisava justamente do oposto, do indeterminismo, para que assim o cientista tivesse liberdade para testar suas inquietações. De acordo com seu entendimento, o processo de gerar hipóteses e refutá-las seria o avanço do conhecimento, pois conforme os resultados obtidos, novas hipóteses surgiriam substituindo as anteriores, e esse exercício criativo garantiria o avanço da ciência, e não a confirmação de verdades absolutas. Caso realmente se chegasse a uma verdade absoluta, não haveria mais o que pesquisar ou avançar. Estaríamos diante de uma verdade divina.

Assim, a partir da problemática desta pesquisa, propõe-se para esta tese a formulação de hipóteses, e em seguida o falseamento delas, mas não com o objetivo de confirmá-las como verdades, mas sim, como aproximações da realidade e afastamento da incerteza. Para que essas hipóteses possam ser definidas se faz necessário, além de conhecer as problemáticas tratadas na pesquisa, também, as questões urbanas contemporâneas.

2.2 Questões contemporâneas sobre planejamento urbano

O planejamento urbano no Brasil a partir do final do século XIX vivenciou uma trajetória diversa, ora inspirado em modelos europeus, ora modelos extensos e tecnocratas, passando por planos sem mapas, até chegar na Constituição de 1988 e no Estatuto da Cidade. Neste momento, o planejamento urbano passou a ter um viés político e de participação social, e não apenas tecnicista (Villaça, 1999). O Estatuto da Cidade instituiu diversos instrumentos de política urbana que ensejaram no plano diretor, uma oportunidade aos municípios, de realizarem novos planos, porém individuais, permitindo assim um caráter mais singular e efetivo para a aplicação dos instrumentos. Porém, o grande desafio encontrado atualmente pelos municípios é a

aplicação desses instrumentos, colocá-los efetivamente em prática, coibindo a especulação imobiliária, as áreas irregulares e protegendo as áreas ambientalmente mais frágeis, pois o que se observa é que os instrumentos existem, mas pouco realizam de fato, a função social da cidade a que se destinam (Maricato, 2019).

Neste cenário, o instrumental de política urbana, a saber, o zoneamento e as soluções viárias ganharam importância na medida em que se mostraram os mais adequados para camuflar os interesses das classes dominantes e direcionar o desenvolvimento urbano de acordo com seus desejos, pois eles podem ser manipulados para resguardar a proteção do valor fundiário e imobiliário ao passo em que podem simular uma falsa ideia de função social ou redistribuição de renda (SABOYA, 2008). Contudo, este assunto pode se desdobrar em outras questões que fogem ao escopo desta tese; e portanto, ficaremos com a conclusão de que apesar dos esforços do Estatuto da Cidade em promover uma cidade mais organizada, justa e igualitária, este modelo dominado pelo zoneamento não tem sido capaz de responder à dinâmica urbana atual das cidades. Bauman (2001) já alertava que o ambiente urbano se reproduz em um sistema aberto e instável, diferentemente do zoneamento que tende a fechar e limitar. Lefebvre (1999) atribui essa incompreensão sobre a cidade, acerca do que se observa e do que se pratica. A atual forma de pensar sobre o território pressupõe que os planos e projetos seguem a lógica ainda industrial, esquecendo-se da dialética presente na produção do espaço.

Neste sentido, o planejamento urbano atual possui o desafio de enfrentar não somente os problemas claramente conhecidos sobre as cidades, como o déficit na infraestrutura, na habitação, os problemas de mobilidade, entre tantos outros, mas principalmente as ações individuais que impactam o coletivo. Para Netto (2016), as ações individuais que ocorrem silenciosamente, porém não intencionais, reverberam problemas realmente sistêmicos que afetam a cidade como um todo, em seu ambiente social e físico. Quando um indivíduo decide morar em uma edificação isolada, com grandes pátios e áreas de lazer privativas, toda murada, na busca por segurança e conforto, ele não está desejando gerar um padrão de segregação, trazendo prejuízos ao espaço público, mas é isso que acaba ocorrendo com a multiplicação desse padrão de arquitetura. Essas escolhas impactam na mobilidade, pois grandes áreas privadas, ocupam áreas que poderiam servir para mais espaços públicos ou semipúblicos e com maior diversidade de uso. A falta disso produz um espraiamento da cidade que acaba

por induzir maior deslocamento até esses locais, que podem gerar mais engarrafamentos e prejuízos à mobilidade. E por fim, o objetivo inicial que era se proteger, acaba por aumentar o risco de crimes nas ruas do entorno, pois é isso o que muros podem fazer, ao desestimular a presença de pedestres, conforme apontam Vivian e Saboya (2012).

Entretanto, vale salientar que essas decisões podem não estar pautadas de fato no interesse exclusivamente individual e inconsciente, mas podem estar induzidas por outros agentes produtores do espaço, a exemplo dos construtores, que podem possuir interesses diversos. Netto (2012) aponta que hoje a decisão sobre a forma da cidade caminha pelos interesses quase exclusivamente dos construtores, na medida em que subjugam o território às questões financeiras e se utiliza do caráter ambíguo do zoneamento para isso.

Na visão de Figueiredo (2012) cidades são produtos de prática, ações e estratégias não coordenadas, que inicialmente parecem de decisão pontual, mas que na verdade são reguladas por mecanismos mais amplos ou globais na cidade. Por exemplo, comprar um automóvel, morar em um condomínio fechado e realizar compras em um *shopping center* pode parecer uma atitude isolada, mas ocorreu devido a um processo regulado por incentivos ao uso do automóvel, aumento da criminalidade, legislações urbanísticas, dentre outros. Neste contexto, se verifica que decisões individuais na verdade são forjadas e que acabam por produzir um efeito no todo, porém esse todo tem sido tratado de maneira desorganizada e não sistêmica, como uma “colcha de retalhos”, conforme aponta Medeiros (2013) quando afirma que as cidades brasileiras são as mais fragmentadas do mundo. E esse padrão de cidades brasileiras provoca dinâmicas ambientais, sociais e econômicas em diferentes escalas que se inter-relacionam, aos quais o processo atual de zoneamento não tem dado conta de respondê-las.

Na tentativa de responder a esta lacuna, surgiu por volta da década de 1990, o planejamento estratégico das cidades. De acordo com Saboya (2008) o planejamento estratégico carrega métodos desenvolvidos com vistas a uma excelente produtividade. Quando trasladados para o planejamento urbano o objetivo principal é se afastar de um planejamento puramente racional e abrangente, para um planejamento mais focado em ações, meios de como atingir as estratégias definidas para a cidade e não apenas aguardar passivamente que os regulamentos e índices

sejam respeitados, e que em algum momento futuro, sem saber quando, os resultados se concretizem. Além disso, o planejamento estratégico tem caráter sistêmico e considera que cada ação provoca outra ação e tudo está interligado. Entretanto, essa aproximação com a identidade empresarial tem recebido críticas, pois enxergar a cidade como produto pode levá-la a um contexto mercadológico de subordinação ao capital econômico, e distorcer o objetivo do planejamento urbano; mas não se pode negar que as contribuições de uma visão estratégica podem favorecer resultados mais eficientes, conhecendo o papel de cada ator do processo e principalmente a retomada de projetos no planejamento urbano (Saboya, 2008).

Vale salientar que o zoneamento possui inúmeras falhas que precisam de atenção, porém, ainda pode ser um instrumento importante para o planejamento urbano, nos planos diretores. A questão é utilizá-lo de maneira a integrar e não segregar classes e usos. Diante deste contexto é preciso pensar como as cidades podem utilizar o zoneamento, e outros instrumentos urbanísticos, com uma abordagem contemporânea, utilizando-se de teorias e métodos atuais, considerando a complexidade das cidades e visando um futuro saudável e sustentável. Ou seja, avançar para o aprimoramento do zoneamento, ao passo em que contribui para um planejamento urbano pautado em questões emergentes.

A partir do século XXI, emergiram questões relacionadas à sustentabilidade global, e o tema ganhou relevância nos cenários do planejamento urbano, pois as cidades são palcos de problemas sociais e ambientais. Desta forma, entende-se que o meio urbano é ponto focal para propor soluções que repensem a cidade (Rogers, 1998). Assim, novos movimentos urbanos surgiram a fim de dar resposta às novas necessidades; e conceitos como Novo Urbanismo, *Smart Growth*, Soluções Baseadas na Natureza (SbN), e outros que veremos a seguir, surgiram como um esforço para compreender, analisar e ocupar o espaço urbano, sendo que todos, de uma forma ou de outra, convergem para conceitos que buscam diminuir o espraiamento urbano, promover a diversidade e compacidade no uso do solo, privilegiar os modos ativos de transporte e estimular os modos coletivos, mas principalmente a facilidade de acesso a tudo isso (Gren; Colding, *et al*, 2019).

2.3 Novo urbanismo

No Brasil, nas últimas décadas do século XIX e início do século XX, ocorreram reformas urbanas em diversas cidades, inspiradas no urbanismo moderno, mas adaptadas à realidade periférica. Essas intervenções visavam melhorias estéticas e sanitárias, mas também resultaram em uma segregação social. O embelezamento paisagístico e o saneamento foram acompanhados pela criação de leis favoráveis ao mercado imobiliário, levando à expulsão da população mais pobre para as áreas periféricas (Monte, *et al.*, 2018).

Maricato (2000) descreve que o rápido crescimento das periferias em comparação aos centros urbanos das grandes metrópoles brasileiras nos anos 90, destacou as áreas de pobreza. Quaresma *et al.* (2017) apontaram a falta de planejamento urbano como um dos responsáveis pela concentração de infraestrutura e oportunidades nas áreas centrais, resultando na expulsão das camadas mais pobres para as periferias, onde os serviços públicos são escassos. Essa configuração do espaço urbano, com áreas centrais valorizadas e periferias carentes, contribui para a crise de mobilidade urbana nas principais cidades do país. Esse cenário afeta toda a população, especialmente os residentes distantes dos serviços e oportunidades oferecidos nas áreas centrais, o que também dificulta a mobilidade social.

Na busca por respostas a esses e outros problemas urbanos, várias teorias e movimentos surgiram, dentre eles, o Novo Urbanismo. Este movimento surgiu através da Carta do Novo Urbanismo em 1996 e se tornou um referencial de requalificação de cidades, em especial de bairros, geralmente afastados das áreas centrais que visavam integrar projetos arquitetônicos, urbanísticos ao meio urbano onde está inserido de maneira inteligente e sustentável (Macedo, 2007).

A Carta estabelecia diretrizes relacionadas à organização do espaço regional, urbano e dos bairros, com o propósito de integrar sistemas regionais conectando áreas urbanas principais com cidades menores em setores específicos do território, evitando uma expansão desordenada. A promoção ao acesso facilitado aos transportes coletivos; encorajar a sobreposição de diferentes usos do solo para diminuir deslocamentos e criar comunidades mais compactas. O incentivo a participação da comunidade no processo decisório e resgatar elementos do

urbanismo tradicional referentes à disposição das quadras e à arquitetura. Considerando a interligação do sistema de transportes e os conceitos de densificação do espaço urbano e do design da paisagem como um todo, o novo urbanismo requer um planejamento urbano e regional adequado, a qualidade dos projetos locais e a participação ativa das comunidades (Macedo, 2007)

Conforme aponta Macedo (2007) o novo urbanismo está voltado para o equilíbrio entre as edificações, para atender as necessidades humanas e o ambiente natural, para a preservação do patrimônio histórico, e para a participação da comunidade na gestão dos espaços públicos. Este novo urbanismo se desenvolve de forma mais sistêmica, pois compreende que a sociedade é complexa, e se esforça para criar projetos coexistentes com a região onde será inserido, pensando no desenvolvimento que esta comunidade terá, preparando-a com infraestrutura adequada para acomodar um aumento populacional que possa receber. Após a divulgação da Carta, diversos autores descreveram e sintetizaram o novo urbanismo em alguns princípios comumente utilizados. Lucchese (2010) os sintetiza em 10:

- Facilidade para pedestres: simplificar caminhos, criar vias rápidas de pedestres, para que estes não precisem depender de transportes para viagens curtas;
- Conectividade: interação cidade-bairro, integrar bairros através de modos de transportes diversos, em especial, os ativos e coletivos;
- Diversidade: para um melhor aproveitamento de espaços, nada é isolado. Morar, trabalhar, consumir e recrear dividem uma mesma zona, o que facilita o primeiro princípio de atender a necessidade dos usuários sem a necessidade de grandes deslocamentos;
- Diversificação das moradias: diversificar as moradias facilita a interação de pessoas de diferentes classes sociais, idades e raças, permitindo a criação de vínculos pessoais, fundamentais para o crescimento do bairro;
- Qualidade do projeto arquitetônico e urbanístico: projetos bem desenvolvidos pensando no futuro, tanto em sua adequação, quanto na acomodação de mais pessoas;
- Estrutura de um bairro tradicional: estruturar os bairros para pedestres e com

diferentes tipos de funções, desde a habitação ao trabalho, e que sejam projetados para serem autônomos;

- Aumento da densidade: mais pessoas em um espaço com menor projeção, visto a grande demanda por habitações e espaço escasso nos dias atuais;
- Transporte coletivo: transporte de qualidade e adequado a demanda;
- Sustentabilidade: princípios sustentáveis, como reutilização de águas pluviais, de resíduos, iluminação solar etc.;
- Qualidade de vida: visar sempre bem-estar social dos usuários.

Todos estes princípios podem ser trabalhados isoladamente ou em conjunto de acordo com a necessidade de cada bairro ou cidade. Além disso, vale destacar, que esses princípios não são regras imutáveis, mas direcionamentos, pontos de partida para analisar e projetar cidades de acordo com a proposta de um novo urbanismo, em detrimento aos conceitos do urbanismo moderno.

O ponto focal do novo urbanismo é a escala humana, a relação das pessoas com os espaços e entre si mesmas. Há um equívoco sobre a mobilidade urbana, quando se entende que a busca é por eliminar o automóvel; não, os diferentes modos de transporte são relevantes. Contudo, o princípio é que as pessoas estejam em primeiro lugar, e por consequência os espaços devem ser projetados a priorizarem as pessoas em detrimento de veículos, seja qual for. A mobilidade urbana é hierarquizada de modo que o conceito de mobilidade ativa é o que impera sobre os demais, logo em seguida, o transporte coletivo para longas distâncias. Além disso, a busca por diversidade de classes sociais ocupando o mesmo espaço, as mesmas tipologias de habitações contribuem para a diminuição da especulação imobiliária e o aumento excessivo do valor dos imóveis.

Para Duany e Plater-Zyberk (2000) se chega ao Novo Urbanismo através do desenho urbano, o desenho do bairro. Um bairro deve reunir a maioria desses componentes essenciais. Deve possuir um centro marcante que lhe confira uma identidade única, frequentemente uma praça ou uma esquina movimentada, onde deve ser incorporada uma parada de ônibus. A maioria das habitações deve ser facilmente acessível a pé a partir desse centro, dentro de um raio de cerca de 600 metros. Em bairros de maior extensão, é necessário estabelecer novos centros

(centralidades, policentralidades). É imperativo oferecer uma diversidade de tipos de moradias - desde casas independentes até apartamentos - para atender às diferentes necessidades das pessoas. Nas extremidades do bairro, é fundamental contar com uma variedade de estabelecimentos comerciais e escritórios para atender às necessidades semanais dos moradores. Cada terreno pode abrigar uma construção adicional, destinada a aluguel, comércio ou residência. Uma escola primária deve estar localizada nas imediações, permitindo que a maioria das crianças chegue a pé, sem a necessidade de atravessar ruas movimentadas. Áreas de lazer, adaptadas para todas as faixas etárias, devem estar a uma curta distância de todas as residências, não ultrapassando 200 metros. As vias internas do bairro devem formar uma rede conectada, distribuindo o tráfego e oferecendo uma variedade de caminhos para pedestres e veículos. Tais vias devem ser estreitas e arborizadas, diminuindo a velocidade do tráfego e proporcionando um ambiente favorável para pedestres e ciclistas. Os edifícios no centro do bairro devem ser posicionados próximos à rua, criando um espaço ao ar livre bem definido. O estacionamento deve ser situado na parte traseira dos edifícios, acessível por vias secundárias. Locais de destaque, como perspectivas de rua ou o centro do bairro, devem ser reservados para equipamentos urbanos. O bairro deve ser organizado de forma a ser autossuficiente, preferencialmente com uma associação de moradores encarregada de discutir e deliberar sobre questões relacionadas à manutenção, segurança e mudanças físicas do bairro.

Desta forma, pode-se concluir que o novo urbanismo veio para retomar o protagonismo das pessoas/pedestres no espaço urbano, destacando a ideia de qualidade de vida urbana através do fácil acesso à moradia, à mobilidade, a serviços públicos e lazer de maneira equilibrada, ao passo em que projeta e/ou requalifica bairros para que possam se desenvolver de maneira sustentável, na medida em que promove a coexistência do espaço natural e social. Vale destacar que o novo urbanismo considera que o crescimento das cidades é inevitável, e portanto, é preciso considerar propostas que se adaptem a esse crescimento. Neste sentido, surge o conceito de *smart growth*, o crescimento inteligente das cidades.

2.4 Smart growth

O termo *smart growth*, refere-se a uma abordagem de planejamento urbano e desenvolvimento que busca promover o crescimento das cidades de forma inteligente, sustentável e equitativa. O conceito foi desenvolvido como uma alternativa aos modelos tradicionais de expansão urbana descontrolada e segregada. O *smart growth*, ou crescimento inteligente, surgiu na década de 1980, mas ganhou popularidade no ano 2000 através do urbanista Andres Duany. O termo crescimento, na verdade, diz respeito ao desenvolvimento. Vale salientar que justamente seria diferente de promover a expansão, pois os princípios do crescimento inteligente consideram cidades, bairros e centralidades existentes e urbanizados, mas que precisam de maior variedade e eficiência nas opções de infraestrutura priorizando o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. Desta maneira, pode-se conceituar o crescimento inteligente como o desenvolvimento urbano por meio de princípios sustentáveis e ambientais, com o objetivo de compatibilidade, diversidade de usos, alternativas de transporte, em especial os ativos e reabilitação de áreas degradadas na busca por qualidade de vida e desenvolvimento econômico (Duany, *et al.* 2000).

Os princípios do crescimento inteligente (quadro 1) são divididos em 10 itens, entretanto, não se trata de um conjunto de ferramentas para aplicação, mas de entendimento e adequação a cada contexto, portanto, podem ser trabalhados juntos ou separados.

QUADRO 1: Os 10 princípios do *Smart Growth*.

Princípios do Crescimento Inteligente (<i>smart growth</i>)
1. Criar um conjunto de oportunidades e de escolhas de habitação;
2. Criar vizinhanças caminháveis;
3. Incentivar a colaboração entre comunidades e empreendedores;
4. Estimular comunidades distintas e atrativas dotadas de forte senso de lugar;
5. Tornar as decisões de desenvolvimento previsíveis e de baixo custo;

6. Usos do solo misto;
7. Preservar os espaços abertos, as fazendas, belezas naturais e as áreas críticas de desenvolvimento;
8. Assegurar a variedade de opções de transporte;
9. Reforçar a importância do desenvolvimento direto direcionado para comunidades existentes;
10. Tirar vantagens dos projetos compactos de edifícios.

Fonte: Duany, *et al.* (2000), adaptado pelo autor.

O *smart growth* busca uma oposição ao modelo de ocupação urbana até então atual, que gera cidades monofuncionais, dispersas e fragmentadas. Apesar das particularidades que cada cidade apresenta, tais princípios podem auxiliar no avanço de novas maneiras de se analisar e projetar espaços urbanos. Além disso, uma das premissas do surgimento do crescimento inteligente foi a abordagem ambiental, pois impedir o espraiamento, seria impedir a pressão de expansão de áreas urbanas sobre as áreas rurais, as áreas ambientalmente protegidas e os ecossistemas. Desta maneira, o crescimento inteligente é também uma diretriz urbana ecológica (Litman, 2009).

Para o autor, o *smart growth* não apenas promove um desenvolvimento urbano sustentável, mas também busca criar cidades mais resilientes, capazes de lidar com os desafios futuros, como as mudanças climáticas, desastres naturais e crises socioeconômicas. Isso pode incluir estratégias de adaptação, como a criação de áreas verdes para absorção de água, sistemas de transporte robustos e diversificados que garantam a mobilidade mesmo em situações adversas, e políticas de uso do solo que protejam áreas vulneráveis. Além disso, pode se beneficiar das inovações tecnológicas para criar cidades mais eficientes e conectadas. Há exemplos de cidades inteligentes que usam sensores e análise de dados para otimizar o uso de recursos e melhorar a qualidade de vida dos moradores. Além disso, é importante destacar a participação comunitária no processo de planejamento e tomada de decisões. Isso significa envolver os residentes locais, grupos comunitários e partes interessadas no desenvolvimento de políticas e projetos urbanos, garantindo que suas vozes sejam ouvidas e consideradas. Por fim, exemplos de aplicação do *smart growth* podem ser

encontrados em diversas cidades ao redor do mundo, a exemplo de Portland, nos Estados Unidos, que adotou princípios de *smart growth* em seu planejamento urbano, priorizando a densidade, a acessibilidade e a sustentabilidade ambiental. Outro exemplo, em uma cidade brasileira, é São Paulo, que tem investido em áreas verdes como parte de sua estratégia de *smart growth*, especialmente com o projeto Cidade Jardim, que busca criar e revitalizar áreas verdes na cidade, e prevê a manutenção e ampliação de áreas verdes em novos empreendimentos imobiliários, contribuindo para uma distribuição mais equitativa desses espaços pela cidade (Canil; Campos, 2021).

Esses aspectos destacam a complexidade e a abrangência do conceito de *smart growth*, que vai além do simples desenvolvimento urbano sustentável, mas aborda questões-chave como resiliência, inovação, participação comunitária e educação. Além disso, o *smart growth* pode ser visto como uma abordagem prática para alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável, adotados pela Organização das Nações Unidas (ONU) contribuindo para cidades mais sustentáveis e resilientes.

2.4.1 Objetivos de desenvolvimento sustentável

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são um conjunto de 17 objetivos e 169 metas globais, adotados pela ONU em 2015, com o propósito de abordar desafios ambientais, sociais e econômicos, visando um desenvolvimento sustentável que atenda às necessidades atuais sem comprometer as possibilidades das gerações futuras (ONU, 2015).

Sena *et al.* (2016) destacam que os ODS são uma continuação e expansão dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), estabelecidos em 2000, os quais se concentraram em temas como a redução da pobreza, a educação e a saúde. Entretanto, os ODS ampliaram sua abrangência para incluir questões ambientais e sociais mais amplas, reconhecendo a interconexão entre as diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável. Alguns dos principais conceitos dos ODS são a erradicação da pobreza, a igualdade de gênero, a energia limpa e a ação climática.

Em relação às cidades, e, em especial, ao objeto desta pesquisa, destacam-se os seguintes objetivos de desenvolvimento sustentável: ODS 3 - saúde e bem-estar; ODS 11 - cidades e comunidades sustentáveis; ODS 13 - ação climática e ODS 15 - vida terrestre. O ODS 3 visa garantir a saúde e o bem-estar de todos, por meio de medidas que abordam a saúde, a prevenção de doenças e a promoção da saúde mental. O ODS 11 procura tornar as cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, através de políticas públicas, mobilidade e acessibilidade, desenvolvimento planejado, arquitetura e áreas verdes, promovendo qualidade de vida para os habitantes. O ODS 13 está relacionado às ações urgentes necessárias para combater as mudanças climáticas e seus impactos. Por fim, o ODS 15 aborda a importância da proteção, restauração e uso sustentável dos ecossistemas terrestres, incluindo áreas verdes urbanas, o que contribui para a criação de cidades mais sustentáveis e equilibradas em termos ambientais (ONU, 2015).

Todos esses ODS enfatizam a importância de promover o desenvolvimento urbano de forma sustentável, garantindo a qualidade de vida dos habitantes, a preservação do meio ambiente e a criação de espaços verdes nas áreas urbanas para promover a saúde e o bem-estar da população. Neste sentido, cabe destacar que o objetivo desta tese vai ao encontro desses ODS, na medida em que propõe o desenvolvimento de cidades a partir de soluções baseadas na natureza.

Estes ODS contribuíram para o aperfeiçoamento de uma nova agenda urbana que pudesse implementar os ODS, bem como, coordenar e harmonizar as políticas e ações dos diferentes atores envolvidos no desenvolvimento urbano.

2.4.2 Nova agenda urbana

O processo que resultou na Nova Agenda Urbana (NAU) teve início com a realização da primeira Conferência Habitat em 1976, conhecida como Habitat I, ocorrida em Vancouver. Nesse evento, foram debatidas questões relacionadas ao desenvolvimento urbano e à habitação, acompanhando os desafios emergentes das cidades em crescimento rápido. Duas décadas depois, em 1996, teve lugar o Habitat II, no Rio de Janeiro, consolidando a abordagem de desenvolvimento urbano sustentável, destacando a importância da participação cidadã, da equidade social e

do respeito ao meio ambiente no planejamento e gestão das cidades. Com a consolidação dessas duas conferências, o processo culminou no Habitat III, realizado em Quito, Equador, em 2016. Nesse evento, líderes mundiais, autoridades locais, representantes da sociedade civil e do setor privado reuniram-se para discutir os desafios urbanos contemporâneos e elaborar uma Nova Agenda Urbana, adotada como um compromisso global para promover o desenvolvimento urbano sustentável e inclusivo. Esses eventos marcaram momentos importantes de reflexão e ação para orientar as políticas e práticas relacionadas ao desenvolvimento urbano em nível global (Lipietz, 2016).

A Nova Agenda Urbana, resultante de um amplo processo colaborativo de dois anos, coincidiu com um período de declarações das políticas globais para as próximas décadas, a partir de eventos também promovidos por agências da ONU. Esse documento estabeleceu uma visão compartilhada para a ação urbana nos próximos 20 anos, com foco nos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), citados anteriormente (Clos, 2016).

Segundo Joan (2016), o documento reafirma a importância das cidades como motores do crescimento econômico e da inovação, mas também como espaços onde as desigualdades sociais e ambientais são exacerbadas. Portanto, é necessário promover um desenvolvimento urbano integrado e participativo, que leve em conta as necessidades e os direitos de todos os habitantes, especialmente os mais vulneráveis, institucionalizando a ambição de "transformar nosso mundo" e "não deixar ninguém para trás" com uma agenda para ser cumprida pelos Estados membros da ONU até 2030.

Após a divulgação da Nova Agenda Urbana em 2016, muitas cidades aplicaram conceitos baseados nessa nova agenda. Um exemplo é o programa Cidades Cariocas, no Rio de Janeiro, Brasil, que busca melhorar a qualidade de vida dos moradores das favelas através de investimentos em habitação, saneamento, educação, saúde e cultura. Outro exemplo, é o projeto de Reabilitação de Espaços Urbanos nas medinas da cidade de Fez, Marrocos, que visa preservar e valorizar o patrimônio histórico e cultural da medina, promovendo a regeneração urbana e a inclusão social. Além disso, o plano *Smart City Guangzhou* da cidade de Guangzhou, China, utiliza tecnologias digitais e inteligência artificial para melhorar a eficiência, a

transparência e a participação dos cidadãos no governo e na gestão da cidade (ONU-HABITAT, 2020).

Em resumo, a nova agenda urbana é uma oportunidade para redesenhar as cidades, gerando um novo modelo de urbanismo, que seja orientado a lidar com os desafios atuais da urbanização, ao passo em que transforma as cidades em espaços mais habitáveis e sustentáveis. Neste sentido, o conceito de sustentabilidade é campo fértil para o cumprimento de agendas globais, incluindo a nova agenda urbana, através da promoção de cidades mais verdes, resilientes e inclusivas.

2.5 Soluções baseadas na natureza

Sustentabilidade é um conceito amplamente difundido e vem sendo acompanhado da evolução de novos termos e conceitos relacionados a ele, desde o surgimento do termo "ecodesenvolvimento" até a popularização do conceito de "desenvolvimento sustentável" com o Relatório Brundtland. Destaca-se a diversidade de interpretações em torno da sustentabilidade, abrangendo dimensões ambientais, econômicas e sociais (Nascimento, 2012). O autor complementa, que a ideia é que os conceitos e termos, nada mais são do que, a construção de um modelo que considere a conservação da natureza como elemento essencial para a continuidade da vida humana de maneira digna.

Se considerarmos alguns marcos conceituais relacionados ao conceito de sustentabilidade, podemos iniciar a partir de 1980 com o termo biodiversidade, com ênfase na conservação dos meios naturais e da biologia. Em 1990, com o conceito de serviços ecossistêmicos que reverberam para o campo econômico, traduzindo-se em valor, os recursos naturais, e outros conceitos similares que surgiram com o intuito de evidenciar a necessidade de preservação do meio ambiente em meio às ações antrópicas (Nesshover *et al.*, 2017).

O mais recente conceito a fazer parte deste escopo é o de soluções baseadas na natureza (SbN). É um conceito guarda-chuva que engloba ações que integrem a natureza no espaço urbano, e que as ações realizadas nas cidades partam do princípio ecológico (Faivre, 2017). Sob a perspectiva conceitual, as SbN levam em consideração a conexão entre natureza e planejamento urbano. Não existe uma regra

ou princípios pré-determinados do que sejam as SbN. A proposta é que as soluções incorporadas ao planejamento territorial sejam soluções inspiradas e/ou apoiadas sobretudo pela natureza. E assim, forneçam benefícios ambientais, mas também sociais e econômicos promovendo cidades resilientes e sustentáveis, e que as proposições estejam associadas às estratégias sistêmicas. Assim, as SbN consideram múltiplos objetivos, desde ecológicos a econômicos, considerando a proteção ecológica, a manutenção da biodiversidade e os serviços ecossistêmicos como pré-requisito para um planejamento estável de longo prazo. (Cohen-shacham, et al., 2016). O que diferencia o conceito de SbN de outros conceitos anteriores é sua visão sistêmica, uma abordagem de governança sobre todos os aspectos envolvidos no processo. Esta visão sistêmica, torna-se também um desafio, na medida em que exige diferentes abordagens e métodos. Além disso, sistemas naturais são dinâmicos e podem reverberar de maneira distinta dependendo do local inserido.

Apesar da dificuldade de implantação desta teoria, há um crescente número de urbanistas e gestores urbanos conscientes da importância de preservar áreas verdes em meios urbanos. E muitas iniciativas bem-sucedidas têm difundido essa prática em países europeus, a exemplo de Copenhague que criou áreas verdes urbanas, como parques e jardins, para aumentar a resiliência da cidade contra eventos climáticos extremos, para melhorar a qualidade do ar e promover a biodiversidade urbana. Essas iniciativas têm demonstrado que o direcionamento do planejamento urbano alinhado às SbN tem oferecido ótimos retornos (Kabisch *et al.*, 2016).

2.5.1 Ecologia urbana

A ecologia urbana emerge em um cenário onde as cidades se estabelecem como o principal habitat humano no planeta, evidenciando a predominância e alteração dos ecossistemas naturais devido às atividades humanas (Osmond; Pelleri, 2017). A totalidade dos impactos socioeconômicos e socioambientais dessas ações ainda não são completamente compreendidos. Contudo, o estudo sobre a ecologia urbana tem se mostrado crucial para a compreensão desses processos (Wu, 2008).

Quando se fala em ecologia urbana é preciso compreender o conceito de urbano relacionado a ela. No que se refere ao conceito de urbano, Wu (2008) salienta

a importância de três questões. Área total construída, a quantidade de elementos edificados no espaço urbano. A densidade populacional, a quantidade de pessoas que vivem nas cidades. E a impermeabilidade das cidades, a relação entre áreas construídas, pavimentadas e as áreas permeáveis, em especial as áreas verdes.

Os espaços urbanos constituem uma paisagem que conecta diferentes tipos de componentes: as edificações, as vias, as áreas verdes e outras áreas naturais (Wu, 2008). Nesse contexto, o autor define a ecologia urbana como "o estudo dos padrões espaço-temporais, impactos ambientais e sustentabilidade da urbanização com ênfase na biodiversidade, nos processos ecossistêmicos e serviços ecossistêmicos". Esse conceito aborda as diversas facetas da ecologia urbana e suas perspectivas atuais.

De acordo com Batitucci *et al.* (2019), a ecologia urbana busca compreender o ambiente urbano e as interações que ocorrem nele, investigando as relações dos ocupantes das áreas urbanas, sejam pessoas ou animais e seus impactos sobre o meio ambiente. Esse conceito, revela-se complexo, ao passo que evidencia a necessidade de compreender as interações desses agentes entre si e com o ambiente natural. Portanto, hoje, a ecologia urbana é tomada como uma ciência aplicada, na medida em que se utiliza de seus conhecimentos para a resolução de problemas que afetam a dinâmica das cidades e seus ecossistemas (Niemela, 1999). Neste contexto, é importante notar que os ecossistemas urbanos atuais estão amplamente degradados em sua maioria pelas ações humanas, porém apresentam características essenciais para a manutenção da própria vida humana, além da conservação da biodiversidade. Para tanto, são necessárias medidas de intervenção e mitigação dos impactos gerados para garantir a manutenção desse sistema ecológico.

É preciso compreender que quando se fala em ecologia urbana, trata-se do estudo de grupos de espécies diferentes, cada qual com suas populações, e entre elas a população humana. Juntos habitam uma mesma área ou habitat, no caso, a área urbana, e por consequência se constituem em comunidades. Sob essa perspectiva, comunidade e habitat funcionam como um ecossistema que interagem entre si mesmos e seu meio. Contudo, essa interação tem se mostrado desfavorável às comunidades naturais, ou seja, conjuntos de espécies que compõem a fauna e flora, e que por consequência podem comprometer todo o ecossistema (Odum; Odum,

2003).

Além disso, vários estudos já demonstraram a importância do equilíbrio no ecossistema urbano (ambiente natural e construído) para a manutenção da qualidade de vida nas cidades. Entretanto, para se manter o equilíbrio nesse ecossistema é preciso conhecer e manter a qualidade do habitat natural. Essa qualidade varia conforme o tamanho, a extensão e a composição da vegetação presente em áreas urbanas, sendo que uma maior biodiversidade vegetal aumenta a diversidade da fauna. A densidade da vegetação e a sua conectividade são fatores importantes que enriquecem os habitats, promovendo maior diversidade de espécies animais (Forman, 1995).

A partir do conceito de soluções baseadas na natureza e a contribuição da ecologia urbana para a manutenção do habitat, uma estratégia que tem se mostrado eficaz e de fácil desenvolvimento é o estabelecimento de uma infraestrutura verde. Essa infraestrutura verde pode propiciar uma integração entre o meio natural e o meio construído na cidade, de modo que seja perene e possa manter o equilíbrio ecossistêmico, na medida em que contribui para a mitigação de impactos ambientais causados pelas ações antrópicas.

2.5.2 Infraestrutura verde

A infraestrutura verde de uma cidade é a estratégia que mais tem ganhado destaque entre as SbN. O conceito da rede de infraestrutura verde diz respeito a um sistema interconectado de espaços verdes e parques incluindo, áreas verdes urbanas, corredores verdes, sistemas de água e outras áreas naturais, que é projetado para fornecer benefícios ecológicos e sociais para a comunidade. Assim, a infraestrutura verde é entendida como uma rede de áreas verdes urbanas, corredores verdes e espaços naturais interconectados que fornecem uma ampla gama de serviços ecossistêmicos. Esses serviços fornecem a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, a redução de enchentes, a melhoria da qualidade do ar e da água, a promoção da biodiversidade, podendo ainda serem utilizados como espaços de lazer e vegetação para os habitantes urbanos (Escobedo, 2018).

Desta maneira, a infraestrutura verde pode ser vista como uma estratégia importante para a promoção da resiliência urbana, podendo ocorrer em várias escalas, mas considerando a predominância da vida natural, integrada à vida social. Uma rede de infraestrutura verde bem conectada favorece a biodiversidade, estabiliza o ecossistema e constrói uma segurança ecológica para a região. Entende-se que uma cidade que possua uma forte rede de infraestrutura verde apresenta melhores condições de habitabilidade urbana para as pessoas. Essa rede não somente contribui diminuindo a fragmentação da paisagem, mas garantindo o equilíbrio do ecossistema (Xie; et al., 2019).

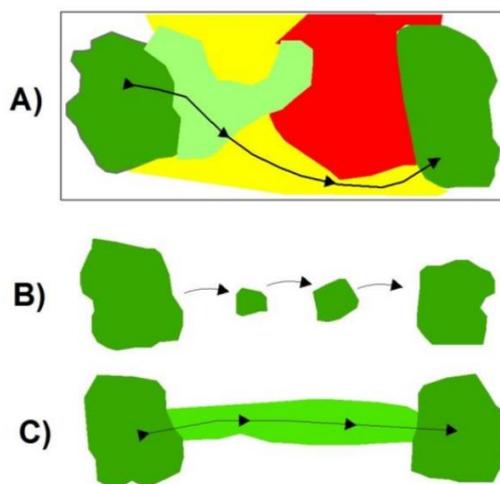
Estudos de (Khan; et al., 2021) e (Khan; Ponce; Yu, 2021) têm evidenciado que a construção de infraestrutura verde tem atenuado alterações climáticas locais e desenvolvido espaços ecológicos e sociais nas cidades. Neste sentido, é importante que se considere uma maneira de proteger esta infraestrutura verde existente nas cidades, através da construção de um padrão de segurança ecológica que considere a formação de uma rede de proteção ao identificar pontos, linhas e áreas com funções ecológicas (Peng; et al., 2019). Desta forma, identificar e conhecer as áreas verdes com maiores potenciais de conexão existentes no espaço urbano se tornou um paradigma na construção deste padrão de segurança. O tamanho, o tipo, a qualidade de habitat dessas áreas são vitais para manter a integridade e estabilidade do ecossistema presente, quanto maior a pressão por parte da urbanização, menores e mais fragmentadas essas áreas se tornam, acabando por diminuir a diversidade e complexidade das espécies (Han; et al., 2021).

Rudnick *et al.* (2012) esclarecem que a conectividade dessas áreas pode ser "estrutural" ou "funcional". A primeira, trata-se das características físicas da paisagem (topografia, hidrologia, cobertura vegetal, padrões de uso do solo) e que permitem o movimento entre elas. Enquanto a segunda, estabelece critérios de como as populações (vegetais e animais) percorrem a paisagem.

Pereira e Cestaro (2016) exemplificam três modelos de possibilidade de conexão da paisagem (FIGURA 1). Na opção "a", a conectividade ocorre por meio de mosaicos (áreas que permitem identificar modos de conexão). Na opção "b", simula uma opção de corredor ecológico, porém não conectado diretamente, mas através de fragmentos próximos que permitem o deslocamento entre as áreas maiores, atuando

como “trampolins ecológicos”, indicado para áreas com espécies capazes de fazerem movimentos curtos. E na opção “c”, um corredor ecológico contínuo.

FIGURA 1 – Esquema de modelos de conexão da paisagem.



FONTE: Pereira e Cestaro (2016).

A estrutura dessas áreas verdes é analisada através de três elementos: matriz, mancha e corredor. A matriz é o elemento predominante, geralmente mais extenso, e mais conectado e pode contribuir significativamente à topologia da paisagem. A mancha é uma área não linear, que se desassociou da matriz, também conhecida como fragmento. E o corredor, trata-se de uma área com característica linear podendo ser isolado ou conectado às manchas e matrizes (Lang; Blascke, 2009). Neste contexto, define-se que um corredor ecológico parte da ideia de conectividade das áreas naturais, de áreas remanescentes, no caso específico desta pesquisa, de áreas verdes a fim de manter a biodiversidade reduzindo o isolamento dessas áreas, propondo possibilidades de conexão.

Alguns autores têm oferecido insights sobre a eficácia dos corredores ecológicos na infraestrutura verde. Forman e Godron (1986) sugerem que a distância entre as áreas verdes para propor corredores pode variar consideravelmente, entre algumas centenas de metros a vários quilômetros, dependendo de vários fatores, como: a ecologia da paisagem, as necessidades das espécies envolvidas, as diversas barreiras antrópicas etc. Fahrig (2019) sugere que a distância média entre as áreas verdes para a criação de corredores ecológicos deve ser de algumas centenas de

metros, a partir de 800 metros, a alguns milhares de metros. Contudo, é preciso considerar as características específicas da paisagem, a capacidade de dispersão das espécies e a qualidade do habitat. Já Noss e colaboradores (2019) ressaltam a importância da conectividade da paisagem na conservação da biodiversidade, indicando que a distância entre as áreas verdes deve ser pautada em um estudo aprofundado sobre as espécies existentes e quando não seja possível estimar com precisão, regula-se uma distância entre 800 a 1000 metros para que haja uma maior probabilidade de conectividade entre os fragmentos e suas matrizes.

Em suma, embora não haja uma distância universalmente aceita entre as áreas verdes para a criação de corredores ecológicos, os autores mencionados sugerem que ela pode variar de acordo com as condições locais e as necessidades das espécies-alvo, indo de algumas centenas de metros a vários quilômetros.

Diante deste contexto, as novas abordagens sobre o planejamento urbano, através dos conceitos de Novo Urbanismo, *Smart Growth*, ODS, Nova Agenda Urbana e as Soluções baseadas na Natureza emergem como pilares fundamentais para orientar as transformações urbanas. O novo urbanismo propõe a criação de cidades mais humanas, com espaços públicos de qualidade. Já o *smart growth* busca um crescimento urbano sustentável, priorizando comunidades compactas, acessíveis e preservando áreas naturais. Os ODS estabelecem metas globais para o desenvolvimento sustentável, incluindo a promoção de cidades e comunidades sustentáveis. A nova agenda urbana, por sua vez, propõe diretrizes para o desenvolvimento urbano sustentável, com foco na inclusão, segurança e resiliência das cidades. E as soluções baseadas na natureza partem do princípio de que o planejamento urbano nasce de princípios ecológicos. Assim, a integração desses conceitos no planejamento urbano contemporâneo é essencial para enfrentar os desafios da urbanização acelerada, das mudanças climáticas e da desigualdade social.

2.6 Outras dimensões urbanas

O planejamento urbano é um processo interdisciplinar que envolve além de questões técnicas, outras questões, tais como: sociais, econômicas e políticas que

acabam por influenciar direta ou indiretamente o planejamento urbano das cidades. Enquanto as questões técnicas estão mais diretamente ligadas ao estudo e projetos sobre a topologia dos espaços urbanos. As demais questões se articulam de maneiras diferentes e em escalas diferentes. As questões sociais têm papel importante, pois as cidades são espaços onde as pessoas vivem, trabalham e interagem. Assuntos como desigualdade socioeconômica, acesso à moradia adequada, segregação socioeconômica, diversidade cultural e inclusão social são cruciais. Já as questões econômicas desempenham um papel importante no planejamento urbano, na medida em que consideram o desenvolvimento econômico da cidade, os investimentos em infraestrutura, a geração de empregos, renda e oportunidades de negócios. Enquanto, as questões políticas precisam articular diferentes interesses e poderes. Isso pode incluir questões de governança urbana, participação pública, a influência de cada grupo de interesse e como se articulam para a tomada de decisão.

2.6.1 As dimensões sociais

No planejamento urbano, as questões sociais podem contribuir para o desenvolvimento de cidades mais inclusivas, sustentáveis e equitativas, na medida em que se apropriam do entendimento dos aspectos sociais envolvidos na cidade. Esses aspectos, incluem a desigualdade socioeconômica que trata da divisão de riqueza e renda, e o quanto pode gerar disparidades no acesso a recursos e serviços urbanos, o que pode resultar em áreas com diferentes níveis de desenvolvimento e qualidade de vida. O planejamento urbano pode abordar essa questão promovendo a integração de diferentes grupos socioeconômicos em uma mesma região, garantindo acesso a serviços públicos de qualidade e incentivando a diversidade econômica. O acesso à moradia adequada é outro aspecto fundamental do bem-estar social. No planejamento urbano, garantir o acesso à moradia adequada para todos os cidadãos é crucial. Isso pode ser alcançado através de políticas de habitação social, que reservam espaços para moradias acessíveis e promovem a diversidade socioeconômica em determinadas regiões. Há também, o aspecto sobre a necessidade de diversidade cultural da vida urbana. É necessário considerar a diversidade étnica, racial e religiosa dos habitantes, visando a promoção de cidades

inclusivas e respeitadas com as diferenças. Sobre inclusão social, o planejamento urbano deve promover a inclusão social através de políticas que garantam acesso a serviços públicos de qualidade, promovem a participação dos cidadãos no processo de planejamento e incentivam a integração de diferentes grupos sociais (Harvey, 2009).

Pode-se citar um exemplo prático de como as questões sociais influenciam o planejamento urbano, através da implementação de políticas de habitação social em áreas urbanas. Ao reservar espaços para moradias acessíveis e promover a diversidade socioeconômica em determinadas regiões, as cidades podem combater a segregação e promover a coesão social. Essa abordagem pode contribuir para o desenvolvimento de cidades mais justas e inclusivas, onde todos os cidadãos têm acesso a oportunidades e recursos. (Maricato, 2000).

Neste contexto, as questões sociais desempenham um papel fundamental no planejamento urbano, pois as cidades são espaços de convivência e interação entre as pessoas. Considerar aspectos como desigualdade, moradia adequada, diversidade cultural e inclusão social é essencial para promover um ambiente urbano que atenda às necessidades de todos os seus habitantes.

2.6.2 As dimensões econômicas

As questões econômicas também desempenham um papel crucial no planejamento urbano, pois podem contribuir para a prosperidade da cidade. O desenvolvimento econômico contribui na medida em que pode incentivar a criação de empregos, a geração de renda e a promoção de atividades econômicas diversificadas. Isso pode ser alcançado através de políticas que incentivem o investimento em setores estratégicos, como tecnologia, turismo e comércio. O investimento em infraestrutura é fundamental para o desenvolvimento econômico das cidades, pois pode promover a geração de investimentos em infraestrutura, tais como transporte, energia, água e comunicações, que são essenciais para o crescimento e a qualidade de vida nas cidades. O incentivo a criação de novas empresas, a expansão das existentes, o incentivo a qualificação de mão de obra, desenvolvimento de zonas de comércio local, programas de financiamento e incentivos fiscais, através de políticas

que incentivam a inovação e a criatividade, como zonas de desenvolvimento econômico, parques tecnológicos e programas de treinamento profissional, incentivam a diversificação econômica e a criação de novos mercados e por consequência a geração de empregos, renda e oportunidades de negócio (Glaeser, 2011).

A implementação de zonas de desenvolvimento econômico em áreas urbanas tem potencial para incentivar atividades econômicas diversificadas. Além disso, essas zonas podem atrair investimentos em infraestrutura, como transporte, energia e comunicações, o que pode contribuir para o desenvolvimento sustentável da cidade (Moura, 2021).

Em síntese, as questões econômicas impactam o desenvolvimento econômico da cidade, os investimentos em infraestrutura, a geração de empregos, a renda e as oportunidades de negócios. Considerar aspectos econômicos no planejamento urbano pode contribuir para que as cidades se tornem mais prósperas e sustentáveis.

2.6.3 As dimensões políticas

As questões políticas envolvem frequentemente vários interesses e poderes, refletindo inclusive nas dinâmicas sociais e econômicas. Essas questões podem abranger uma vasta gama, como: a governação urbana, a participação pública, a influência de diferentes grupos de interesse e a forma como estes interagem para moldar os processos de tomada de decisão. O planejamento urbano é um excelente exemplo desta dinâmica, pois requer a coordenação de diferentes partes interessadas e o equilíbrio de interesses concorrentes para criar comunidades sustentáveis e equitativas (Harvey, 2020).

Pode-se citar um exemplo de como isso funciona através da discussão em torno do desenvolvimento de projetos de infraestrutura urbana, como a construção de rodovias, pontes ou sistemas de transporte coletivo. Nesses casos, diferentes grupos de interesse entram em cena, incluindo empresas de construção, investidores imobiliários, organizações de defesa do meio ambiente, comunidades locais e órgãos governamentais. Cada um desses atores tem seus próprios objetivos e visões sobre como o desenvolvimento urbano deve ocorrer. Uma empresa de construção pode

buscar maximizar seus lucros, optando por projetos que ofereçam retornos financeiros mais altos, mesmo que isso implique em impactos negativos para o meio ambiente ou para as comunidades locais. Por outro lado, grupos ambientalistas podem se opor a esses projetos, defendendo a preservação de áreas naturais ou a redução das emissões de carbono. Em paralelo, as autoridades governamentais precisam equilibrar esses interesses divergentes e tomar decisões que beneficiem o maior número possível de partes interessadas. Isso pode envolver a realização de audiências públicas, consultas populares e a análise de estudos de impacto ambiental e social. Além disso, a influência política desempenha um papel crucial nesse processo. Empresas e grupos de interesse muitas vezes buscam influenciar a formulação de políticas e a tomada de decisões por meio de lobby, doações de campanha e outras formas de pressão política. Isso pode levar a decisões que favoreçam determinados interesses em detrimento do bem-estar coletivo (Healey, 2006).

Em suma, as questões políticas no planejamento urbano são multifacetadas e envolvem uma série de agentes, interesses e poderes em jogo. Isto requer uma compreensão profunda do contexto político e a capacidade de navegar pelos interesses concorrentes e pelas dinâmicas de poder. Entender essas dinâmicas é essencial para promover um desenvolvimento urbano sustentável e equitativo.

Diante deste contexto, onde várias dimensões atuam sobre o planejamento urbano, entende-se que o processo é interdisciplinar, dinâmico e sistêmico; e que envolve tanto questões técnicas, quanto questões sociais, econômicas e políticas, sendo assim, muito difícil estabelecer um único método de planejamento que seja capaz de atender a todas essas questões de uma só maneira. Entretanto, é possível avançar em métodos diferentes, mas complementares; e que acompanhem a dinâmica atual das cidades, assim contribuindo para uma análise mais efetiva de todas essas questões. Neste sentido, faz-se necessário definir o enquadramento desta pesquisa diante dessas diversas dimensões urbanas, conforme será visto a seguir.

2.7 Enquadramento e delimitação da pesquisa

Compreender a cidade é uma tarefa que envolve diferentes áreas, conforme foi visto no item anterior. Entende-se que a forma espacial das cidades não é apenas uma questão de morfologia, mas de relação social com as formas. O espaço apresenta padrões de apropriações que podem ser vistos como padrões sociais. Neste sentido, a arquitetura se entrelaça com as relações sociais na medida em que interfere nessas relações através dos espaços que desenvolve (Lynch, 1960). Assim, é de suma importância compreender as relações entre a forma urbana e a sociedade, abordando aspectos relacionados à apropriação, a configuração espacial e o seu movimento natural.

O fácil acesso a produtos e serviços, oportunidades de trabalho e equipamentos urbanos, principalmente os de saúde e educação, além de questões históricas de desenvolvimento de uma cidade são outras questões que podem influenciar a apropriação do espaço urbano. Entende-se que a facilidade de acesso a essas coisas têm a ver com o desenho urbano da cidade, e a maneira como ele se conecta com essas variáveis. Considerando que um dos principais desafios para a mobilidade urbana é conectar pessoas e lugares de maneira fácil e rápida, o traçado urbano é o fator chave, apresentando ora um espaço mais compacto, ora mais diverso.

Para Hillier e Hanson (1984), um traçado bem planejado pode apresentar centralidades, que pode ser definida quando há características globais e locais que espacialmente evidenciam uma configuração urbana bastante conectada. Uma centralidade é o lugar que apresenta mais apropriação, mais vida urbana e interface social. Deste modo, propõe-se como abordagem para esta pesquisa a teoria da Sintaxe Espacial desenvolvida por Hillier e Hanson (1984), que será detalhada no segundo capítulo. Essa teoria permite interpretar os atributos do espaço, a partir da sequência de espaços abertos (vias, parques etc.) e barreiras (edificações e outras formas de restrições de movimento). Quando aplicada a estudos de morfologia urbana pode contribuir para pesquisas sobre a influência da configuração urbana nos padrões de movimento e apropriação. O movimento humano natural que ocorre no espaço, ou

seja, a estrutura configuracional que gera um movimento de pessoas, decorre de três fatores:

O primeiro é a escala global da cidade, ou seja, o modo como o espaço se estrutura em relação ao seu entorno é mais importante do que o arranjo das edificações nos lugares;

O segundo é a escala local, ou seja, como são constituídos os espaços públicos e como eles se relacionam com as edificações;

O terceiro, finalmente, é a interação social que associada ao espaço através da sua configuração conduz a probabilidades do movimento natural que ocorrerá, e que, por sua vez, acaba por produzir atratores.

Assim, a Sintaxe Espacial através da sua principal medida sintática, a integração busca articular os espaços com os movimentos cotidianos que ocorrem nele, e essa relação espacial busca evidenciar o potencial de conectividade com a cidade (Hillier; Hanson, 1984).

Neste sentido, os princípios do *Smart Growth*, em especial, o uso misto do solo, a densidade e o estímulo ao transporte ativo são essenciais no entendimento desta relação e no fomento de centralidades.

Portanto, conforme visto até aqui, pode-se concluir que estudar a cidade é um processo que envolve diferentes dimensões. Estabelecer métodos que respondam e compatibilizem todas essas dimensões se torna uma atividade extremamente complexa. Além disso, questões sociais, econômicas e políticas são dimensões que envolvem diferentes contextos e escalas, e que, portanto, se tornam difíceis de serem modelados e controlados.

Sendo assim, esta pesquisa se propõe a contribuir no estudo das cidades, a partir das dimensões técnicas. Dimensões estas, que estudam e articulam fenômenos que possam ser modelados e testados, a exemplo da configuração do espaço. No caso desta pesquisa, a configuração do espaço urbano, construído e natural, sob a luz da sintaxe espacial. Entretanto, esta proposição de análise técnica sobre a cidade não elimina as demais dimensões, ao contrário, contribui realizando análises que possam subsidiar estudos para melhor compreender essas outras dimensões. Assim, propõe-se o estudo e aplicação dos conceitos discutidos nesta tese, através de um estudo de caso, a ser descrito no capítulo quatro. Para isso, dá início com o

desenvolvimento de hipóteses, de acordo com o método hipotético-dedutivo de Popper (1946) que guia a abordagem científica desta pesquisa.

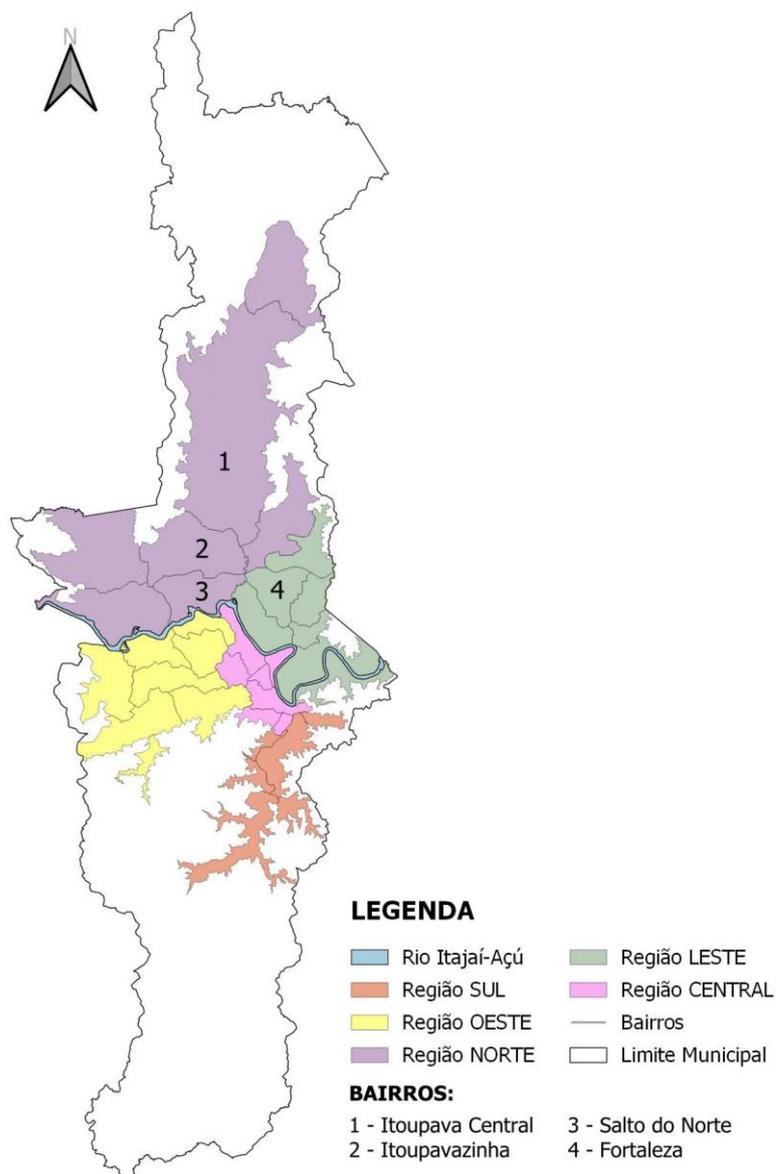
2.8 Hipóteses

Considerando a delimitação e problemática da pesquisa, bem como os objetivos descritos até o momento, têm-se, como hipótese central desta pesquisa, que: ***a sintaxe espacial, quando associada às soluções baseadas na natureza e as métricas de centralidade, permitem avaliar potenciais de centralidades e conectividade com o ambiente natural.***

Sendo assim, a fim de testar e falsear esta hipótese central, considerando o estudo de caso a ser aplicado na cidade de Blumenau, desdobra-se esta hipótese em duas, sendo a primeira com foco na sintaxe espacial e nas métricas de centralidade; e a segunda, com relação às variáveis ambientais, que neste caso, refere-se às áreas verdes e seus fragmentos, assim como, as cheias e deslizamentos de terra, uma vez que há uma pressão sobre essas variáveis, a fim de reduzi-las e/ou negligenciá-las para expandir a ocupação do território:

- Em termos de sintaxe espacial, a região norte, em especial onde se localiza o bairro Itoupava Central (FIGURA 2) pode não apresentar níveis de integração suficientes para a formação de uma centralidade urbana. Ademais, a sua configuração, de característica linear, pode ser desfavorável a sua integração com o restante da cidade, contribuindo para níveis menores de densidade e diversidade no uso do solo. E ainda, considerando o atual Plano de Mobilidade de Blumenau, a execução dos dois anéis viários e demais vias projetadas, (ver figura 22, p. 130), podem reorganizar o desenho urbano, integrando a região norte de Blumenau e criando condições favoráveis para a formação de uma centralidade nesta região. Além disso, a região onde se localizam os bairros Salto do Norte, Fortaleza e Itoupavazinha (FIGURA 2), supõe-se que apresentem atributos mais favoráveis para o surgimento de uma centralidade, apresentando maiores níveis de integração e diversidade no uso do solo;

FIGURA 2 – Regiões da área urbana de Blumenau.



FONTE: Elaborado pelo autor (2024).

- Na cidade de Blumenau, as áreas verdes e seus fragmentos, situadas na região norte, supõe-se que apresentam maiores índices de qualidade do habitat, ou seja, às melhores condições de saúde natural e de biodiversidade. E devido, a maior quantidade dessas áreas nessa região, há maior probabilidade de conectividade entre elas, em detrimento de outras regiões da área urbana da cidade. Ademais, considerando que a cidade de Blumenau é suscetível a cheias, enchentes e

deslizamentos de terra, esta região apresenta condições mais favoráveis de ocupação, em relação a esses eventos.

Sendo assim, será apresentado no terceiro capítulo a descrição da metodologia adotada para cada hipótese, a fim de que sejam testadas, com o objetivo de aproximá-las da realidade e afastar-se da incerteza.

2.9 Conclusão do capítulo

Diante do contexto apresentado neste capítulo, conclui-se que o planejamento urbano tem tentado encontrar meios de responder aos problemas atuais das cidades e passa por um processo de transição. Acredita-se que a cidade contemporânea exige maior debate sobre novas formas de análise do espaço diante de um cenário de complexidade urbana, onde o caráter funcionalista do planejamento urbano moderno não consegue mais dar respostas. Desta forma, o estudo da morfologia urbana vai ao encontro desses anseios, na medida em que permite estudar as formas urbanas, seus agentes e processos de transformação da cidade, utilizando-se de várias abordagens, inclusive a ecológica, através da preocupação em manter a qualidade de áreas verdes em espaços urbanos. A morfologia também pode detectar estruturas dinâmicas e compreender o organismo urbano em diversas escalas (Oliveira, 2016).

Desta maneira, compreender as relações entre o espaço e a sociedade é preponderante, e a abordagem através da sintaxe espacial se destaca enquanto propõe uma análise do espaço na aproximação entre a relação sociedade e forma construída. A sintaxe investiga como a configuração urbana influencia o modo como a cidade funciona e o seu grau de influência. Ou seja, situa-se nas relações entre a estrutura espacial (cidade e edifícios) e as estruturas sociais (comportamento das pessoas), essa estrutura espacial, conhecida como configuração urbana é formada por um conjunto de barreiras e permeabilidades que podem prever restrições e facilidades às pessoas no desempenho de suas atividades, principalmente na maneira como se deslocam (Holanda, 2002). Para Hillier *et al.* (1993) **a configuração é a força motriz de movimento na cidade**, podendo influenciar quais vias e locais são mais ou menos acessíveis, esse potencial pode prever níveis de apropriação e

preferências no espaço. Através do estudo topológico, este sistema de análise cai no campo probabilístico e responde a prováveis áreas mais integradas que correspondem a espaços urbanos com maior fluxo e diversidade de atividades e pessoas. E, ainda, este tipo de análise com o avanço da tecnologia permitiu a possibilidade do uso de ferramentas computacionais associadas a modelos matemáticos que realizam diagnósticos e simulações urbanas antes inviáveis. É claro que, assim como todas as teorias, a sintaxe espacial possui limites e arestas que são continuamente aparadas desde a sua divulgação na década de 1980. Contudo, é uma teoria que se aproxima muito da complexidade contemporânea da cidade e pode ajudar a responder a diversas questões sobre acessibilidade, apropriações e movimento de pessoas, em várias escalas da cidade.

A partir deste contexto, esta tese busca estabelecer uma relação entre a sintaxe espacial, centralidades e a premissa de Soluções baseadas na Natureza (SbN). Esta premissa, trata-se da inclusão de uma perspectiva ecológica no processo de análise de centralidades, através da identificação dos níveis de conectividade de áreas verdes e seus fragmentos existentes na cidade, a fim de estabelecer zonas de amortecimento e limites de expansão da cidade que receberão o estímulo para centralidades.

Desta forma, conclui-se que a cidade atual é complexa e sistêmica, e portanto, precisa de uma abordagem correspondente. O desenvolvimento das cidades é inevitável, mas, pode-se conduzi-lo de maneira inteligente e organizada, e sobretudo, incluir estratégias que contemplem propostas ecológicas em alinhamento com a sustentabilidade das cidades. Neste sentido, a análise urbana a partir da configuração, tanto da configuração dos espaços abertos e barreiras, quanto da configuração das áreas verdes e seus fragmentos vão ao encontro da cidade atual e também da episteme proposta nesta pesquisa, na medida em que se trabalha com sistemas autônomos e complexos (configuração, reprodução social, ambiente natural) e no indeterminismo desses fenômenos. Assim, serão explorados no próximo capítulo, todos os conceitos seminais necessários para construir uma perspectiva de análise configuracional para centralidades, a ser aplicada no estudo de caso.



**3 CONFIGURAÇÃO ESPACIAL: UMA
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Espaço e configuração são conceitos fundamentais no estudo das cidades, em especial, a relação entre áreas construídas e áreas livres. A compreensão da configuração de uma cidade se torna essencial para o planejamento e gestão das áreas urbanas, principalmente ao se considerar o caráter atual das cidades, que são dinâmicas e complexas. Uma análise da morfologia urbana pode ajudar a entender como as cidades evoluem ao longo do tempo e como podem se adaptar para enfrentar os desafios do presente e do futuro. A sintaxe espacial, como uma das abordagens do estudo da configuração espacial pode examinar a organização espacial de edificações, ruas, áreas verdes e outros elementos urbanos e ser usada para analisar a forma como esses elementos se relacionam e interagem entre si, criando padrões e estruturas que definem o ambiente construído. A compreensão desses conceitos serão aprofundados nos tópicos a seguir.

3.1 Um conceito de configuração

Embora Rudolf Arnheim (1960) seja mais conhecido por suas contribuições no campo da psicologia da percepção, suas ideias sobre configuração podem ser aplicadas de maneira relevante ao contexto da morfologia urbana e da configuração espacial. Arnheim e Hooker (2005) abordam a configuração como a organização e estruturação dos elementos visuais em um campo visual, destacando como essa organização influencia a percepção e a interpretação do observador. Essa abordagem pode ser estendida ao ambiente urbano, onde a configuração espacial se refere à organização e disposição dos elementos físicos, como edifícios, ruas, praças e espaços públicos, em uma cidade. Assim como na arte; a maneira como esses elementos são configurados na paisagem urbana pode afetar profundamente a experiência e a interação das pessoas com o ambiente. Uma configuração cuidadosa pode criar espaços acolhedores, funcionais e esteticamente agradáveis, enquanto uma configuração desorganizada ou caótica pode gerar desconforto e desorientação. Portanto, embora Rudolf Arnheim não tenha desenvolvido explicitamente suas ideias sobre configuração em relação à morfologia urbana, seus conceitos sobre organização visual e percepção podem ser aplicados de forma útil para entender como a configuração espacial influencia a qualidade e a experiência do ambiente urbano.

A maneira como esses elementos são configurados pode influenciar a legibilidade da cidade, a facilidade de orientação e acesso, a identidade local e a qualidade estética do ambiente construído. Lynch (1960) investigou como os habitantes percebem e se orientam no ambiente urbano. Ele introduz o conceito de imagem mental urbana, e destaca elementos como bordas (limites entre áreas), marcos (pontos de referência), caminhos (rotas percorridas) e nós (pontos de interseção e encontro), elementos que contribuem para a legibilidade da cidade. O autor enfatiza a importância da organização visual da cidade na compreensão e na experiência urbana. Gehl (1971) examinou o papel dos espaços públicos na vida urbana e defendeu uma abordagem centrada nas pessoas, no planejamento urbano. O autor argumenta que os espaços públicos humanizados e acessíveis são essenciais para promover a interação social, o bem-estar e a qualidade de vida dos habitantes das cidades. E ainda, baseia suas ideias em estudos empíricos sobre o comportamento humano no ambiente construído. A partir da necessidade de compreender o espaço urbano e as relações sociais envolvidas, Hillier e Hanson (1984) através da Teoria da Sintaxe Espacial, buscaram entender a estrutura do espaço urbano em termos de padrões de conectividade e acessibilidade. Os autores argumentaram que a organização espacial influencia diretamente a percepção e o comportamento das pessoas na cidade, e propuseram métodos analíticos para estudar e representar esses padrões. A abordagem da sintaxe espacial tem origem na sociologia espacial, mas compartilha semelhanças conceituais com as ideias de configuração de Arnheim, ao considerar a organização visual e estrutural do ambiente urbano.

Portanto, pode-se traduzir o conceito de configuração para o espaço como aquele que descreve a disposição, organização e estruturação dos elementos físicos em um determinado ambiente, seja ele urbano ou não. Esses elementos podem incluir edifícios, ruas, praças, espaços verdes, corpos d'água e outras características do ambiente construído ou natural. A configuração espacial, refere-se não apenas à distribuição física desses elementos, mas também às relações e interações entre eles. Isso envolve a forma como os elementos são arranjados no espaço, sua orientação, proporção, escala e conectividade. A configuração espacial influencia a experiência humana do ambiente, afetando a percepção, a interação e o uso do espaço pelos habitantes.

Inúmeras pesquisas vêm sendo desenvolvidas a partir do conceito de configuração espacial. Pereira *et al.* (2011) usaram a abordagem da configuração espacial para evidenciar padrões de movimento em relação a simulações do desenho urbano. Villaça (2012) utilizou a configuração espacial para estudar padrões de segregação e desigualdades sociais em várias cidades brasileiras. Mussi (2022) estudou como os padrões de segurança e insegurança são afetados pela forma, e como esta relação molda a evolução dos centros e centralidades. Na verdade, todos esses autores utilizaram a sintaxe espacial como abordagem teórica para explicar a organização e a estruturação do espaço urbano em termos de padrões de conectividade e acessibilidade. Buscaram entender como a disposição e a distribuição dos elementos físicos urbanos influenciam o comportamento humano e social na cidade. Portanto, a configuração espacial é uma parte fundamental da sintaxe espacial, pois fornece o contexto e os elementos que a sintaxe analisa e interpreta para compreender a estrutura do espaço urbano. Assim, pode-se dizer que a sintaxe espacial é embasada no conceito de configuração espacial, pois ela se baseia na análise e interpretação dos padrões de configuração do espaço urbano para entender como esses padrões influenciam a percepção, a circulação e a interação das pessoas na cidade.

Outra teoria desenvolvida antes mesmo do conceito de configuração espacial, é a teoria sobre o Diagrama de Voronoi. Nome dado em homenagem a seu criador Georgy Voronoi por volta do final do século XIX. Esta teoria, se aproxima do conceito de configuração e pode ser utilizada para estudar a organização do espaço urbano. A teoria reside na capacidade de usar uma técnica matemática para analisar e representar os padrões de configuração do espaço urbano, auxiliando na compreensão da organização e estruturação do ambiente construído e suas implicações para a vida urbana.

3.2 Diagrama de voronoi

O Diagrama de Voronoi é empregado em diversas áreas do conhecimento, na arqueologia, biologia, cartografia, meteorologia, estatística e, mais recentemente, em

planejamento urbano e regional. A história do uso do Diagrama de Voronoi se inicia com Descartes, em dois de seus trabalhos, *Le Monde de Mr. Descartes* e *Le Traité de La Lumière*, publicados em 1644. Nesses estudos, Descartes usou diagramas para demonstrar a disposição da matéria no sistema solar, esses diagramas são muito semelhantes aos criados posteriormente por Georgy Voronoi.

Os primeiros trabalhos que apresentaram os polígonos na forma do diagrama como é conhecido hoje foram os de Dirichlet em 1850, e Voronoi em 1894. Dirichlet considerava o diagrama em duas e três dimensões, mais limitado. Enquanto, Voronoi desenvolveu seus estudos para diagramas em “*n*” dimensões, e portanto, acabou por se popularizar e ser aplicado em diversos estudos após isso. (Boots, *et al.*, 1995).

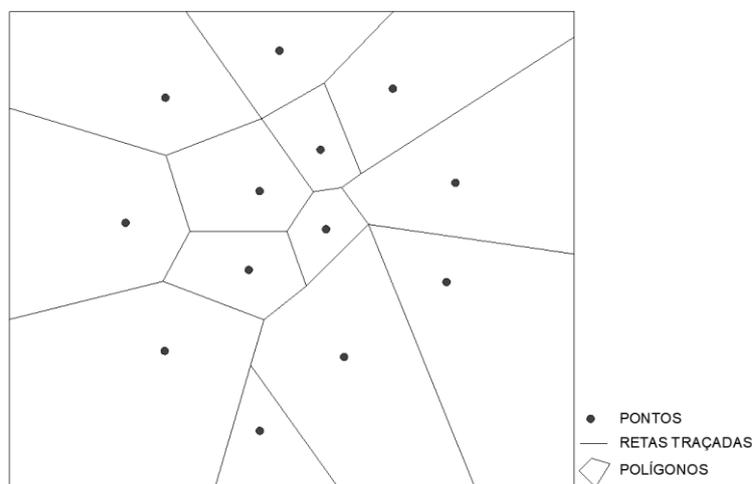
Vale destacar, que foi a partir de 1911 através de Alfred Thiessen, que o diagrama de voronoi passou a ser utilizado para representar espacialmente a relação entre áreas geográficas, e então, sua aplicação passou a ser mais intensa nas áreas da cartografia, meteorologia e planejamento urbano (Brassel; Reif, 1979). Além disso, através do avanço da tecnologia e o desenvolvimento de algoritmos para a resolução de cálculos matemáticos, a aplicação do diagrama de voronoi se desenvolveu exponencialmente.

O Diagrama de Voronoi é uma técnica matemática, da geometria, útil para estudos de proximidade em um plano. Ele permite a identificação de áreas de cobertura e regiões de influência no espaço, sendo por isso, aplicado a problemas de localização, de acessibilidade, proximidade e zoneamento. De acordo com Novaes (2007), o diagrama segue uma proposição matemática, sendo dado um conjunto de pontos distintos $P = [P_1, P_2, \dots, P_n]$ num espaço contínuo. Procura-se associar todos os pontos desse espaço com o membro mais próximo do conjunto P . O conjunto fechado de “*n*” pontos constitui o conjunto gerador do diagrama de Voronoi. Sendo assim, o diagrama nasce quando um plano com “*n*” pontos é partido em áreas de influência, de forma que cada região contenha um ponto gerador e cada ponto em uma dada região tenha a menor distância possível do seu ponto gerador do que de qualquer outro ponto.

O diagrama base dessa formulação é o diagrama ordinário (FIGURA 3), em que a distância entre dois pontos é a euclidiana, com as sub-regiões resultantes formadas por polígonos convexos. Sendo assim, entre esses pontos são traçadas retas equidistantes entre si, que irão formar as bordas dos polígonos. Cada polígono

é fechado e adjacente a outro, contendo apenas um dos pontos geradores. Esses pontos geradores possuem o mesmo peso e sua construção depende apenas da distância entre eles. Há outras derivações de diagramas que consideram pesos diferentes para cada ponto gerador. Contudo, foi selecionado para esta tese, o diagrama ordinário, que melhor representa a espacialidade das áreas verdes e fragmentos a serem analisadas (Novaes, 2007).

FIGURA 3 – Esquema hipotético de Diagrama de Voronoi Ordinário.



FONTE: Elaborado pelo autor (2024).

Atualmente, através do avanço de algoritmos e softwares de geoprocessamento, a exemplo do QGis, utilizado nesta pesquisa, é possível desenvolver o Diagrama de Voronoi com mais eficiência e rapidez, além da possibilidade de trabalhar com áreas bem maiores. Steven Fortune, em 1986 propôs um algoritmo, depois nomeado de Algoritmo de Fortune, como uma técnica computacionalmente eficiente para a construção de diagramas de Voronoi.

Este algoritmo divide o espaço em regiões com base na proximidade dos pontos em relação a um conjunto de pontos específicos, chamados de “sites”, no algoritmo. A ideia básica do algoritmo é realizar uma série de curvas parabólicas, utilizando uma estrutura de dados chamada *beachline*, que é uma estrutura de dados dinâmica que representa a fronteira em um dado ponto do algoritmo. Então, esta *beachline* inicia sua varredura horizontalmente, da esquerda para a direita, em seguida, ele passa por cada “site”, calculando as partes da *beachline* que mudam quando esse “site” é adicionado. Isso envolve uma divisão e uma fusão de segmentos

de *beachline*. À medida que o algoritmo progride, ele constroi a estrutura final do diagrama de Voronoi (Berg; Kreveld; Overmars, 2008). Este algoritmo é uma ferramenta importante na computação geométrica, permitindo a construção rápida e eficiente de diagramas de Voronoi, e pode ser utilizado através de uma ferramenta chamada Diagrama de Voronoi, encontrada no *software* QGis.

Um ponto de destaque é que o Diagrama de Voronoi surge também a partir do entendimento da Teoria dos Grafos de Leonhard Euler (1736), na medida em que nasce de estruturas compostas por nós (pontos geradores) e conectados por arestas (linhas), de uma maneira diferente dos grafos, porém, com o mesmo objetivo matemático, encontrar conectividade e acessibilidade. A seguir será mais bem detalhada a Teoria dos Grafos.

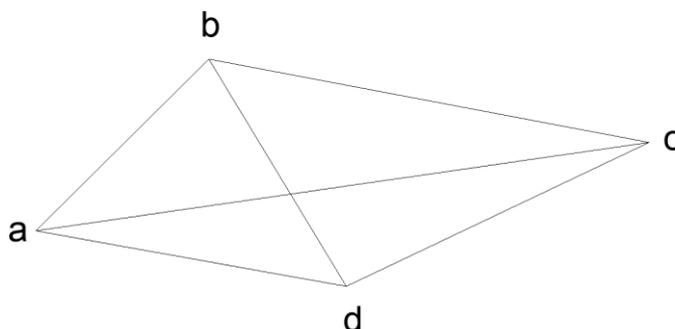
3.3 Teoria dos grafos

Conforme Ore (1990) e Biggs *et al.* (1998), a Teoria dos Grafos surgiu por meio de desafios envolvendo jogos e quebra-cabeças, em contraste com muitos casos da matemática que foram instigados por problemas envolvendo cálculos, movimentos, entre outras questões. Apesar de parecer trivial, essa teoria acabou por contribuir para resolver inúmeros problemas matemáticos.

Em 1736, o matemático suíço Leonhard Euler (1707-1783) redigiu seu primeiro artigo relacionado aos grafos, o que impulsionou essa teoria e reconfigurou diversos aspectos da matemática. Através do estudo do Problema das Pontes de Königsberg, onde Euler (1736) observou na cidade de Königsberg - uma urbe da antiga Prússia do século XVIII, atual Kaliningrado, Rússia - que havia duas ilhas que, juntamente com a parte continental, eram conectadas por sete pontes. Na cidade, discutia-se a viabilidade de atravessar todas as pontes, sem repeti-las. Foi então que Euler propôs a solução, utilizando um raciocínio simples: converteu os trajetos das pontes em linhas e suas interseções em pontos, criando possivelmente o primeiro grafo da história. A partir disso, ele percebeu que seria possível atravessar o trajeto completo passando apenas uma vez em cada ponte se houvesse no máximo dois pontos de onde saísse um número ímpar de trajetos. A base dessa ideia residia no fato de que, em cada ponto deveria haver um número par de trajetos, representando a chegada e a partida.

Os dois pontos com trajetos ímpares referiam-se ao início e ao fim do percurso, pois estes não precisariam de um trajeto para chegar e um trajeto para sair, respectivamente (Ostroski; Menoncini, 2009). Essa descoberta acabou por passar despercebida por vários anos, até que outros matemáticos e cientistas começaram a empregar essa técnica para resolver outros problemas, como Kirchhoff (1847) para estudar circuitos elétricos, Cayley (1857) para aplicações em química orgânica e Hamilton (1857) para abordar estudos sobre trajetos fechados e únicos. E a partir de 1970, a teoria dos grafos teve um grande avanço com o desenvolvimento acelerado dos computadores, os quais, após a criação do primeiro *software* para microcomputador por parte dos, então estudantes, William (Bill) Gates e Paul Allen, geraram publicações relacionadas a algoritmos de grafos, abrindo assim possibilidades para a utilização aplicada da teoria dos grafos. Já no Brasil, a teoria dos grafos teve início no ano de 1968 com a apresentação de trabalhos sobre essa teoria, no I Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (Boaventura Netto, 2006).

De acordo com Costa (2011), um grafo (G) pode ser representado pela descrição matemática $G = G(V,E)$. Onde " V " é um conjunto discreto e ordenado de pontos denominados vértices; e " E " um conjunto de linhas denominadas arestas. Cada aresta está conectada a pelo menos um vértice. Com a ideia de pontos interligados por linhas, a representação por grafos pode facilitar a compreensão e a resolução de problemas. Desta forma, estruturas que podem representar rotas de transporte, redes de comunicação, logística de produtos, assim como estruturas moleculares, podem ser expressas por meio de grafos. Como exemplo, consideremos um grafo G com $V = [a, b, c, d]$. Assim temos: $A = [ab, ad, ac, bc, bd, cd]$. Portanto, temos A formado por pares distintos de elementos distintos de V , o que resulta em G sendo um grafo simples (FIGURA 4).

FIGURA 4 – Esquema de um grafo simples.

FONTE: Elaborado pelo autor (2024).

De maneira geral, o estudo sobre grafos vem crescendo nas últimas décadas, devido ao avanço de tecnologias computacionais, que possibilitam a resolução de problemas por meio de grafos, via algoritmos, com maior eficiência, rapidez e confiabilidade. Assim, a crescente aplicabilidade dessa teoria é um fator positivo para o desenvolvimento social, sendo um dos modelos práticos que merece destaque quando se busca selecionar elementos em conjuntos independentes, mas com características comuns, sendo a Teoria dos Grafos a base para a Sintaxe Espacial.

3.4 Sintaxe espacial: a teoria da lógica social do espaço

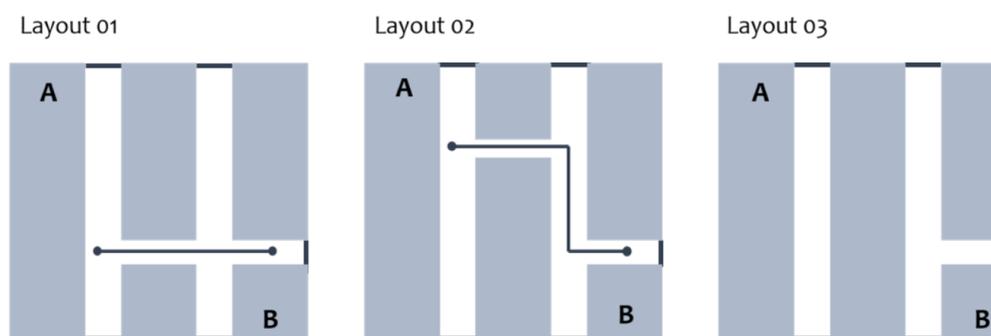
A Sintaxe Espacial surge como uma teoria que estuda a morfologia urbana. Essa teoria denominada Teoria da Lógica Social do Espaço parte de uma análise sistêmica da configuração urbana e a influência dela sobre o uso dos espaços na cidade. Além disso, incorpora atributos sociais, fenômenos e outros processos urbanos (Hillier; Hanson, 1984).

Os primeiros estudos a respeito desta teoria se iniciam por volta de 1970, mas se consolidam em 1984 com a publicação do livro *A Lógica Social do Espaço*. Durante este período os autores questionavam a maneira como o desenho urbano era tratado. Acreditavam que não bastava estudar normas, estética e função das cidades, era preciso avançar no conhecimento da relação social entre estrutura, a forma e a sociedade. Neste sentido, os autores concluem que a organização espacial, a maneira como as pessoas se apropriam do espaço está diretamente relacionada aos padrões

existentes de barreiras e permeabilidades existentes no espaço, moldando o comportamento humano. Sendo assim, a maneira como essas barreiras e permeabilidades se estruturam moldam o desenho das cidades e impactam na vida cotidiana das pessoas. (Holanda, 2002).

Hillier *et al.* (1987) destacam que o desenho urbano pode permitir, criar ou afastar a apropriação urbana. Através da sua configuração, as pessoas podem se sentir seguras e convidadas a estarem e vivenciarem o espaço urbano, assim como o oposto também é verdadeiro. Um exemplo utilizado pelos autores para evidenciar a maneira como o desenho urbano pode influenciar nas barreiras e permeabilidades do espaço foi através da comparação de diferentes layouts urbanos (FIGURA 5).

FIGURA 5 – Esquema de layout urbano hipotéticos.



FONTE: Lopes (2022).

Ao avaliar os layouts de 01 a 03, nota-se que as restrições de acesso às vias aumentam, quando se pretende ir do ponto A ao ponto B. No layout 01, não há restrição, uma linha reta liga os dois pontos. No layout 02 existem barreiras, que obrigam o indivíduo a mudar de direção duas vezes. Enquanto, no layout 03 as barreiras simplesmente restringem o trajeto, sendo impossível alcançar o ponto B (Lopes, 2022).

Assim, pode-se concluir que cada configuração espacial possui uma capacidade específica de facilitar diferentes formas de movimento humano, que podem variar em quantidade, tipo, diversidade de pessoas, entre outros aspectos. Essa capacidade pode estar relacionada às características das barreiras físicas (tais como edifícios ou outras estruturas que limitam o movimento), das áreas permeáveis (espaços vazios pelos quais as pessoas se deslocam na cidade) ou de ambos

simultaneamente. Nesse contexto, a Sintaxe Espacial se concentra na análise da disposição dos espaços vazios, especialmente em como esses espaços entre as barreiras e as áreas permeáveis se conectam para facilitar ou dificultar a circulação no ambiente. Visando identificar padrões formais e estruturais na rede de espaços vazios para compreender a relação entre a estrutura física da cidade e as oportunidades de interação social através da Análise Sintática do Espaço (Hillier *et al.*, 1987).

Esta abordagem metodológica envolve um conjunto de técnicas para representar e analisar a inter-relação entre os elementos da cidade. A representação dessa metodologia parte de uma conceituação dos espaços vazios da cidade baseada em uma geometria espacial das atividades humanas. O movimento dentro do espaço, a interação com outras pessoas ou a simples observação do espaço de um determinado ponto dentro dele possuem uma geometria espacial inerente e necessária: o movimento é predominantemente linear, as interações demandam um espaço convexo onde todos os pontos possam ser visualizados uns pelos outros, e de qualquer ponto do espaço temos um campo visual variado, frequentemente em forma de estreita faixa, que se denominou de isovista (Hillier; Vaughan, 2007).

Medeiros (2013) esclarece que essa abstração realizada no desenho urbano está pautada sob uma ótica relacional. Na sintaxe, a ênfase está nas conexões estabelecidas, onde o significado não reside no elemento individual ou no fato, mas sim nas relações que ele estabelece. Em outras palavras, as características de qualquer elemento dentro do contexto urbano são mais influenciadas pela sua posição no sistema espacial como um todo e pelas dinâmicas globais, do que por eventos ou dinâmicas locais específicas. Essas características derivam de uma configuração espacial. As relações espaciais ocorrem sempre que há alguma forma de ligação entre dois espaços. Configuração surge quando a relação entre dois espaços se altera ao relacioná-los com um terceiro, ou mesmo com múltiplos espaços. As descrições configuracionais primordialmente enfatizam como cada sistema de espaços se relaciona para formar padrões, em vez de destacar propriedades localizadas (Hanson, 1999).

Assim, o estudo da configuração do espaço urbano proporciona melhor compreensão sobre a estrutura física da cidade em níveis global e local, considerando a posição de cada ponto dentro do sistema. Isso permite a compreensão de aspectos

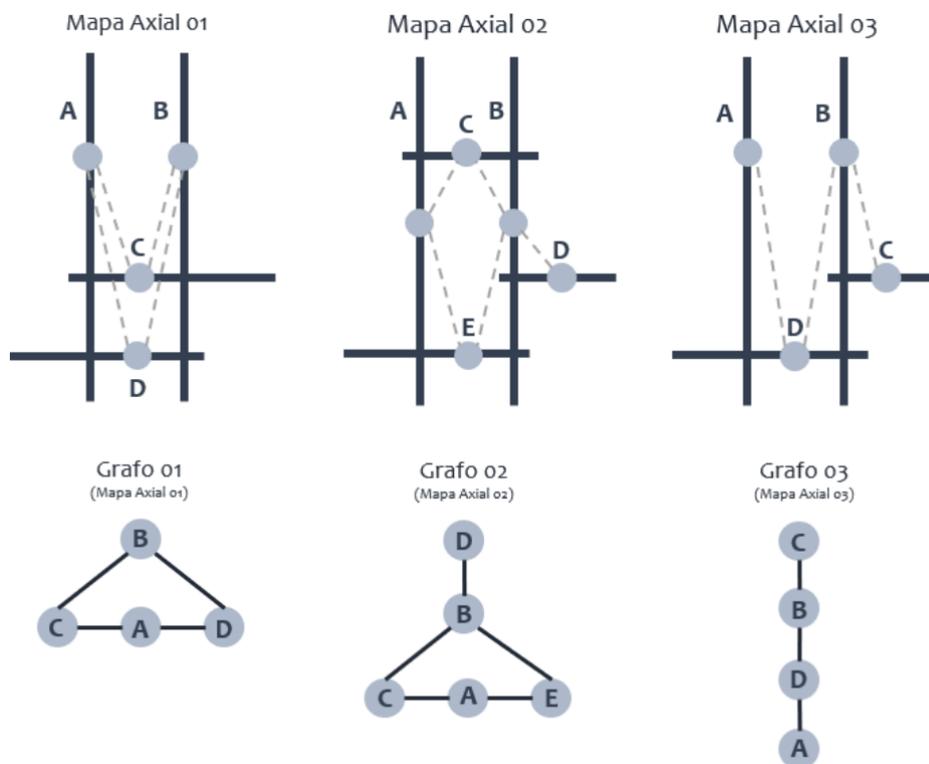
do funcionamento das cidades que outras abordagens negligenciam, como: hierarquia, controle, profundidade, continuidade ou descontinuidade, contiguidade e separação, distância e proximidade, integração e segregação, entre outros (Hillier; Hanson, 1984).

Hillier *et al.*, (1993) então, desenvolvem a teoria do movimento natural. Esta teoria sugere que o potencial de movimento das pessoas em qualquer local da cidade está ligado à sua relação com o todo. Locais mais bem conectados são mais acessíveis e permeáveis, o que tende a promover mais movimento e interações interpessoais, ao passo que espaços menos integrados tendem a ser mais segregados e ter menos potencial para encontros. Esse potencial de movimento, por sua vez, pode agir como um fator multiplicador, atraindo uma maior variedade de usos do solo que dependem do movimento para existir, como comércios e serviços, o que consequentemente aumenta o fluxo de pessoas, a densidade populacional e construída; e a possível mistura de usos do solo. Para entender melhor o potencial de movimento de cada espaço na cidade, os autores propõem uma análise configuracional baseada em uma representação axial da cidade. Essa representação se baseia em um mapa que destaca o menor conjunto de linhas mais longas que cobrem todas as permeabilidades do sistema urbano, conectando-se umas às outras através das ligações existentes no sistema. Cada uma dessas linhas retas, denominadas eixos, representa um espaço que pode ser visualmente percebido e acessado diretamente.

3.4.1 Axialidade: a análise axial

Lopes (2022) esclarece que a análise configuracional, a partir da representação axial, está fundamentada na topologia e na Teoria dos Grafos para representar as conexões entre os espaços urbanos, que são transformados em nós e arestas de um grafo matemático. Nesta abordagem, utiliza-se um tipo de grafo diferente da tradicional rede de ruas, onde os nós correspondem às intersecções dos eixos e as arestas representam os próprios eixos. Aqui, os nós são os próprios eixos e as conexões entre eles são representadas pelas arestas (FIGURA 6).

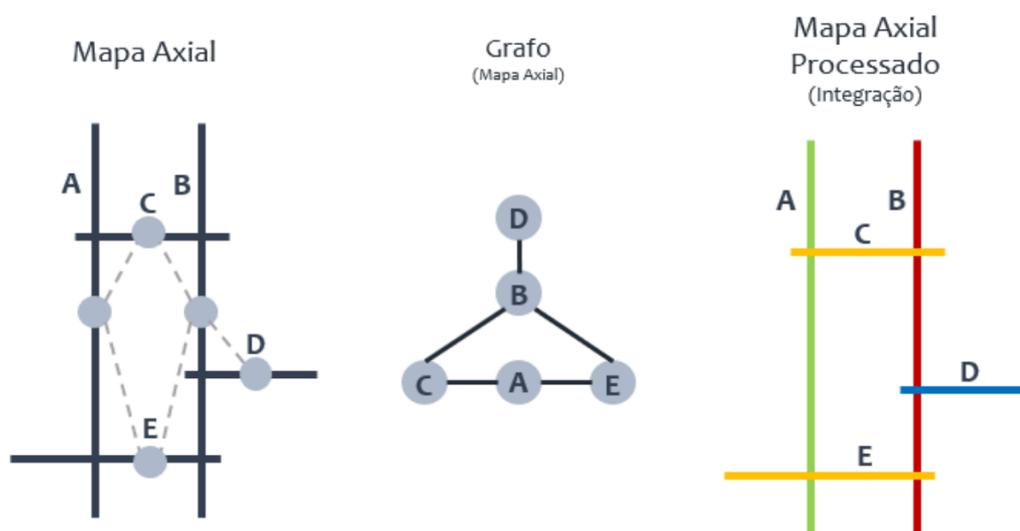
FIGURA 6 – Esquema comparativo entre a representação de linhas axiais em grafos simples.



FONTE: Lopes (2022).

A partir destes grafos, é possível extrair informações topológicas relacionadas às mudanças de direção, às conexões estabelecidas por cada ponto no sistema e, conseqüentemente, às questões de posicionamento e centralidade dos eixos na estrutura urbana como um todo. Isso é realizado através da criação de uma matriz de relação entre todos os nós, resultando em medidas sintáticas (FIGURA 7).

FIGURA 7 – Esquema de mapa axial, grafo simples e mapa axial com a medida sintática de integração (processado).



FONTE: Lopes (2022).

Essas medidas sintáticas são frequentemente representadas graficamente no mapa axial por meio de uma escala de cores, que varia do azul escuro, que indica espaços menos acessíveis, conectados ou integrados, até o vermelho intenso, que indica espaços mais acessíveis, conectados e integrados (Lopes, 2022). Sendo a medida de integração, a principal medida de representação da Sintaxe Espacial.

3.4.2 Medida de integração

A medida sintática principal, conhecida como integração, representa a distância topológica entre uma linha de movimento (linha axial) e um conjunto fixo de outras linhas em um sistema (rede) espacial. Essa distância é calculada pela quantidade de mudanças de direção necessárias para alcançar outra linha, denominada Integração R_n , onde 'n' é o número total de linhas no sistema estudado. Outra abordagem para examinar a integração é através da medida de Integração R_3 , que focaliza em uma escala mais local, considerando um limite de até três passos topológicos, ou seja, três mudanças de direção (Hillier; Hanson, 1984). O conceito por trás dessas medidas pode ser compreendido visualmente, como exemplificado na figura 5 (esquema de layout urbano hipotético, ver p. 68), mostrando a rota de A para B e as mudanças de direção na rede viária. Holanda (2002) observa que linhas altamente integradas, ou

seja, aquelas com valores elevados de integração, são consideradas acessíveis e facilmente alcançadas de todas as partes do sistema. Por outro lado, linhas segregadas, com baixa integração, são menos acessíveis e mais profundas na rede.

Hillier e Hanson (1984) sugerem que os empreendimentos comerciais tendem a se localizar em áreas altamente integradas do sistema urbano, onde há maior probabilidade de atrair fluxo de pessoas e oportunidades de encontros, independentemente do uso do solo. Hillier (2001) acrescenta que é crucial identificar não apenas as linhas mais integradas e segregadas, mas também os núcleos de integração, os quais compreendem aproximadamente 10% das linhas com maior valor de Integração R_n em todo o sistema. Esses núcleos geralmente se estendem das áreas centrais em direção às bordas da cidade, embora possam mudar dinamicamente ao longo do tempo, adaptando-se às transformações urbanas. Em sistemas altamente integrados, o núcleo de integração tende a expandir e fortalecer toda a área circundante. Esses núcleos são frequentemente onde se concentram atividades comerciais e de serviços (Holanda, 2002). Além da medida sintática de integração, outra métrica relevante é a medida de escolha, que calcula a integração com base nos caminhos mais curtos entre cada par de linhas no sistema, representando a probabilidade de uma linha estar presente nesses caminhos mínimos (Figueiredo, 2005).

3.4.3 Medida de escolha

Essa medida sintática expressa a probabilidade de um espaço urbano ser selecionado como rota de passagem de um ponto para todos os outros pontos do sistema. Ela reflete quantas vezes uma determinada linha é incluída no conjunto de todos os caminhos mais curtos entre todas as linhas do sistema. A medida de escolha serve como um indicador da popularidade de um espaço para ser utilizado como rota de passagem. Quanto mais conectada uma via urbana estiver, maior será a probabilidade de ser escolhida como rota, o que, por sua vez, atrai fluxos de pedestres e veículos (Figueiredo, 2005).

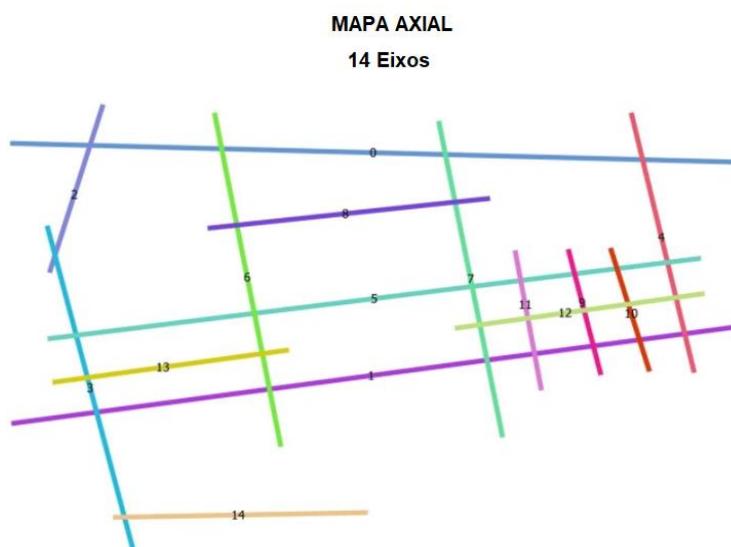
Apesar das contribuições significativas da Sintaxe Espacial, ela também recebeu críticas desde o seu surgimento devido a algumas inconsistências que limitam sua capacidade analítica. Uma dessas críticas importantes veio de Turner

(2001), que observou diferenças na sinuosidade e angulação das linhas, sugerindo o uso de mapas de segmentos e análises angulares de segmentos. Essa proposta foi reconhecida posteriormente por Hillier como uma contribuição valiosa no estudo da sintaxe.

3.5 Análise angular de segmentos

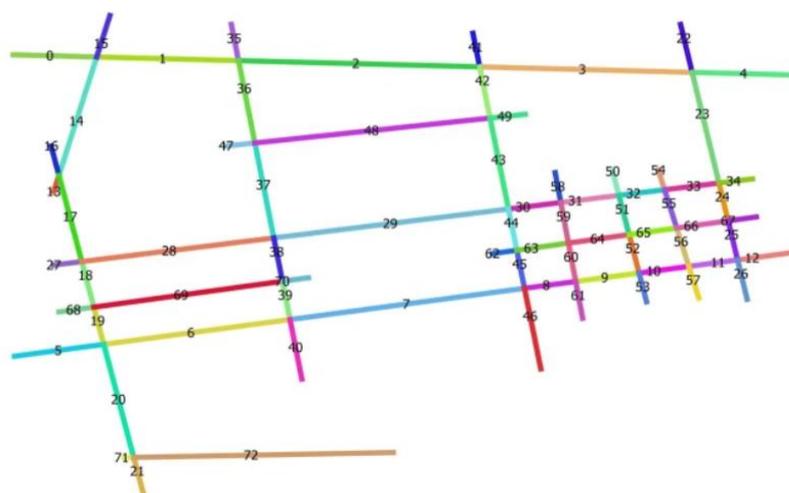
A análise angular de segmentos surge como uma evolução da análise axial e aborda questões destacadas por pesquisadores no aprofundamento sobre a teoria da sintaxe espacial. Dois problemas principais foram identificados: o problema das linhas longas, que eram cruzadas por muitas outras, elevando equivocadamente o nível de conectividade; e o problema da sinuosidade, onde pequenas curvas eram consideradas mudanças de direção na análise topológica, embora muitas vezes não ocorressem mudanças de direção no deslocamento das pessoas. Esses desafios levaram Turner (2001) a propor um novo método chamado mapa de segmentos. Nesse mapa, os eixos são divididos em segmentos menores quando interseccionam outro eixo em uma angulação maior que 30 graus. Dessa forma, o nó do grafo passa a ser o segmento, não mais o eixo inteiro. Isso permitiu uma análise mais refinada do movimento de indivíduos na cidade, aproximando a representação da experiência humana no ambiente urbano (FIGURA 8).

FIGURA 8 – Esquema de rede, em mapa axial e mapa de segmentos.



MAPA DE SEGMENTOS

72 Eixos



FONTE: Castro (2016), adaptado pelo autor.

Com esse avanço, surgiu a análise angular de segmentos, que difere da topológica ao considerar os ângulos resultantes das interseções entre os segmentos para definir mudanças na direção. Essa abordagem reflete a ideia de que os pedestres escolhem rotas que resultem em mudanças de direção mínimas, além de serem curtas, contínuas e diretas. Esse é, atualmente, o entendimento mais aceito pela Sintaxe Espacial de como o movimento de pedestres ocorre nos sistemas espaciais. Na análise angular de segmentos, as medidas principais são a integração e a escolha. A integração, baseada em centralidade e proximidade, indica a melhor forma de se locomover de um ponto a outro na cidade. Já a escolha avalia a centralidade de atravessamento (*betweenness*), considerando a possibilidade de atravessar um segmento específico a partir de todos os outros pontos de origem e destino. Esta medida é calculada gerando caminhos mais curtos, com o menor custo angular, entre todos os pares de segmentos do sistema. Soma-se então o fluxo através de cada segmento de acordo com quantas viagens são feitas através de cada segmento e divide-se pelo número total de viagens possíveis. Além disso, é possível estudar a análise angular de segmentos a partir de raios métricos, permitindo identificar, por exemplo, quantas escolas estão acessíveis a partir de um determinado ponto, dentro de um raio específico (Turner, 2007).

Essas medidas foram amplamente testadas empiricamente e mostraram resultados robustos na captura real do movimento e compreensão da malha urbana. Após esses diversos estudos, Hillier; Yang e Turner (2012) propuseram a normalização¹ dessas medidas, resultando na Integração Angular Normalizada (NAIN) e na Escolha Angular Normalizada (NACH), que se tornaram ferramentas padrão na análise sintática do espaço desde então. As medidas foram testadas em diversas cidades, de maneira normalizada e não normalizada, chegando à conclusão de que a normalização se aproximava muito mais da realidade do movimento de pessoas. O que resultou na publicação do artigo: *Normalising least angle choice in Depthmap and how it opens up new perspectives on the global and local analysis of city space*, publicado em 2012 pelos autores.

Além disso, foi proposta por Hillier *et al.* (2012), a combinação das medidas de integração e escolha normalizadas, denominada INCH (*Integration+Choice*). Essa medida expressa o potencial de movimento humano dentro do espaço urbano e revela a lógica social da cidade. A combinação dessas medidas sintáticas revela quais os espaços minimizam as distâncias; e qual o potencial de atravessamento. Assim, linhas com valores superiores a 1,67 são muito integradas e abaixo de 1, muito segregadas. Quanto à escolha, valores acima de 1,4 são espaços com alto potencial de escolha, e abaixo de 0,8 possuem baixo potencial de Escolha (Hillier *et al.*, 2012). Embora o INCH seja uma medida unificada, não substitui a análise isolada das medidas de integração e escolha, pois cada uma reflete um tipo de centralidade importante, dependendo do objetivo da pesquisa.

A análise angular de segmentos desempenhou um papel importante na pesquisa sobre a forma das cidades, especialmente quando considerada à luz da sintaxe espacial e da teoria dos grafos. Isso permitiu que os estudiosos vissem as cidades de uma nova maneira, mais centrada na sua estrutura e organização. Paralelamente, as correntes contemporâneas do urbanismo têm se voltado cada vez mais para o estudo das centralidades e policentralidades, conforme já apontado por Lefebvre em 2004. Nesse contexto, estudar as centralidades sob a perspectiva da

¹ O embasamento teórico, assim como o método, as fórmulas e os cálculos da normalização estão descritos em detalhes, no artigo: *Normalising least angle choice in Depthmap and how it opens up new perspectives on the global and local analysis of city space*, que pode ser acessado através do endereço: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1389938/>.

sintaxe e da teoria dos grafos, e incluir outros elementos urbanos nessa análise, como os edifícios, foi uma proposta apresentada por Sevtsuk em 2012, por meio do desenvolvimento de novas métricas de centralidade.

3.6 Novas métricas de centralidade

Embora a investigação sobre grafos e redes espaciais tenha suas raízes em Euler (1736), a aplicação extensiva de métodos de análise de redes em estudos urbanos só se intensificou nas últimas décadas, principalmente devido à necessidade de recursos computacionais avançados. Estudos demonstraram que as medidas de análise de redes podem prever eficazmente diversos fenômenos urbanos significativos. Essas medidas têm sido especialmente úteis para elucidar a importância de interseções específicas em redes de transporte, a conectividade das ruas, o fluxo de pedestres nas vias urbanas e a distribuição de estabelecimentos comerciais e de serviços em ambientes urbanos. Com a disponibilidade cada vez maior de dados geográficos em cidades ao redor do mundo, há uma demanda crescente por ferramentas acessíveis que permitam a análise de redes em diversas áreas do conhecimento (Sevtsuk; Mekonnen, 2012).

A abordagem tradicional na representação de redes espaciais tem sido a utilização de dois elementos básicos: nós e arestas. Em redes de ruas urbanas, por exemplo, as arestas geralmente correspondem aos segmentos de rua, enquanto os nós representam os cruzamentos onde esses segmentos se encontram. No entanto, essa abordagem apresenta limitações na interpretação teórica e aplicabilidade prática dos resultados em ambientes urbanos reais. Uma dessas limitações é a exclusão das edificações, que desempenham um papel fundamental como origens e destinos de atividades urbanas, da análise. A representação tradicional também falha em não considerar as variações na densidade e diversidade construída que caracterizam os ambientes urbanos. O que nos diz a conectividade de uma rua se os prédios não forem considerados? Se considerarmos que prédios localizados ao longo de um determinado segmento de rua obtêm valores idênticos de acessibilidade, não seria produtivo quando um prédio é localizado no canto de uma grande interseção receber o mesmo nível de acessibilidade que um prédio no meio de um quarteirão, ignorando

efetivamente as diferenças locais que poderiam desempenhar um papel importante em ambientes construídos (Sevtsuk; Mekonnen, 2012).

Para superar essas limitações, os pesquisadores Sevtsuk e Mekonnen (2012) propuseram modificações na representação da rede do ambiente construído, utilizando a sintaxe espacial como referência teórica. Essas modificações incluem a inclusão de prédios (ou outras localizações relevantes) na representação da rede, adotando uma abordagem tripartida que considera arestas, nós e prédios. Além disso, foi introduzida a capacidade de atribuir valores a essas instâncias, permitindo a captura de variáveis como densidade e diversidade do ambiente construído. Essas contribuições foram implementadas através de uma ferramenta, denominada *Urban Network Analysis (UNA)*, que realiza análises de cálculos de centralidade. A partir da análise espacial em redes urbanas, essas métricas, chamadas de novas métricas de centralidade consideram a geometria e topologia da rede permitindo uma análise mais aprofundada da interação entre esses elementos urbanos. Faria e Souza (2023) realizaram um resumo dessas métricas de centralidade e seus conceitos (quadro 2).

QUADRO 2: Métricas de centralidade.

MÉTRICA	CONCEITO
Centralidade por alcance (<i>reach</i>)	É definida pelo cálculo de quantos acessos a edifícios no entorno cada edifício pode alcançar, dado um determinado raio sobre a malha urbana.
Centralidade por intermediação (<i>betweenness</i>)	É calculada pela quantidade das menores distâncias entre pares de edifícios, numa malha urbana, que passa por um determinado edifício.
Centralidade por proximidade ou integração (<i>closeness</i>)	É o inverso da distância necessária para se atingir a todos os demais edifícios de uma malha, dado um raio que inclui o somatório das menores distâncias até aquele ponto.
Centralidade por linearidade (<i>straightness</i>)	É mensurado pela distância para cada trajeto mais curto de um ponto de interesse até os demais edifícios, assemelhando-se ao cálculo euclidiano de distâncias diretas.
Centralidade por atração (<i>gravity</i>)	É a medida de acessibilidade a um determinado edifício numa malha urbana como sendo diretamente proporcional aos pesos que outros edifícios assumem, em algum grau, como atratores, e inversamente proporcional à distância a eles.

Fonte: Faria e Souza (2023), adaptado pelo autor.

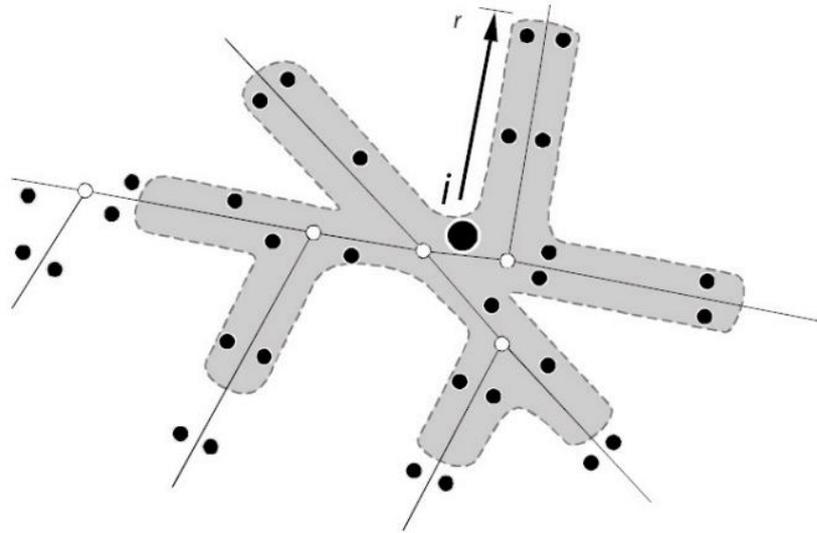
As medidas de centralidade são métodos matemáticos que avaliam a importância de cada nó em um grafo, focando em sua posição em relação aos demais elementos. Essas métricas são fundamentais para compreender a estrutura e o funcionamento de redes urbanas. Para esta pesquisa, serão utilizadas as métricas de centralidade por alcance e intermediação, que são especialmente adequadas para identificar áreas e edifícios mais integrados à rede urbana, sendo mais bem detalhadas a seguir.

3.6.1 Centralidade por alcance (*reach*)

A centralidade por alcance analisa quantas destinações específicas podem ser alcançadas a partir de cada edifício ou local, dentro de uma determinada distância percorrida ao longo das vias. Essa medida indica quantos outros edifícios na área circundante cada edifício pode alcançar, independentemente dos meios de transporte utilizados. Além disso, é possível considerar diferentes obstáculos ou condições, chamados de impedâncias, (como declive, tempo etc.) para alcançar um destino específico ou dentro de um raio determinado. Também é viável adotar um raio de pesquisa infinito para abranger toda a extensão da cidade. As destinações podem ser ponderadas com base em diversas variáveis, como o número de empregos, área construída, tipos de edifícios, entre outras, que são relevantes para a análise de alcance de cada edifício (Sevtsuk, *et al.*, 2016).

O processo de cálculo da centralidade por alcance de um edifício "i" é exemplificado na figura 9. A partir do edifício em questão, são traçadas linhas em todas as direções da rede viária até que o limite de alcance "r" seja alcançado. A métrica então registra quantos destinos "j" estão dentro desse raio. Se houver pesos atribuídos a cada destino, a medida considera a soma desses pesos em vez do simples número de destinos. Na figura, o local "i" alcança vinte destinos dentro do raio "r" especificado (mancha cinza), percorrendo as vias disponíveis (Sevtsuk, *et al.*, 2016).

FIGURA 9 – Ilustração da métrica de centralidade por alcance.



FONTE: Sevtsuk *et al.* (2016).

O cálculo para encontrar a centralidade por alcance, pode ser definido pela expressão:

$$Reach [i]^R = \| \{j \in G - \{i\} : d[i,j] \leq r\} \| \quad (1)$$

Onde:

$D [i,j]$: é o caminho mais curto entre os nós “i” e “j” no grafo G;

$\|S\|$: é a cardinalidade do conjunto “S”.

Se os nós no grafo G possuem pesos, então a expressão deve ser:

$$Reach [i]^R = \sum_{j \in G - \{i\}, d[i,j] \leq r} W[j] \quad (2)$$

Onde:

$W [j]$: o peso do nó.

Para calcular a centralidade de alcance levando em conta, por exemplo, a área construída do edifício alcançado, pode-se incluir uma coluna na tabela correspondente para esse atributo. A centralidade por alcance, nesse caso, iria mensurar a área total construída que é alcançada. Para capturar a extensão das atividades ou do uso do solo, é possível atribuir peso com base no número e tipo de empregos, nos tipos de estabelecimentos comerciais ou ainda no número de residentes dos edifícios próximos (Souza, 2018).

3.6.2 Centralidade por intermediação (*betweenness*)

A centralidade por intermediação de um edifício em uma rede, estima quantas vezes esse edifício está em caminhos mais curtos entre pares de outros edifícios acessíveis dentro de um determinado raio na rede (Freman, 1977). Quando há mais de um caminho mais curto entre dois edifícios, como é comum em uma grade retangular de ruas, cada um desses caminhos equidistantes possui o mesmo peso (Sevtsuk, *et al.*, 2016).

O termo *betweenness*, utilizado nas teorias de redes como centralidade por intermediação ou índice de acessibilidade pela menor rota, representa a quantidade de vezes que as menores distâncias entre pares de edifícios, em uma malha urbana "G", passam pelo edifício "i". Este conceito foi adaptado da sociometria, que o considerava como uma medida de centralidade social em pequenos grupos. A compreensão intuitiva desse índice é que um ponto em uma rede de comunicações é central quando ele se encontra entre a maior quantidade de pares de pontos com a menor distância passando por ele. Ao longo do tempo, esse conceito passou por diversas revisões até que Freman (1977, 1978) o simplificou em uma fórmula (3), permitindo que o índice de acessibilidade pela menor rota estimasse o quão frequentemente cada edifício está posicionado ao longo dos caminhos mais curtos entre determinadas origens ou destinos.

$$Betweenness [i]^R = \sum_{j, k \in G - \{i\}; d[j, k] \leq r} \frac{n_{jk} [i]}{n_{jk}} \cdot W [ij]$$

Onde:

Betweenness [i]^R: a centralidade por intermediação do edifício “i” através de um raio de pesquisa “r”;

n_{jk} [i]: número dos caminhos mais curtos do nó “j” para o nó “k” que passa pelo nó “i”;

n_{jk}: é o número total de caminhos mais curtos que vão de “j” a “k”.

A centralidade por intermediação é empregada para prever o potencial de tráfego de pedestres que passarão por determinados edifícios na rede urbana. Quando são considerados atributos de peso, como dados demográficos, essa medida de centralidade pode capturar o potencial específico de pedestres de diferentes grupos demográficos para um edifício. Por exemplo, se conhecermos essa métrica durante o horário de pico da manhã, em relação ao acesso a pontos de ônibus ou estações de metrô até os locais de trabalho, podemos então calcular o número de deslocamentos regulares entre os edifícios e esses pontos de acesso identificados. Assim, essa medida pode estimar a quantidade provável de trajetos gerados por esses tipos de deslocamentos, revelando quais edifícios estão mais próximos das rotas mais curtas entre os pontos de ônibus/metrô e esses edifícios (Souza, 2018).

Essas expressões foram transladadas por Sevtsuk (2012) através de algoritmos que permitiram realizar esses cálculos de centralidade espacial com uma maior quantidade de dados em tempos menores. Essa ferramenta foi disponibilizada inicialmente na versão 10, para utilização no *software* de geoprocessamento ArcGIS, no ano de 2012. Após a sua popularização outras versões foram desenvolvidas, assim como, a disponibilização em outros *softwares*, a exemplo do Rhinoceros 3D. Paralelamente, outros autores se empenharam em desenvolver outros plugins de cálculos e análises de centralidades compatíveis com *softwares* de geoprocessamento, em especial para o QGis, um software de código aberto e gratuito. Um desses plugins é o *Place Syntax Tool (PST)*, uma ferramenta plug-in de código aberto desenvolvida pela KTH School of Architecture, Escola de Arquitetura Chalmers (SMoG) e Paisagem Espacial AB, em sua última versão 3.2.4, de 2023 por Marcus *et al.* (2017). Essa ferramenta foi desenvolvida no âmbito da Sintaxe Espacial e das

métricas de centralidade. Funciona com informações sobre a malha urbana, origens e destinos, conectando-os à malha urbana, assim é possível conhecer a relação entre a rede urbana e as edificações e/ou lotes, podendo inferir pesos sobre densidade e diversidade, utilizando-se de raios topológico, métrico ou angular. Essa ferramenta é similar a UNA, realizando cálculos de centralidade. Desta forma, devido a ser uma ferramenta de código aberto, e estar vinculada também a um *software* de código aberto (QGis), foi a opção escolhida para ser utilizada como ferramenta para o cálculo de centralidade, para esta tese.

Calcular essas métricas se torna essencial para entender a estrutura e funcionamento das cidades, apoiando o planejamento urbano. Essas métricas fornecem revelações valiosas sobre como melhorar a eficiência, acessibilidade e qualidade de vida em áreas urbanas. Na maioria dos casos, áreas urbanas compostas por centralidades e policentralidades tendem a apresentar maior diversidade no uso do solo. Isso ocorre, porque essas áreas frequentemente concentram uma variedade de atividades econômicas, comerciais, residenciais e culturais, resultando em uma mistura de usos; e o fácil acesso, estimula a multiplicação dessa variedade e a atração de pessoas na área.

3.7 Diversidade no uso do solo

Um elemento central nos estudos urbanos e que tem sido evidenciado nos itens anteriores deste capítulo é o impacto do ambiente construído, especialmente das edificações, na estrutura e diversidade dos usos do solo urbano. A variação na forma e localização das edificações pode exercer uma influência significativa em diferentes processos urbanos. Autores como Netto, Vargas e Saboya (2012 e 2015) investigaram tipologias de edificações e apontam que aquelas que se integram às ruas, sem recuos ou muros, tendem a favorecer o surgimento de atividades comerciais, devido à acessibilidade e visibilidade facilitadas. Esses estudos revelaram fortes correlações entre características arquitetônicas e atividades econômicas.

A diversidade de usos do solo se refere à variedade de atividades e funções em uma determinada área geográfica (Ewing; Cervero, 2010). Jane Jacobs, embora não fosse urbanista, influenciou significativamente para o entendimento da vitalidade

urbana com seus estudos em 1961. Ela argumentou que a diversidade proporciona uma gama de experiências e estímulos às pessoas, tornando os espaços urbanos mais atrativos e vibrantes.

Cervero e Kockelman (1997); Cervero e Duncan (2003) identificaram uma forte associação entre diversidade de usos e o uso de modos ativos de transporte. No contexto brasileiro, estudos têm buscado entender como a diversidade de usos afeta a forma como as pessoas utilizam o espaço urbano. Pesquisas realizadas no Rio de Janeiro, por exemplo, mostraram que a diversidade de atividades no nível térreo dos edifícios está relacionada à presença de pessoas (Netto, Vargas, Saboya, 2012). Esses mesmos autores, em 2015, investigaram essa relação em Florianópolis, encontrando uma relação inversa entre usos residenciais e movimento de pedestres, enquanto observaram uma relação direta entre diversidade de usos e movimento de pedestres. Os resultados indicaram que áreas residenciais têm menos movimento de pedestres em comparação com locais com usos mais variados.

É importante notar que esses estudos identificam uma limitação na avaliação da distribuição equitativa dos usos ou na proporção entre usos residenciais e não residenciais, negligenciando a variedade total de usos presentes. De fato, Jacobs (1961) advertiu sobre a importância de ter uma diversidade de atividades comerciais, sem especificar proporções ideais de usos.

Na literatura, a diversidade é frequentemente explicada por meio de dois conceitos interligados: riqueza e proporcionalidade. A riqueza se refere à variedade total de usos em uma área, enquanto a proporcionalidade avalia se esses usos estão distribuídos de forma equilibrada ou se algum deles é dominante. As métricas existentes buscam conciliar esses dois aspectos, dando mais peso às situações que apresentam maior diversidade e distribuição proporcional entre os usos. Ao mesmo tempo, essas métricas consideram diferentes ponderações entre a importância desses dois aspectos para o resultado final (Saboya *et al.*, 2021).

Atualmente, uma das fórmulas mais comuns para medir a diversidade urbana é a fórmula de Entropia de Shannon. No entanto, essa fórmula tem sido criticada por problemas ao comparar áreas com diferentes quantidades de usos. Isso ocorre porque a fórmula não segue uma função linear, significando que uma área com índice 8 não é duas vezes mais diversa do que uma com índice 4, por exemplo. Para lidar

com essa limitação, surgiu o índice Gini-Simpson, calculado pela fórmula (4), conforme explicado por Jost (2006).

$$DGS = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad (4)$$

Onde:

DGS = Diversidade de Gini-Simpson, variando de 0 a 1, sendo 0 a mais baixa diversidade (apenas 1 uso do solo) e 1 a mais alta (uma grande quantidade de usos do solo, aproximando-se do infinito, igualmente distribuídos).

S = Número total de tipos de uso do solo;

i = tipo de uso do solo i;

p_i = proporção do uso do solo do tipo i.

Mesmo assim, o índice Gini-Simpson ainda enfrenta o desafio da não linearidade, semelhante ao índice de entropia de Shannon. Para abordar essa questão, Jost (2006) propõe uma pequena alteração no cálculo do índice de Gini-Simpson, conforme demonstrado na fórmula (5):

$$DTD = \frac{1}{(1 - DGS)} \quad (5)$$

Onde:

DTD = Diversidade Real (*True Diversity*), que representa o valor equivalente à quantidade total de usos (riqueza) que uma área teria caso todos os seus usos fossem igualmente distribuídos (proporcionalidade);

DGS = Diversidade de Gini-Simpson.

Saboya *et al.* (2021) conduziram uma análise comparativa utilizando diversas combinações de usos e suas respectivas medidas de diversidade, incluindo a riqueza

de usos, os índices de Shannon e o *Gini-Simpson True-Diversity*. Além disso, eles incorporaram a porcentagem não residencial, que, embora não seja estritamente uma medida de diversidade, é frequentemente utilizada para estimá-la. O objetivo dos autores era confrontar os resultados obtidos e determinar qual fórmula melhor reflete a diversidade no uso do solo. A partir dos resultados, observaram uma forte correlação entre a porcentagem de usos não residenciais e o índice de *Gini True-Diversity*, com um coeficiente de 0,98. Da mesma forma, identificaram uma correlação significativa entre este índice e a riqueza de usos. Concluíram que o índice de *Gini True-Diversity* é o mais indicado para identificar a diversidade de uso do solo, sendo, portanto, a fórmula adotada para esta pesquisa.

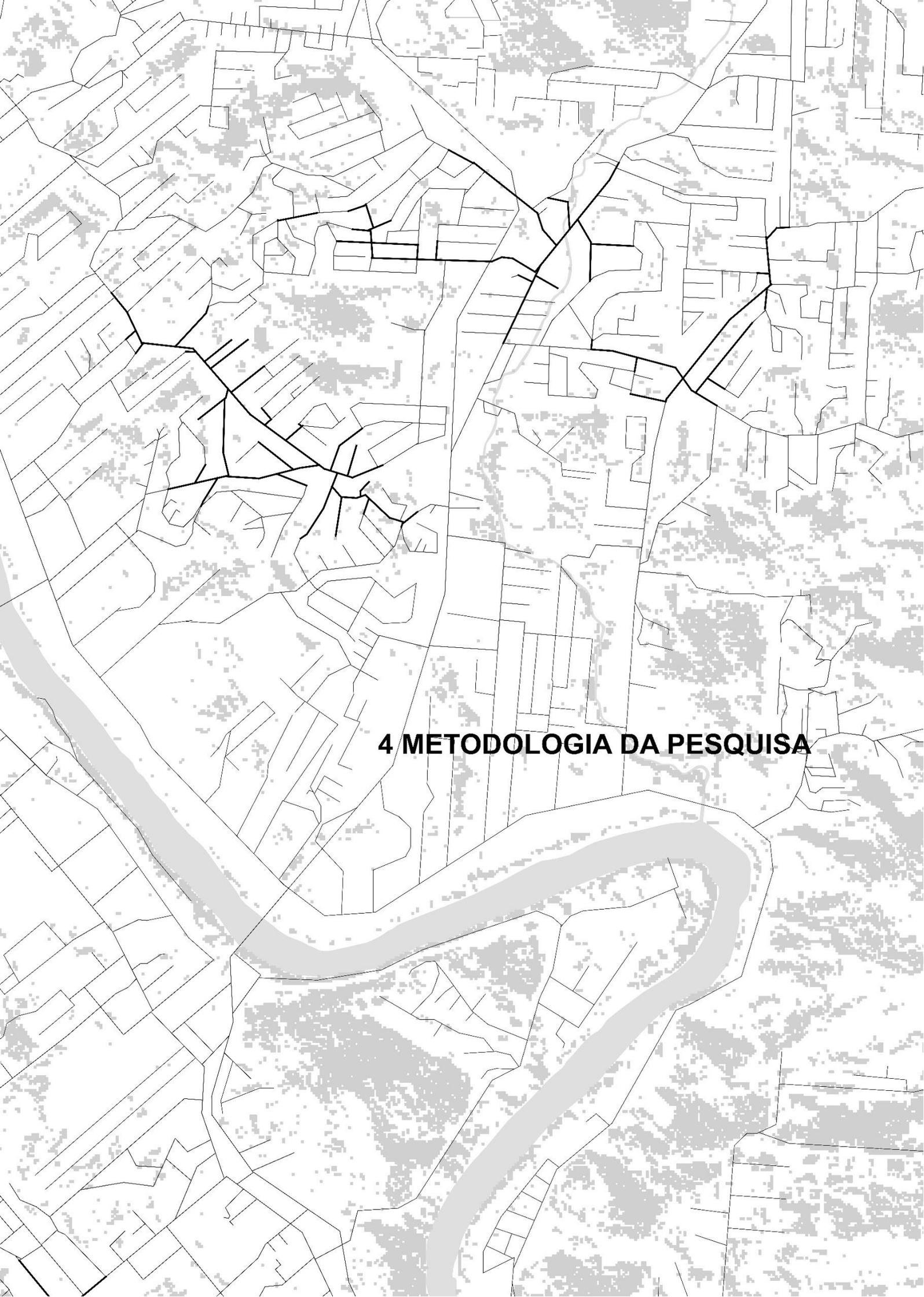
3.8 Conclusão do capítulo

O avanço na compreensão da morfologia sintática das cidades tem suas raízes em conceitos fundamentais, como a teoria dos grafos, o diagrama de Voronoi e a sintaxe espacial. A estrutura das cidades desempenha um papel crucial na formação das redes urbanas e na distribuição dos usos do solo. A sintaxe espacial e os diagramas de Voronoi, oferecem uma base matemática robusta para analisar a conectividade, a acessibilidade e compreender a relação entre a forma urbana e o comportamento humano.

Nos últimos anos, progressos significativos foram alcançados, tanto em termos teóricos quanto metodológicos, impulsionados pelo acesso crescente a dados geoespaciais e pelos avanços na capacidade computacional. Esses avanços permitiram aos pesquisadores e planejadores urbanos uma compreensão mais precisa das interações entre os componentes do ambiente construído e suas implicações na vida urbana.

Ao combinar métricas de centralidade, como alcance e intermediação, com técnicas de medição de diversidade, como o índice Gini-Simpson, é possível abranger uma ampla variedade de aspectos relacionados à organização e ao funcionamento das cidades. Essas métricas não apenas facilitam a identificação de áreas e edifícios mais integrados às redes urbanas, mas também oferecem oportunidades de capturar informações sobre a distribuição e o equilíbrio de diferentes tipos de usos do solo.

Além disso, a aplicação dessas métricas e conceitos podem ser benéficos para o planejamento de infraestrutura urbana, espaços públicos, áreas verdes e outros aspectos do desenvolvimento urbano. Ao incorporar esses conceitos aos avanços recentes em análise de redes e medição da diversidade do uso do solo, é possível desenvolver uma compreensão mais abrangente e integrada das cidades. Isso não apenas melhora a capacidade de diagnosticar e enfrentar desafios urbanos complexos, mas também promove o desenvolvimento de cidades mais inclusivas, resilientes e sustentáveis.



4 METODOLOGIA DA PESQUISA

A partir deste capítulo, apresenta-se o desenvolvimento metodológico que fomenta esta pesquisa, na busca de estabelecer uma relação entre teorias e evidências sobre a configuração, e que, através de um estudo de caso aproxime a centralidade urbana de padrões configuracionais e avance, na medida em que propõe uma perspectiva ecológica em sua análise.

Por sua natureza exploratória, esta tese buscou reunir dados, informações e hipóteses acerca de um problema. Assim, alguns métodos foram necessários para elucidar a problemática tratada nesta pesquisa. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica que teve o objetivo de identificar conceitos, teorias e referenciais teóricos sobre configuração e sintaxe espacial, novas métricas de centralidades e soluções baseadas na natureza, assim como, informações sobre Blumenau, a cidade onde ocorreu o estudo de caso, que se trata de outro método de pesquisa, que para Yin (2015), tem como objetivo compreender fenômenos sociais complexos que não podem ser facilmente separados em partes distintas para análise da realidade em que são observados, ou seja, nesta pesquisa, trata-se da análise de dados secundários, evitando-se qualquer empirismo em seu contexto real.

Além disso, a aplicação da sintaxe espacial, também se trata de um método de pesquisa, que por meio de resultados matemáticos tem o objetivo de identificar padrões, relações e associações entre as variáveis morfológicas estudadas.

Vale salientar, que a construção desta tese teve a intenção de apresentar através de uma narrativa clara e concisa, as teorias, a metodologia e os resultados, bem como suas conclusões, a partir da perspectiva das inquietações do pesquisador. Assim, há de se considerar que o investigador não se separa dos fenômenos e variáveis que observa, porém os relata mantendo o rigor científico.

Considerando os pensamentos de Karl Popper, leva em conta que a observação não é neutra, e depende do observador. Aceita que não se pode provar a veracidade de uma teoria, mas se pode falseá-la, e que não é possível chegar a generalizações a partir de observações particulares, pois mesmo que a amostra seja generosa, sempre haverá a possibilidade da existência de elementos distintos da generalização.

Então, a partir do método hipotético-dedutivo de Popper (1946), a abordagem metodológica proposta para responder a esta pesquisa foi a de construir hipóteses na tentativa de explicar os problemas ou incertezas levantadas sobre a realidade. Para

tanto, a hipótese central mencionada no tópico 1.8 (p. 55), foi decomposta em duas hipóteses, e cada uma delas contou com uma metodologia a fim de que pudessem ser testadas. Assim, considerando os resultados obtidos, seus alcances e limites, foi possível construir um método de análise que possa ser utilizado para analisar e fomentar centralidades.

Portanto, pretende-se dar início à primeira etapa, através do teste das hipóteses citadas no capítulo I e descritas a seguir:

- *Em termos de sintaxe espacial, a região norte, em especial onde se localiza o bairro Itoupava Central (ver figura 2, p. 56) pode não apresentar níveis de integração suficientes para a formação de uma centralidade urbana. Ademais, a sua configuração, de característica linear, pode ser desfavorável a sua integração com o restante da cidade, contribuindo para níveis menores de densidade e diversidade no uso do solo. E ainda, considerando o atual Plano de Mobilidade de Blumenau, a execução dos dois anéis viários e demais vias projetadas, (ver figura 22, p. 130), podem reorganizar o desenho urbano, integrando a região norte de Blumenau e criando condições favoráveis para a formação de uma centralidade nesta região. Além disso, a região onde se localizam os bairros Salto do Norte, Fortaleza e Itoupavazinha (ver figura 2, p. 56), supõe-se que apresentem atributos mais favoráveis para o surgimento de uma centralidade, apresentando maiores níveis de integração e diversidade no uso do solo.*

Para iniciar o teste desta hipótese, foi realizada uma análise sintática, através de mapas angulares de segmentos das vias, com informações sobre integração global, local, e de escolha, da cidade de Blumenau, dos anos 2000, 2010 e 2021. Os dados são secundários, sobre o desenho urbano (mapa do sistema viário), obtidos através do Setor de Planejamento Urbano da Prefeitura Municipal de Blumenau, dos respectivos anos. A realização dos mapas angulares, se deu através do *software* QGIS com a utilização do plugin *Space Syntax Toolkit* (GIL, *et al.*, 2015), para obter a medida de integração e escolha. O recorte temporal destes anos se deu em virtude do mesmo período dos dados censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Em seguida, foi realizado o levantamento de dados sobre a densidade populacional e a diversidade no uso do solo, separadas por bairro da cidade de Blumenau. Os dados

utilizados são secundários. A densidade populacional foi através de dados dos setores censitários dos anos 2000, 2010 e 2022. Os dados dos dois primeiros Censos, são dados considerados consolidados. Os dados de 2022, considerados preliminares e divulgados pelo IBGE em março de 2024. Esses dados foram tabulados e em seguida georreferenciados em um mapa de cada ano, divididos por bairro. Já os dados sobre diversidade são das unidades consumidoras ativas de energia elétrica ao final de cada ano, 2000, 2010 e 2022, divididas por bairro e classes, como: residencial, industrial, comercial e institucional+público. A classe residencial abrange residências unifamiliares e multifamiliares e suas similaridades. A classe industrial é composta por edificações que tem por finalidade transformar matéria-prima em produtos comercializáveis, independente do porte. A classe comercial abarca edificações que possuem a finalidade de comercializar produtos e/ou prestar algum tipo de serviço. E por fim, a classe institucional+público, refere-se a edificações com uso para equipamentos urbanos, como instituições de ensino, de todos os níveis, públicas e privadas, unidades de saúde (exceto consultórios e laboratórios, estes enquadrados como comerciais), equipamentos de lazer e cultura, órgãos públicos de forma geral; além de igrejas e outros templos religiosos, praças e parques urbanos. Estes dados foram fornecidos pela concessionária de fornecimento de energia elétrica, Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC). Os dados foram tabulados e em seguida georreferenciados em um mapa de cada ano, divididos por bairro. Cabe ressaltar que a opção por esses dados de unidades consumidoras ativas de energia elétrica ocorreu devido a facilidade de acesso às informações, haja vista, que não foi possível conseguir dados atualizados com outros órgãos ou entidades; e para realizar o levantamento a campo não haveria tempo hábil.

Desta forma, foi possível conhecer o padrão configuracional e os níveis de integração global e local de Blumenau, em especial da região norte, assim como, das regiões que apresentaram níveis de integração mais elevados. Ao mesmo tempo foi realizada uma comparação com a densidade demográfica e diversidade no uso do solo, ao longo das últimas décadas, a fim de identificar se houve um crescimento desses índices, nas regiões que apresentaram maiores níveis de integração, ao longo deste tempo.

Foram também realizadas duas modelagens. A primeira foi a simulação da configuração urbana da cidade de Blumenau, incluindo os anéis viários propostos no

Plano Blumenau 2050. Em seguida, a análise sintática, através de mapas angulares de segmentos com as informações sobre integração global, local e escolha. A segunda modelagem foram simulações de redesenho urbano com as vias projetadas, em especial, do bairro Itoupava Central. Para em seguida, desenvolver mapas angulares de segmento com informações sobre integração global, local e de escolha, a fim de testar se é possível aumentar o nível de integração desta região, buscando comparar os níveis de integração atuais com as simulações propostas. Assim, foi possível comparar os cenários e avaliar se a nova organização espacial modelada (projetada) possuirá níveis de integração que favoreçam a formação de uma centralidade urbana na região norte, sob a perspectiva da sua configuração (sintaxe espacial). As modelagens foram realizadas com dados secundários sobre o desenho urbano atual e projetado, através de mapas do sistema viário fornecidos pelo setor de Planejamento Urbano da Prefeitura Municipal de Blumenau, com a última atualização em 2021. A realização dos mapas angulares ocorreu através do *software* QGis, com a utilização do plugin *Space Syntax Toolkit* (Gil, *et al.*, 2015).

Para testar a hipótese de que a região onde se localizam os bairros Salto do Norte, Fortaleza e Itoupavazinha possuem atributos mais favoráveis para o surgimento de uma centralidade, foi utilizado o mapa angular de segmentos realizado com dados de 2021. Assim, foi possível identificar os níveis de integração desses bairros e, em seguida, comparar com os dados já detalhados anteriormente, sobre densidade populacional e diversidade no uso do solo, agora especificamente dos três bairros.

Em seguida, foi realizada uma análise a partir das métricas de centralidade, por alcance e intermediação das edificações. A análise dessas métricas são importantes, a fim de que possam evidenciar distâncias das edificações na rede. Esta análise foi realizada através de mapas desenvolvidos no *software* QGis, com a utilização do plugin *Place Syntax Tool (PST)*². Foram utilizados dados secundários sobre a localização das edificações, fornecidos pelo setor de Planejamento Urbano da Prefeitura Municipal de Blumenau, com a última atualização em 2021. Desta forma, foi possível comparar os resultados de integração, escolha, densidade e diversidade,

² PST é uma ferramenta plug-in de código aberto desenvolvida pela KTH School of Architecture, Escola de Arquitetura Chalmers (SMoG) e Paisagem Espacial AB, em sua última versão 3.2.4, de 2023.

bem como, as métricas de alcance e intermediação e avaliar se tais bairros apresentam níveis favoráveis à formação de centralidades na referida região.

A segunda hipótese considera que:

- *Na cidade de Blumenau, as áreas verdes e seus fragmentos, situadas na região norte, supõe-se que apresentam maiores índices de qualidade do habitat, ou seja, às melhores condições de saúde natural e de biodiversidade. E devido, a maior quantidade dessas áreas nessa região, há maior probabilidade de conectividade entre elas, em detrimento de outras regiões da cidade. Ademais, considerando que a cidade de Blumenau é suscetível a cheias, enchentes e deslizamentos de terra, esta região apresenta condições mais favoráveis de ocupação, em relação a esses eventos.*

Esta hipótese foi testada inicialmente, a partir da identificação das fontes ecológicas. Esta identificação é com base no uso da terra de toda a área urbana de Blumenau, para em seguida, extrair-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)³, maior que 0,60⁴. Foi utilizado o *software* QGis como ferramenta para calcular este procedimento. Os dados utilizados para esta análise foram imagens de satélite em infravermelho, obtidas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), extraídas do satélite CBERS-4A em 2021. Assim, foi possível identificar entre as manchas e fragmentos de áreas verdes quais apresentam melhores características para a qualidade da biodiversidade, resultando em um mapa de vegetação das áreas verdes e fragmentos, com NDVI acima de 0,60. Ao passo, em que se verificou, se a região norte é a que possui a maior quantidade de áreas verdes e fragmentos, por área total, com melhores índices de qualidade.

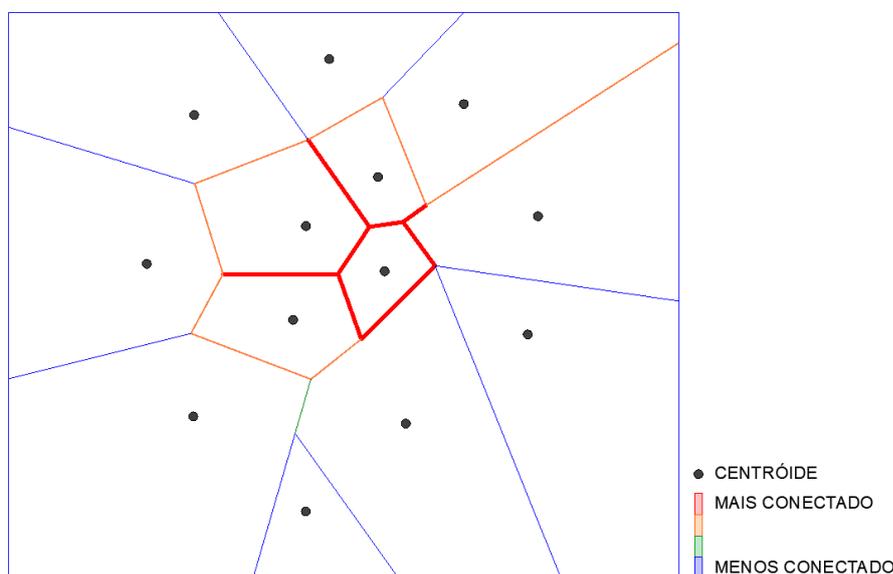
³ NDVI é uma medida amplamente utilizada para estimar a cobertura vegetal e sua saúde em áreas terrestres. É calculado a partir de imagens de satélite que capturam ondas na região do vermelho e do infravermelho, e através de softwares de geoprocessamento é possível extrair matematicamente a quantidade de luz absorvida e refletida, desta forma é possível obter um resultado normalizado entre -1 a 1 (Rouse, *et al.*, 1973).

⁴ Quando o NDVI é maior que 0,60, geralmente indica uma cobertura vegetal densa e saudável. Isso ocorre porque as plantas saudáveis têm mais clorofila e outras estruturas de pigmentos que refletem fortemente a radiação na faixa do infravermelho próximo, resultando em um valor de NDVI alto. (Rouse, *et al.*, 1973).

Em seguida, a partir do mapa de vegetação desenvolvido, ainda no *software* QGis, cada mancha no mapa que representa uma área verde ou fragmento foi transformada em polígono, e a cada polígono atribuído um centróide. Dando continuidade, foi desenvolvido um Diagrama de Voronoi⁵ (ver item 2.2, p. 62). Esse diagrama apresenta a relação entre o tamanho do polígono traçado em torno de centros (no caso, áreas verdes e seus fragmentos) e a sua influência com os demais polígonos circundantes, ou seja, à medida que o polígono diminui, a influência deste ponto sobre essa região específica (deste mesmo polígono) também diminui, e vice-versa. Quanto menor o polígono deste ponto (centróide), maior a proximidade com os demais pontos circundantes. Essa característica torna o Diagrama de Voronoi útil para representar a distribuição espacial de influência e proximidade em vários contextos, como neste caso, em áreas verdes e seus fragmentos. Por si só, os tamanhos dos polígonos de voronoi já poderiam apresentar resultados interessantes quanto ao grau de proximidade dessas áreas. Contudo, a fim de conhecer com maior precisão a probabilidade de conexão (integração) entre esses pontos, optou-se por avançar a partir da aplicação da sintaxe espacial sobre o diagrama de voronoi, através das medidas de integração (ver item 2.4.2, p. 72) e escolha (ver item 2.4.3, p. 73). Sendo tomados como caminhos percorriáveis, as linhas que geram um polígono de voronoi, porque o raciocínio é o de que tais células são envolventes do núcleo que circundam, sendo assim, percursos perfeitamente analisáveis pela sintaxe espacial, conforme figura 10.

⁵ Para criar um diagrama de voronoi, o *software* QGis utiliza o algoritmo de Fortune, também conhecido como "Algoritmo de Varredura de Linha de Fortune", é um dos métodos mais comuns e eficientes para gerar diagramas de Voronoi. Este algoritmo foi proposto por Steven Fortune em 1986 e publicado no artigo: *A Sweepline Algorithm for Voronoi Diagrams*, em 1987, onde ele descreve o algoritmo em detalhes.

FIGURA 10 – Esquema ilustrativo de um diagrama de voronoi com a aplicação da sintaxe espacial.



FONTE: Elaborado pelo autor (2024).

Através da análise sintática das bordas das células de voronoi, foi possível gerar dois mapas: um mapa angular de segmentos com informações sobre integração, com distância métrica de 1000 metros⁶. E outro mapa angular de segmentos com informações sobre a medida escolha. A realização destes mapas ocorreu através do *software* QGis com a utilização do plugin *Space Syntax Toolkit* (Gil, *et al.*, 2015).

A medida de integração está relacionada à conectividade e à acessibilidade, portanto, é possível avaliar a integração de cada área verde e fragmento considerando a conectividade entre os segmentos dos limites dos polígonos de voronoi. Com este artifício geomático, pode-se analisar como a distribuição espacial influencia a diversidade de rotas possíveis para a fauna e a flora entre as áreas e fragmentos existentes, considerando a medida de 1000 metros como distância alcançável. A partir desses resultados, foi possível identificar áreas onde a integração é alta e a escolha é diversificada. Essas áreas podem sugerir potenciais corredores ecológicos e locais adequados para promover a conectividade entre esses fragmentos. Contudo, é

⁶ Esta distância foi escolhida considerando que diversos autores ressaltam a importância da conectividade entre áreas verdes, e que a distância entre essas áreas deve ser pautada em um estudo aprofundado sobre as espécies existentes, porém quando não seja possível fazer este estudo, regula-se uma distância entre 800 a 1000 metros para que haja uma maior probabilidade de conectividade entre os fragmentos e suas matrizes (Noss, *et al.*, 2019).

importante considerar possíveis barreiras a essa conectividade ecológica, como as edificações e as vias. Para isso, foi realizada uma sobreposição desses mapas, com os mapas do sistema viário e das edificações. Este resultado poderá subsidiar indicações de áreas mais favoráveis à implantação de passa-faunas⁷. Tais mapas são dados secundários e fornecidos pelo setor de Planejamento Urbano da Prefeitura Municipal de Blumenau, com a última atualização em 2021. Desta maneira, pode-se conhecer quais áreas apresentam maiores possibilidades de conexão e onde se localizam, considerando suas barreiras e resultando em um mapa de vegetação com áreas de maior potencial de conectividade, e que devem ser preservadas.

Como foi dito, Blumenau é suscetível a cheias e deslizamentos de terra, fazendo-se necessário conhecer e analisar as áreas sujeitas a esses sinistros. Esta análise ocorreu a partir de dois mapas. O primeiro das cotas de cheias, representado de metro em metro, a partir de 7 metros acima do nível do rio Itajaí-Açu. Esta é a cota que atinge as primeiras áreas ocupadas da cidade. E, será considerada a análise até 15 metros, cota de acompanhamento máximo pela Prefeitura Municipal, por ser a maior cota de inundação das últimas décadas. O segundo mapa é de classificação do solo, segundo suas características de movimento de massa, classificado em três níveis: alta, média e baixa probabilidade de deslizamento de terra. Os dados secundários, sobre as cotas de cheias e a classificação do solo, segundo critérios de movimentação de massa, utilizados na realização dos mapas foram fornecidos pelo setor de Planejamento Urbano da Prefeitura, com a última atualização em 2021. Assim, pôde-se identificar as regiões que apresentam melhores condições de ocupação em relação a tais sinistros.

Diante das considerações anteriores será explicado agora a metodologia para tratar a hipótese central desta pesquisa: ***a sintaxe espacial, quando associada às soluções baseadas na natureza e as métricas de centralidade, permitem avaliar potenciais de centralidades e conectividade com o ambiente natural.***

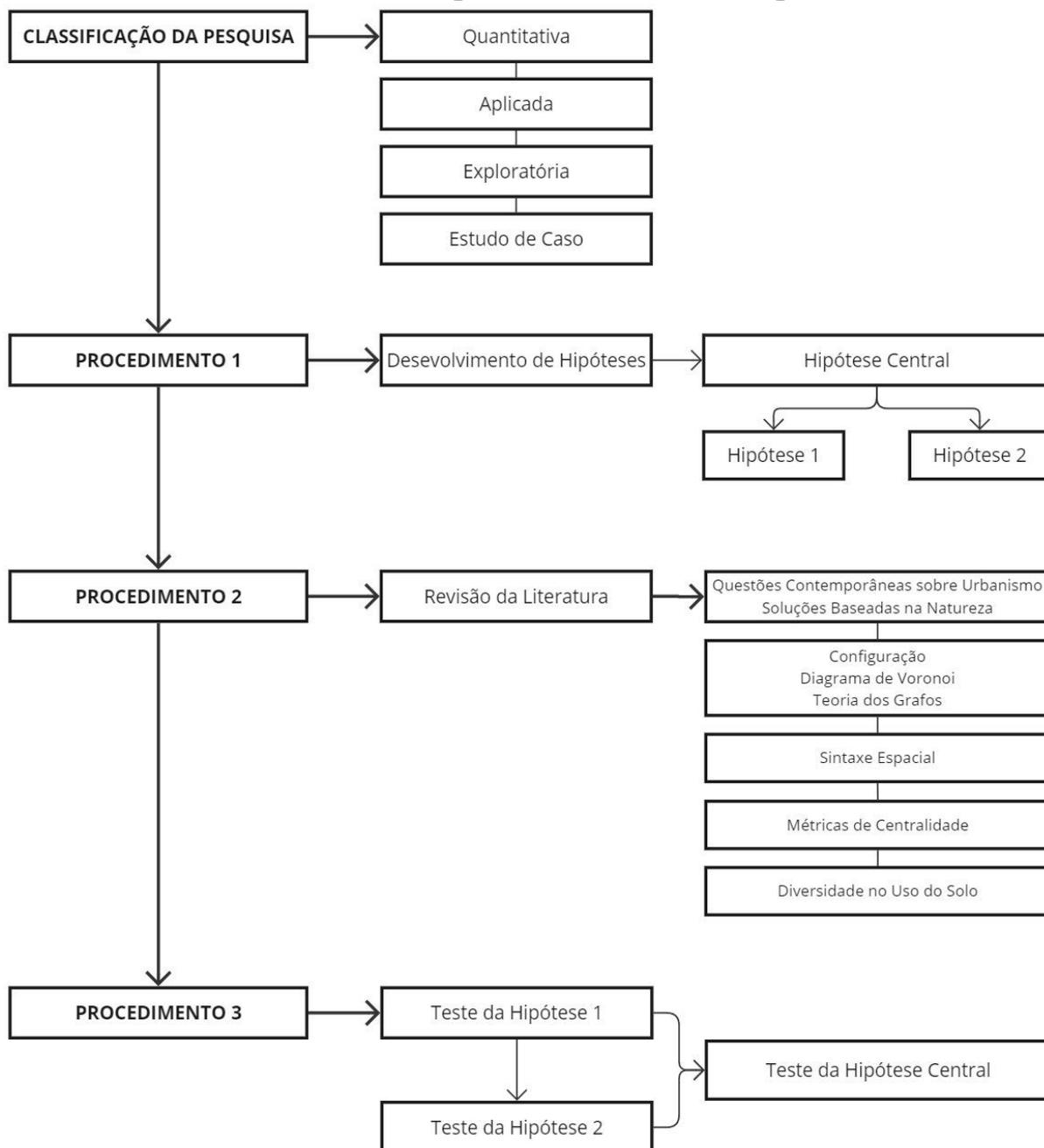
Através dos resultados obtidos com as hipóteses anteriores, foi testada a hipótese central. Para isso, pôde-se conhecer os padrões configuracionais mais

⁷ Passa-faunas, passadores de fauna, passa-bicho ou faunodutos, são técnicas construtivas, planejadas e destinadas para a passagem de animais, quando estes são impedidos por obstáculos em seu meio natural, como as vias, por exemplo. Deste modo, o objetivo é promover uma nova orientação segura para que seus hábitos e necessidades não sejam prejudicados (Gaisler et al., 2009; Freitas, 2010; Giacoboni et al., 2012).

favoráveis às centralidades, sob a luz da sintaxe espacial. E ainda, avaliar sua relação com a densidade populacional e a diversidade no uso do solo. Destaca-se a importância de associar a este método de análise, as variáveis ambientais, em especial, as áreas verdes e seus fragmentos, determinando quais áreas possuem maior potencial de promoção e manutenção da qualidade de vida urbana.

Hipoteticamente, considerou-se que tal procedimento permite identificar regiões que compatibilizam níveis de integração global e local mais elevados, assim como, maior densidade e diversidade no uso do solo. Além, da identificação de áreas verdes com maior potencial de conectividade, que devem ser preservadas. Para tanto, utilizou-se da cidade de Blumenau, como estudo de caso, por duas razões principais. A primeira, sua condição natural, um vale estreito, propenso a enchentes e com uma geologia frágil, tornando o planejamento urbano desafiador. A segunda, o incentivo da expansão urbana para a região norte, que se fortaleceu através da revisão do plano diretor de 1989, influenciada pelas grandes cheias de 1983 e 1984. Mesmo assim, passados 35 anos e quatro revisões do plano diretor, a problemática, ainda persiste. Assim, foi possível identificar quais regiões apresentam características mais favoráveis ao fomento de centralidades, através da compatibilização dos resultados encontrados com o teste das hipóteses e testar se é possível associar a sintaxe espacial juntamente as métricas de centralidade às soluções baseadas na natureza. A figura 11 ilustra um diagrama com as sequências da estrutura metodológica.

FIGURA 11 – Diagrama estrutura metodológica.



FONTE: Elaborado pelo autor (2024).

Desta forma, espera-se contribuir com o desenvolvimento de uma proposta de diagnóstico urbano, um método, que possa ser aplicado a outras cidades, generalizando-se os achados do estudo de caso de Blumenau. Este método poderá interessar a governança do espaço público que busca elaborar projetos que considerem a configuração espacial e as soluções baseadas na natureza, como

recomenda as Agendas Urbanas e que evidenciam que o crescimento das cidades é inevitável nos tempos atuais.

Através das etapas metodológicas descritas até aqui, acredita-se ser possível responder a problemática desta pesquisa, quanto ao estímulo para ocupação da região norte de Blumenau e o fomento de uma centralidade, na medida em que avalia o padrão configuracional da cidade e suas áreas verdes. E principalmente, aproximar vários estudos, tais como: centralidades do conceito de configuração, das métricas de centralidades e do conceito de soluções baseadas na natureza. Para tanto, o próximo capítulo apresentará o estudo de caso proposto na cidade de Blumenau, testando e discutindo as respostas às hipóteses e objetivos da pesquisa.

An aerial photograph of a city street grid is shown in a light grey tone. Overlaid on this is a black line drawing of a street network. A large, irregularly shaped area in the center of the map is shaded in a darker grey. The text '5 ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÕES E DISCUSSÕES' is centered over this shaded area.

5 ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÕES E DISCUSSÕES

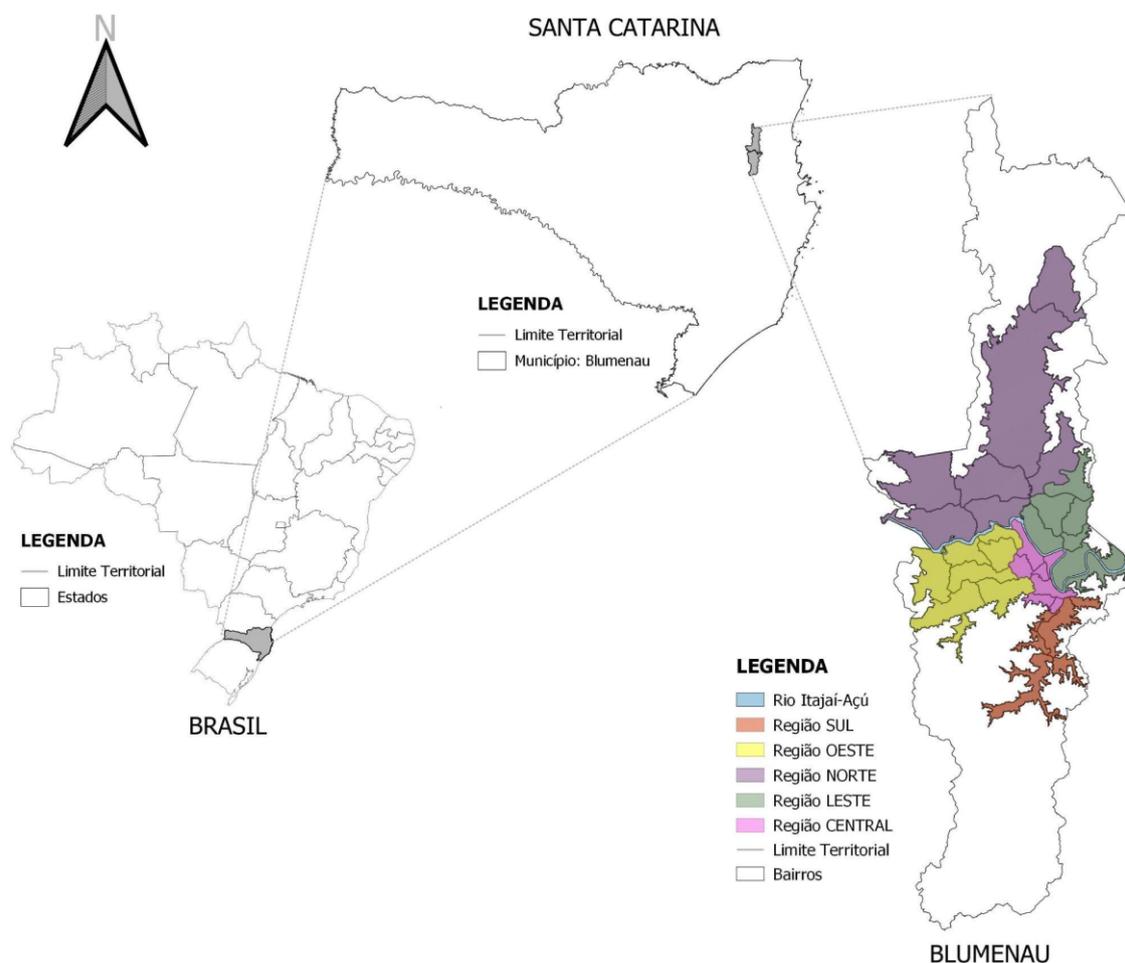
No capítulo anterior, foi possível verificar a descrição das etapas metodológicas propostas para responder à problemática e aos objetivos desta pesquisa, através da aplicação de um estudo de caso na cidade de Blumenau (SC). Sendo assim, a partir deste capítulo, inicia-se uma discussão sobre a cidade que será objeto do estudo de caso. Inicialmente, serão abordados o processo histórico de ocupação e a influência das características topográficas e desastres naturais nesse processo. Em seguida, será explorado o crescimento urbano e o traçado predominantemente linear, o qual foi imposto pelas condições naturais do sítio e pelo processo de ocupação decorrente da colonização alemã. Esses fatores apresentam-se como um desafio para a Prefeitura Municipal no que se refere ao planejamento urbano da cidade. Nesse sentido, a prefeitura desde seu primeiro Plano Diretor vem divulgando e estimulando o desenvolvimento da região norte, o qual abrange a problemática desta pesquisa. Assim, este capítulo buscará responder às hipóteses levantadas nesta pesquisa, na medida em que aproxima a teoria da sintaxe espacial, do conceito de centralidade, e de soluções baseadas na natureza; premissa para o planejamento urbano. Diante desta perspectiva, propõe o estudo de centralidades e das áreas verdes na cidade de Blumenau e contribui no desenvolvimento de um método de trabalho genérico para diagnósticos e fomentos de centralidades que possa ser aplicado e validado em outras cidades.

5.1 Blumenau

O município de Blumenau, situado na mesorregião do Vale do Itajaí, estado de Santa Catarina (SC), encontra-se especificamente na região do médio vale, caracterizada por uma topografia em forma de vale onde flui o Rio Itajaí-Açu (FIGURA 12). Está a uma distância de 140 km da capital de Santa Catarina, Florianópolis, sendo que a área territorial de Blumenau abrange 518,62 km² e abriga a terceira maior população do estado, com um total de 361.261 habitantes, de acordo com dados do IBGE, do Censo de 2022. Blumenau possui uma densidade populacional de cerca de 696,58 habitantes por km². Conforme observado por Siebert (2017), a área urbana de Blumenau se expandiu de maneira dispersa ao longo do território, em parte devido às

características topográficas acidentadas, mas também, devido às enchentes e deslizamentos de terra que foram e continuam sendo comuns na região.

FIGURA 12 – Localização de Blumenau, área urbana.



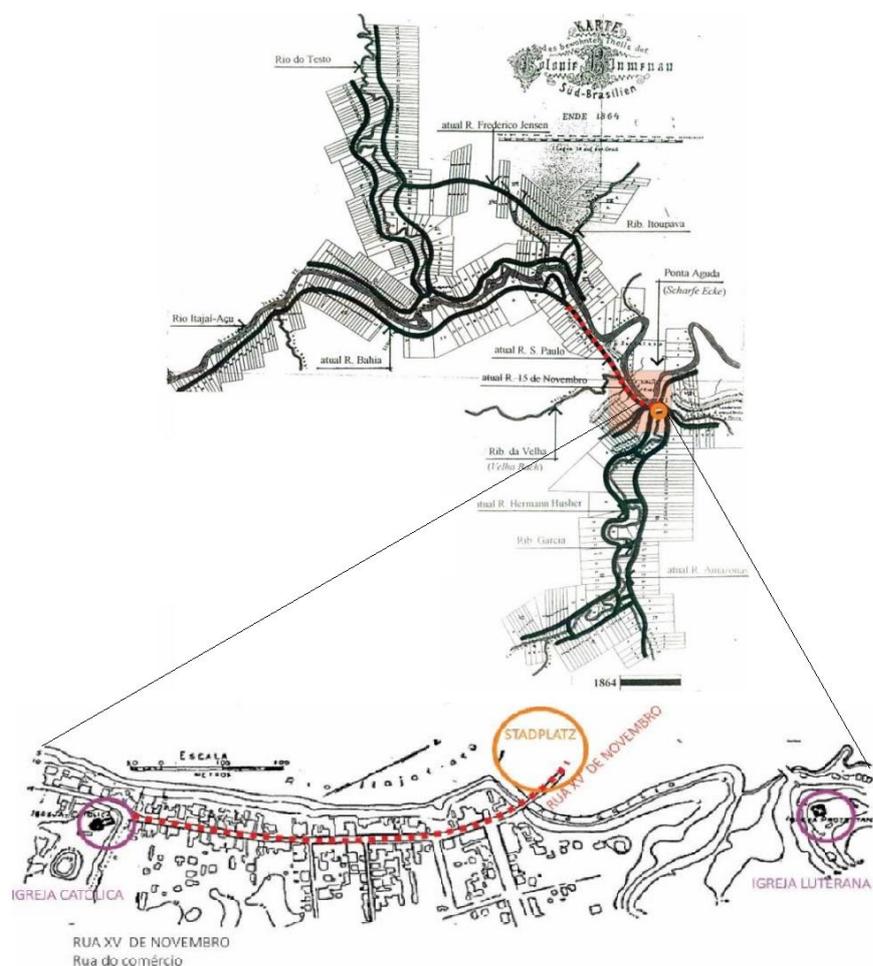
FONTE: Elaborado pelo autor (2024).

A colonização do estado de Santa Catarina começou ao longo de sua faixa litorânea por imigrantes portugueses, que não expandiram seu território para o interior do estado. Esse fato permitiu a vinda de outros imigrantes, especialmente da Alemanha e Itália, que se estabeleceram em regiões próximas ao litoral, como foi o caso de Blumenau (Siebert, 2017). Fundada em 1850 por Hermann Bruno Otto Blumenau, um filósofo por formação, a cidade foi criada com o objetivo de desenvolver uma colônia agrícola alemã no sul do Brasil. A ocupação inicial ocorreu entre a foz do

ribeirão da Velha e do ribeirão Garcia, com a ocupação das áreas planas e a expansão inicial para a região sul, da então, futura cidade (Siebert, 2000).

Conforme indicado por Peluso (1991), a implantação da cidade de Blumenau seguiu um esquema urbano tradicional de cidades alemãs, com edificações implantadas ao longo de uma rua comercial e das atividades coletivas. No início, não se observava a presença de igrejas. A primeira malha urbana de Blumenau foi estabelecida ao longo do rio e dos ribeirões, uma vez que o acesso à água era primordial; e os lotes foram divididos de forma paralela e perpendicular ao rio e aos caminhos de acesso. Esse modelo de parcelamento se estendeu por toda a colônia, como pode ser visto na Figura 13, que representa o traçado urbano da época da colonização (Siebert, 2000).

FIGURA 13 – Planta baixa da Colônia Blumenau em 1864.



FONTE: Carminatti (2017), arquivo histórico de Blumenau, adaptado pelo autor.

De acordo com Siebert (2000), o desenvolvimento da cidade de Blumenau ocorreu através de um padrão de parcelamento em que cada empreendedor era proprietário de um lote, resultando no crescimento da cidade através de uma sucessão de ruas locais conectadas diretamente a uma via arterial, sem conexão entre elas. Os caminhos coloniais traçados para a expansão da Colônia foram influenciados pelo relevo e cursos d'água, resultando em um padrão linear e radial de crescimento da cidade, com bairros cada vez mais distantes do centro. Pateis (2013) concorda que esses acidentes topográficos dificultaram o uso do solo, além de limitar a acessibilidade e mobilidade da cidade. Os deslocamentos ficaram prejudicados, uma vez que os caminhos nem sempre eram os mais fáceis e mais curtos, e isso resultou em um aumento nos investimentos em infraestrutura viária que nem sempre acompanhavam a demanda da cidade. Siebert (2000) destaca que o processo de uso e ocupação do solo dos últimos 40 anos foi fortemente influenciado pelas cheias, especialmente as de 1983 e 1984, que resultaram na ocupação das encostas. Assim, as áreas planas que antes eram residenciais se transformaram em áreas comerciais, e a verticalização se iniciou principalmente na área central da cidade, incentivando ainda mais o espraiamento da área urbana de Blumenau.

Em relação aos aspectos naturais, Pinheiro e Severo (2010) descrevem Blumenau como tendo um clima subtropical com temperaturas entre 27° C e 16° C, característico da região. A cidade é composta por mata pluvial de encosta atlântica e floresta ombrófila densa. A topografia é irregular e acidentada, com vales profundos e maiores altitudes na região sul do município. O rio Itajaí-Açu, principal afluente da bacia hidrográfica do Vale do Itajaí, atravessa a cidade, que possui um sistema hídrico abundante. Sendo que apenas 20% de seu território urbano é composto por áreas de menor declividade, ou seja, predominantemente plana.

De acordo com Tomio (2000), o processo econômico de Blumenau pode ser dividido em três fases. A primeira ocorreu entre os anos de 1850 a 1880, com a atividade agrícola como meio de subsistência. Com o crescimento populacional, novas atividades surgiram, como as atividades comerciais de pequeno porte e artesanato. A característica de ajuda mútua entre os habitantes contribuiu para o desenvolvimento da Colônia, com a construção de escolas, espaços culturais e de lazer. Entre os anos de 1880 a 1914, uma nova fase econômica se iniciou, com o surgimento de pequenas indústrias, principalmente pelo acúmulo de capital dos primeiros comerciantes e o

surgimento de um mercado interno formado pela própria colônia e colônias próximas. Isso foi possível porque os imigrantes possuíam conhecimento industrial, visto que emigraram da Europa no início do período industrial (Tomio, 2000). Desse modo, o investimento em infraestrutura se expandiu e novas vias e moradias surgiram para acomodar os trabalhadores das indústrias que começavam a se instalar e se tornar maiores. Em 1880, já havia uma administração municipal e a cidade iniciou seu processo de urbanização. Posteriormente, no século XX, a expansão urbana, juntamente com obras como a Estrada de Ferro de Santa Catarina, a construção de usinas hidrelétricas e as atividades industriais, deram um grande salto de desenvolvimento econômico, marcando uma nova fase, com a ascensão de grandes empresas do setor têxtil que compuseram o mercado nacional de industrialização (Singer, 1968). No final da década de 1960, a atividade agrícola já tinha pouca influência, enquanto as indústrias se consolidaram como a principal atividade econômica da cidade.

Então, nesse período, Blumenau passou por grandes transformações, incluindo aumento da densidade populacional, trabalhadores que migravam para a cidade em busca de oportunidades nas indústrias têxteis, ampliação de novas vias e expansão da área urbana com intenso parcelamento de solo. Em resposta à necessidade de controlar essa expansão, surgiu o primeiro plano diretor da cidade, na década de 70, que buscava delimitar as ocupações e definir diretrizes para a cidade. Nos anos seguintes, a influência significativa do setor têxtil deu espaço a empresas do setor tecnológico, surgindo um grande número de empresas desse setor e consolidando Blumenau como um polo tecnológico (Siebert, 2000). Observa-se que o crescimento da cidade de Blumenau ocorreu na década de 70, quando houve a expansão para diversas áreas do território, em especial para as regiões oeste, sul e em direção ao norte, esta última com características rurais. Entretanto, devido à centralização dos equipamentos urbanos, comércios e serviços na área central e à falta de conexão entre os bairros, seja pela configuração das vias, seja pela dificuldade na transposição do Rio Itajaí-Açu, pela falta pontes; a mobilidade se tornou um problema recorrente na cidade (Siebert, 2000).

Em relação à economia recente de Blumenau, Pateis (2013) afirma que, em 2010, a cidade apresentava o maior Produto Interno Bruto (PIB) do estado, ultrapassando a marca de R\$7 bilhões. Desse montante, 38,9% eram representados

pelas indústrias, com destaque para o segmento têxtil e de confecções, e os setores metalúrgico, de cristais e desenvolvimento de softwares. A prestação de serviços e o comércio, juntos, somavam 60,9% do valor total, enquanto o setor turístico, com museus, cervejarias artesanais, festas tradicionais e outros atrativos, representava uma parcela menor. De acordo com Lima (2019), a economia de Blumenau tem sido afetada negativamente nos últimos anos devido à crise econômica, o que resultou na perda de muitas empresas, especialmente nos setores industrial e comercial. Por outro lado, houve um aumento no setor de serviços, como resultado da diversificação e desindustrialização da economia local. Apesar disso, Blumenau tem um índice de desenvolvimento humano - municipal (IDH-M) de 0,806, considerado muito alto, classificando-o em 19º lugar entre todos os municípios brasileiros e em 5º lugar entre os municípios de Santa Catarina (PNUD, 2010).

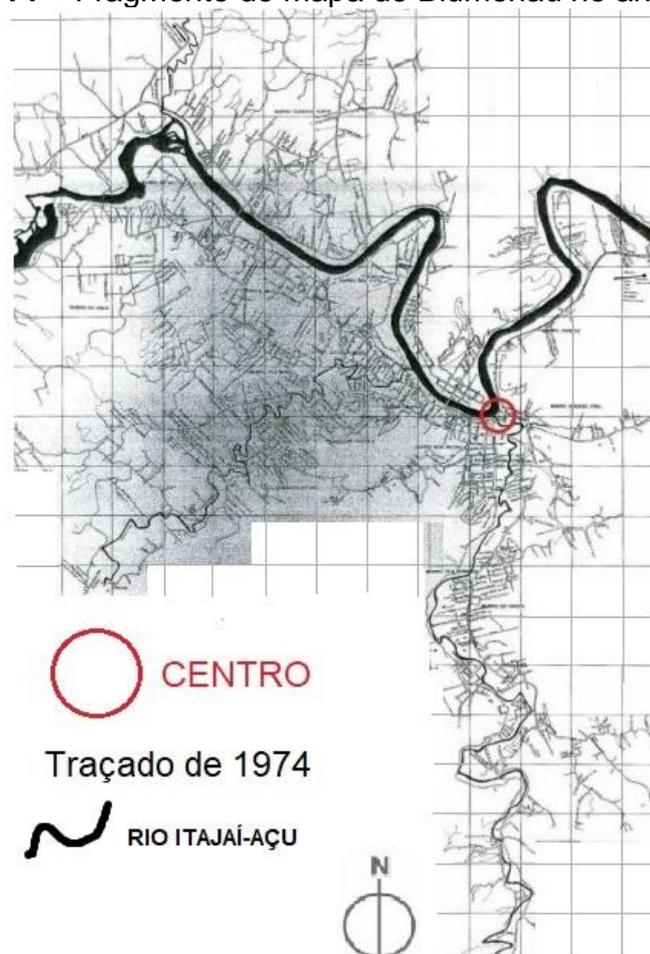
5.1.1 O crescimento urbano e o traçado

Até os dias atuais, é possível notar como o desenho urbano de Blumenau apresenta características do seu traçado original do período de colonização. Peluso (1991) descreve que, durante o período colonial, os lotes de terra eram estabelecidos do rio em direção aos morros. Como não havia diretrizes urbanísticas formais na época, a cultura local e as condições geográficas acabaram influenciando a organização do espaço urbano na cidade. Após cinco anos de colonização, o fundador Hermann Blumenau estabeleceu um estatuto definindo como esses lotes deveriam ser organizados. Essa organização partiu da influência de cidades alemãs que incluía a criação de um elemento de conexão entre os moradores, a *Stadtplatz* (uma rua principal). Em Blumenau, esse elemento era a rua do comércio, onde as mercadorias chegavam, os novos imigrantes se encontravam e ocorriam outras interações sociais importantes. Além disso, pode-se notar que, de acordo com o primeiro mapa de Blumenau de 1864 (ver figura 13, p.103), a ocupação ocorria principalmente nas áreas mais baixas próximas ao rio e o traçado urbano predominante seguia paralelamente à *Stadtplatz*, enquanto outras vias de acesso se adaptavam ao relevo acidentado (Peluso, 1991).

Com o desenvolvimento da cidade e o surgimento das indústrias, uma questão era importante, a água, então, havia a preocupação em se manter próximo dela, que

era fundamental para a produção. O processo de industrialização contribuiu significativamente para a formação do traçado urbano da cidade, uma vez que a infraestrutura urbana era precária e, portanto, as empresas assumiram a responsabilidade de construir novas vias, moradias para os operários, transporte e outros serviços. Até a década de 1970, a cidade ainda estava concentrada principalmente onde é o atual centro histórico (bairro centro) de Blumenau (ver apêndice A), e em regiões próximas, mas já contava com diversas indústrias que buscavam crescer e se consolidar. A partir deste período, iniciou-se um processo de expansão da cidade, impulsionado pelo movimento rodoviário que se estabeleceu no Brasil. Nesse sentido, eixos viários começaram a ser desenvolvidos e a estrada de ferro, que era um importante fator na circulação de mercadorias, foi desativada, dando lugar a novas vias de conexão com outras cidades vizinhas, conforme ilustra a figura 14 (Siebert, 2000). E ainda, nota-se neste mapa, o efeito do rio em relação ao desenvolvimento do traçado. A dificuldade na transposição do rio, fez com que o desenvolvimento ocorresse predominantemente em apenas um lado do rio, a região sul e oeste da cidade.

FIGURA 14 – Fragmento do mapa de Blumenau no ano de 1974.



FONTE: Carminatti (2017), adaptado pelo autor.

No ano de 1977, Blumenau desenvolveu o seu primeiro plano diretor, que foi concebido de forma tecnocrata e com pouca participação da prefeitura, mas já estabelecia diretrizes de ocupação por meio do primeiro zoneamento da cidade. Nessa época, a cidade iniciou um movimento de expansão em direção às regiões oeste e sul, além de seguir em direção à região norte. Cabe ressaltar, que se tratou de um espraiamento sem uma diretriz efetivamente urbanística. Os lotes provenientes da demarcação da colônia começaram a ser parcelados por seus herdeiros evidenciando uma característica marcante no traçado de Blumenau, que resultaram em grandes ruas que não se conectavam entre si, formando um desenho em forma de espinha de peixe⁸. Essas longas vias levavam ao centro da cidade, o que resultou

⁸ Um traçado urbano em forma de espinha de peixe é um padrão que se assemelha à espinha de um peixe. Uma rua principal ou avenida central que se ramifica em várias ruas menores em ângulos agudos. Esse tipo de traçado urbano é frequentemente visto em cidades que precisam se acomodar em sítios com condicionantes, geralmente ambientais (Siebert, 2000).

em uma expansão linear e radial, mas esparsa. Após a elaboração do primeiro plano diretor em 1977, outros quatro planos (1989, 1996, 2006 e 2018) foram desenvolvidos ao longo do tempo, com maior ênfase na preocupação com questões ambientais após as grandes enchentes de 1983-84 (Siebert, 2017).

Além disso, em novembro de 2008 ocorreu o evento climático de maior magnitude que se tem registro no estado de Santa Catarina. A região do litoral centro-norte do estado, onde se localiza Blumenau, foi submetida a um grande volume de chuvas que teve como resultado grandes prejuízos materiais e humanos. A precipitação acumulada no início do mês de novembro foi acima da média histórica (calculada com base nos últimos 30 anos), tendo sido agravada pela incidência de chuvas intensas ocorridas entre os dias 22 e 24, desencadeando deslizamentos, transbordamento de rios e inundações. A precipitação acumulada em cinco dias de novembro de 2008 foi cerca de duas vezes superior ao máximo da série histórica (Xavier; Barcellos e Freitas, 2014).

Essa característica marcante, de sucessivos eventos climáticos que ocorreram na cidade ao longo do tempo influenciaram fortemente a maneira como a ocupação ocorreu, e conseqüentemente o desenvolvimento do traçado urbano de Blumenau. Esse desenvolvimento pode ser observado atualmente por meio das vias estruturais dos bairros, que apresentam poucas conexões entre si, mas levam todas ao centro da cidade (Siebert, 2017).

Diante deste contexto, é possível perceber que a cidade de Blumenau apresenta um traçado urbano que pode ser dividido em três momentos históricos distintos. O primeiro remonta à época de sua colonização, marcado por uma ocupação ao longo do rio e influenciado pelas características naturais da região e pelas tradições culturais dos colonizadores alemães. O segundo momento foi caracterizado pelo desenvolvimento industrial que contribuiu na expansão a partir do centro da cidade de forma linear e radial. Por fim, o terceiro momento se caracteriza pela consolidação das áreas localizadas nas regiões central, sul e oeste da cidade, e o início do desenvolvimento da região norte, impulsionado pela revisão do Plano Diretor de 1989, motivado pelas cheias de 1983-84. Esses processos históricos moldaram o traçado urbano de Blumenau de maneira dispersa e fragmentada.

5.1.2 A região norte

A partir da década de 1970, o primeiro Plano Diretor de Blumenau foi implementado pela Prefeitura Municipal para regular o adensamento e a expansão urbana da cidade. Na revisão de 1989, o plano demarcou três macrozonas: 1. Região Sul, com adensamento controlado devido às limitações geomorfológicas. 2. Região Central, focada na consolidação urbana. 3. Região Norte, escolhida para a expansão por ser menos vulnerável a inundações. A ideia de expandir para o Norte, visando reduzir os impactos de desastres naturais, foi adotada, ao mesmo tempo em que se limitava o crescimento na Região Sul e consolidava-se a Região Central. Essa abordagem foi mantida nos Planos Diretores subsequentes de 1996 e 2006 (Ludwig; Avila; Mattedi, 2022).

O Plano Diretor de 1989 também abordou os conflitos entre a urbanização e as enchentes, especialmente na região central, e adotou medidas como a proibição de construções e aterros abaixo da cota 10 de cheias. As diretrizes buscavam adaptar a cidade às enchentes do rio Itajaí-Açu, promovendo a expansão para áreas seguras, controlando a verticalização em zonas já desenvolvidas, e restringindo a ocupação em áreas baixas. Contudo, essas políticas resultaram em uma dupla concentração urbana em Blumenau entre 1977 e 2018. Primeiro, a verticalização de edificações em áreas inundáveis, destinadas à classe média e alta e equipadas com infraestrutura. Segundo, a ocupação dos morros por populações de baixa renda, próximas às áreas dotadas de infraestrutura. O primeiro modelo intensificou o adensamento em áreas suscetíveis a enchentes, enquanto o segundo, contribuiu para deslizamentos no evento climático de 2008, levando a uma mudança na política de gestão de desastres, que passou a considerar também os movimentos de massa (Ludwig; Avila; Mattedi, 2022).

Essas diretrizes de planejamento e crescimento defendidas durante os últimos 40 anos, como a solução dos problemas ambientais da cidade, ainda perpetuam, seja pela Prefeitura Municipal, seja pelos demais agentes produtores do espaço urbano, a exemplo, dos construtores e incorporadores que impulsionados pelo Plano Blumenau 2050, continuam a pressionar a expansão da cidade. O Plano Blumenau 2050, publicado em 2008, vinculado a uma forte campanha publicitária e impulsionado em

grande parte por interesses políticos, trouxe à tona esse forte movimento de ocupação da região norte (Scolaro, 2012).

5.1.3 Plano Blumenau 2050

Através da Secretaria Municipal de Planejamento Urbano (SEPLAN) de Blumenau, o programa de desenvolvimento urbano com foco até 2050 ficou conhecido como Plano Blumenau 2050. O objetivo era construir uma visão estratégica para o futuro da cidade, identificando seus principais desafios e oportunidades, estabelecendo metas e diretrizes para orientar as políticas públicas e as ações dos diversos setores da sociedade. As ações a serem implementadas foram divididas em cinco eixos: Uso e Ocupação do Solo; Sistema de Circulação e Transporte; Intervenções para o Desenvolvimento Econômico, Turismo e Lazer; Habitação e Regularização Fundiária; Saneamento e Meio Ambiente. Contudo, cabe destacar que a participação popular foi limitada. Foram desenvolvidos apenas dois seminários técnicos, com eventos e vagas limitadas, além de serem somente para representantes da comunidade técnica. Além disso, as únicas referências bibliográficas oficiais desses estudos, diagnósticos, prognósticos e propostas foram as duas edições da Revista Bnu2050, produzida pela própria Prefeitura Municipal e com um formato de divulgação publicitária, motivos pelos quais o Plano foi alvo de severas críticas (Scolaro, 2012).

Com relação aos eixos de trabalho, o uso e a ocupação do solo estão diretamente relacionados à revisão da legislação urbana. Entre as ações destacadas estão: a aplicação dos instrumentos do Estatuto da Cidade; valorização das áreas de interesse paisagístico; manutenção de usos restritos em zonas de enchente de 10 e 12 metros acima do nível do rio; controle das áreas de risco de deslizamento; eliminação do limite de altura das edificações, com aumento dos recuos e da permeabilidade do solo (Scolaro, 2012). Vale salientar que o primeiro eixo foi o que mais progrediu. As áreas frágeis receberam índices construtivos restritivos. Houve o mapeamento geológico-geotécnico das regiões suscetíveis a desastres. Ocorreu a implementação do AlertaBlu (sistema de alerta meteorológico capaz de prever chuvas intensas e pontos de deslizamento). Essas ações representaram um avanço significativo. No eixo sobre circulação e transporte, está prevista uma série de

melhorias para o sistema de circulação, incluindo a execução de novas ciclovias e ciclofaixas, a adoção do VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) e a implementação do transporte fluvial no rio Itajaí-açu e de corredores exclusivos para ônibus. Em 2010, o Banco Interamericano de Desenvolvimento financiou US\$ 118 milhões para investir nos sistemas de circulação e transporte da cidade, dando início à construção dos corredores exclusivos para ônibus, e algumas ciclovias e ciclofaixas. No eixo sobre economia, turismo e lazer, prevê-se a criação dos Parques Ciliares da Foz do Ribeirão da Velha e da Foz do Ribeirão Garcia, que serão conectados pelo projeto de intervenção na margem esquerda do rio Itajaí-açu, recuperando a mata ciliar, ainda em desenvolvimento inicial. Em relação à Habitação e Regularização Fundiária, as ações do eixo seguem quatro diretrizes básicas: regularizar os loteamentos irregulares; realocar ocupações em áreas de risco de deslizamento; impedir edificações irregulares por meio de políticas públicas de planejamento urbano e educação ambiental; e tratar a habitação como uma questão prioritária. Praticamente não se viu avanço neste eixo. Por fim, o eixo sobre saneamento e meio ambiente apresenta 18 diretrizes de trabalho, destacando-se: aperfeiçoar os sistemas de esgotamento sanitário e de abastecimento de água; impulsionar a gestão de recursos hídricos; investir em tecnologias autossuficientes de saneamento ambiental; desenvolver políticas de educação ambiental; reabilitar áreas degradadas; fomentar a gestão pública das áreas protegidas; preparar um Plano de Arborização Urbana; propor a ocupação sustentável; fortalecer a gestão ambiental e gerir riscos de desastres naturais. Em relação às ações ambientais, ressaltam-se: o monitoramento da qualidade da água; a elaboração do Plano Municipal de Recursos Hídricos, em colaboração com o Comitê do Itajaí; a recuperação da mata ciliar; o controle da erosão; a recuperação dos cursos d'água alterados; o levantamento das áreas inundáveis e alagáveis; a instituição de áreas de conservação de mananciais; o aumento do número de unidades de conservação e áreas particulares protegidas; o incentivo à conservação das áreas naturais; a definição técnica para a gestão de APPs; a implantação de corredores ecológicos; o incentivo ao uso de telhados verdes, pisos permeáveis, captação e reuso da água da chuva; e a elaboração do Plano Integrado de Drenagem Urbana (Scolaro, 2012). Dentre todas essas ações, até o momento, a iniciativa de saneamento básico, juntamente com a drenagem urbana, foram as diretrizes que mais avançaram nesse eixo.

O Plano Blumenau 2050 dividiu as ações destes eixos em investimentos a curto, médio e longo prazo. A curto prazo, seria até 2015; a médio prazo, até 2030; e a longo prazo, até 2050. Além das diretrizes divididas por eixos de trabalho, o plano evidenciou a necessidade de revisar os atuais subcentros - aqui nesta tese tratados como centralidades - e indicar novos, reavaliando os polos de atração e incentivos, além de revisar o conceito de corredor de serviço⁹, procurando criar núcleos de desenvolvimento de forma mais concentrada, em especial na região norte.

Considerando a problemática desta pesquisa, serão detalhadas a seguir as diretrizes especialmente direcionadas à região norte da cidade. Em uma perspectiva a médio prazo, o plano alude à transferência do Centro Cívico para a referida região. O que, particularmente, seria quase inviável, levando em consideração todos os investimentos, não só financeiros, que seriam necessários, e sem qualquer garantia de sucesso. Cabe citar Hillier (1984), que não são os atratores os responsáveis por desenvolver centralidades. Além disso, o plano previa a construção do Parque das Itoupavas, projeto idealizado pelo Arquiteto Egon Belz entre os anos de 1991 a 2001, tal projeto abrange uma área de aproximadamente 1 milhão de metros quadrados. É importante destacar que, dentre essas medidas, o Parque das Itoupavas já foi implementado e inaugurado em abril de 2021, contudo, com uma extensão de apenas 14 mil metros quadrados.

No que se refere à mobilidade urbana, o plano destaca a implementação de dois anéis viários que conectam os bairros sem necessidade de atravessar o centro da cidade (FIGURA 15). O primeiro anel, de natureza externa, interliga os bairros distantes entre si, como a região norte com a região sul. O segundo anel, interno, circundam a região central da cidade. Para viabilizar esse sistema, foi necessário a construção de vias radiais que conecta os dois anéis, além da ampliação de algumas ruas já existentes e opções de transporte coletivo.

⁹ O corredor de serviço é uma estratégia de planejamento urbano que consiste em identificar e designar determinadas vias como prioritárias para a circulação de serviços, com o objetivo de facilitar o acesso a equipamentos públicos e privados, tais como hospitais, escolas, comércio, entre outros. (Krizek, 2013).

FIGURA 15 – Ilustração anéis viários e vias radiais, Plano Blumenau 2050.



FONTE: Revista Bnu2050 (2008), adaptado pelo autor.

Essa medida tem como objetivo integrar a região norte à cidade. Entretanto, se pode observar na figura 22 (ver p. 130), que esses anéis viários e vias radiais em grande parte já foram executados, e estão de acordo com o atual Plano de Mobilidade da cidade, publicados através do Decreto 13.075/2021.

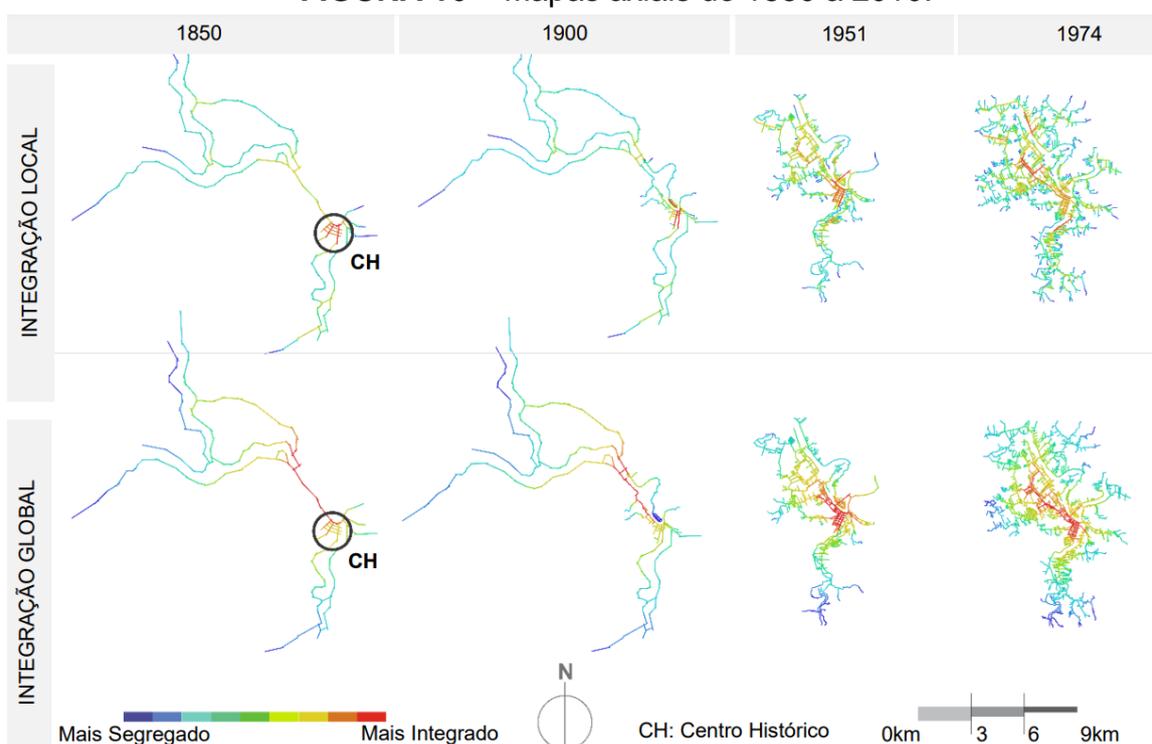
Destaca-se, que apesar do Plano Blumenau 2050 ser alvo de severas críticas, em sua maioria, imbuídas de válidos argumentos; não se pode esquecer que obteve êxito, quanto a compilar diversas diretrizes de planejamento em um único plano, incorporando propostas já existentes e novas diretrizes. Muitas, das quais fazem parte dos planos atuais do município, a exemplo do plano de mobilidade. Entretanto, fica evidente que a Prefeitura Municipal ainda está preocupada em estimular e promover a ocupação da região norte da cidade, por meio do desenvolvimento de um novo subcentro urbano, denominado nesta pesquisa, como centralidade. No entanto, mesmo passados 40 anos desde que surgiu a “ideia” de ocupação da região norte, ao que parece a dinâmica da cidade não tem correspondido aos anseios do governo municipal.

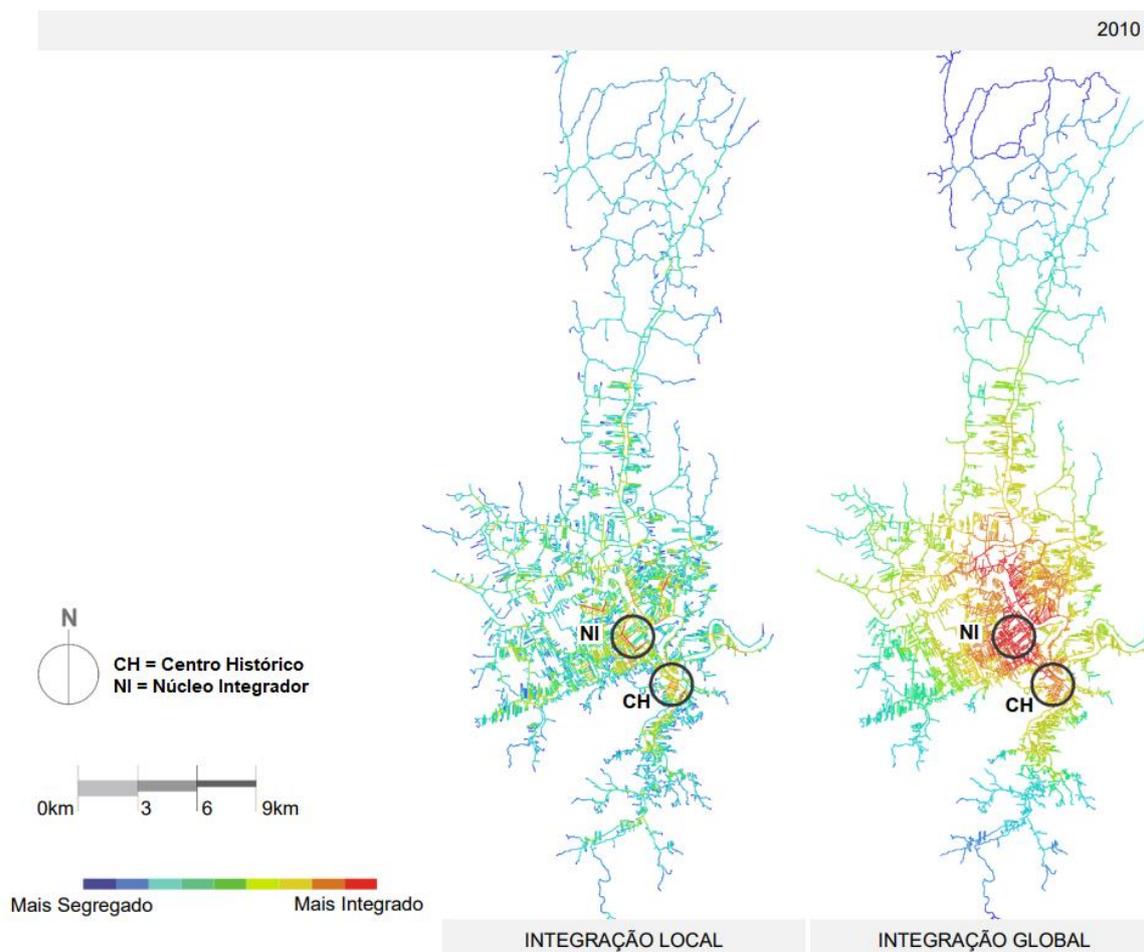
5.1.4 A sintaxe espacial em Blumenau

Em 2017, Carminatti realizou uma pesquisa de mestrado que consistiu em uma série de análises sintáticas da cidade de Blumenau, abrangendo o período de 1850 a 2010, através da utilização de mapas axiais que avaliaram os níveis de integração global e local. Os resultados desta pesquisa indicaram que a cidade apresentou alterações nos padrões de integração global e local ao longo do tempo, refletindo mudanças na apropriação do espaço pelos habitantes.

A primeira centralidade com níveis satisfatórios de integração global e local surgiu em 1955, na região central de Blumenau. Em 1974, no entanto, essa região começou a perder sua integração local e o núcleo integrador passou a se deslocar em direção ao bairro Victor Konder, localizado ao norte do bairro Centro. Já em 2010, vários bairros da cidade apresentavam níveis satisfatórios de integração local, mas o núcleo integrador estava consolidado no bairro Victor Konder, que abrange o atual Campus Universitário, consolidando-se como uma nova centralidade, em detrimento da região central. Apesar disso, ainda foi possível observar níveis aceitáveis de integração global na região central. A figura 16 ilustra esta dinâmica.

FIGURA 16 – Mapas axiais de 1850 a 2010.





FONTE: Carminatti (2020), adaptado pelo autor.

Adicionalmente, de acordo com os resultados encontrados por Carminatti (2017), a região mais ao extremo norte da cidade foi classificada como a área mais segregada, carecendo de atributos sintáticos que favorecessem a apropriação urbana. O desenho urbano dessa região é bastante fragmentado, caracterizado por longas vias, muitas sem saída, o que dificulta a conexão e, por consequência, maiores níveis de integração.

Considerando os resultados apresentados por Carminatti em sua pesquisa de 2017 e os esforços da Prefeitura Municipal em estimular a ocupação da região norte, além das questões levantadas nesta tese, inicia-se este estudo de caso a fim de conhecer a dinâmica urbana da cidade de Blumenau, quanto à sua configuração espacial e ocupação do território.

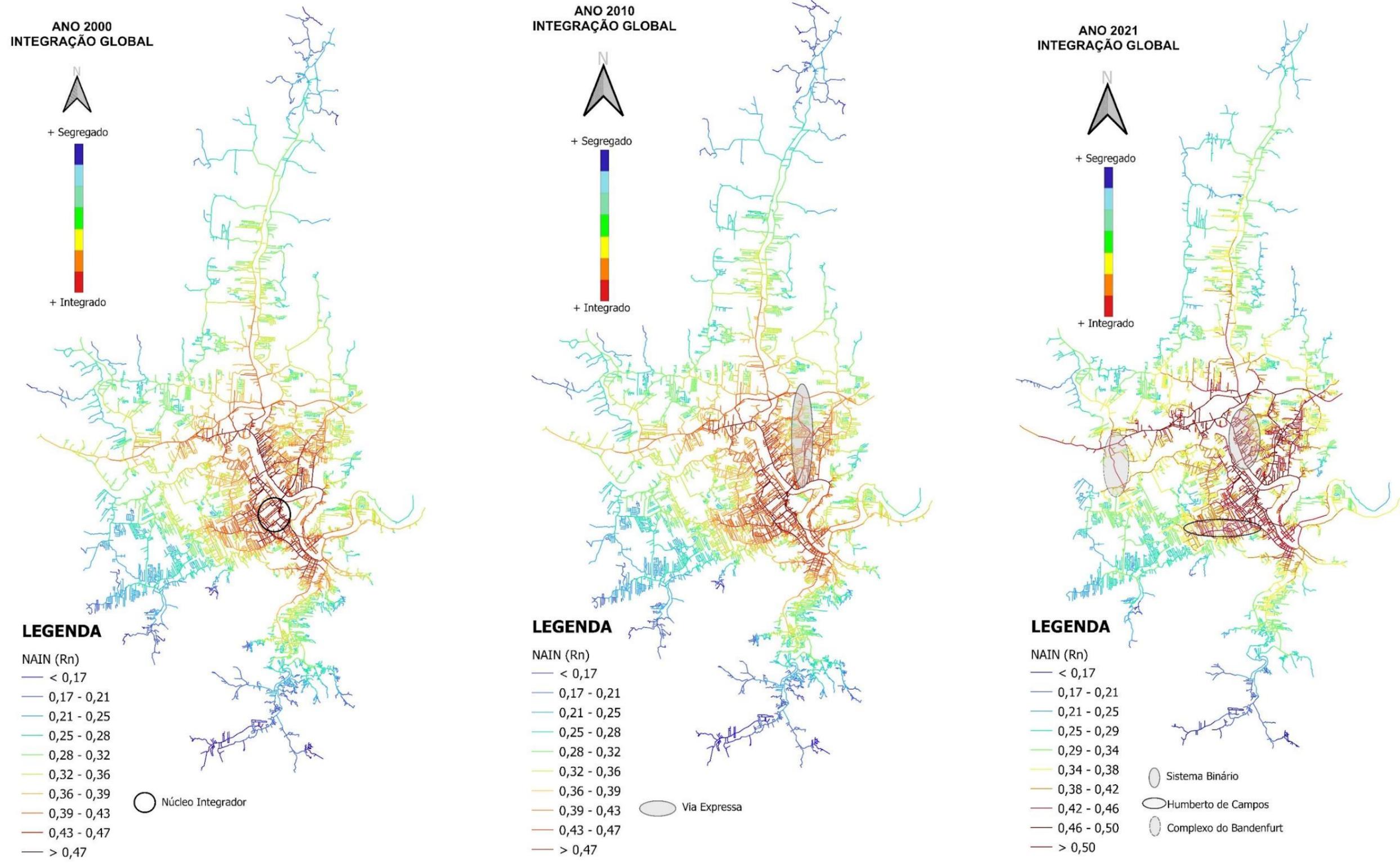
5.2 Configuração espacial

Para conhecer o padrão configuracional de Blumenau sob a luz da sintaxe espacial e especialmente identificar possíveis mudanças ao longo dos anos 2000 até 2021, foram realizados mapas de segmentos com medidas de integração global e local, além da medida de escolha. Assim como foram levantados dados sobre densidade populacional e diversidade no uso do solo dos mesmos períodos, a fim de identificar se houve um crescimento desses índices nas regiões que apresentaram maiores níveis de integração ao longo deste tempo.

5.2.1 Análise angular: integração global, escolha e integração local

Através dos mapas de segmentos (FIGURA 17), pode-se observar as medidas de integração global dos anos 2000, 2010 e 2021, respectivamente.

FIGURA 17 – Mapas de segmentos de integração global, anos 2000, 2010 e 2021.

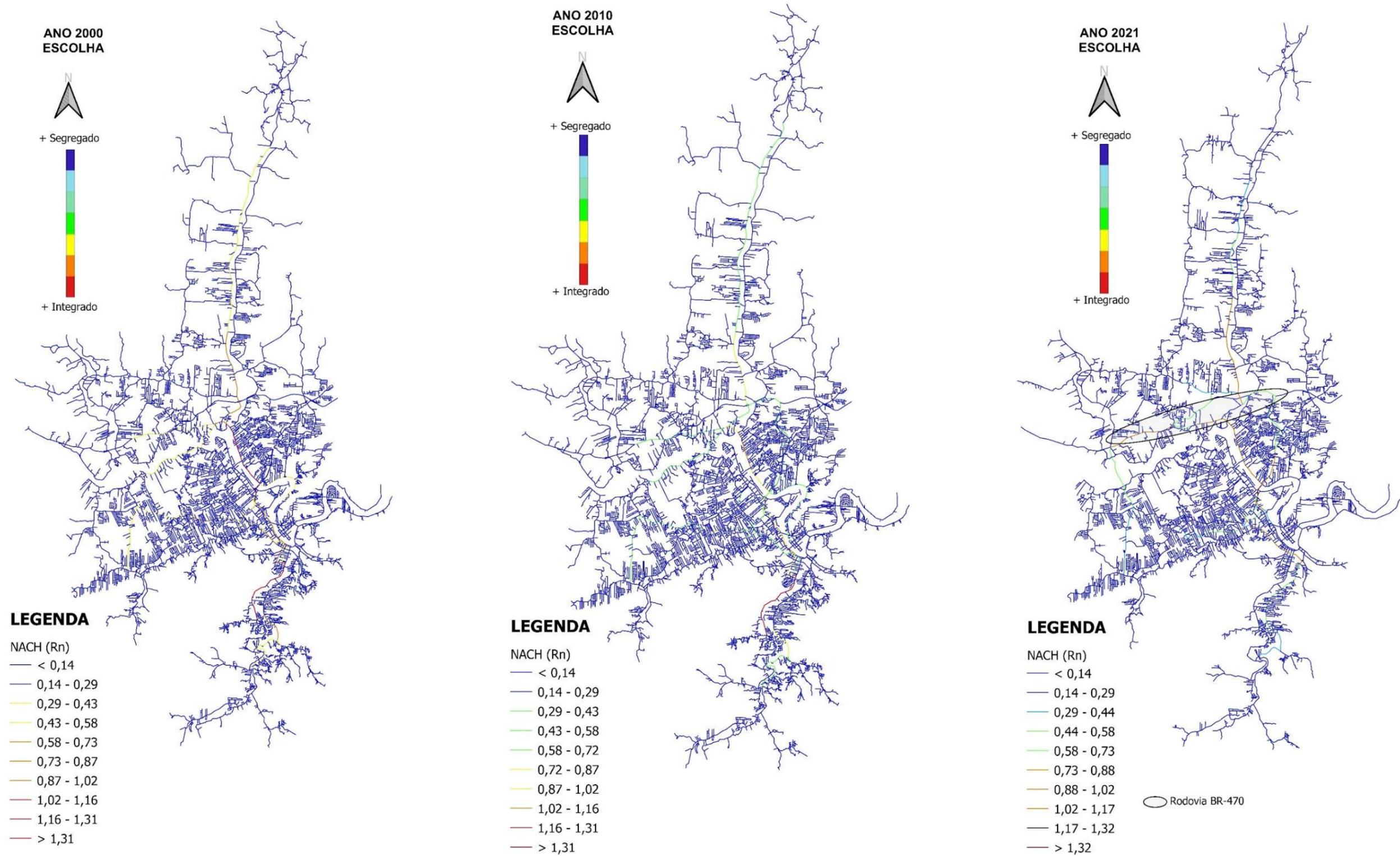


FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

Nota-se que, no ano 2000, o núcleo integrador, ou seja, aproximadamente 10% das linhas mais integradas, conforme aponta Hillier (2001), está presente na região central, especificamente no bairro Victor Konder. É possível começar a observar que há linhas com maiores níveis de integração em direção às regiões oeste e leste e ainda de pouca influência para a região norte. Quando se observa o mapa do ano de 2010, nota-se que praticamente não houve alterações no padrão configuracional quanto à integração global. Vale salientar que, neste período de 2000-2010, a alteração que ocorreu no sistema viário de maior impacto foi a conclusão em 2008 da via expressa Paul Fritz Kuehnrich (ver mapa 2010), alteração prevista no Plano Blumenau 2050. Entretanto, apesar de passados dois anos, não houve tempo suficiente para modificar a dinâmica de integração da região, o que ocorreu anos mais tarde, como se observa já no mapa de 2021. Esta via expressa contribuiu para modificar o sistema viário, criando novas conexões e, por consequência, os níveis de integração aumentaram significativamente, inclusive com influência para a região norte, pois a via expressa conecta a região central às bordas da região leste com a região norte. Outra alteração que ocorreu em 2012 foi a criação de um sistema binário no bairro Itoupava Norte (ver mapa 2021), que contribuiu para alterar a dinâmica do sistema viário, criando novas conexões onde também se observa um aumento dos níveis de integração. Além disso, no ano de 2019, ocorreu outra alteração significativa: o prolongamento da via Humberto de Campos (ver mapa 2021). Esta modificação contribuiu para aumentar os níveis de integração da região. Pode-se notar, no mapa de 2021, que o núcleo integrador está se expandindo de maneira radial pela cidade. De acordo com Holanda (2002), em áreas altamente integradas, o núcleo de integração tende a expandir e fortalecer toda a área circundante. É o que se observa devido às modificações que ocorreram nesse período de 2000-2021. Outro ponto de destaque é a realização de outra via expressa, denominada Complexo Viário Bernardo Wolfgang Werner (ver mapa 2021), popularmente conhecido como Complexo do Badenfurt, concluído em 2014. Essa alteração conectou a região norte, através da BR-470, com a região oeste, e pode-se observar um aumento nos níveis de integração nessa área. Cabe destacar que é possível perceber nos três mapas, como os níveis de integração que aparecem desde 2000 até 2021 se intensificam em termos de valores, representados pela cor vermelha em 2000 e 2010, e vermelho intenso em 2021, nessas áreas citadas anteriormente.

Em seguida, foram desenvolvidos os mapas de segmentos com as medidas de Escolha dos mesmos anos (FIGURA 18). A medida de Escolha expressa a probabilidade de um espaço urbano ser selecionado como rota de passagem de um ponto para todos os outros pontos do sistema. A medida é um indicador da popularidade de um espaço para ser utilizado como rota de passagem. Quanto mais conectada uma via urbana estiver, maior será a probabilidade de ser escolhida como rota, o que, por sua vez, atrai fluxos de pedestres e veículos (Figueiredo, 2005).

FIGURA 18 – Mapas de segmentos de escolha, anos 2000, 2010 e 2021.

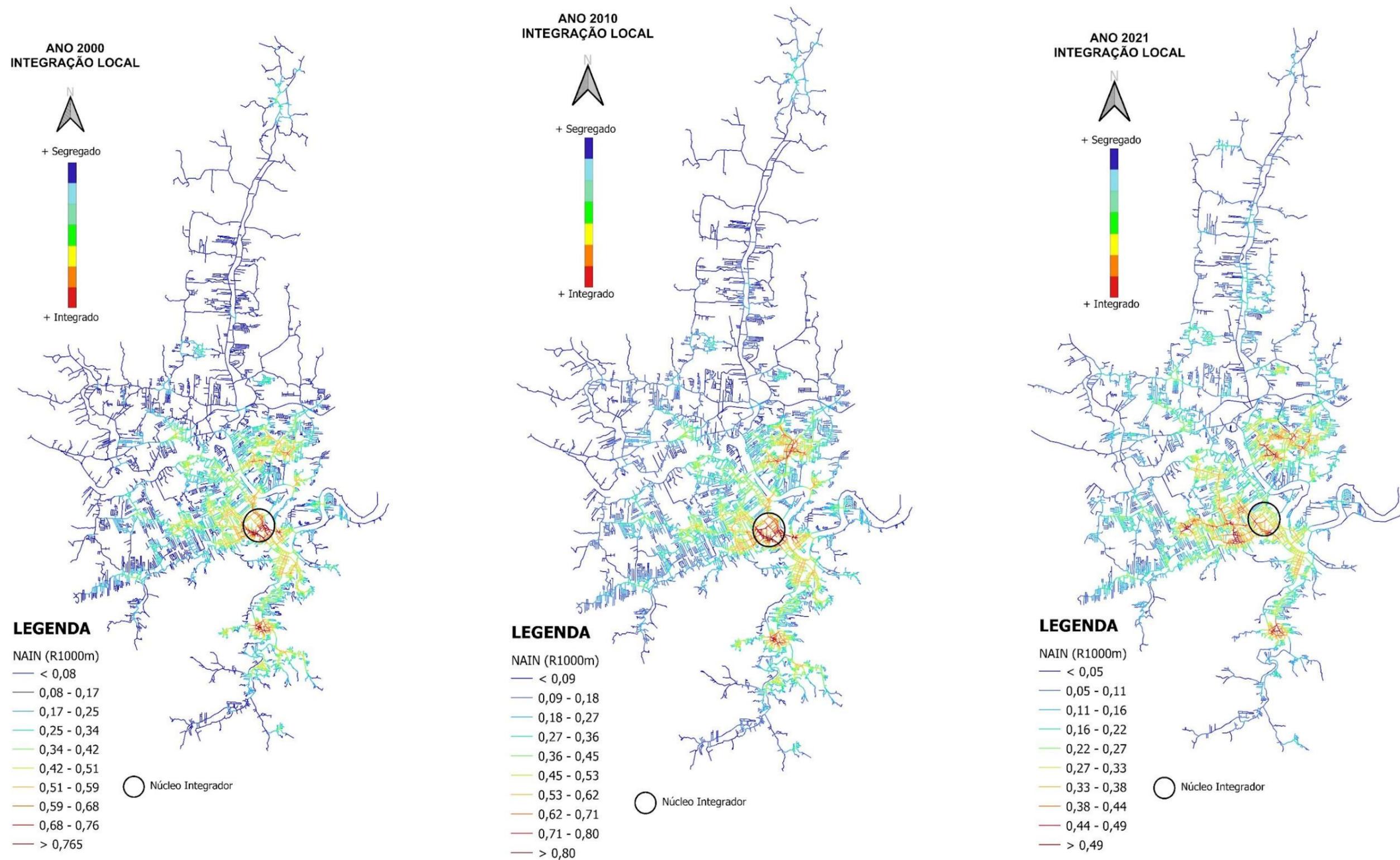


FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

É interessante perceber que há uma rota predominante, quase em linha reta, de norte a sul da cidade, passando pela região central. Essa rota permanece praticamente igual nos períodos de 2000-2010, com pequenas mudanças apenas nos valores dos níveis de integração, passando da representação de linhas amarelas para linhas verdes, ou seja, diminuindo os valores de integração do conjunto de linhas. Isso ocorreu devido a implantação da via expressa Paul Fritz Kuehnrich, na região leste. Essa alteração dividiu a preferência da rota, alterando os valores de integração. Já no ano de 2021, surge uma nova rota no sentido leste-oeste, conectando a BR-470, agora com as duas vias expressas e ligando-se à rota norte-sul. É possível observar que as vias expressas se tornam parte da rota de escolha, compondo a preferência por circulação nas regiões leste e oeste. A análise desses mapas é importante na medida em que corrobora para a contribuição de áreas mais integradas. É possível observar as rotas de preferência e como elas se relacionam com as áreas integradas dos mapas anteriores (FIGURA 17). Desta maneira, é possível notar que há uma similaridade entre as áreas mais integradas do sistema e as rotas de preferência, confirmando que a integração atrai movimento, e onde há movimento, há maior possibilidade de desenvolver atratores, conforme aponta Hillier et al. (1993), quando afirmam que esse movimento é um fator multiplicador, atraindo variedade e diversidade de usos do solo.

Quanto aos mapas de segmentos de integração local, estes foram calculados para capturar níveis de integração de até 1000 metros (FIGURA 19). Hillier et al. (1993) esclarecem que uma centralidade consolidada e fortalecida apresenta tanto integração global quanto integração local. A integração global é uma importante métrica para se conhecer o quão integrada uma região está em todo o sistema, enquanto a integração local determina os níveis de integração na escala do pedestre e tem influência direta na escolha por modos ativos de transporte.

FIGURA 19 – Mapas de integração local, anos 2000, 2010 e 2021.



FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

Ao observar os mapas, nota-se que a integração local, medida em até 1000 metros, é observada no ano 2000, no bairro Garcia, na região sul. Na região central, no bairro Victor Konder, onde já era o núcleo integrador. E, pode-se observar o início de maiores níveis de integração na região leste, no bairro Fortaleza. Já no ano de 2010, a integração local na região do núcleo integrador se intensifica e se observa também um crescimento na região leste, anteriormente citada, porém agora com níveis maiores, destacados pela cor vermelha. Ao avançar para o mapa de 2021, é interessante perceber que a integração local da região central se dissipa do núcleo integrador e se expande em direção à região oeste. Essa mudança ocorre devido à alteração do sistema, com o prolongamento da rua Humberto de Campos, conforme citada anteriormente, criando novas conexões para a região. Outra situação que se modifica é na região leste, onde já havia níveis de integração local em 2010, porém agora também se expande para o bairro Itoupava Norte, justamente onde ocorreram as mudanças do sistema (sistema binário), conforme já relatado.

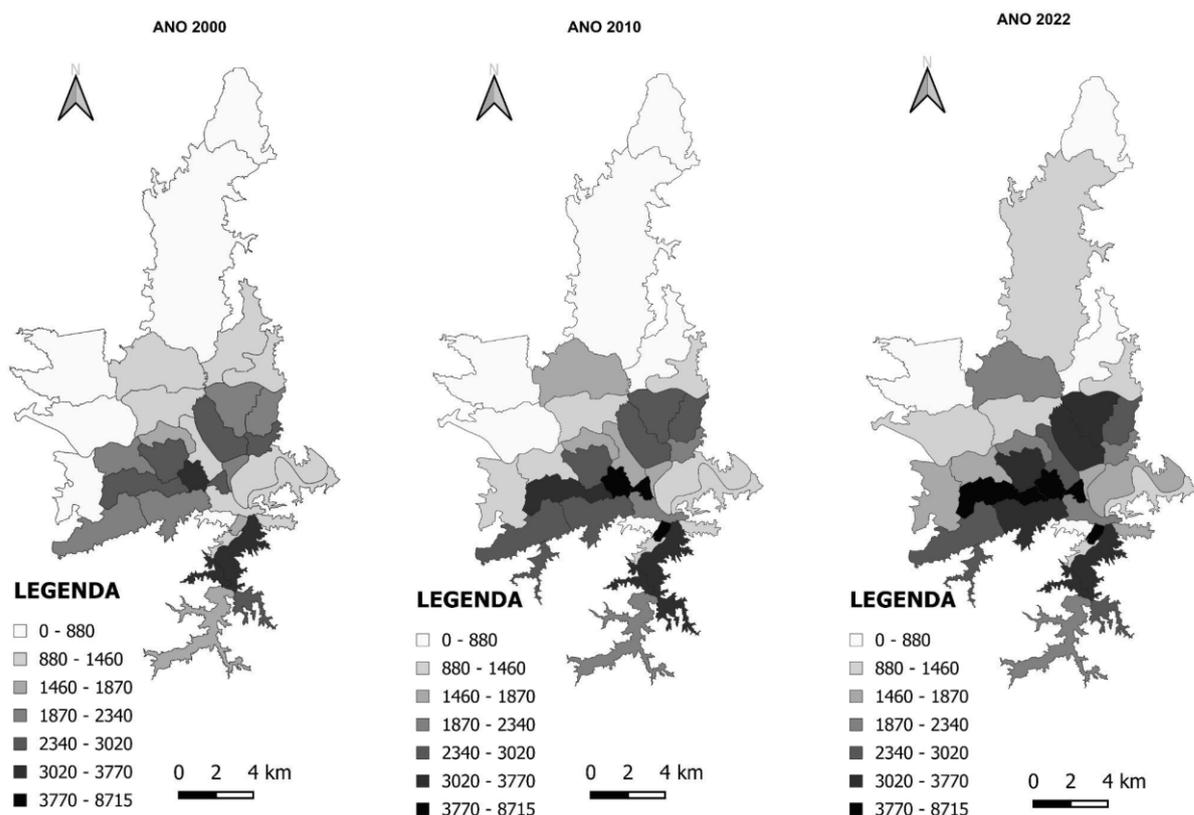
Essas mudanças do sistema viário ao longo dos períodos de 2000-2021 se relacionam com as métricas identificadas de integração global, escolha e integração local. É possível perceber que ocorreu um processo de evolução dessas métricas para valores maiores, também ao longo do tempo, conforme as mudanças ocorriam, tornando o sistema mais conectado. Essa relação denota, sob a luz da sintaxe espacial, a formação de centralidades nessas regiões. Cabe destacar que conforme Hillier *et al.* (1993) apontam, uma centralidade consolidada precisa apresentar tanto integração global quanto integração local. Neste caso, nota-se que até 2021, as centralidades consolidadas, localizam-se na região central, bairro Vila Nova, bairro Victor Konder e Centro (núcleo integrador). Na região leste, nos bairros Itoupava Norte e Fortaleza e na região oeste, bairro Velha. Contudo, não se pode deixar de citar a integração local do bairro Garcia, na região sul, que apesar de não apresentar integração global, vem demonstrando altos níveis de integração local desde o ano 2000. E também, desde as análises de Carminatti (2017), é a primeira vez que aparece níveis de integração global, na região norte, no bairro Salto do Norte.

5.2.2 Densidade e diversidade

O pressuposto de centralidade é também a presença de pessoas, e com isso,

maior densidade populacional e diversidade no uso do solo. Portanto, foram levantados os dados de densidade populacional, divulgados pelo IBGE, dos anos 2000, 2010 e 2022 (FIGURA 20). A figura ilustra a densidade por bairros da cidade de Blumenau.

FIGURA 20 – Densidade populacional, anos 2000, 2010 e 2022.



FONTE: Dados Censitários do IBGE, elaborado pelo autor (2024).

É possível perceber que as maiores densidades no ano 2000 se localizavam nos bairros Garcia, na região sul, e no bairro Vila Nova, região central. Em seguida, aparecem, os bairros Victor Konder (região central); Água Verde e Escola Agrícola (região oeste); Itoupava Norte e Nova Esperança (região leste). Depois, os demais bairros. Já para o ano de 2010, há uma mudança na dinâmica populacional. A região oeste expande a densidade; e há, uma concentração nos bairros Victor Konder e Vila Nova (região central). Assim como, Garcia e Da Glória (região sul); e Jardim Blumenau (região central). Na região leste, permanecem os níveis de densidade já identificados nos bairros Itoupava Norte e Nova Esperança, mas visualiza-se um aumento no bairro

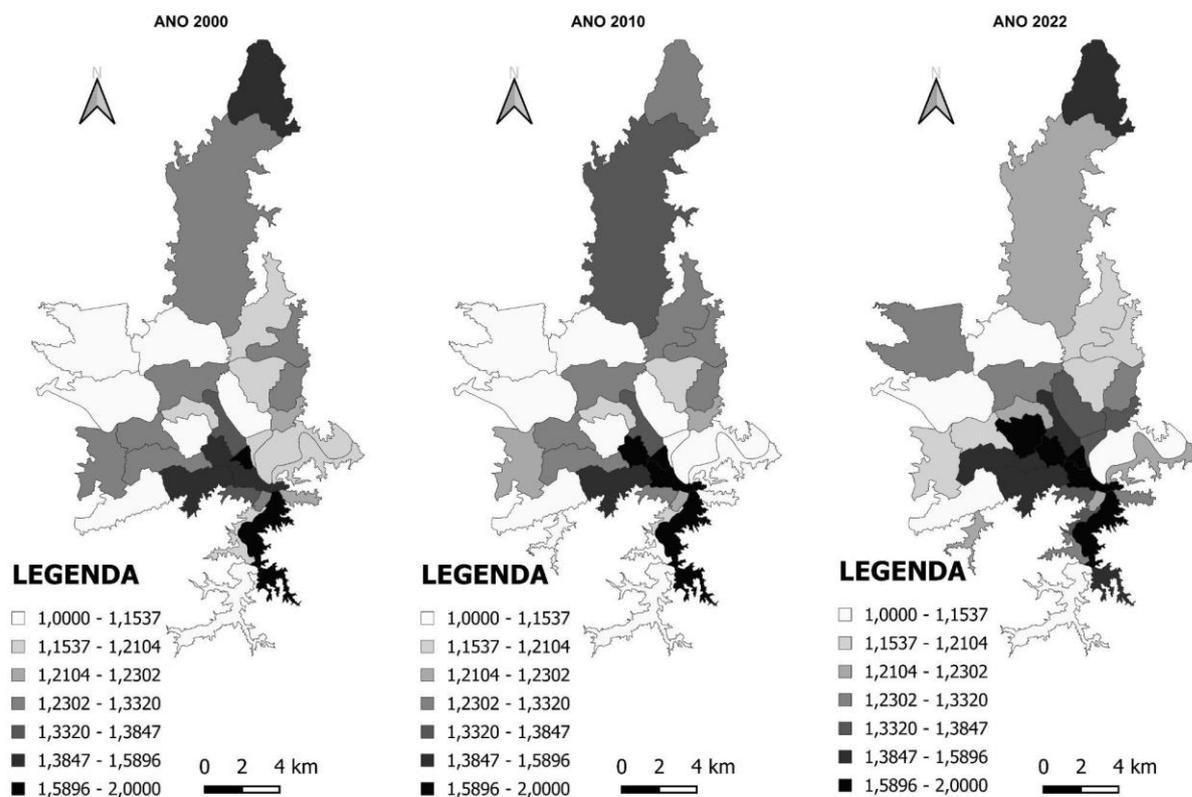
Fortaleza. Além disso, na região oeste, nos bairros Velha, Velha Central e Velha Grande nota-se um aumento na densidade também, nesse período.

No ano de 2022, é possível observar que a densidade se intensifica na região central e oeste, através dos bairros Vila Nova e Victor Konder; e Água Verde, Escola Agrícola e Velha, respectivamente. Além disso, nota-se que a densidade no bairro Jardim Blumenau (região central) diminui um pouco e a densidade do bairro Garcia, na região sul permanece. Outro destaque é para a região leste, que intensificou a densidade nos bairros Fortaleza e Itoupava Norte.

Quando comparamos as mudanças de densidades com as mudanças das medidas de integração global e local, e as mudanças da configuração (alterações do sistema viário) que ocorreram ao longo desse período de 2000-2022, é possível perceber correlações. As regiões leste e oeste, que receberam alterações no seu padrão configuracional (sistema viário), ou seja, a implantação das duas vias expressas, prolongamento da via Humberto de Campos e o sistema binário na Itoupava Norte, evidenciam aumento de densidades populacionais após essas mudanças nas áreas alteradas. A região sul, que demonstrou alto nível de integração local desde o ano 2000 até 2021, manteve níveis maiores de densidade nessas áreas, em todo o período. Em contrapartida, a região norte permanece sendo a região mais segregada e com menores níveis de densidade. Esses resultados corroboram o argumento de Hillier (2001) de que as pessoas se apropriam dos espaços mais integrados, mais conectados, e, como força motriz, atraem comércios e serviços. É sabido que outras questões, como as sociais, políticas e econômicas, influenciam na apropriação do espaço. Contudo, não se pode deixar de notar a alta relação entre o padrão configuracional mais integrado da cidade de Blumenau e os maiores níveis de densidade, pois a integração denota maior acessibilidade ao espaço.

A diversidade no uso do solo foi calculada a partir dos dados das unidades consumidoras ativas de energia elétrica, dos mesmos anos, 2000, 2010 e 2022. O cálculo seguiu a fórmula de Gini-Simpson *True-Diversity* (ver item 2.7, p. 83). Os resultados dos cálculos estão contidos nas planilhas do apêndice B e foram georreferenciados por bairros, sendo possível observá-los na figura 21.

FIGURA 21 – Diversidade no uso do solo: diversidade real (DTD), anos 2000, 2010 e 2022.



FONTE: Dados unidades consumidoras ativas, CELESC, elaborado pelo autor (2024).

No ano 2000, os índices de maior diversidade se encontravam nos bairros Victor Konder (região central). Garcia e Da Glória (região sul). Seguidos por bairro Centro e Vila Nova (região central) e Velha (região oeste). Cabe destacar o bairro Vila Itoupava, no extremo da região norte. Este resultado é interessante, na medida em que permite refletir sobre o motivo para apresentar um índice maior de diversidade, sendo que foi um dos bairros de menor densidade populacional neste mesmo ano. Empiricamente, pode-se citar o fato da distância em relação aos demais bairros, em especial aos que possuem mais infraestrutura comercial, e com isso, a necessidade de comércios e serviços mais próximos, mas seria preciso confirmar essa afirmação. E, cabe ressaltar que os bairros Itoupava Norte e Fortaleza, nesse período apresentaram níveis menores de diversidade. Em 2010, os maiores índices são visualizados nos bairros Victor Konder e Vila Nova (região central). Garcia e Da Glória (região sul). E, nota-se que o bairro Centro também apresenta maiores índices de

diversidade nesse período. Em seguida, o bairro Velha (região oeste) que permanece com o mesmo índice do ano 2000. Já no mapa de 2022, o que chama a atenção é o aumento nos índices do bairro Itoupava Norte entre os anos de 2010 a 2022; ao contrário, o bairro Itoupava Central, que apresentou índices menores em 2022 do que no ano 2010 e 2000. Além disso, nota-se que a região central (bairros Centro, Victor Konder, Vila Nova), e região leste, bairro Escola Agrícola apresentam os maiores níveis de diversidade. Seguido pelos bairros Velha, Água Verde e Itoupava Seca.

Ao comparar os resultados de integração, densidade e diversidade, a região central e a região sul são as que apresentam correlações entre essas variáveis desde o início do período analisado, 2000 a 2022, ou seja, onde se localizam as maiores integrações, há também as maiores densidades e diversidades. Contudo, destaca-se, que a região leste, especialmente o bairro Itoupava Norte e Fortaleza, aumentaram sua densidade. O primeiro, também a diversidade. Ao passo, em que se visualizou um aumento na integração. A região oeste, através dos bairros Velha, Água Verde e Escola Agrícola, também evoluíram os índices de densidade e diversidade, bem como, apresentaram maiores níveis de integração. Em contrapartida, a região norte, no cenário de 2022, permanece apresentando baixos índices de densidade e diversidade, apesar de começar a apresentar uma melhoria nos níveis de integração global, porém somente no bairro Salto do Norte. Contudo, é interessante, na medida em que cabe a reflexão, se esse não é justamente o primeiro passo para melhorar a apropriação do espaço, ou seja, os índices de densidade e diversidade, o que vai ao encontro do argumento de Hillier (1984) de que a mudança na configuração é a propulsão para modificar a dinâmica de apropriação.

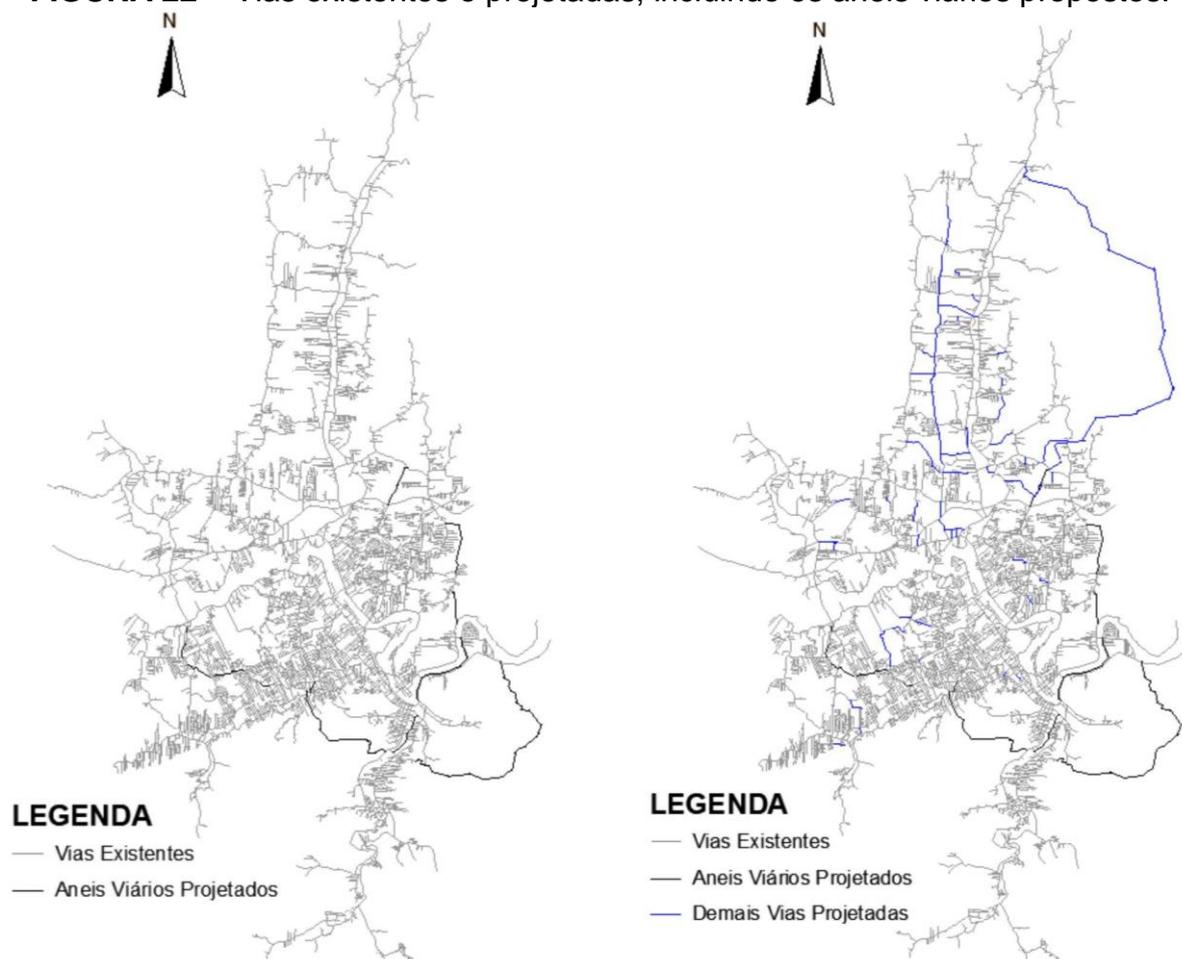
É importante destacar que diversos autores identificam limitações no estudo da diversidade, em especial na distribuição equitativa dos usos ou na proporção entre usos residenciais e não residenciais, negligenciando a variedade total de usos presentes. Saboya *et al.* (2021) alertam que, na literatura, a diversidade é frequentemente explicada por meio de dois conceitos interligados: riqueza e proporcionalidade. As métricas existentes, adotadas nesta tese, buscam conciliar esses dois aspectos, dando mais peso às situações que apresentam maior diversidade e distribuição proporcional entre os usos. Contudo, ainda há dispersões na forma de realizar essa proporção e classificação, e por isso, não se pode apenas

validar a diversidade como único fator para a construção de centralidades, mas principalmente associada a outras variáveis, como a densidade e a configuração sob a luz da sintaxe espacial, conforme tratada nesta tese e aplicado no estudo de caso.

5.3 Modelagem de cenários

A proposta dos anéis viários, de acordo com o Plano de Mobilidade de Blumenau (ver figura 22), em sua maior parte já foi executada, faltando apenas uma parte para a finalização completa dos anéis viários e das vias radiais que os conectam. Em tempo, a Prefeitura Municipal, através do Decreto 13.075 de 2021, dispõe sobre as vias existentes e projetadas para a cidade de Blumenau. Com base nessa lei, foram modeladas as vias projetadas. Cabe ressaltar que a maioria das vias projetadas está localizada na região norte, com pequenas proposições na região oeste e leste.

FIGURA 22 – Vias existentes e projetadas, incluindo os aneis viários propostos.



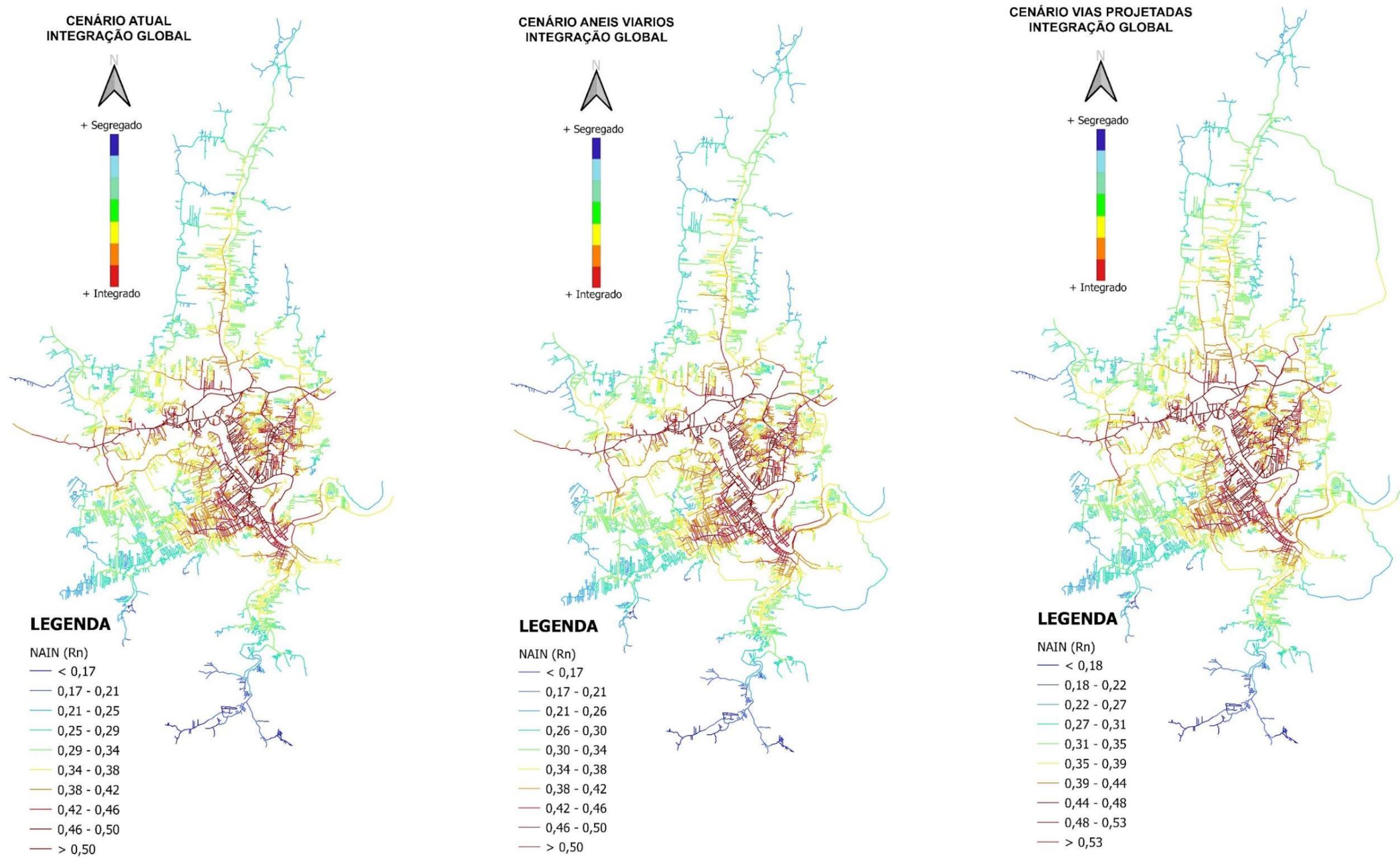
FONTE: Dados da Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

Desta maneira foram modeladas as vias conhecidas como os aneis viários, e as vias projetadas, a fim de comparar os cenários quanto aos níveis de integração destas regiões.

5.3.1 Análise angular: integração global, escolha e integração local

A modelagem dos aneis viários, bem como as vias projetadas, foram analisadas sob a luz da sintaxe espacial. A figura 23 evidencia a integração global dos cenários projetados, juntamente ao cenário atual, com base nos dados de 2021.

FIGURA 23 – Mapas de segmentos de integração global, cenários atual e projetados, 2021.

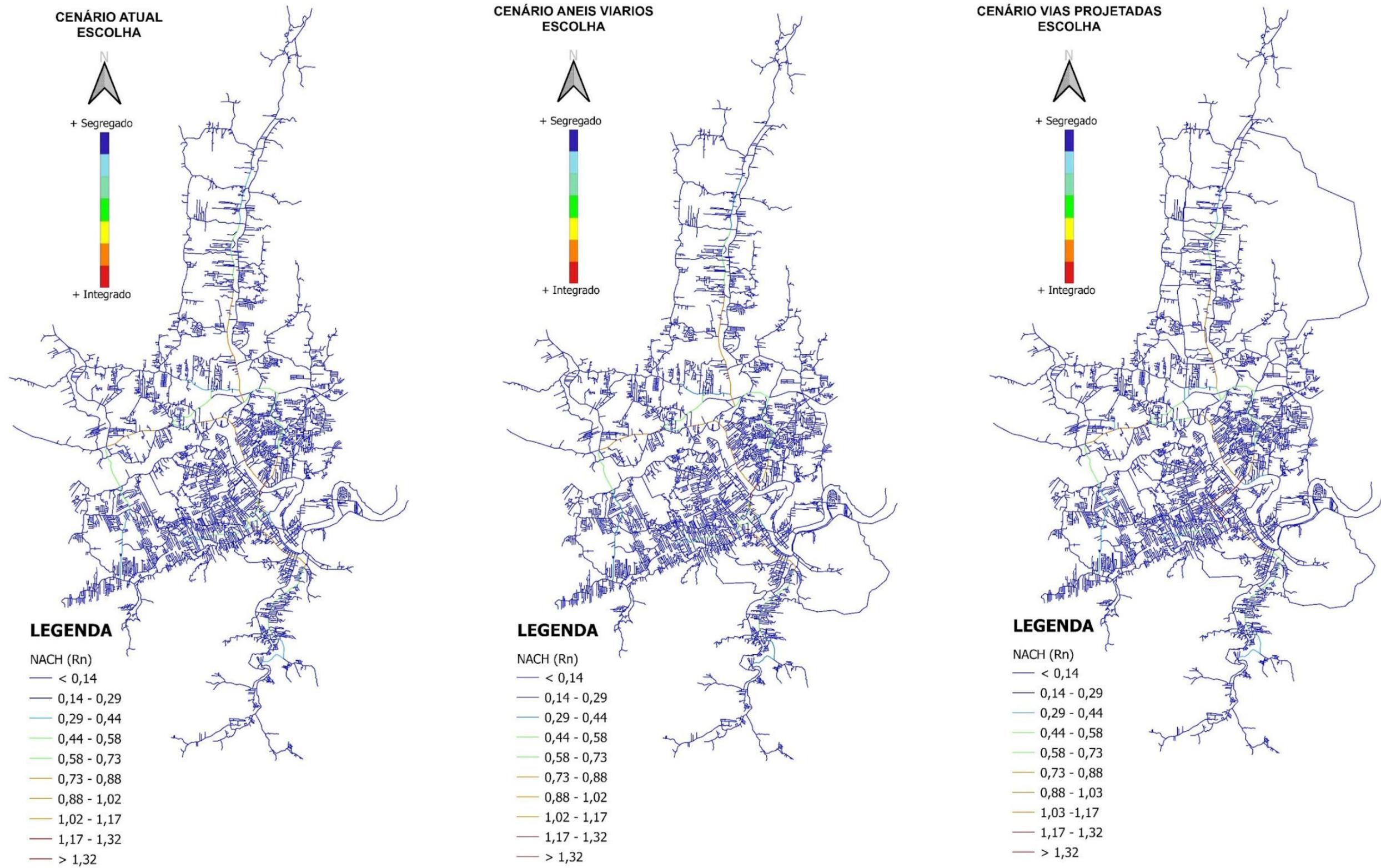


FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

Pode-se observar que a diferença nos níveis de integração entre os dois cenários modelados é pequena. E ainda, quando comparado, cada cenário modelado com o cenário atual, praticamente não há diferenças. Esse resultado evidencia que as proposições não serão suficientes para integrar a região norte a toda a cidade, em termos de sintaxe espacial. Enquanto, as pequenas proposições (vias projetadas) na região oeste e leste evidenciaram um aumento na integração. Áreas representadas em laranja, com índices de 0,38-0,42, passaram a ser 0,44-0,48 em vermelho, no cenário das vias projetadas. Este fato, mais uma vez, corrobora os argumentos de Hillier (2001) e Holanda (2002) de que a centralidade não se forma de maneira isolada, mas próximo a locais que já apresentam maiores níveis de integração e se expandem com as mudanças da configuração, que por vezes são pequenas.

Ao analisar esses cenários através da medida de escolha (FIGURA 24), não há mudanças significativas quando comparados os três cenários: atual, anéis viários e vias projetadas. Os valores de integração permanecem exatamente os mesmos de menor que 0,14 (mais segregado) até maior que 1,32 (mais integrado).

FIGURA 24 – Mapas de segmentos de escolha, cenários atual e projetados, 2021.

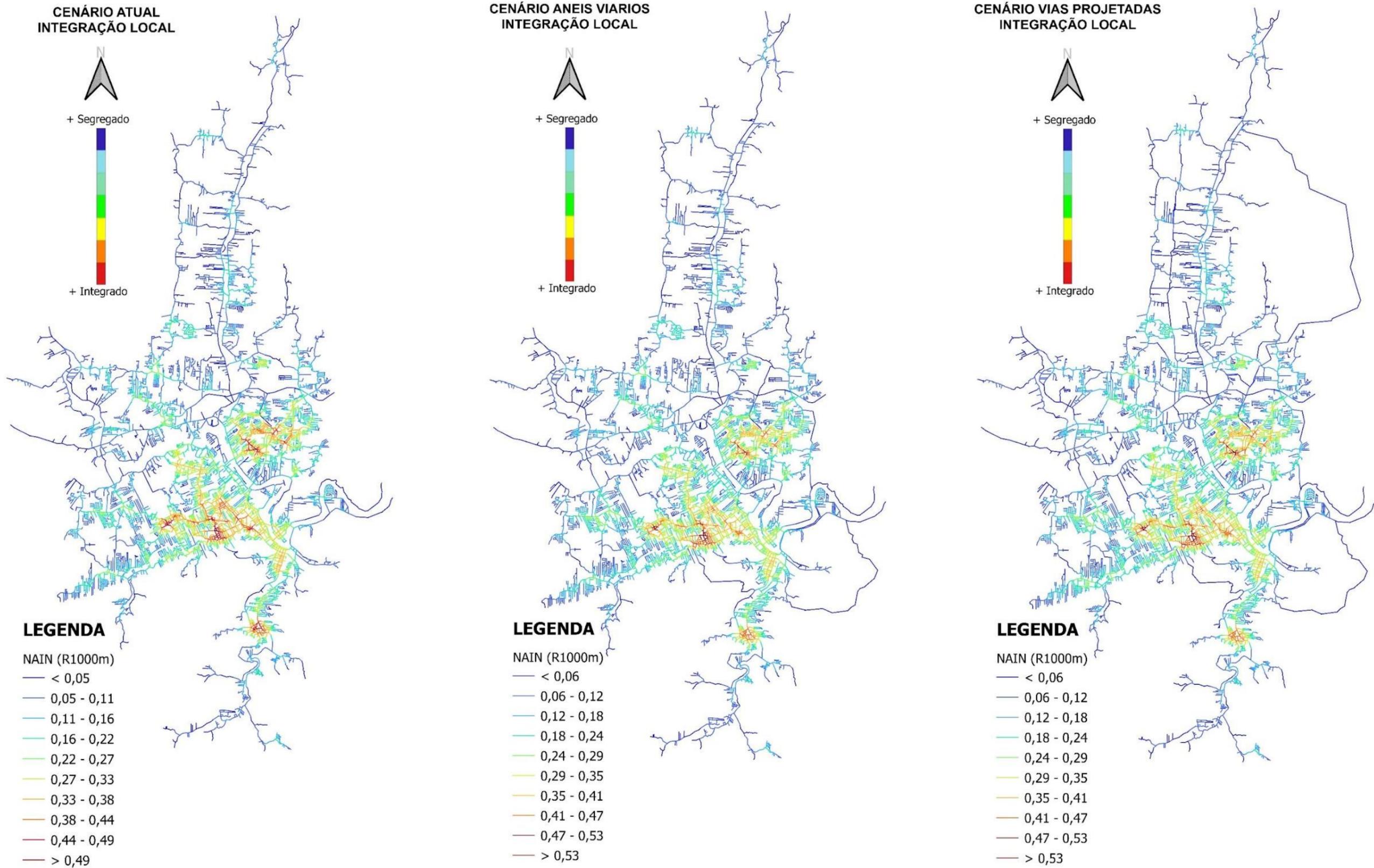


FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

Este resultado pode contribuir na reflexão se é de fato viável a execução dessas vias projetadas, localizadas a leste no mapa, que passam pela parte periférica do território. É claro, que podem existir outros fatores para realização dessas vias. Entretanto, considerando o alto custo que a implantação de uma infraestrutura viária exige e que praticamente não trará benefícios de mobilidade, quando analisado sob a luz da sintaxe espacial. Pois, cabe salientar, que a medida de escolha evidencia os caminhos que as pessoas escolherão para transitar em toda a rede.

E por fim, ao analisar a integração local (R1000m), ilustrada na figura 25, é possível observar que não há mudanças significativas nos cenários projetados (modelados) quando comparado com a realidade de 2021, cenário atual.

FIGURA 25 – Mapas de segmentos de integração local, cenários atual e projetados, 2021.



FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

Desta maneira, até aqui, pode-se concluir através da sintaxe espacial que as proposições das vias projetadas pela Prefeitura Municipal não irão contribuir para a construção de centralidades na região norte, em especial no bairro Itoupava Central; área evidenciada como de interesse para ocupação. Nem mesmo a densidade populacional e a diversidade no uso do solo apresentaram níveis satisfatórios que contribuam para este cenário. Em contrapartida, nota-se que a região leste e oeste, através das mudanças realizadas até o momento de 2021, evidenciaram o desenvolvimento e consolidação de centralidades nessas áreas. Além disso, as centralidades na região central (bairro Victor Konder e Vila Nova) têm existido e se consolidado desde o período de 2000-2021, analisado, permanecendo nos cenários modelados, caso venham a se concretizar.

Cabe destacar, o bairro Garcia, que apesar de não apresentar níveis de integração global, apresentou desde o ano 2000 altos níveis de integração local, alta densidade populacional e diversidade no uso do solo. Hillier (2001), argumentou que ambos os tipos de integração (global e local) são importantes para a formação de centralidades, mas eles influenciam de maneiras diferentes. Integração global é crucial para identificar espaços que funcionam como centros principais dentro de uma rede urbana ou regional. Integração local pode criar centralidades mais específicas ou locais, como bairros ou distritos que são bem conectados internamente e, portanto, funcionam como centros de atividades em uma escala menor. Portanto, mesmo na ausência de uma alta integração global, uma alta integração local ainda pode resultar em centralidades, mas essas centralidades tendem a ser mais locais em sua influência e importância.

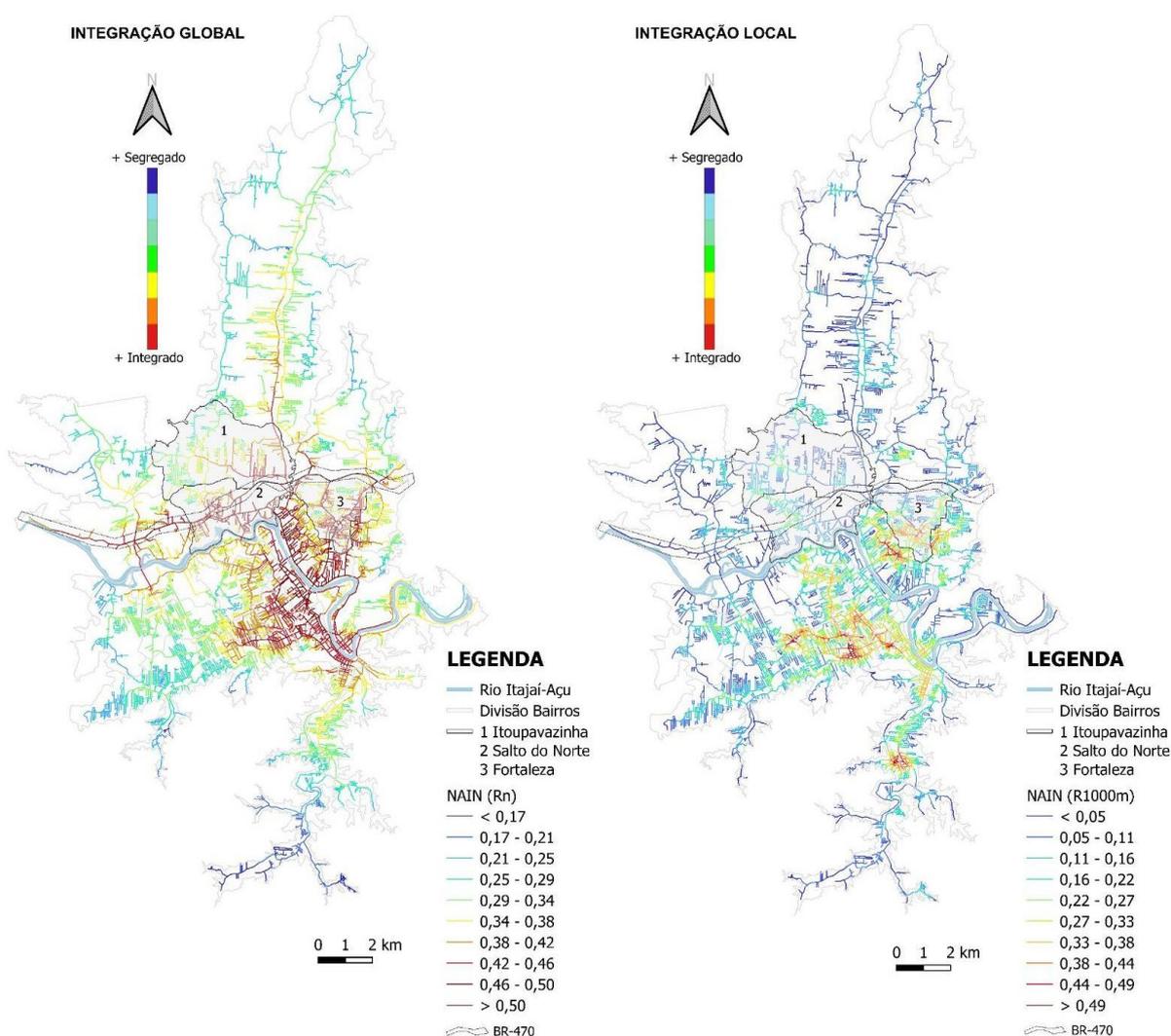
5.4 Bairros: Fortaleza, Itoupavazinha e Salto do Norte

Ao analisar empiricamente os bairros Fortaleza, Itoupavazinha e Salto do Norte, levantou-se a hipótese de que esses bairros possuem atributos mais favoráveis para o surgimento de uma centralidade. Sendo assim, através dos resultados obtidos com a análise de integração global e local, associados aos dados sobre densidade e diversidade e a aplicação das métricas de centralidade por alcance e intermediação nos referidos bairros, foram realizadas análises para testar essa hipótese.

Na figura 26, os bairros foram destacados, e se pode observar que o bairro

Fortaleza apresenta maiores níveis de integração global e local quando comparados com os bairros Salto do Norte e Itoupavazinha. O bairro Salto do Norte, inclusive, apresenta níveis altos de integração global, porém os níveis de integração local são inexistentes. Já o bairro Itoupavazinha apresenta níveis de integração global apenas nas áreas de divisa com o bairro Salto do Norte, o que pode indicar que a integração global desta área pode estar iniciando com influência do bairro Salto do Norte.

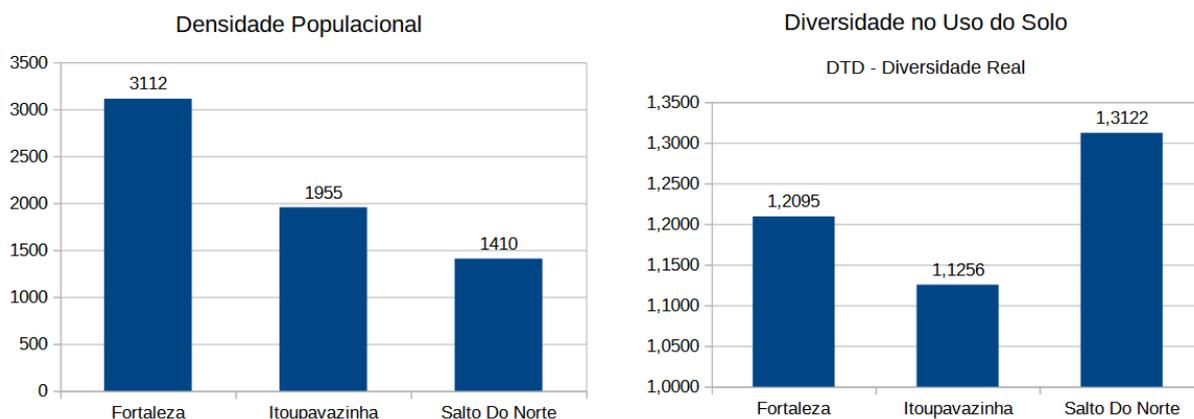
FIGURA 26 – Mapas de segmentos de integração global e local, bairros Fortaleza, Itoupavazinha e Salto do Norte.



FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

Contudo, sob a luz da sintaxe espacial, apenas o bairro Fortaleza evidencia níveis de integração global e local que induzem a consolidação de uma centralidade, enquanto o bairro Salto do Norte pode estar em um processo inicial de construção de uma centralidade, considerando que já apresenta níveis de integração global, porém ainda muito incipiente. Destaca-se, o rio Itajaí-Açu e a Rodovia BR-470, elementos morfológicos importantes na configuração de Blumenau. O rio, um elemento divisor, depende de pontes para criar as conexões entre as regiões norte-leste, com as regiões oeste-central. Enquanto, a BR-470 cria conexões de leste a oeste. Este fenômeno é percebido na medida em que as conexões entre as áreas mais integradas, precisam de pontes para ocorrer. E as duas vias expressas se conectam à Rodovia BR-470, auxiliando a integração nessas áreas.

Ao adicionar os dados sobre densidade populacional e diversidade no uso do solo (gráfico 1) dos respectivos bairros, é possível observar que o bairro Fortaleza já apresenta alta densidade em relação aos demais, e um índice de diversidade satisfatório. Entretanto, cabe destacar que a diversidade no bairro Salto do Norte ficou 7,8% acima do bairro Fortaleza. Quando se aprofunda a informação deste dado (ver apêndice B), observa-se que a distribuição mais equitativa deste índice se dá entre comercial e industrial, acredita-se que pelo fato deste bairro estar localizado exatamente na Rodovia BR-470. Enquanto, a diversidade do bairro Fortaleza está distribuída mais equitativamente entre atividades comerciais, institucionais e residenciais. De fato, Jacobs (1961) advertiu sobre a relevância da diversidade de atividades, porém as proporções ainda podem distorcer os resultados, e não há na literatura uma generalização de proporções ideais de usos, atualmente aceitas.

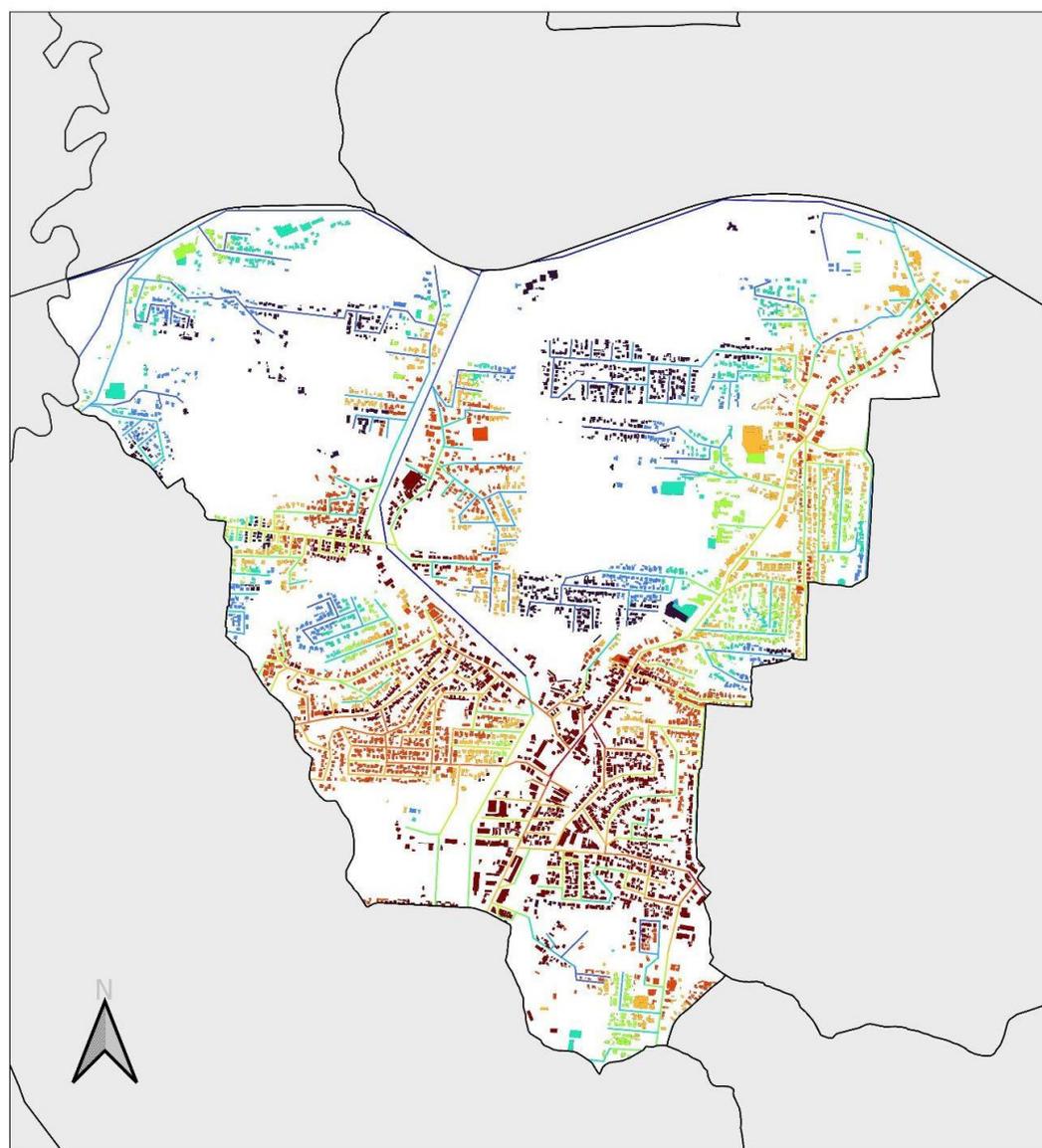
GRÁFICO 1 – Densidade populacional e diversidade no uso do solo.

FONTE: Dados censitários preliminares do IBGE (2022) e unidades consumidoras ativas da CELESC (2022), elaborado pelo autor.

Em seguida, foram adicionadas as métricas de centralidade por alcance e intermediação ao mapa de segmentos que apresenta a integração local. Destaca-se, que as métricas de centralidade foram aplicadas ao mapa de integração local, justamente por capturar melhor a relação de distância, pois tanto a integração local, quanto às métricas de centralidade foram calculadas sobre o raio de 1000 metros. Essa abordagem é importante, uma vez que as edificações desempenham um papel fundamental como origens e destinos de atividades urbanas. Assim, foi possível avaliar cada edificação quanto à sua posição na rede em relação às demais edificações. O resultado disso é preditivo para selecionar áreas com maior potencial para serem corredores de serviço ou áreas para implantação de equipamentos urbanos etc.

A sequência de figuras (FIGURAS 27 a 29) ilustra a aplicação das métricas de alcance de até 1000 metros nas áreas de maior integração local de cada bairro: Fortaleza, Salto do Norte e Itoupavazinha. Cabe destacar que os bairros Salto do Norte e Itoupavazinha não apresentam níveis de integração local, apenas global.

FIGURA 27 – Mapas de segmentos de integração local e centralidade por alcance, bairro Fortaleza.



LEGENDA

□ Bairros	NAIN (R1000m)
Centralidade por Alcance	— < 0,05
■ 0 - 58	— 0,05 - 0,11
■ 58 - 87	— 0,11 - 0,16
■ 87 - 117	— 0,16 - 0,22
■ 117 - 151	— 0,22 - 0,27
■ 151 - 192	— 0,27 - 0,33
■ 192 - 256	— 0,33 - 0,38
■ 256 - 624	— 0,38 - 0,44
	— 0,44 - 0,49
	— > 0,49

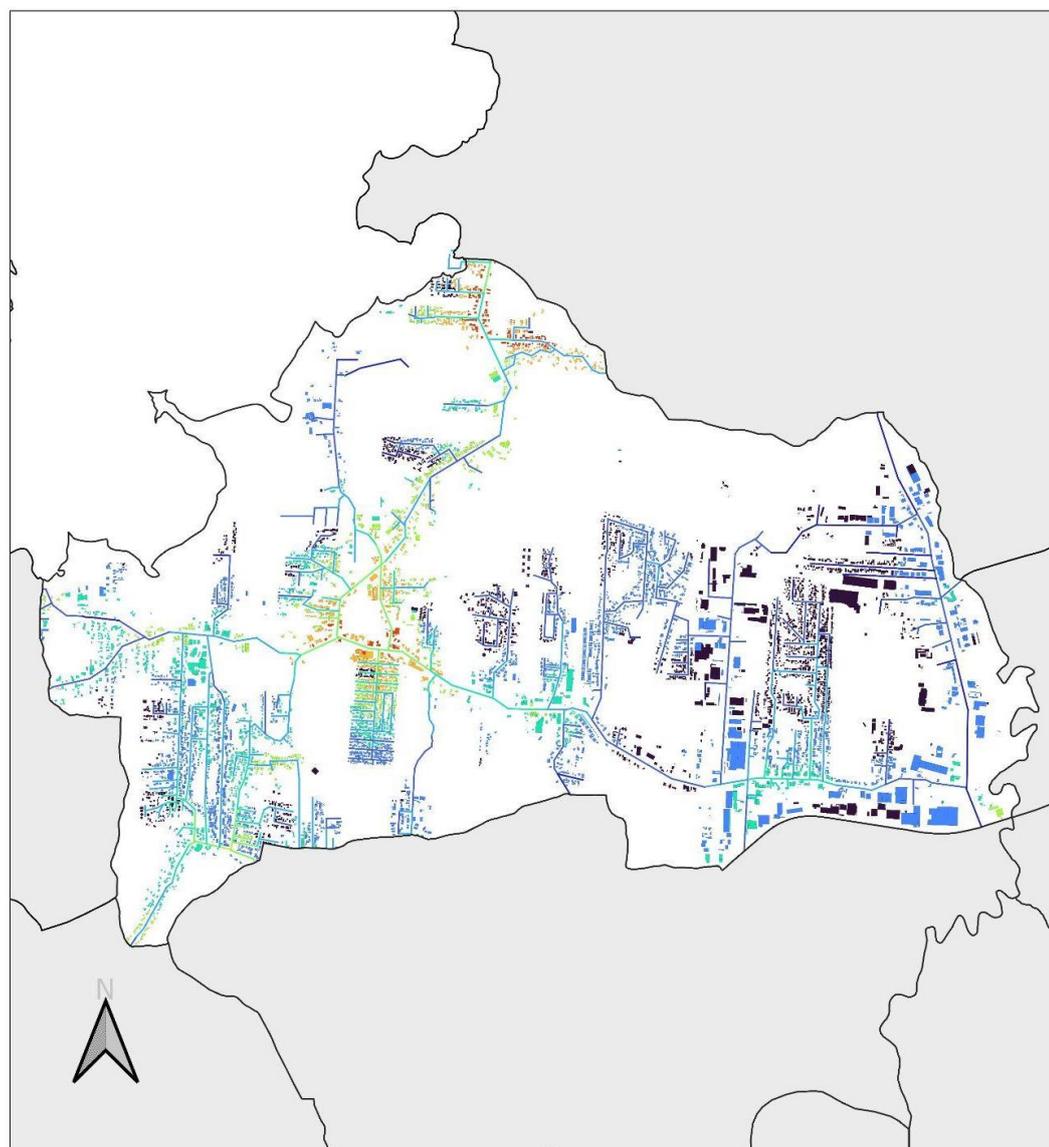
+ Segregado



+ Integrado

FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

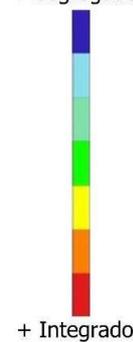
FIGURA 28 – Mapas de segmentos de integração local e centralidade por alcance, bairro Itoupavazinha.



LEGENDA

□ Bairros	NAIN (R1000m)
Centralidade por Alcance	< 0,05
■ 0 - 58	— 0,05 - 0,11
■ 58 - 87	— 0,11 - 0,16
■ 87 - 117	— 0,16 - 0,22
■ 117 - 151	— 0,22 - 0,27
■ 151 - 192	— 0,27 - 0,33
■ 192 - 256	— 0,33 - 0,38
■ 256 - 624	— 0,38 - 0,44
	— 0,44 - 0,49
	— > 0,49

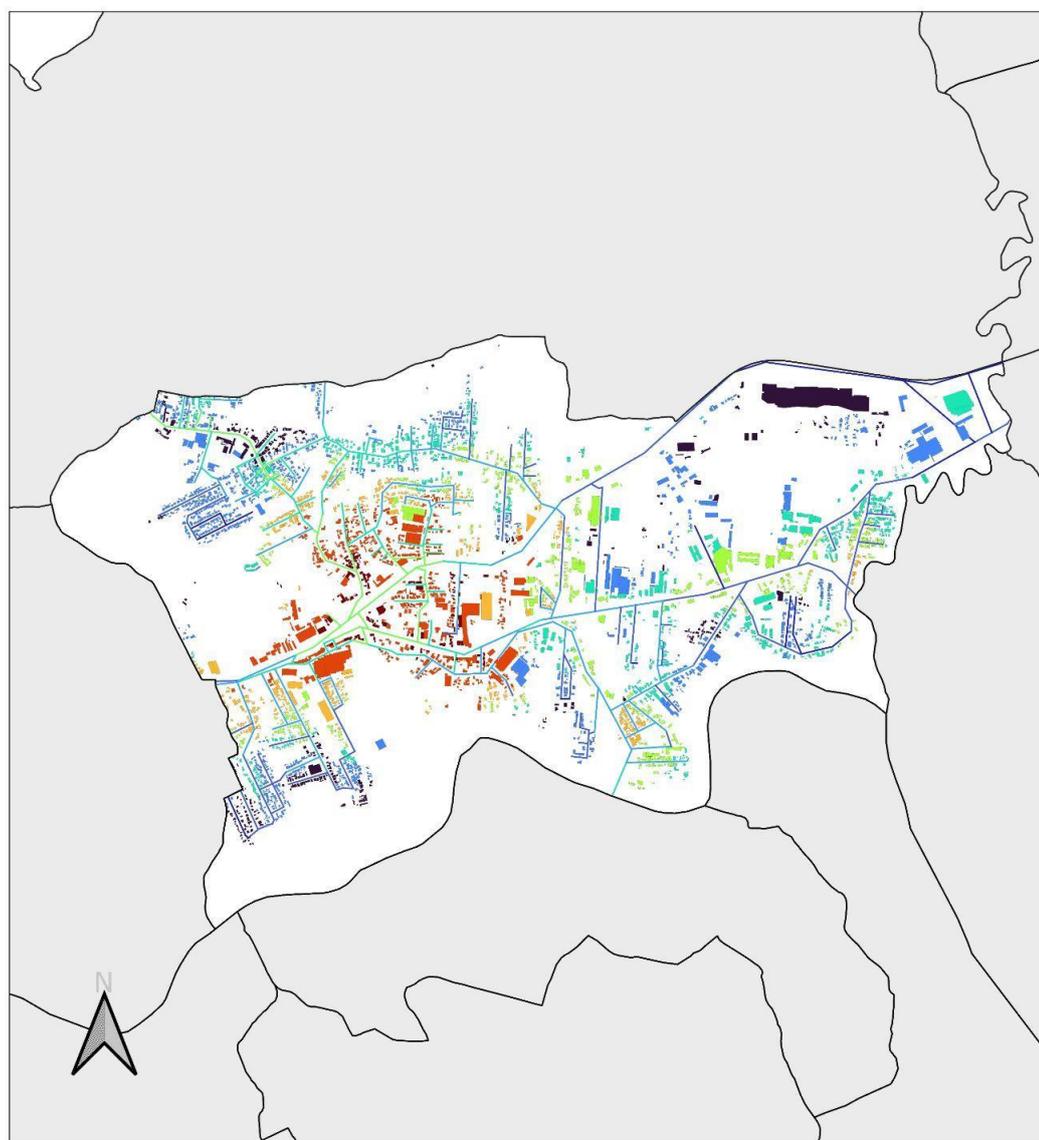
+ Segregado



+ Integrado

FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

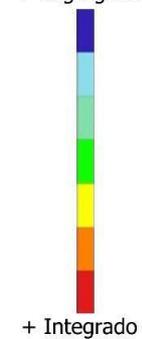
FIGURA 29 – Mapas de segmentos de integração local e centralidade por alcance, bairro Salto do Norte.



LEGENDA

□ Bairros	NAIN (R1000m)
Centralidade por Alcance	< 0,05
■ 0 - 58	— 0,05 - 0,11
■ 58 - 87	— 0,11 - 0,16
■ 87 - 117	— 0,16 - 0,22
■ 117 - 151	— 0,22 - 0,27
■ 151 - 192	— 0,27 - 0,33
■ 192 - 256	— 0,33 - 0,38
■ 256 - 624	— 0,38 - 0,44
	— 0,44 - 0,49
	— > 0,49

+ Segregado



+ Integrado

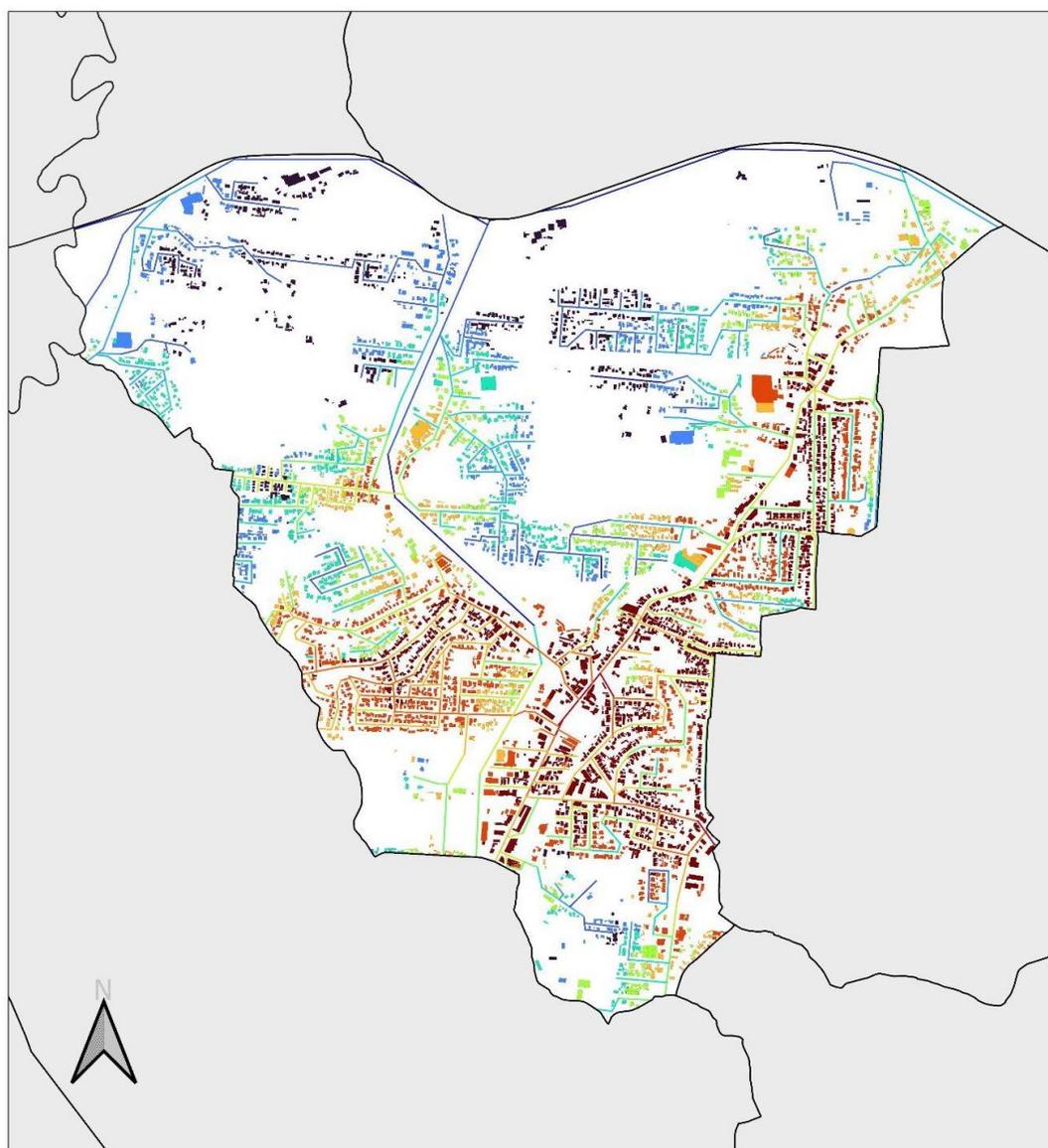
FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

Na análise de centralidade por alcance, ou seja, quantas edificações se podem alcançar em até 1000 metros, é possível perceber que há uma quantidade significativa de edificações alcançáveis no bairro Fortaleza, pelos níveis representados na cor vermelha intensa. Esse resultado aponta uma maior densidade construída. A densidade construída, quando associada a maiores níveis de integração global e local, além da diversidade no uso do solo, pode contribuir para o desenvolvimento e fortalecimento de uma centralidade (Holanda, 2002). Nota-se que o bairro Fortaleza apresenta uma centralidade na medida em que se observa através dos resultados, que o bairro já apresenta níveis de integração global e local, além de uma densidade populacional e construída mais elevada. Já os níveis de diversidade ainda apresentam índices baixos, o que, por outro lado, corrobora com o argumento de Hillier (1984) de que não são os atratores os responsáveis por desenvolver centralidades, mas eles se instalam após observar o potencial de movimento de pessoas.

Em contrapartida, quando se observa o cenário do bairro Salto do Norte, há uma menor quantidade de edificações alcançáveis em até 1000m, identificadas pela cor laranja. Enquanto, no bairro Itoupavazinha, praticamente não há edificações representadas pela cor vermelha.

Quando aplicada a centralidade por intermediação nos mesmos bairros (FIGURAS 30 a 32), a análise ilustra quantas vezes as edificações estão nos caminhos mais curtos entre pares de outras edificações acessíveis dentro de uma distância alcançável de 1000 metros.

FIGURA 30 – Mapas de segmentos de integração local e centralidade por intermediação, bairro Fortaleza.



LEGENDA

□ Bairros

Centralidade por Intermediação

0 - 157
157 - 242
242 - 322
322 - 415
415 - 528
528 - 708
708 - 1440

NAIN (R1000m)

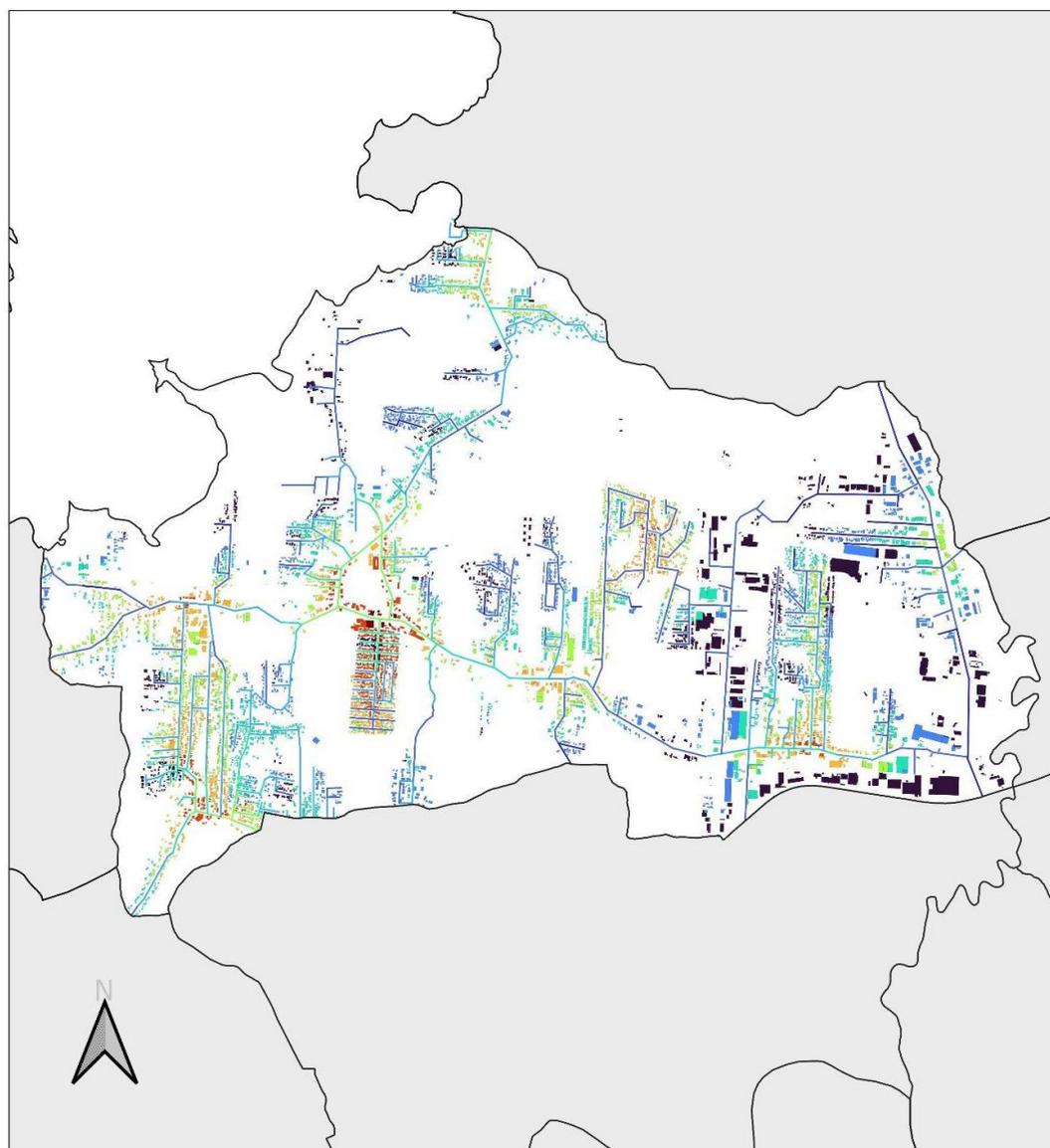
< 0,05
0,05 - 0,11
0,11 - 0,16
0,16 - 0,22
0,22 - 0,27
0,27 - 0,33
0,33 - 0,38
0,38 - 0,44
0,44 - 0,49
> 0,49

+ Segregado

+ Integrado

FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

FIGURA 31 – Mapas de segmentos de integração local e centralidade por intermediação, bairro Itoupavazinha.



LEGENDA

□ Bairros

Centralidade por Intermediação

0 - 157
 157 - 242
 242 - 322
 322 - 415
 415 - 528
 528 - 708
 708 - 1440

NAIN (R1000m)

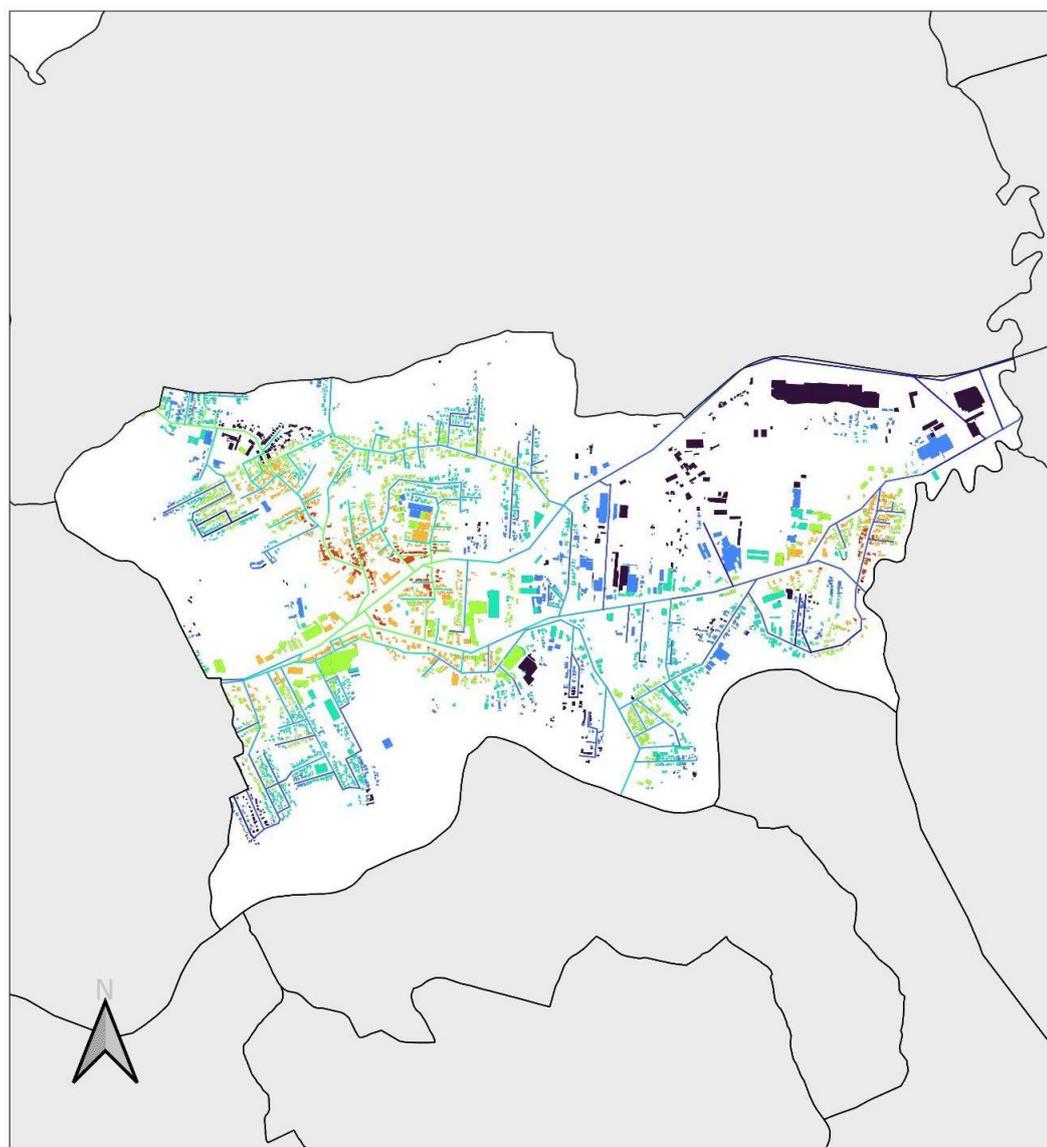
< 0,05
 0,05 - 0,11
 0,11 - 0,16
 0,16 - 0,22
 0,22 - 0,27
 0,27 - 0,33
 0,33 - 0,38
 0,38 - 0,44
 0,44 - 0,49
 > 0,49

+ Segregado

+ Integrado

FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

FIGURA 32 – Mapas de segmentos de integração local e centralidade por intermediação, bairro Salto do Norte.



LEGENDA

□ Bairros

Centralidade por Intermediação

0 - 157
157 - 242
242 - 322
322 - 415
415 - 528
528 - 708
708 - 1440

NAIN (R1000m)

< 0,05
0,05 - 0,11
0,11 - 0,16
0,16 - 0,22
0,22 - 0,27
0,27 - 0,33
0,33 - 0,38
0,38 - 0,44
0,44 - 0,49
> 0,49

+ Segregado



+ Integrado

FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

Novamente no bairro Fortaleza, as edificações com maior probabilidade de estarem nos caminhos mais curtos estão em maior quantidade e posicionadas em áreas com maiores valores de integração, em detrimento dos outros dois bairros, que apresentam cenários opostos. O cenário dos bairros Itoupavazinha e Salto do Norte apresenta uma menor quantidade de edificações, localizadas em áreas de preferência por circulação. Essa baixa densidade desestimula os modos ativos de transporte devido à necessidade de percorrer longas distâncias para alcançar destinos, como áreas comerciais, equipamentos urbanos etc.

A análise de centralidades por alcance e intermediação através da posição das edificações é relevante, pois destaca edificações localizadas em áreas preferenciais para a circulação de pessoas. Essa modelagem pode contribuir para predizer quais áreas serão melhores para estimular zonas comerciais, de uso misto, implantar corredores de serviço e equipamentos urbanos, facilmente alcançáveis. Entretanto, durante o desenvolvimento dos testes das hipóteses, observou-se que a análise dessas métricas foi mais eficiente quando utilizada na microescala urbana, ou seja, na escala de bairro ou parte dele, por isso essas métricas foram utilizadas somente na análise dos bairros. Destaca-se, que essas métricas podem ser utilizadas fornecendo pesos diferentes para cada edificação. Esses pesos podem ser: número de empregos, densidade populacional, pontos de destino específicos, entre outras variáveis. Devido à dificuldade de levantamento desses dados, optou-se pela análise sem pesos nas edificações.

Após os testes e análises realizadas, retoma-se a primeira hipótese de que a região norte, em especial o bairro Itoupava Central, poderia não apresentar níveis de integração suficientes para a formação de uma centralidade, com índices insatisfatórios de densidade e diversidade. E que a modelagem de cenários com os anéis viários e vias projetadas propostas pela Prefeitura Municipal poderia melhorar os níveis de integração dessa região. E, conclui-se que, de acordo com os resultados encontrados, a hipótese é parcialmente verdadeira. Os resultados apontaram que, apesar da região norte começar a apresentar maiores níveis de integração global, isso ocorre através do bairro Salto do Norte. O bairro Itoupava Central e demais bairros da região norte não apresentaram níveis de integração global e local, nem mesmo altos números de densidade populacional e diversidade no uso do solo que possam

corroborar para a construção de centralidades nesta área. Mesmo após a modelagem de cenários com os anéis viários e as vias projetadas, ainda assim, não foram suficientes para corroborar com o argumento da hipótese. Ademais, destaca-se que os resultados identificaram centralidades nas regiões leste, nos bairros Itoupava Norte e Fortaleza; na região oeste, no bairro Velha; na região central, nos bairros Victor Konder (núcleo integrador) e Vila Nova; e na região sul, no bairro Garcia. Estas áreas apresentam maior integração, além de melhores níveis de densidade e diversidade.

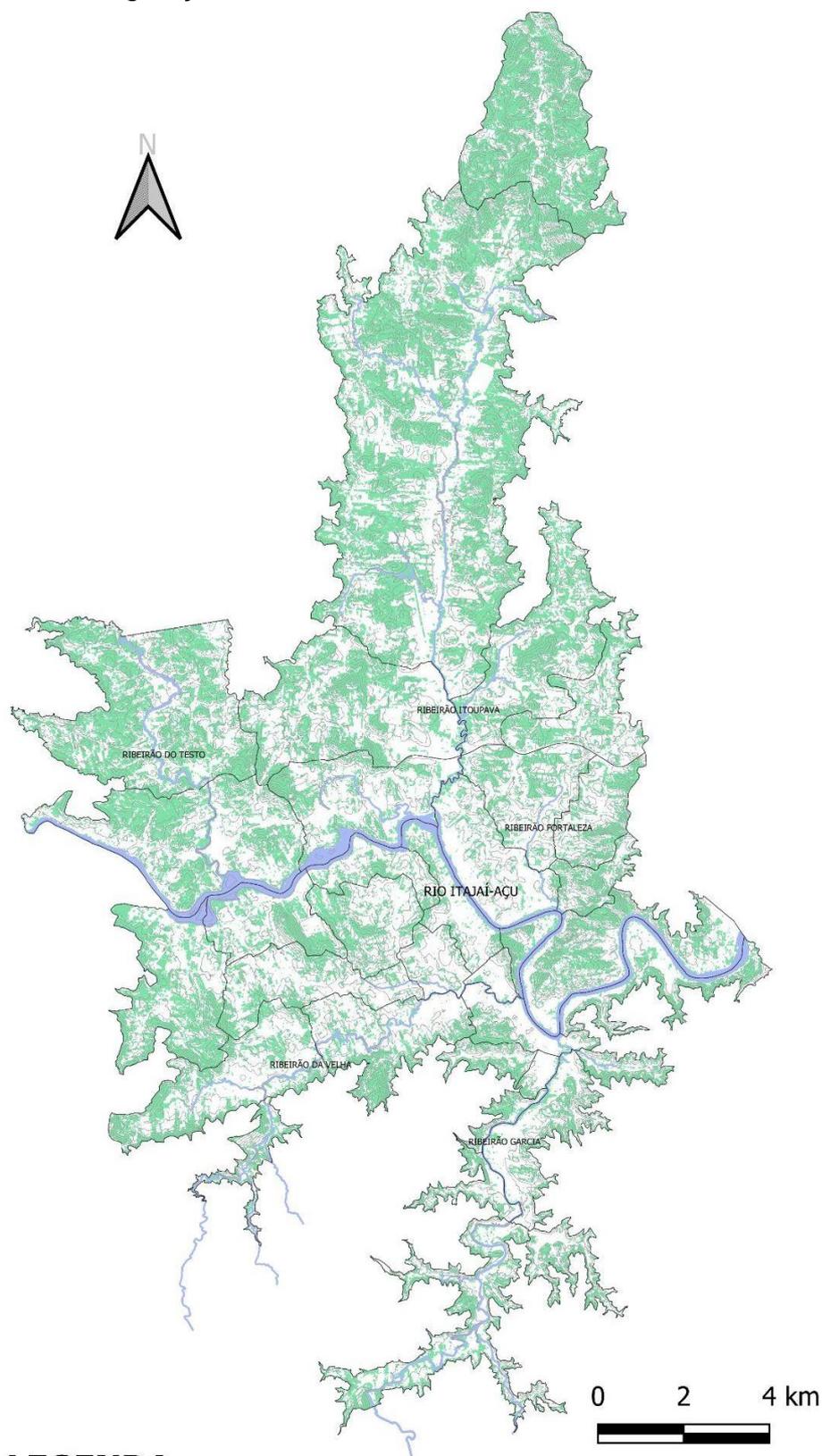
A hipótese também destacava que os bairros Fortaleza, Salto do Norte e Itoupavazinha seriam áreas favoráveis à formação de centralidades. Após a análise dos dados, pode-se concluir que, apenas o bairro Fortaleza de fato apresenta níveis satisfatórios de integração global e local, densidade populacional e diversidade, além de um maior número de edificações alcançáveis na distância de 1000 metros, que favorecem a utilização de modos ativos de transporte. Enquanto os demais bairros apresentaram resultados insatisfatórios para a construção de centralidades.

Ao dar continuidade, inicia-se o teste da segunda hipótese, a configuração das áreas verdes e seus fragmentos no processo de formação de centralidades.

5.5 Conectividade ecológica

Ao incluir as SbN ao estudo das centralidades, inicia-se o teste da segunda hipótese. A figura 33 ilustra o mapa de vegetação que foi desenvolvido a partir das áreas verdes e seus fragmentos, da área urbana de Blumenau, com o NDVI maior que 0,60, ou seja, as áreas verdes que apresentam melhores condições para a biodiversidade e qualidade do habitat. O NDVI é uma medida utilizada para estimar a saúde da cobertura vegetal. Para obter o NDVI, foi calculado a partir de imagens de satélite que capturam ondas na região do vermelho e do infravermelho, e, através do software de geoprocessamento, QGis, extraiu-se matematicamente a quantidade de luz absorvida e refletida. Desta forma, foi possível obter um resultado normalizado entre -1 a 1. Quando maior que 0,60, indica uma cobertura vegetal densa e saudável. Isso ocorre porque as plantas saudáveis têm mais clorofila e outras estruturas de pigmentos que refletem fortemente a radiação na faixa do infravermelho próximo, resultando em um valor de NDVI alto (Rouse, *et al.*, 1973).

FIGURA 33 – Vegetação urbana de Blumenau, NDVI > 0,60, rios e ribeirões.



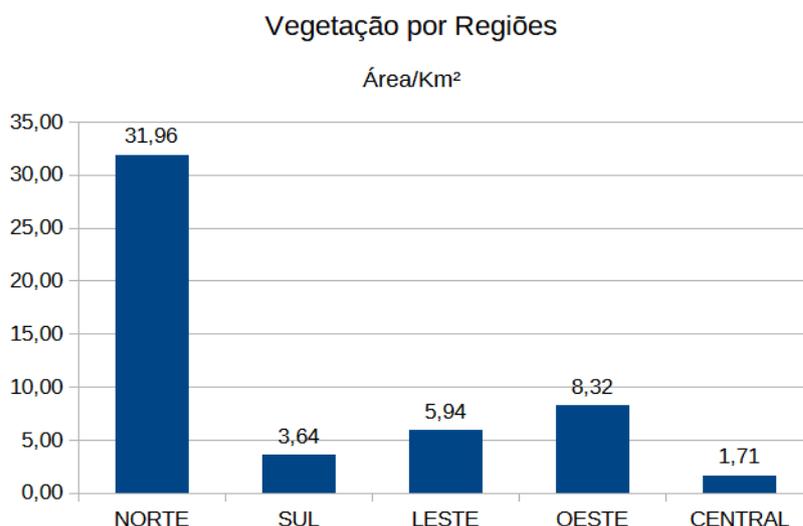
LEGENDA

— Curva de Nível Rio e Ribeirões Bairros Vegetação NDVI >0,60

FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

É possível perceber que a cidade de Blumenau possui uma grande quantidade de vegetação em toda a área urbana. Vale destacar que a análise descarta toda a vegetação com o NDVI menor que 0,60, ou seja, áreas de baixa qualidade para a manutenção da biodiversidade. Ao levantar a hipótese de que a região norte seria a porção territorial que possui maior área total de vegetação, essas áreas foram divididas por regiões, e o gráfico 2 apresenta a área total por km² de cada região. Deste modo, confirma-se a hipótese de que a região norte é a que apresenta a maior área total por km² de vegetação.

GRÁFICO 2 – Vegetação NDVI >0,60, por região, da cidade de Blumenau.



FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor.

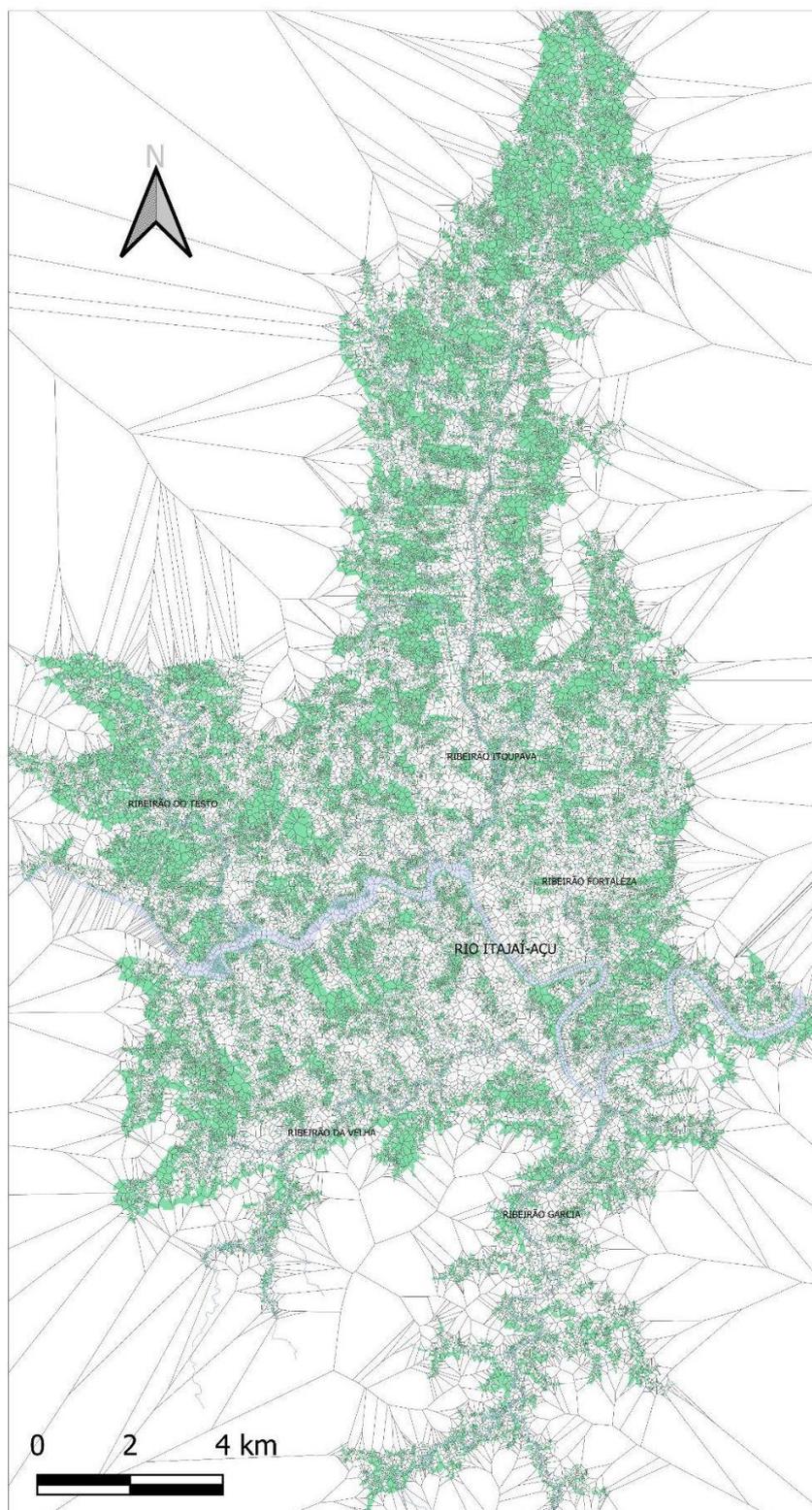
É importante destacar, que através do resultado deste mapa foi possível perceber outra situação. Áreas onde essa vegetação, de melhor qualidade vegetal, deveria existir, ou seja, ao longo do rio e dos ribeirões, elas são escassas. Nota-se que, grande parte do Ribeirão Itoupava, Ribeirão da Velha e Ribeirão Garcia não estão envoltos por essa vegetação. Além disso, os ribeirões da Fortaleza e Testo também apresentam partes sem essa vegetação, assim como o Rio Itajaí-Açu. Isso não significa que essas áreas não possuem vegetação nenhuma, pois este mapa desconsidera áreas vegetadas com NDVI menor que 0,60. Contudo, salienta-se que essa vegetação ilustrada no mapa é a que possui maior qualidade ambiental, maior biodiversidade e, por isso, de maior contribuição para a qualidade de vida urbana. Deste modo, essa vegetação é a que deveria ser preservada, em especial ao longo

de rios e ribeirões. De acordo com Johansen *et al.* (2010), a vegetação classificada como mata ciliar (ao longo de cursos d'água) desempenham funções ecológicas importantes, incluindo a proteção das margens dos rios contra a erosão, a melhoria da qualidade da água, e a oferta de habitat para a fauna, por isso devem apresentar valores altos de NDVI, indicando uma vegetação mais vigorosa e saudável.

Cabe ressaltar, que talvez este cenário tenha ocorrido, devido a uma série de desencontros entre o Código Florestal Brasileiro e o Código do Meio Ambiente de Blumenau. Ao longo da história dos Planos Diretores de Blumenau, todos vinham seguindo as diretrizes do Código Florestal Brasileiro, desde 1965 e suas revisões. Contudo, a partir do ano de 2017, observou-se um descolamento entre as diretrizes do Código Florestal Brasileiro e o Código do Meio Ambiente de Blumenau, tornando o Código Municipal mais permissivo em relação à legislação federal, quanto a preservação e ocupação de áreas ao longo de cursos d'água reduzindo as áreas de preservação e as áreas não edificáveis e não aterráveis; e como consequência a tendência de redução das áreas verdes nesses espaços. Após alterações do Código em 2017 e 2021, inúmeros conflitos entre a Prefeitura Municipal e entidades de proteção, universidades, ministério público e demais representantes da coletividade. Uma Ação Direta de Inconstitucionalidade nº 9096066-94.2010.8.24.0000 revogou os artigos em desacordo com o Código Florestal Brasileiro. Contudo, o resultado deste processo se visualiza hoje, na ocupação de áreas próximas aos cursos d'água e a diminuição de vegetação dessas áreas (Blumenau, 2010).

Ademais, a hipótese considera que a região norte, por possuir a maior quantidade de vegetação, por consequência, possui maior probabilidade de conexão. Para tanto, é importante conhecer o nível de conectividade dessas áreas, em especial dos fragmentos de áreas verdes. Assim, foi desenvolvido sobre essas áreas o diagrama de Voronoi (FIGURA 34) para capturar a proximidade e a influência que cada área e fragmento possui em relação às demais áreas circundantes, resultando em um mapa de vegetação com o diagrama de Voronoi. O Diagrama de Voronoi é uma técnica matemática da geometria que calcula o grau de proximidade em um plano. Ele permite a identificação de áreas de cobertura e regiões de influência no espaço (Novaes, 2007).

FIGURA 34 – Vegetação NDVI >0,60 aplicado diagrama de voronoi.



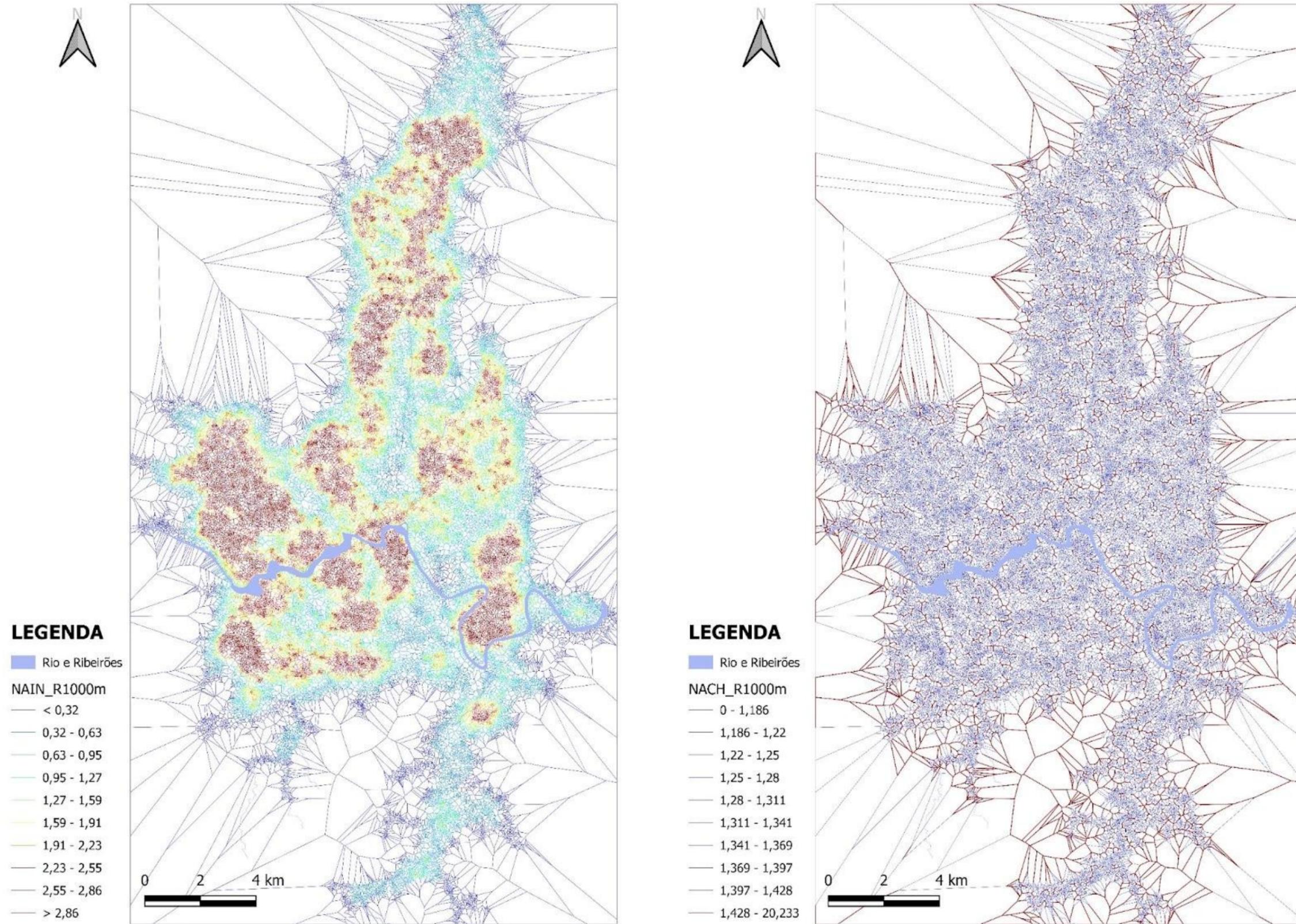
LEGENDA

 Rio e Ribeirões  Linhas Voronoi - Diagrama  Vegetação NDVI >0,60

FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

Os tamanhos dos polígonos gerados pelo diagrama de Voronoi já apresentam resultados interessantes quanto ao grau de proximidade dessas áreas. Ou seja, quanto menor o polígono ali representado no mapa, maior a proximidade com os demais polígonos circundantes e maior a probabilidade de se conectarem. Entretanto, a fim de conhecer com maior precisão essa probabilidade de conexão, foi aplicado sobre o diagrama de Voronoi o método da sintaxe espacial, através das medidas de integração local e escolha (FIGURA 35).

FIGURA 35 – Diagrama de voronoi aplicada a sintaxe espacial, integração (R1000m) e escolha (R1000m).



FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

Através da sintaxe espacial, é possível conhecer o potencial de integração dessas áreas, pois somente a proximidade entre elas não é preditiva para se conectarem. É preciso haver oportunidades de conexão, e a sintaxe captura essas oportunidades a partir do cálculo de integração através das linhas formadas pelo diagrama de Voronoi. É possível notar que a região oeste apresenta as áreas com maiores níveis de integração, seguida pela região norte. A região leste também apresenta áreas com integração, porém em menor quantidade, enquanto a região sul praticamente não apresenta áreas de integração de grande influência. Cabe ressaltar que este estudo foi desenvolvido apenas na área urbana, ou seja, subtraiu do estudo todas as áreas rurais, vegetadas ou não do território. Ao compararmos a localização dessas áreas com o mapa de densidade de 2022 (ver figura 20, p. 125), nota-se que essas áreas com maior integração são as menos ocupadas. Sendo este um momento importante para propor maneiras de proteção dessas áreas verdes de maior qualidade de habitat e maior potencial de integração.

Quanto à medida de escolha, o objetivo é identificar possíveis caminhos para corredores ecológicos. O mapa ilustra a tendência de caminhos que podem ser pensados para manejo e proteção a fim de que possam vir a se tornar corredores ecológicos. As linhas mais grossas representadas pela cor vermelha evidenciam esses caminhos, possibilidade que corroboram às conexões entre essas áreas e seus fragmentos, conforme destacado no mapa.

E ainda, no sentido oposto, o mapa permite identificar áreas que hoje não apresentam possibilidades de conexão, mas que por outros motivos podem ser alvo de estudos para manejo e reflorestamento de vegetação nativa, a exemplo da região sul. Cabe salientar, que as linhas vermelhas apresentadas nas bordas devem ser descartadas, pois, no cálculo da sintaxe espacial, elas sofrem o que se chama de efeito de borda¹⁰.

Por se tratar de uma área urbana, é preciso conhecer as barreiras que, por vezes, podem impedir essas conexões. Portanto, é necessário realizar uma

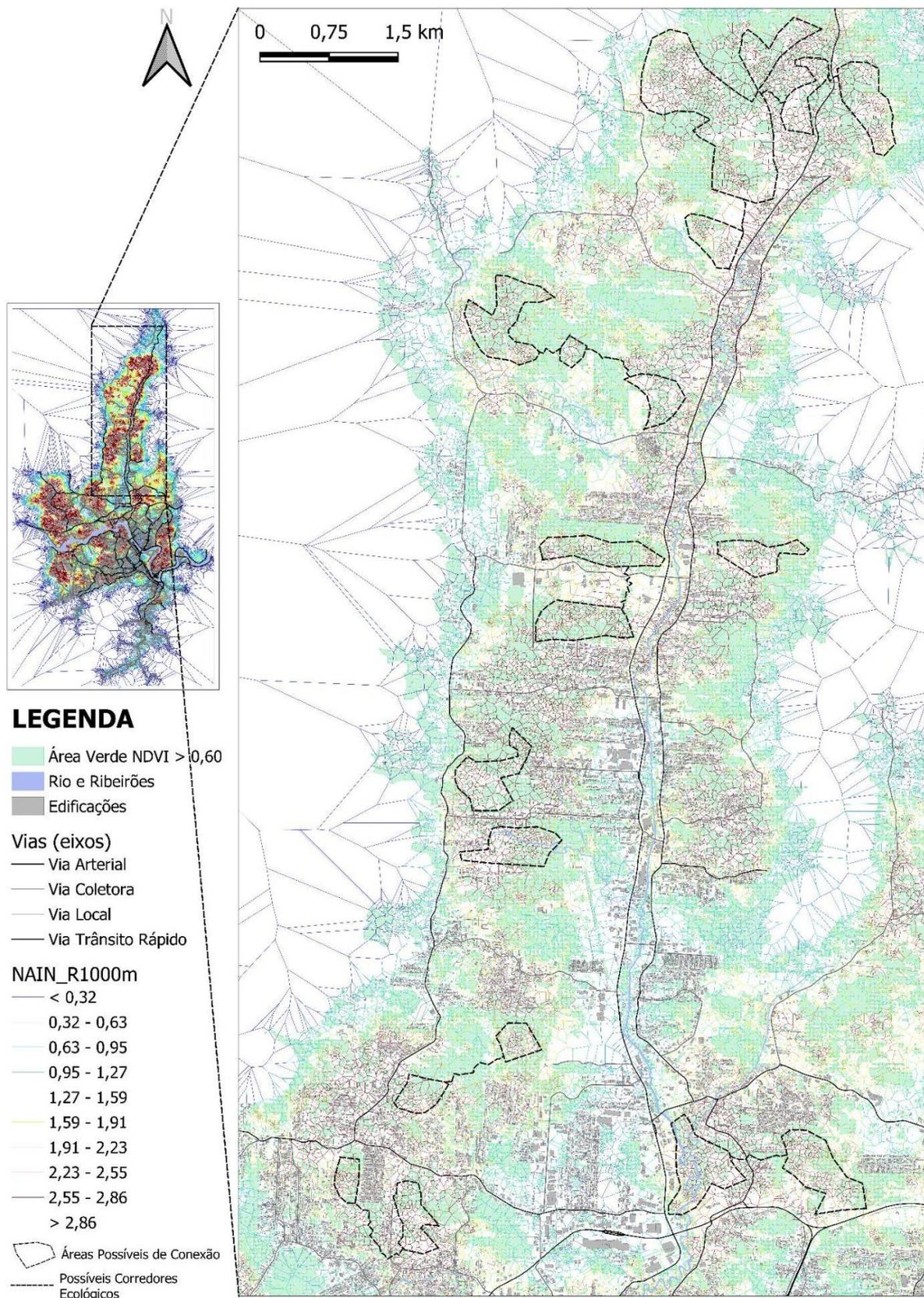
¹⁰ O efeito de borda, refere-se às distorções ou imprecisões nos resultados de análises espaciais que ocorrem nas áreas periféricas ou limites de uma área de estudo. Quando se analisa um sistema espacial, a análise é geralmente mais precisa no centro do sistema, onde há uma maior densidade de conexões e dados. No entanto, nas áreas de borda, as conexões são mais limitadas e podem não refletir com precisão a verdadeira conectividade do sistema, já que essas áreas se conectam com espaços fora do limite da área de estudo que não estão incluídos na análise. Isso pode resultar em uma subestimação ou superestimação das propriedades espaciais dessas áreas de borda (Hillier, 1984).

sobreposição dos mapas anteriores com o sistema viário e as edificações. O sistema viário foi considerado de acordo com a sua hierarquia, definida pelo Decreto 13.075/2021, como vias de trânsito rápido, arteriais, coletoras e locais. Considerar a hierarquia das vias se torna importante na medida em que as vias de maior intensidade e velocidade sugerem áreas com probabilidade menor de integração das áreas verdes; o que também pode sugerir a implantação de passa-faunas, nessas áreas. Desta forma, foi possível selecionar as áreas que são passíveis de desenvolver conexões, integrando os fragmentos as matrizes (maiores áreas de vegetação), além de sugerir locais para a implantação de corredores ecológicos, considerando as barreiras atuais (vias e edificações), observados através das figuras 36 a 38. Essas áreas demarcadas no mapa foram selecionadas levando em consideração os resultados das medidas da sintaxe espacial, ou seja, os níveis de integração elevados para as conexões dos fragmentos de áreas verdes e a medida de escolha, para as possibilidades de implantação de corredores ecológicos, considerando as barreiras.

A delimitação das áreas para a construção de uma infraestrutura verde a partir das áreas verdes e seus fragmentos, seguiram os conceitos de Pereira e Castro (2016), quanto a opção de conexões através de corredores ecológicos, não conectados diretamente, mas através de fragmentos próximos que permitem o deslocamento entre as áreas maiores, atuando como “trampolins ecológicos”. E também, na opção de corredores ecológicos contínuos. Ambas as propostas visam construir conexões entre as grandes áreas verdes (matrizes).

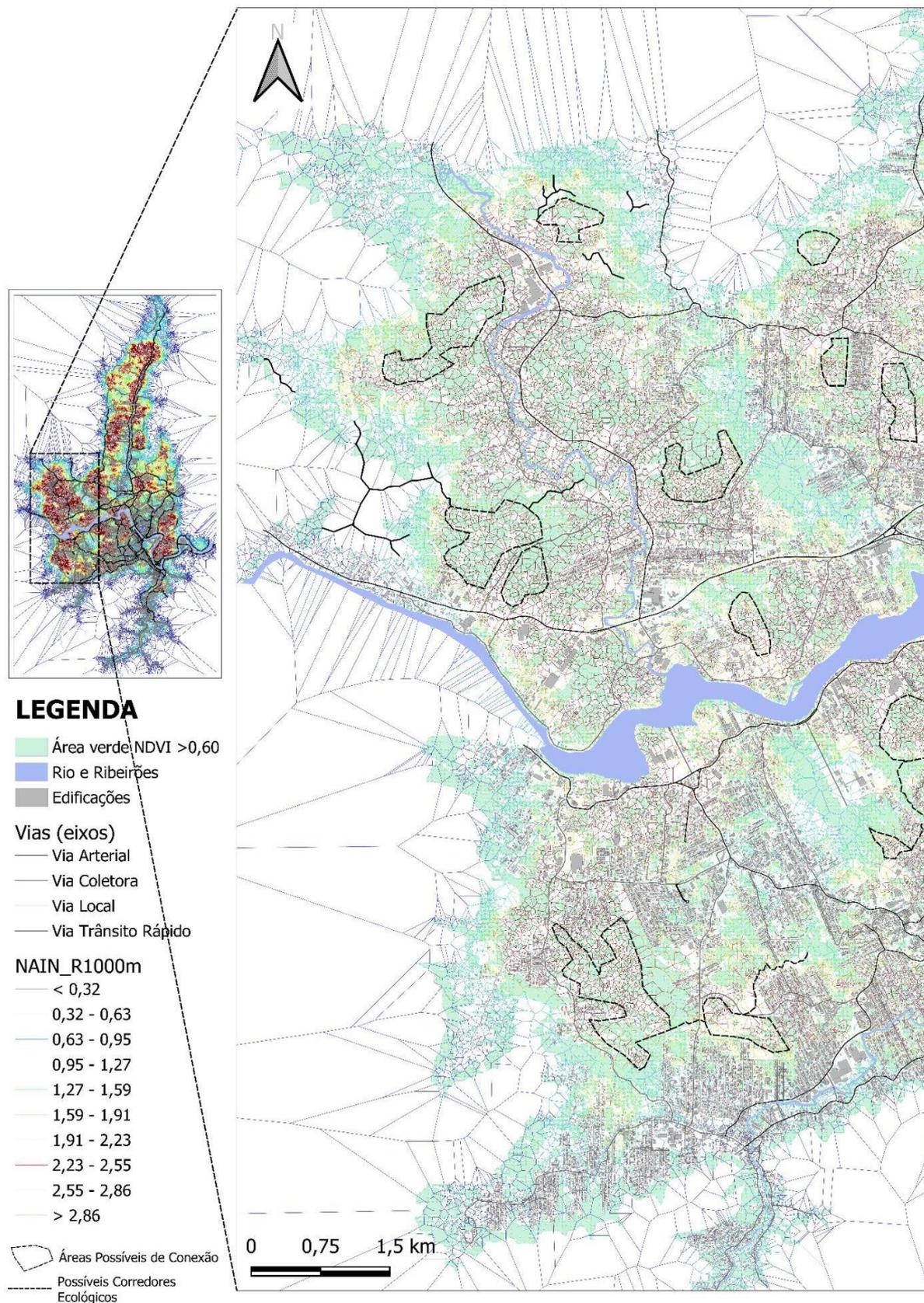
A partir da figura 36, nota-se como a hierarquia das vias podem influenciar nas conexões das áreas verdes. As vias arteriais, localizadas no centro da figura, e associadas às barreiras das edificações dificultam a conexão dessas áreas verdes no sentido leste-oeste da área. Assim como, nas demais figuras também se observa esse efeito.

FIGURA 36 – Vegetação NDVI >0,60, possibilidades de corredores ecológicos, região norte.



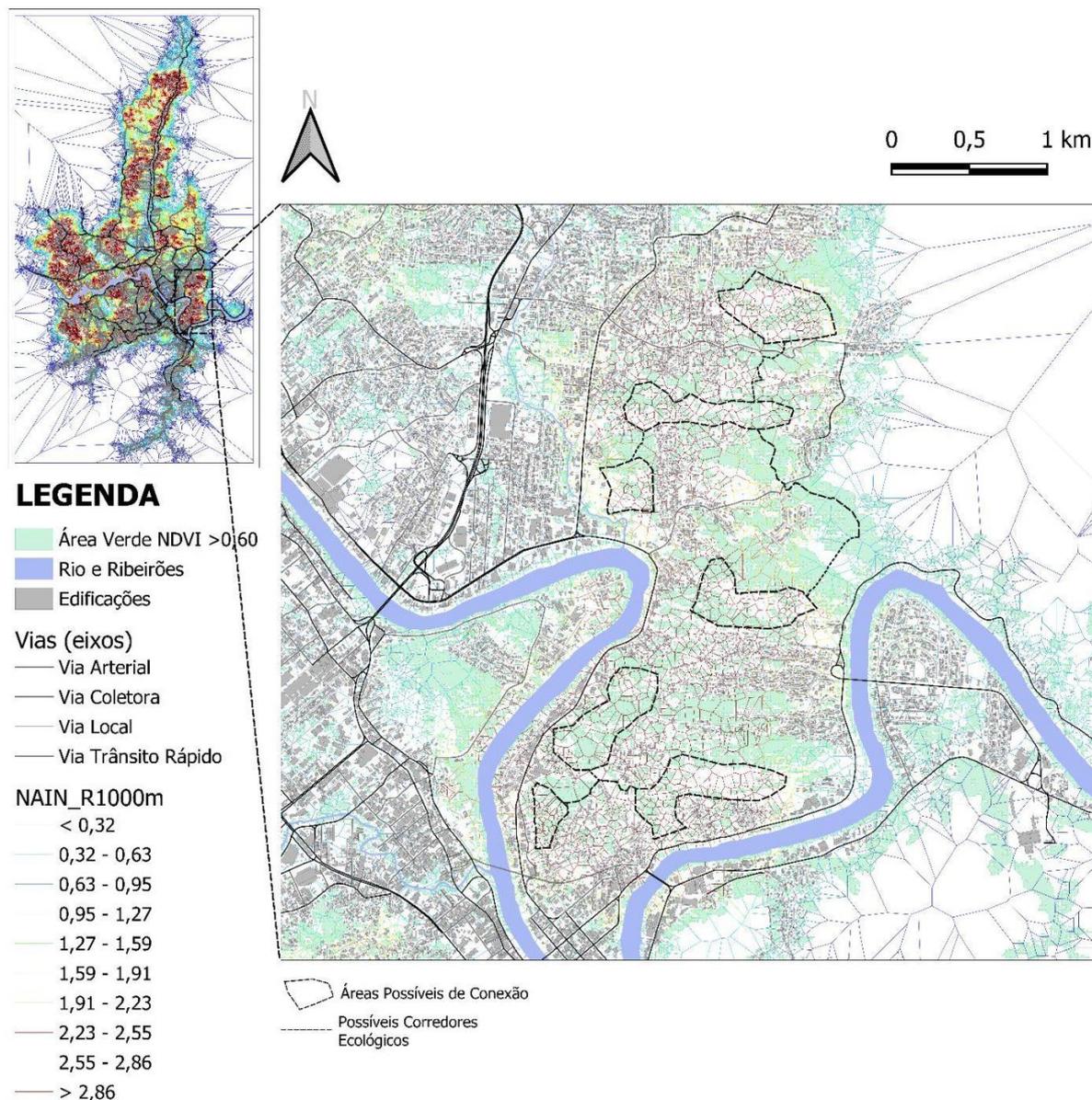
FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

FIGURA 37 – Vegetação NDVI >0,60, possibilidades de corredores ecológicos, região norte e oeste.



FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

FIGURA 38 – Vegetação NDVI >0,60, possibilidades de corredores ecológicos, região leste.



FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

Assim, foi possível selecionar áreas (indicadas nos mapas) nas regiões oeste, nos bairros Passo Manso e Do Salto; região leste, nos bairros Ponta Aguda, e parcialmente em Nova Esperança e Tribess; e região norte, nos bairros Badenfurt, Testo Salto, Itoupavazinha e Itoupava Central. Sugere-se que essas áreas sejam objeto de estudo para alterações de zoneamento, estabelecendo áreas de proteção etc. E ainda, o resultado desses mapas pode vir a ser objeto de estudo para áreas com pouca vegetação, ou vegetação de baixa qualidade, em áreas não ocupadas e

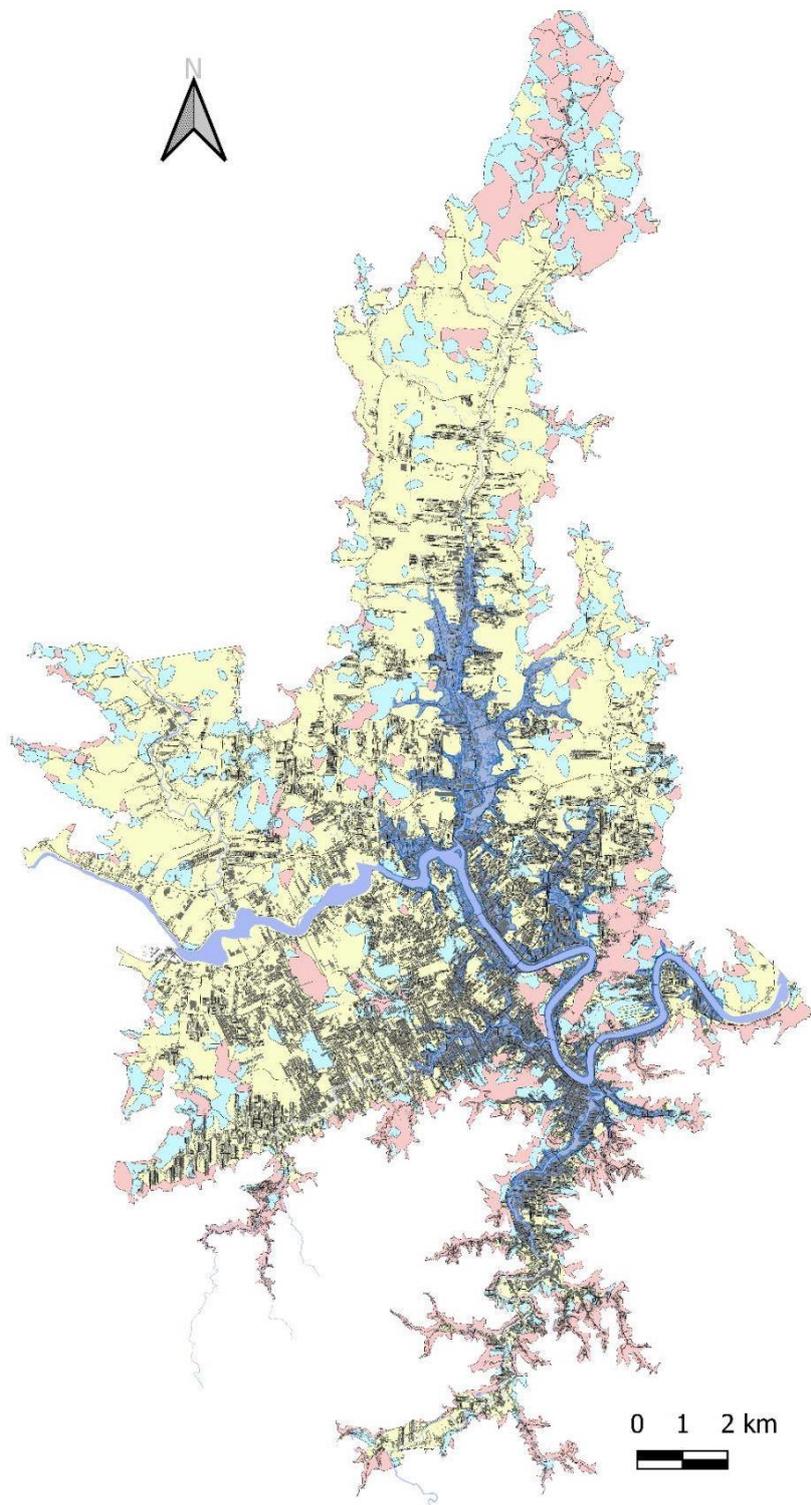
sem barreiras, mas que sejam alvo para manejo e reflorestamento, como as visualizadas na região sul e na região do extremo norte da cidade.

O resultado destes mapas vai ao encontro dos estudos de (Khan; *et al.*, 2021) e (Khan; Ponce; Yu, 2021) que evidenciam a necessidade de construir um padrão de segurança ecológica que considere a formação de uma rede de proteção ao identificar pontos, linhas e áreas com funções ecológicas, conforme delimitado no mapa. Além disso, a construção de uma infraestrutura verde tem se mostrado frutífera para atenuar alterações climáticas locais e desenvolver espaços ecológicos e sociais nas cidades (Peng; *et al.*, 2019). Ressalta-se que a vegetação de Blumenau é descrita por Pinheiro e Severo (2010) como floresta tropical pluvial, também chamada floresta ombrófila densa, sendo a maior representante da diversidade biológica evoluída. Diante de todos os outros biomas ela se sobressai por sua riqueza de recursos, portanto, torna-se imperial a sua preservação.

Sendo assim, até o momento, pode-se concluir que a hipótese de que as maiores áreas de vegetação localizadas na região norte são as que possuem maior probabilidade de conexão é verdadeira, quando se trata de áreas verdes livres (sem barreiras) e com níveis de integração elevados. As áreas da região oeste, apesar de apresentarem maior possibilidade de integração, estão localizadas em áreas com barreiras, o que dificulta sua conexão. Além disso, observam-se áreas em menor quantidade na região leste.

Ao considerar que a cidade de Blumenau é um território suscetível a variáveis ambientais de cheias e deslizamentos de terra, e que a hipótese considera que a região norte é a melhor área para ocupação em relação a tais eventos, foram levantadas, através de dados secundários, as áreas suscetíveis a esses eventos, conforme se observa na figura 39.

FIGURA 39 – Mapa de cheias e suscetibilidade de deslizamento de terra, área urbana de Blumenau.



LEGENDA

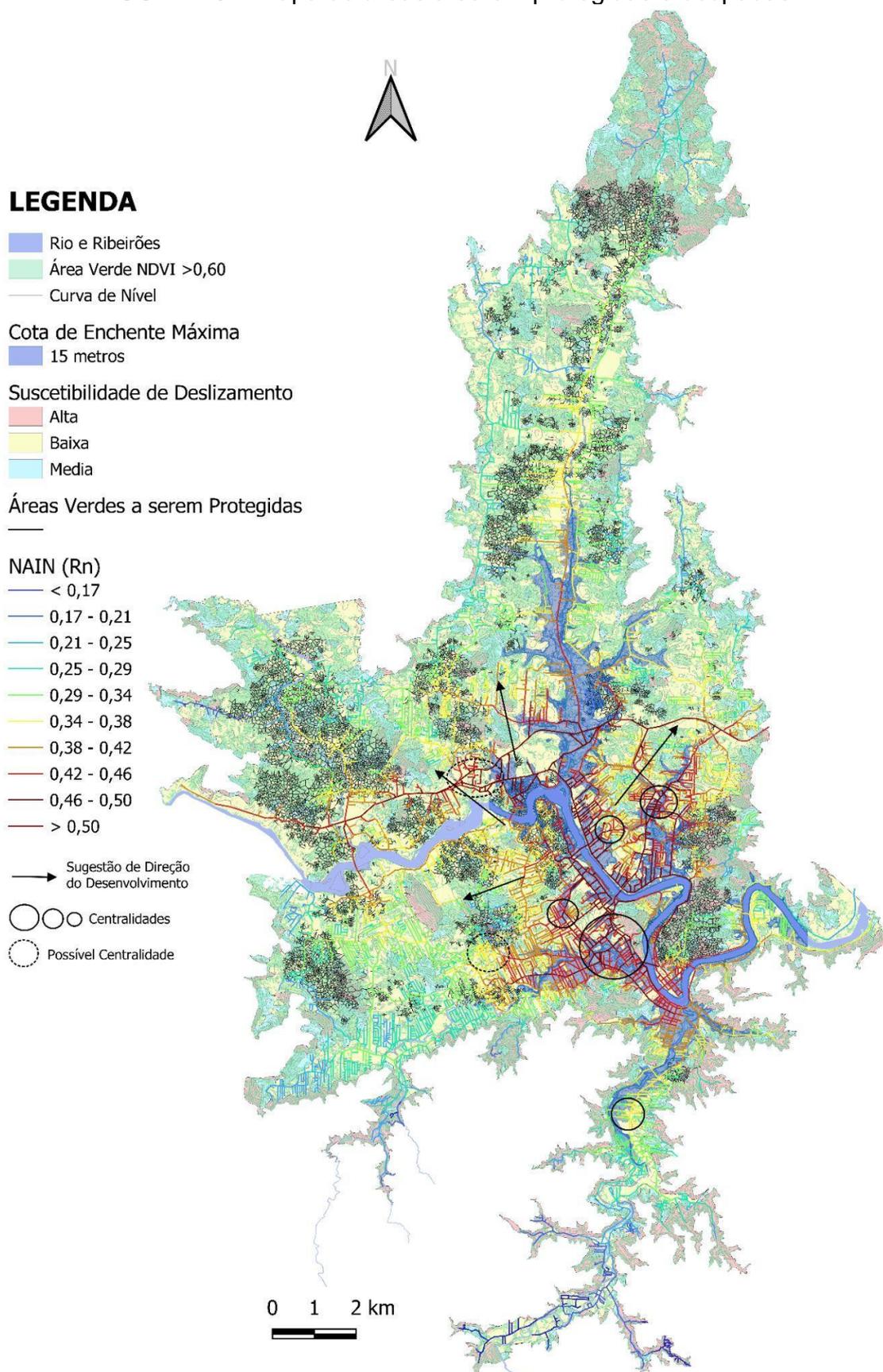
- | | |
|---|--|
|  Rio e Ribeirões |  15 metros |
|  Edificações |  Alta |
|  Vias (eixos) |  Baixa |
| |  Média |

FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

As manchas em azul evidenciam o alcance das cheias em até 15 metros acima do nível normal do Rio Itajaí-Açu. É possível observar que as partes mais atingidas se localizam em sentido vertical norte-sul, a partir do rio e dos ribeirões a jusante do rio. Quanto à suscetibilidade de movimento de massa (deslizamento de terra), as áreas de menor probabilidade estão localizadas predominantemente na região norte e oeste, e parcialmente na região leste. Ademais, observa-se no mapa, através da localização das edificações, que há uma alta densidade construída nas áreas próximas ao nível máximo das cheias e áreas com probabilidade média de deslizamento. Diante deste contexto, é possível sugerir que as áreas com melhores possibilidades de ocupação, quanto a esses eventos ambientais, localizam-se tanto na região oeste, quanto na região norte. Portanto, a hipótese é parcialmente verdadeira, pois as áreas mais favoráveis à ocupação estão localizadas nessas duas regiões e, em pequenas proporções, na região leste. Cabe destacar, que este estudo foi realizado em escala macro, e desconsiderou áreas em escala a nível de lote, quanto a estar livre desses desastres ambientais, pois pode existir lotes localizados nas demais áreas que estejam livres desses eventos, porém de maneira específica. Contudo, esses dados são mais relevantes quando compatibilizados com os resultados anteriores, o que permite dar resposta à hipótese central da pesquisa.

A hipótese central considera que a sintaxe espacial, quando associada às soluções baseadas na natureza e as métricas de centralidade, permitem avaliar potenciais de centralidades e conectividade com o ambiente natural. E, portanto, a fim de testar essa hipótese, foram realizadas as sobreposições dos resultados encontrados, ou seja, as centralidades encontradas juntamente com as áreas verdes e seus fragmentos de maior integração, a fim de que se possa conhecer quais áreas devem ser protegidas e quais ocupadas (FIGURA 40).

FIGURA 40 – Mapa de áreas a serem protegidas e ocupadas.



FONTE: Prefeitura Municipal de Blumenau (2021), elaborado pelo autor (2024).

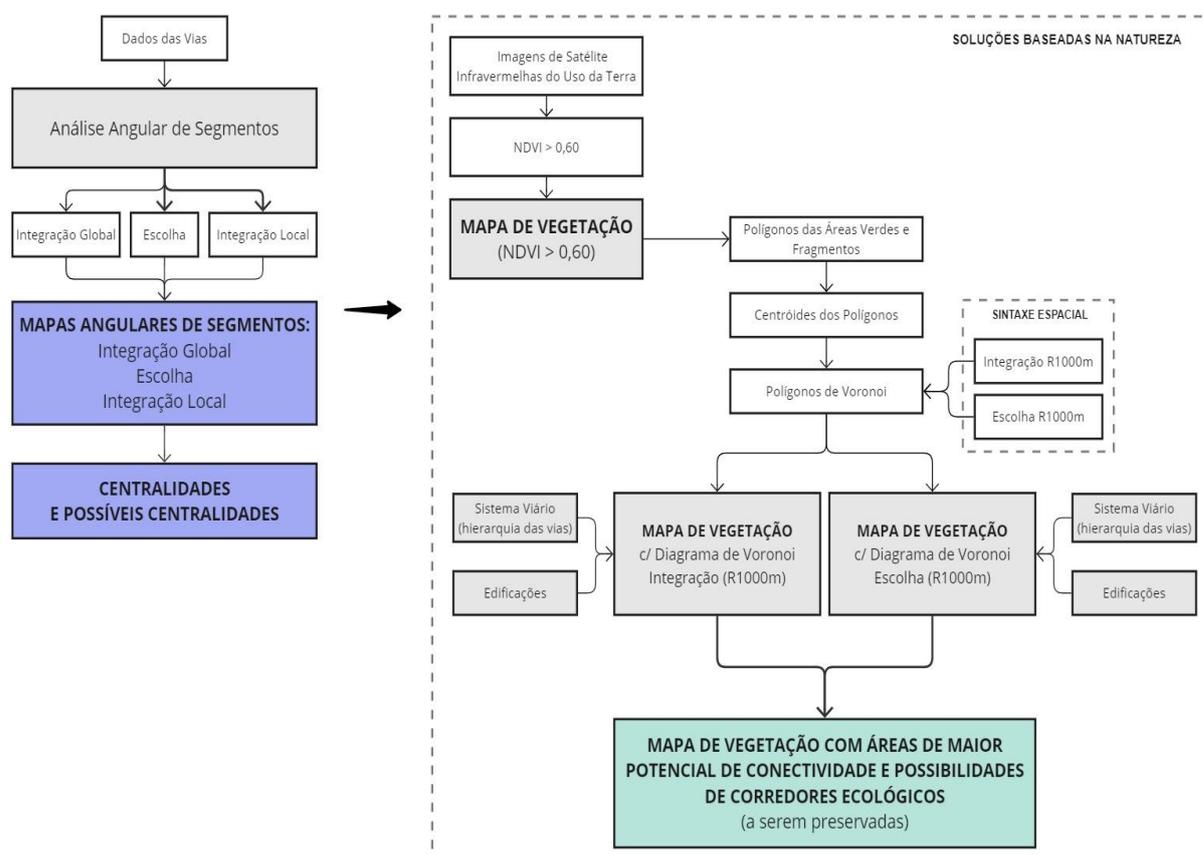
A sobreposição desses resultados, conforme se pode observar, indica que as centralidades não estão localizadas nas áreas verdes com maior potencial de conexão. Sendo assim, pode-se prever a proteção dessas áreas verdes, para que o crescimento da cidade ocorra de maneira sustentável, sem pressionar o avanço sobre elas. Entretanto, ao considerar as áreas suscetíveis às cheias e deslizamentos, nota-se que as centralidades se encontram localizadas justamente nessas áreas. Diante deste cenário, cabe destacar, que as centralidades da região oeste (bairro Velha) e da região leste (bairro Itoupava Norte e Fortaleza) surgiram após alterações na configuração espacial da cidade. Essas mudanças na configuração poderiam ter ocorrido de maneira diferente, em outras áreas, fora das áreas inundáveis, por exemplo. Assim, o desenvolvimento de novas conexões do sistema viário e, por consequência, novas centralidades, surgiriam em regiões diferentes, como a região oeste em direção ao norte, que se mostrou com melhores condições para a ocupação, mantendo a preservação de áreas verdes importantes, conforme os resultados evidenciaram. Portanto, as áreas indicadas pelas setas no mapa, sugerem as melhores áreas para ocupação, respeitando as áreas verdes a serem protegidas, ao passo que apresentam melhores condições quanto às cheias e deslizamentos. E, portanto, as melhores áreas para a indução de centralidades, em especial as áreas indicadas como possibilidade de centralidade, por já possuírem algum tipo de integração, seja global ou local.

Desta maneira, pode-se inferir que a metodologia proposta nesta tese dá resposta à hipótese central. Através da sintaxe espacial e de soluções baseadas na natureza, o método proposto pode ajudar a identificar centralidades e direcionar áreas para ocupação com foco na formação de novas centralidades. E ainda, na medida em que propõe a preservação de áreas e fragmentos verdes importantes para a qualidade de vida urbana, além de considerar outras variáveis ambientais que possam existir na realidade de cada cidade, como no caso de Blumenau, as cheias e deslizamentos de terra. Assim, a partir dos resultados obtidos, propõe-se a seguir um roteiro metodológico genérico para aplicação e validação em outras cidades.

5.6 Diagrama para análise e fomento de centralidades.

Diante dos resultados obtidos no estudo de caso, acerca das respostas às hipóteses levantadas na pesquisa, sugere-se uma generalização do método utilizado nesta tese, ensejando em um fluxo de trabalho genérico que poderá ser utilizado para analisar e fomentar diagnósticos urbanos com ênfase em centralidades, a partir do conceito de soluções baseadas na natureza, conforme esquema proposto pela figura 41.

FIGURA 41 – Diagrama de fluxo de trabalho para fomento de centralidades.





FONTE: Elaborado pelo autor (2024).

A partir deste fluxo de trabalho, espera-se ser possível identificar e analisar centralidades, bem como áreas com potencial para formação de novas centralidades, levando em consideração a análise de áreas verdes e seus fragmentos, além de demais variáveis ambientais relevantes encontradas na cidade que será objeto do estudo. Cabe ressaltar, que houve uma preocupação em utilizar métodos de fácil aplicação, como a sintaxe espacial, o diagrama de Voronoi e as métricas de centralidades e que pudessem ser modelados e realizados em softwares de livre acesso, como o QGis.

Durante o desenvolvimento deste método, algumas dificuldades, em sua maioria triviais, ocorreram durante o processo. Contudo, três delas foram mais relevantes; e, após uma série de testes, todas foram superadas com sucesso. Contudo, considerando que este método possa vir a ser aplicado a outras cidades, é de suma importância que tais situações sejam relatadas, uma vez que o pesquisador interessado possa se deparar com elas. Assim, adverte-se que:

1. Caso os dados das vias sejam provenientes de dados *Road-Centre Line*, geralmente obtidos em plataformas *open-source*, é necessário transformá-los em um mapa de segmentos antes de iniciar o cálculo das medidas de sintaxe espacial;
2. Ao transformar o mapa de vegetação raster em polígonos, é preciso certificar-se de que os polígonos estejam todos fechados antes de criar os centróides;
3. Após a criação do diagrama de Voronoi, é preciso "explodir" as linhas antes de aplicar a sintaxe espacial. A não realização deste procedimento impede a aplicação da sintaxe espacial, pois o software identifica o diagrama como polígonos e não como linhas, sendo que o algoritmo da sintaxe trabalha com linhas e não polígonos.

Diante deste contexto, espera-se que este método, exemplificado de maneira genérica por esse diagrama, possa ser útil para diagnósticos urbanos nas cidades, principalmente em momentos de revisão dos instrumentos urbanísticos do plano diretor.

5.7 Conclusão do capítulo

A cidade de Blumenau teve sua história marcada pela colonização alemã e se desenvolveu com um traçado urbano influenciado pelas tradições germânicas, e principalmente, pelas condições naturais do relevo e do rio. A urbanização se deu ao longo dos ribeirões, nas áreas planas, e posteriormente expandiu-se para regiões mais altas, devido às enchentes recorrentes. Tais características, sempre foram um desafio de planejamento urbano para a Prefeitura Municipal, que desde 1970, através do seu primeiro Plano Diretor e suas revisões posteriores, fomentaram diretrizes e ações para desenvolver a região norte de Blumenau através da criação de novas centralidades urbanas.

Pesquisas realizadas por Carminatti em 2017 indicaram mudanças nos padrões configuracionais da cidade desde a sua formação até 2010, e a região norte se mostrou ainda muito segregada, com um traçado urbano fragmentado que dificulta a formação de centralidades nesta região. Apesar dos avanços em algumas áreas, a cidade ainda estimula a ocupação desta região. É possível perceber que a configuração da cidade ao longo da sua história ocorreu de maneira desordenada,

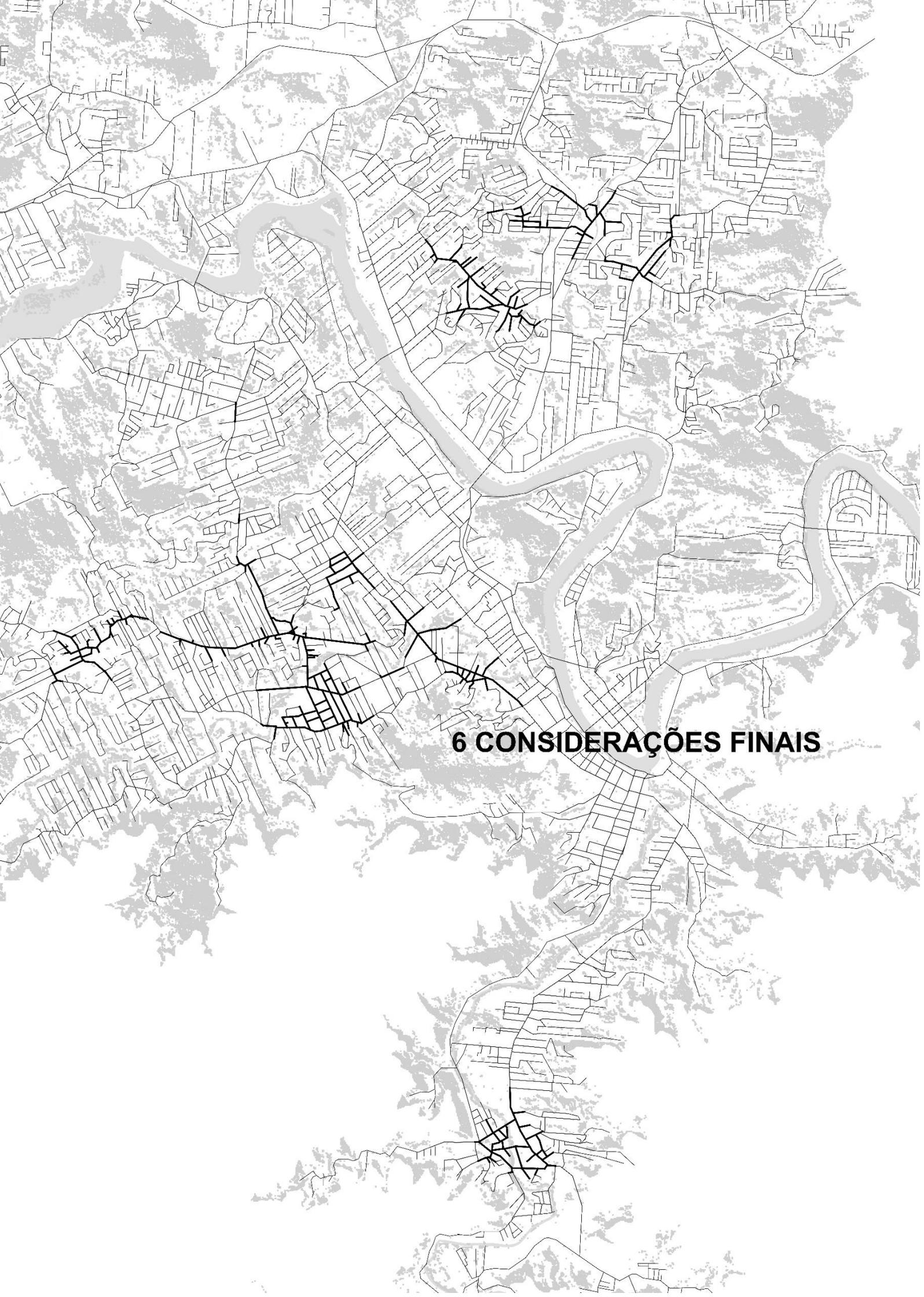
quase que exclusivamente pelas condições naturais impostas e pela influência dos desastres ambientais.

O estudo de caso realizado na cidade de Blumenau, a partir das hipóteses levantadas, evidenciou que as ações realizadas a partir do ano 2000, alterando o padrão configuracional em algumas regiões, contribuíram para modificar a dinâmica da cidade. Dessa forma, os resultados encontrados indicaram que, embora a região norte comece a mostrar níveis mais elevados de integração global, isso ocorre predominantemente através do bairro Salto do Norte. Os bairros Itoupava Central e demais bairros da região norte não demonstram níveis significativos de integração global ou local, nem possuem alta densidade populacional e diversidade no uso do solo. Mesmo após a modelagem de cenários, com os anéis viários e vias projetadas, os resultados não foram suficientes para sustentar a hipótese inicial. Em contrapartida, os resultados apontaram centralidades nas regiões leste, nos bairros Itoupava Norte e Fortaleza; na região oeste, no bairro Velha; na região central, nos bairros Victor Konder e Centro (núcleo integrador) e Vila Nova; e na região sul, no bairro Garcia. Essas áreas apresentam altos níveis de integração, além de melhores níveis de densidade e diversidade. A hipótese também sugeria que os bairros Fortaleza, Salto do Norte e Itoupavazinha possuíam melhores atributos para a formação de centralidades. Após análise dos dados, concluiu-se que apenas o bairro Fortaleza realmente apresenta níveis satisfatórios de integração global e local, densidade populacional e diversidade, além de um maior número de edificações acessíveis a 1000 metros, favorecendo o uso de modos ativos de transporte. Os demais bairros citados não apresentaram resultados suficientes para a formação de centralidades. Por outro lado, o não desenvolvimento da região norte na medida esperada pela Prefeitura Municipal pode ter sido positivo, pois caso ocorresse, iria acentuar o espraiamento da cidade.

Quanto à segunda hipótese, foi confirmado que a região norte possui a maior área total de vegetação por km² e a maior probabilidade de conexão, quando livre de barreiras. A região oeste, apesar de apresentar maior possibilidade de conexão dessas áreas verdes, tem grande parte, localizada em áreas com barreiras que dificultam a conexão. Além disso, ficou claro que as áreas mais favoráveis à ocupação, considerando a manutenção das áreas verdes e fragmentos com maior probabilidade

de conexão, e áreas não suscetíveis a cheias e deslizamentos, estão localizadas nas regiões oeste e norte e em menores proporções na região leste.

Portanto, a hipótese central desta pesquisa considera que a sintaxe espacial, quando associada às soluções baseadas na natureza e as métricas de centralidade, permitem avaliar potenciais de centralidades e conectividade com o ambiente natural. Assim, pode-se inferir que a metodologia proposta nesta tese responde à hipótese central, indicando que é possível, através da sintaxe espacial e de soluções baseadas na natureza, identificar e direcionar áreas para ocupação com foco na formação de centralidades. Além disso, a proposta preserva áreas verdes e fragmentos importantes para a qualidade de vida urbana, além de considerar outras variáveis ambientais, como no caso de Blumenau, as cheias e deslizamentos de terra.



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem desta pesquisa reflete uma preocupação crescente com a necessidade de integrar o planejamento urbano e a preservação ambiental, de forma a promover um desenvolvimento sustentável e uma qualidade de vida superior para os habitantes urbanos. Além disso, destaca-se pela sua capacidade de abordar questões complexas, como o crescimento inevitável das cidades e a proteção do meio ambiente, as quais influenciam o desenvolvimento urbano e a sustentabilidade das cidades. Diante desse contexto, assumiu-se como objetivo aproximar o estudo sobre centralidades do conceito de configuração espacial, tanto da configuração dos espaços abertos e barreiras quanto da configuração das áreas verdes e seus fragmentos. E, então, propor um método de análise e fomento de centralidades que considere a manutenção de áreas com funções ecológicas essenciais para sustentar o crescimento urbano.

Para isso, tomou-se como estudo de caso a cidade de Blumenau, escolhida devido à sua característica de difícil planejamento, uma vez que está incrustada em um vale estreito, suscetível a cheias e enchentes, e apresenta uma geologia extremamente frágil, o que resulta em um cenário regular de desastres naturais. Essa característica torna Blumenau uma cidade desafiadora para se planejar um desenvolvimento urbano sustentável.

No início da pesquisa, buscou-se conhecer os principais conceitos relacionados às questões emergentes do planejamento urbano, especialmente as ambientais, bem como os conceitos seminais sobre configuração, sintaxe espacial e centralidades. A partir do entendimento desses conceitos e considerando a delimitação da pesquisa, que se propôs a contribuir no âmbito do estudo de questões técnicas, surge a hipótese central, que: a sintaxe espacial, quando associada às soluções baseadas na natureza e às métricas de centralidade, permitem avaliar potenciais de centralidades e conectividade com o ambiente natural. Para testar essa hipótese, ela foi decomposta em outras duas hipóteses: a primeira, com foco na sintaxe espacial e nas métricas de centralidade; e a segunda, relacionada às variáveis ambientais, que, neste caso, referem-se às áreas verdes e seus fragmentos, assim como às cheias e deslizamentos de terra.

Os resultados obtidos a partir dos testes das hipóteses, mostraram que as intervenções realizadas desde o ano 2000, especialmente a partir de 2008, alteraram significativamente a dinâmica urbana de Blumenau. No entanto, a região norte ainda

permanece segregada, sem demonstrar níveis significativos de integração, densidade populacional ou diversidade no uso do solo, mesmo após a modelagem de cenários futuros. Os resultados indicaram que as principais centralidades estão nas regiões leste, oeste, central e sul, especialmente nos bairros Itoupava Norte, Fortaleza, Velha, Victor Konder, Centro, Vila Nova e Garcia, respectivamente. O bairro Fortaleza, em particular, destacou-se por apresentar altos níveis de integração, densidade e diversidade, ocorridos devido às inúmeras alterações na configuração espacial da região. Por outro lado, a falta de desenvolvimento esperado na região norte, mesmo após 40 anos de incentivos por parte da Prefeitura Municipal, pode ser considerado positivo para o planejamento da cidade, por ter evitado um aumento do espraiamento urbano.

Em relação à segunda hipótese, os resultados confirmaram que a região norte possui a maior área de vegetação por quilômetro quadrado. Contudo, a região oeste é a que apresenta as áreas com maiores níveis de integração, seguida pela região norte. Além disso, as áreas mais favoráveis à ocupação, considerando a preservação de áreas verdes, a conectividade natural e a baixa suscetibilidade a cheias e deslizamentos, estão localizadas principalmente nas regiões oeste e norte, com menor presença na região leste.

Através dos resultados das duas hipóteses, foi possível validar a hipótese central, demonstrando que a combinação entre sintaxe espacial, soluções baseadas na natureza e métricas de centralidade é eficaz para identificar áreas com potencial para o desenvolvimento de centralidades. Essa abordagem também permite a preservação de áreas verdes essenciais e a consideração de variáveis ambientais críticas, como cheias e deslizamentos, especialmente no contexto de Blumenau.

Por meio da metodologia adotada nesta pesquisa, pode-se concluir que os objetivos foram alcançados, pois foi possível a partir dos estudos configuracionais, identificar áreas prioritárias para o desenvolvimento urbano e de centralidades, ao passo que também permitiu mapear áreas verdes com alto potencial de conectividade em Blumenau. Com isso, ficou clara a confirmação da hipótese central e a viabilidade do método proposto. Assim, destaca-se que a abordagem proposta nesta pesquisa pode ser uma ferramenta valiosa para gestores públicos e urbanistas, fornecendo *insights* sobre como planejar o crescimento urbano de forma a promover a criação de centralidades eficientes e integradas com o ambiente natural. Em particular, Blumenau

evidenciou centralidades e como estas podem se consolidar de maneira a preservar importantes fragmentos de áreas verdes, contribuindo para a manutenção da biodiversidade e para a redução dos riscos naturais.

A partir dessas conclusões, esta pesquisa trouxe contribuições, tanto para Blumenau, ao esclarecer as melhores áreas para o desenvolvimento urbano sustentável, quanto para a criação de uma metodologia que utiliza a sintaxe espacial para prever o potencial de integração de áreas verdes e seus fragmentos, oferecendo uma nova perspectiva para o planejamento urbano. Essa metodologia permite uma avaliação mais precisa das áreas urbanas, considerando tanto as variáveis espaciais quanto as ambientais, e oferece diretrizes claras para o desenvolvimento urbano da cidade. Além disso, a aplicação prática dessa metodologia em Blumenau não só reforça sua viabilidade como também serve como um exemplo concreto de como essa abordagem pode ser adaptada e aplicada em diferentes contextos urbanos.

Contudo, cabe ressaltar, que por se tratar de um método que utiliza dados secundários, a aplicação dessa metodologia a outras cidades poderá enfrentar desafios quanto ao acesso de tais dados, pois nem todas as cidades possuem setores, universidades ou demais entidades que produzem e atualizam os dados constantemente.

Apesar das contribuições significativas fornecidas por esta pesquisa, pode-se avançar, especialmente nas questões ecológicas, ao estudar com maior profundidade os corredores ecológicos, considerando as dimensões ideais para cada corredor, levando em conta a particularidade de espécies vegetais e animais. Além disso, áreas onde os corredores ecológicos não são contínuos, seria importante pesquisar estratégias e modelos adequados para a implantação de passa-faunas, por exemplo. Também seria benéfico, explorar como a metodologia adotada neste estudo, pode ser aplicada em diferentes cidades brasileiras, adaptando-a às especificidades locais e testando sua robustez em cenários diversos. Tal esforço contribuiria para a evolução do método proposto e, se, demonstrado sucesso, uma excelente ferramenta prática e efetiva para enfrentar os desafios contemporâneos do desenvolvimento urbano.

Desta maneira, esta tese oferece uma contribuição valiosa para o campo da teoria, produção e experiência do espaço, apresentando uma metodologia inovadora que equilibra o desenvolvimento urbano com a preservação ambiental. Além disso, as lições aprendidas a partir do estudo de caso em Blumenau, podem ser aplicadas a

outras cidades que enfrentam desafios semelhantes, contribuindo para a construção de um futuro urbano mais sustentável e resiliente.

REFERENCIAS

AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS EUA. **About smart growth**. Washington, DC: EPA, 28 mar. 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/smartgrowth/about-smart-growth>. Acesso em: 15 fev. 2023.

ALEXANDER, C. *La Estructura del médio ambiente*. Barcelona: Tusquets, 1980.

AMANCIO, M. A. **Relacionamento entre a Forma Urbana e as Viagens a Pé**. 88 p. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ARNHEIM, Rudolf. **Arte e Percepção Visual**. São Paulo: Pioneira, 1960.

ARNHEIM, Rudolf; HOOKER, Richard. **German-Born American Psychologist**. Key Writers on Art: The Twentieth Century, 2005.

BATITUCCI, T. O., Cortines, E., Almeida, F.S., & Almeida, A. A. Agriculture in urban ecosystems: a step to cities sustainability. **Ambiente & Sociedade**, 22. ed p. 1-20, 2019.

BAUMAN, Z. **Modernidade líquida**. Jorge Zahar Editor, 2001.

BERG; M. KREVELD Cheong. OVERMARS M. **Computational Geometry: Algorithms and Applications**. Springer-Verlag TELOS, Santa Clara, CA, USA, 3. ed edition, 2008.

BIGGS, N. L.; LLOYD, E. K.; WILSON, R. J. **Graph Theory 1736-1936**. 1. ed. New York: Clarendon Press, 1998.

BLUMENAU (SC). Prefeitura Municipal. **Blumenau 2050**. Revista de Desenvolvimento Urbano de Blumenau. n. 1 v. 1. 2008.

BLUMENAU (SC). **Lei Complementar nº 747, de 23 de março de 2010**. Altera as Leis Complementares nº 735, de 23 de julho de 2009, e nº 709, de 1º de janeiro de 2007. Diário Oficial do Município de Blumenau, SC, 23 mar. 2010.

BOOTS, B. N. Weighting Thiessen Polygons. **Economic Geography**, 56. ed. p. 248-259, 1995.

BOAVENTURA NETTO, P. O. **Grafos: teoria, modelos e algoritmos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

BRASSEL, K. E. & REIF, D. A procedure to generate Thiessen polygons. **Geographical Analysis**, 11. ed. p. 289-303, 1979.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Desenvolvimento Regional e Urbano. **Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores**. Brasília: MDR/SDRU, 2021.

CARMINATTI, K. D. **Cidade, apropriação e urbanidade**: o traçado urbano de Blumenau como sistema de espaços públicos. 141f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

CARMINATTI, Karol Diego; REIS, Almir Francisco. Construção e estruturação da cidade: O traçado urbano de Blumenau-SC como rede de espaços públicos. **Paranoá**, n. 27, p. 171-185, 2020.

CASTELLS, M. **A questão urbana**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.

CASTELLS, M. **The city and the grassroots**: a cross-cultural theory of urban social movements. Berkeley: University of California Press, 1983.

CASTRO, Alexandre. **Sintaxe Espacial e A Análise Angular de Segmentos, Parte 1: Conceitos e Medidas** (2016). Disponível em: <https://aredeurbana.com.br/2016/05/24/sintaxe-espacial-e-a-analise-angular-de-segmentos-parte-1-conceitos-e-medidas/>. Acesso em: abr. 2024.

CANIL, Kátia; CAMPOS, Ana Paula. A transição metropolitana e o princípio da compactação urbana: uma abordagem sobre a legislação urbanística na região metropolitana de São Paulo. **Mercator**, v. 20, n. 1, 2021.

CERVERO, R.; DUNCAN, M. Walking, bicycling, and urban landscapes: evidence from San Francisco Bay Area. **American Journal of Public Health**, v. 93, n. 9, p. 1478-1483, 2003.

CERVERO, R.; KOCKELMAN, K. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**. v.2, n.3, p.199-219, 1997.

CLOS, Joan. The New Urban Agenda: A Framework for Sustainable Urbanization. In: **HABITAT III Issue Papers**. Quito: United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), 2015. p. 1-21.

COHEN-SHAMAM, E., WALTERS, G., JANZEN, C., & MAGINNIS, S. **Nature-based solutions to address global societal challenges**. Gland, Suíça: IUCN, 2016.

CORREA, R. L. **O espaço urbano**. São Paulo: Ática, 1995.

CORREA, R. L. **Política urbana e planejamento**: a experiência de Curitiba. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

COSTA, Polyanna Possani da. **Teoria de Grafos e suas Aplicações**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2011.

DUANY, A.; PLATER-ZYBERK, E.; SPECK, E. **The Rise of Sprawl Suburban and the Decline of Nation: the American Dream**. New York: North Point Press, 2000.

DUTTON, J. **New American urbanism: re-forming the suburban metropolis**. Milão: Skira, 2000.

ESCOBEDO, Francisco J. et al. O papel da infraestrutura verde urbana na mitigação da temperatura da superfície terrestre no Condado de Miami-Dade, Flórida, EUA. **Poluição Ambiental**, v. 242, p. 79-86, 2018.

EULER, Leonhard. *Variae observationes circa series infinitas*. *Commentarii academiae scientiarum*. **Petropolitanae**, v. 9, n. 1744, p. 160-188, 1737.

EWING, Reid; CERVERO, Robert. Travel and the built environment: A meta-analysis. **Journal of the American Planning Association**, v. 76, n. 3, p. 265-294, 2010.

FAIVRE, N.; MUNAFÒ, M.; HOEGAERTS, S.; MERTENS, G.; COLLIER, M. Nature-based solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. **Environmental Research**, v. 159, p. 509-518, 2017.

FAHRING, L. **Landscape Ecology: A Top-Down Approach**. Boca Raton: CRC Press, 2019.

FARIA, Gustavo Henrique Campos de; SOUZA, Renato César Ferreira de. Desenvolvimento de um índice para estimar a distribuição de espaços obesogênicos em ambientes urbanos: uma abordagem inspirada na Equação de Drake. **11ª Edição do Seminário Internacional Projetar**. Conferência. João Pessoa-PB, 2023.

FIGUEIREDO, O. **A produção do espaço urbano**. Editora Vozes, 2012.

FIGUEIREDO, Lucas. Mindwalk, version 1.0, Space Syntax **Software**, 2005. Laboratório de Estudos Avançados de Arquitetura (LA2), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

FORMAN, Richard TT. Alguns princípios gerais de ecologia paisagística e regional. **Ecologia da paisagem**, v. 10, p. 133-142, 1995.

FORMAN, R. T. T.; Godron, M. **Landscape Ecology**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1986.

FREEMAN, L. C. A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness. **Sociometry**, v. 40, n. 1, p. 35-41, 1977.

FREITAS, S. O efeito das Estradas sobre a Vegetação Nativa e a Biodiversidade. SIMPÓSIO SOBRE OBRAS RODOVIÁRIAS. Santo André, 21 de outubro de 2010.

Anais do 3º Simpósio sobre Obras Rodoviárias, RODO. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 2010.

GAISLER, J.; ŘEHÁK, Z.; BARTONIČKA, T. Bat casualties by road traffic (BrnoVienna). **Acta Theriologica** 54. ed. p. 147-155. 2009.

GEHL, Jan. **A vida entre edifícios: usando o espaço público**. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1971.

GIACOBONI, S. F.; KOHLER, A.; COSTA, A. Utilização de passa-fauna em rodovias no estado do Rio Grande do Sul - Brasil. **Caderno de Pesquisa, Série Biologia**. v. 24, n. 3, p.57-69. 2012.

GIL, J. et al. O kit de ferramentas de sintaxe espacial: integrando o depthmapX e os fluxos de trabalho de análise espacial exploratória no QGIS. **10º Simpósio Internacional de Sintaxe Espacial**. Laboratório de Sintaxe Espacial, The Bartlett School of Architecture, UCL (University College London), 2015.

GLAESER, Edward L. **Triumph of the City: How Our Greatest Invention Makes Us Richer, Smarter, Greener, Healthier, and Happier**. New York: Penguin Press, 2011.

GREN, Å.; COLDING, J.; BERGHAUSER-PONT, M.; et al. How smart is smart growth? Examining the environmental validation behind city compactness. **Ambio**, v. 48, p. 580–589, 2019.

HAN, Y.; YU, C.; FENG, Z.; DU, H.; HUANG, C.; WU, K. Construction and Optimization of Ecological Security Pattern Based on Spatial Syntax Classification—Taking Ningbo, China, as an Example. **Land**, v. 10, n. 4, p. 380, 2021.

HANSON, J. **Decoding Homes and Houses**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

HARVEY, David. **Justiça Social e a Cidade**. Atenas: University of Georgia Press, 2009.

HARVEY, David. **A Produção Capitalista do Espaço**. 3. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2020.

HEALEY, Patsy. **Planejamento Colaborativo: Moldando Lugares em Sociedades Fragmentadas**. 2. ed. Palgrave Macmillan, 2006.

HILLIER, Bill; HANSON, Julienne. **The social logic of space**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

HILLIER, Bill et al. Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. **Environment and Planning B**, Londres: Pion Publication, v. 20, n.1, p. 29-66, 1993.

HILLIER, B. et al. Creating Life: Or, Does Architecture Determine Anything? **Architecture et Comportement/Architecture and Behaviour**, v. 3, n. 3, p. 233–250, 1987.

HILLIER, B.; VAUGHAN, L. The city as one thing. **Progress in Planning**, v. 67, n. 3, p. 205–230, 2007.

HILLIER, W. R. G.; YANG, Tao; TURNER, Alasdair. Normalising least angle choice in Depthmap-and how it opens up new perspectives on the global and local analysis of city space. **Journal of Space syntax**, v. 3, n. 2, p. 155-193, 2012.

HILLIER, B. **Space is the machine**: a configurational theory of architecture. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

HILLIER, B. A Theory of the City as Object Or How Spatial Laws Mediate The Social Construction of Urban Space. Proceedings of the 3rd **Space Syntax Symposium**. Atlanta, 2001.

HILLIER, B. Spatial sustainability in cities: Organic patterns and sustainable forms. In: KOCH, D.; MARCUS, L.; STEEN, J. (Ed.). Proceedings of the Seventh International **Space Syntax Symposium**. Stockholm: Royal Institute of Technology, 2005.

HOLANDA, Frederico de. **O Espaço de Exceção**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2002.

HOLANDA, F. et al. **Arquitetura e Urbanidade**. São Paulo: Pro editores, 2002.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**: Características da população e domicílios. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf. Acesso em: mar. 2023.

JACOBS, Jane. Jane Jacobs. **The Death and Life of Great American Cities**, v. 21, n. 1, 1961.

JOHANSEN, K., PHINN, S., & WITTE, C. Mapping of riparian zone attributes using discrete return LiDAR, Quick Bird and SPOT-5 imagery: Assessing accuracy and costs. **Remote Sensing of Environment**, 114. ed. p. 2679-2691, 2010.

JOST, L. Entropy and diversity. **Oikos**, v. 113 n. 2 p. 363-375, 2006.

KABISCH, Nadja et al. Disponibilidade de espaços verdes urbanos nas cidades europeias. **Indicadores ecológicos**, v. 70, p. 586-596, 2016.

KHAN, SAR; PONCE, P.; TOMÁS, G.; YU, Z.; AL-AHMADI, M. S.; TANVEER, M. Digital Technologies, Circular Economy Practices and Environmental Policies in the Era of COVID-19. **Sustentabiliry**, v. 13, p. 12789, 2021.

KHAN, SAR; PONCE, P.; YU, Z. Technological innovation and environmental taxes towards a carbon-free economy: an empirical study in the context of COP-21. **J. Environ. Gerenciar**, v. 298, p. 113418, 2021.

KNEIB, Erika Cristine. Centralidades urbanas e sistemas de transporte público em Goiânia. Goiás. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 8, n. 3, p. 343-356, 2016.

KRIZEK, K. J. **Transportation in America: Policy and Planning**. CQ Press, 2013.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise de paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

LEFEBVRE, H. **A produção do espaço**. Edições 70, 1999.

LEFEBVRE, H. **Evolução urbana**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2004.

LIMA, Gabriel. **Blumenau acumula um saldo de 17,5 mil empregos desde 2009**. Reportagem em 13 jul. 2019. Disponível em: <https://www.nsctotal.com.br/noticias/blumenau-acumula-um-saldo-de-175-mil-empregos-desde-2009>. Acesso em: 05 fev. 2023.

LIPIETZ, Barbara. Urban Transformations: The New Urban Agenda-Challenges, opportunities and DPU contributions to a new framework for a sustainable future. **DPU News**, n. 60, p. 2-7, 2016.

LITMAN, T. **Onde queremos estar**. Preferências de localização residencial e suas implicações para o crescimento inteligente. Victoria: Victoria Transport Policy Institute, 2009.

LOPES, Flávia Monaliza Nunes Secundo. **Minha casa, qual vida cotidiana?** investigando perdas e ganhos de capital espacial da vida cotidiana de indivíduos beneficiados pelo Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV). Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande de Norte, 2022.

LUCCHESI, Cecília. **The urban earth**: reflexões para um mundo urbanizado, 2008. Disponível em <https://theurbaneearth.wordpress.com/2008/06/05/sala-de-leitura-o-no-vo-urbanismo-the-new-urbanism/>. Acesso em: 04 abr. 2024.

LUDWIG, Leandro; AVILA, Maria Roseli; MATTEDI, Marcos Antonio. **Limites do Planejamento Urbano frente aos Desastres Socioambientais**: o mito da expansão urbana em Blumenau/SC, 2022.

LYNCH, K. **The image of the city**. Cambridge: The M.I.T. Press, 1960.

MACEDO, Adilson Costa. A carta do novo urbanismo norte-americano. **Revista Integração**, n. 48, p. 11-21, 2007.

MARCUS, L.; BERGHAUSER PONT, M.; BOBKOVA, E. Cities as Accessible Densities and Diversities: Adding attraction variables to configurational analysis. In:

11th Space Syntax Symposium, Lisboa. Proceedings of 11th **Space Syntax Symposium**. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2017.

MATURANA, H. **Biology of language: The epistemology of reality**. In: MILLER, G. A.; LENNEBERG, E. (Eds.). *Psychology and biology of language and thought: Essays in honor of Eric Lenneberg*. Academic Press, 1978.

MATURANA, H. R. **Cognição, ciência e vida cotidiana**. Artes Médicas, 2001.

MATURANA, H. **A ontologia da realidade**. Editora UFMG, 2002.

MARICATO, Erminia. Urbanismo na Periferia do Mundo Globalizado: Metrôpoles brasileiras. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 4, p. 21–33, 2000.

MARICATO, E. O Estatuto da Cidade e os desafios para sua implementação. **Observatório das Metrôpoles**, n. 24, 2019.

MEDEIROS, V. **Urbis Brasiliae: O Labirinto das Cidades Brasileiras**. Brasília: EDUnB, 2013.

MONTE, Vanderlei Fabiano Gonçalves do et al. Análise das contribuições do Novo Urbanismo e do bairro Pedra Branca/SC–Brasil para a solução de problemas de mobilidade urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 14, n. 4, 2018.

MUSSI, Carolina Schmanech et al. Analysis of urban configuration influence on spatial distribution of criminality in Cáceres, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 14, 2022.

NASCIMENTO, E.P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos avançados**, v.26, n.74, 2012.

NESSHÖVER, Carsten et al. A ciência, política e prática de soluções baseadas na natureza: uma perspectiva interdisciplinar. **Ciência do meio ambiente total**, v. 579, p. 1215-1227, 2017.

NETTO, V. **O caleidoscópio da metrópole: notas sobre urbanização, regulação e conflito**. Editora FGV, 2012.

NETTO, V. M., VARGAS, J. C. e SABOYA, R. (Buscando) Os efeitos sociais da morfologia arquitetônica. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**. v.4. n.2. p. 261-282, 2012.

NETTO, V. **Desenho urbano: caminhos e descaminhos**. Oficina de Textos, 2016.

NIEMELA, J. Ecology and urban planning. **Biodiversity and Conservation**, 8. ed p. 119-131, 1999.

NOSS, R. F.; colaboradores. "Connectivity in Landscape Ecology". In: Hutchings, M. J.; John, E. A.; Stewart, A. J. A. (eds.). **Encyclopedia of Ecology**. 2. ed. P. 80-84, Oxford: Elsevier, 2019.

NOVAES, A. G. Resolução de Problemas de Transporte com Diagramas de Voronoi, **XXI ANPET**, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, RJ, 2007.

ODUM, Howard T.; ODUM, Bill. Conceitos e métodos de engenharia ecológica. **Engenharia Ecológica**, v. 20, n. 5, pg. 339-361, 2003.

OLIVEIRA, João Ferreira de. A cidade como objeto de estudo da morfologia urbana: a experiência de Londrina. **Revista Científica da FAUUSP**, São Paulo, v. 9, n. 1/2, p. 54-67, 2016.

ONU-HABITAT. (2020). **Nova Agenda Urbana - ONU-Habitat**. Disponível em: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/11/20221027_nova_agenda_urbana_portugues.pdf. Acesso em: 02 ago. 2024.

ORE, O. Graphs and their Uses. Washington: **The Mathematical Association of America**, 1990.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Perspectivas de urbanização mundial**. A revisão de 2014, destaques (ST/ESA/SER.A/352). Nova York: Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas, Divisão de População, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Report of the Open Working Group of the General Assembly on Sustainable Development Goals**. UN Report A/68/970: 2015. Disponível em: <http://www.un.org/en/development/desa/news/sustainable/sdgs-post-2015>. Acesso em: 10 abr. 2024.

OSMOND, P., & Pelleri, N. Urban Ecology as an Interdisciplinary Area. **Encyclopedia of Sustainable Technologies**. 2. ed p. 31-42, 2017.

OSTROSKI, Álvaro. Teoria dos grafos e aplicações. **Synergismus Scientific**. UTFPR, v. 4, n. 2, 2010.

PATEIS, Carlos da Silva. **A estruturação urbana e a sua relação com os atributos do sítio natural**: o caso da cidade de Blumenau – SC. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2013. 129f.

PELUSO, Victor Antônio. **Aspectos geográficos de Santa Catarina**. 1. ed. Fundação Catarinense de Cultura, 1991.

PENG, J.; ZHAO, S.; DONG, J.; LIU, Y.; MEERSMANS, J.; LI, H.; WU, J. Applying the ant colony algorithm to identify ecological safety patterns in megacities. **Environmental Modelling & Software**, 117. ed p. 214-222, 2019.

PENN, A. et al. Space syntax and spatial cognition. Proceedings of the 4th International **Space Syntax Symposium**, London, UK, p. 1-15, 1998.

PEREIRA, Vítor Hugo Campelo; CESTARO, Luiz Antonio. Corredores Ecológicos no Brasil: Avaliação sobre os principais critérios utilizados para definição de áreas potenciais. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 58, p. 16-33, 2016.

PEREIRA, EM. Santos, MA. Siqueira, FA. Configuração espacial e densidades: um estudo em duas escalas sobre a Área Conurbada de Florianópolis/SC. **Urbanização e Meio Ambiente**, 1. ed p. 49-70, 2011.

PINHEIRO, Adilson; SEVERO, D. L. Análise do Evento Pluviométrico Catastrófico de Novembro de 2008 na Região de Blumenau, SC. In: **Anais Eletrônicos** do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém/PA, 13 a 17 setembro 2010.

PNUD, Brasil. **Ranking do IDH-M dos municípios do Brasil 2010**. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-municipios-2010.html>. Acesso em: Mar. 2023.

POPPER, K. R. **The Logic of scientific discovery**. São Paulo: Editora USP, 1972.

QUARESMA, Cristiano Capellani et al. A crise de mobilidade urbana brasileira e seus antecedentes socioespaciais. In: CORTESE, T. T. P.; KNISS, C. T. e MACCARI, E. A. (Orgs.). **Cidades Inteligentes e Sustentáveis**. Barueri, SP: Manole, 2017.

ROOD, T. **The Local Index of Transit Availability: An Implementation Manual**. Local Government Commission: Sacramento, CA, USA, 1998.

ROGERS, Richard. **Cidades para um pequeno planeta**. São Paulo: Studio Nobel, 1998.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third Earth Resources Technology Satellite-1 **Symposium**, NASA, v. 1, p. 309-317, 1973.

RUDNICK, D. A. et al. The Role of Landscape Connectivity in Planning and Implementing Conservation and Restoration Priorities. **Ecological Society of America**, n. 16, p.1-20, 2012.

SABOYA, R. Crítica à dimensão regulatória do planejamento urbano no Brasil. **Cadernos Metrópole**, n. 20, p. 129-150, 2008.

SABOYA, R., NETTO, V. M. e VARGAS, J. C. Fatores morfológicos da vitalidade urbana: uma investigação sobre o tipo arquitetônico e seus efeitos. **Arquitextos - Vitruvius**. v.180, 2015.

SABOYA, Renato et al. As condições para a diversidade urbana de Jacobs: um teste em três cidades brasileiras. **EURE (Santiago)**, v. 47, n. 140, p.243-267, 2021.

SCOLARO, Danielle. **A preservação dos recursos hídricos na bacia do Itajaí: soluções de baixo impacto ambiental para o município de Blumenau**. 2012.

Dissertação. (Mestrado em História e Arquitetura da Cidade) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2012. 300f.

SENA, Aderita et al. Medindo o invisível: análise dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em populações expostas à seca. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 671-684, 2016.

SEVTSUK, Andres; MEKONNEN, Michael. Urban network analysis: A new toolbox for ArcGIS. **Revue internationale de géomatique**, v. 22, n. 2, p. 287-305, 2012.

SEVTSUK, Andres; MEKONNEN, Michael; KALVO, Raul. **Urban network analysis: toolbox for ArcGIS 10/10.1/10.2**. City Form Lab, 2016.

SIEBERT, Claudia. **Blumenau fim de século: o (des)controle urbanístico e a exclusão socioespacial**. In: Novos olhares sobre Blumenau: contribuições críticas sobre o seu desenvolvimento recente. Blumenau: Edifurb, 2000. p. 277-310.

SIEBERT, Claudia. O desafio da construção de cidades sustentáveis: uma análise crítica da governança urbana de Blumenau. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBURBANO, 3. ed São Paulo. **Anais**. São Paulo: Universidade de São Paulo, p. 131-138, 2017.

SIEBERT, Claudia. **(Des)controle urbano no vale do Itajaí**. In: Frank, B.; Sevegnani, L. (orgs.). Desastre de 2008 no vale do Itajaí: água, gente e política. Blumenau: Edifurb, 2009.

SINGER, Paul. **Desenvolvimento econômico e evolução urbana: análise da evolução econômica de São Paulo, Blumenau, Porto Alegre, Belo Horizonte e Recife**. São Paulo: Cia. Editora Nacional e EDUSP, 1968.

SMITH, M.; BUTCHER, T. A. **How Far Should Parkers Have to Walk?** *Parking*, v. 33, n. 8, p. 13-16, 1997.

SOUZA, R. C. F. **A Place-Theoretical Framework for the Development of IT in Urban Spaces** (Doctoral Thesis). School of Architecture, University of Sheffield, United Kingdom. 2008.

SOUZA, Renato Cesar Ferreira de. Novas métricas para centralidades em projetos de mobilidade urbana. **Singeurb 2017 - Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana**, 2018.

SPECK, Jeff. **Cidade Caminhável**. 1. ed. São Paulo: Perspectiva, 2017.

TURNER, A. Angular Analysis. Proceedings of the 3rd **Space Syntax Symposium**. Atlanta, 2001.

TURNER, A. From axial to road-centre lines: a new representation for space syntax and a new model of route choice for transport network analysis. **Environment and Planning B: Planning and Design**, London, v. 34, n. 3, p. 539-555, 2007.

TURNER, A. DepthmapX Development Team. Version 0.8.0 (**software**), 2017.

TOMIO, Fabiano Larentis. **Breve história da burguesia industrial têxtil blumenauense**. In: THEIS, Ivone; MATTEDI, Marcia Aparecida; TOMIO, Fabiano Larentis (orgs.). Nosso Passado (In) Comum: Contribuições para o debate sobre a história e a histografia em Blumenau. Blumenau: Editora FURB e Editora Cultura em Movimento, 2000.

VILLAÇA, F. **Espaço intraurbano no Brasil**. Studio Nobel, 1999.

VILLAÇA, Flávio. Configuração espacial e desenvolvimento urbano: evidências empíricas de uma análise de cidades brasileiras. **Revista de Arquitetura e Urbanismo**, 36. ed. p. 15-28, 2012.

VIVIAN, L. P.; SABOYA, R. **Cidade e espaços públicos**: reflexões sobre a segregação e a coesão social. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, v. 14, n. 2, p. 169-183, 2012.

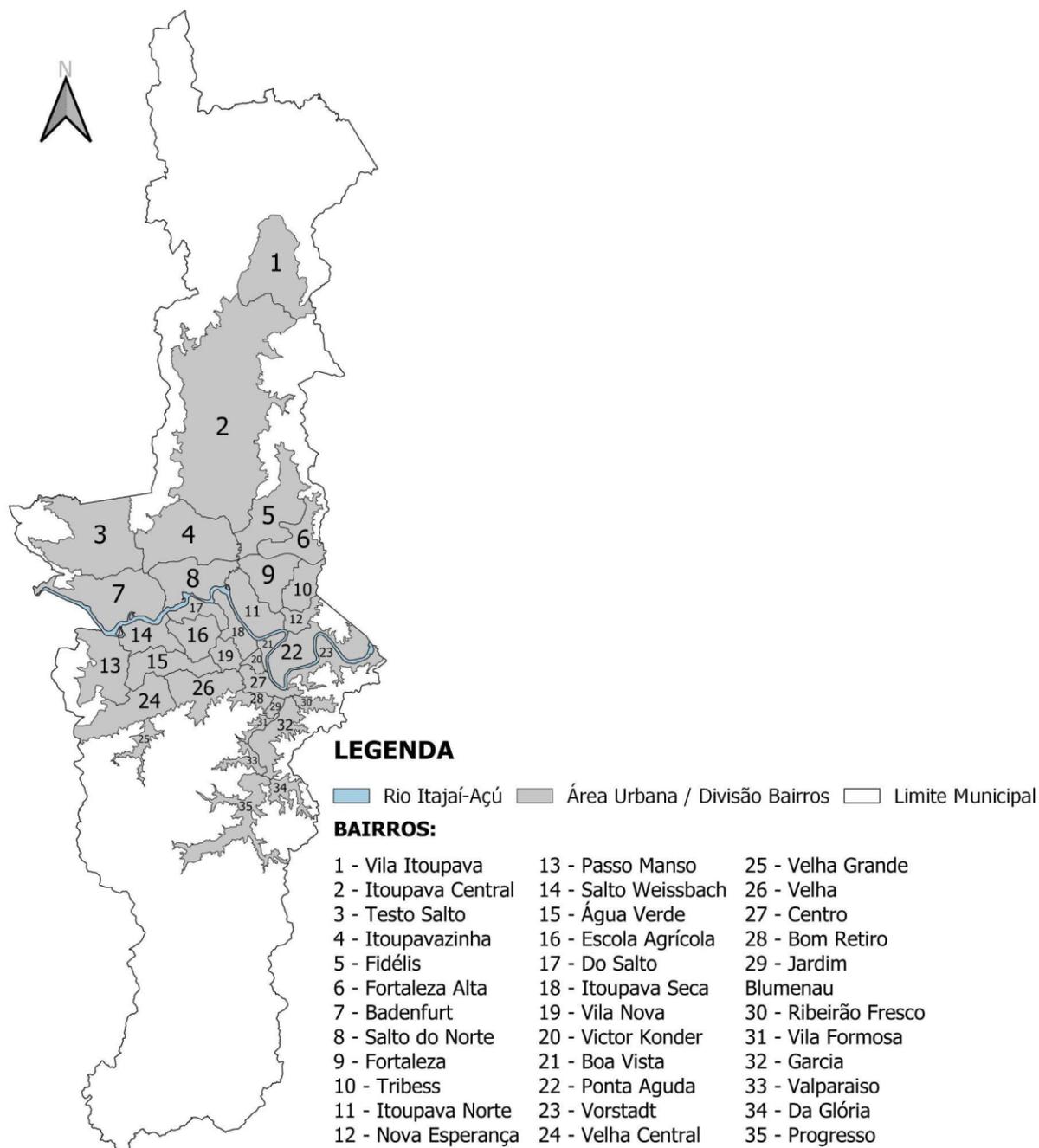
XAVIER, Diego Ricardo; BARCELLOS, Christovam; FREITAS, Carlos Machado de. Eventos climáticos extremos e consequências sobre a saúde: o desastre de 2008 em Santa Catarina segundo diferentes fontes de informação. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, p. 273-294, 2014.

XIE, Y.; FÃ, H.; WANG, Q.; LUO, Y.; WANG, X. **Morphological spatial analysis and landscape composition of green infrastructure in major cities of Sichuan province** Queixo. Gard., v. 35, p. 107-111, 2019.

WU, Jianguo. Making the Case for Landscape Ecology: An Effective Approach to Urban Sustainability. **Landscape Journal**, v. 27, n. 1, p. 41-50, 2008.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso**: Planejamento e métodos. Bookman editora, 2015.

APÊNDICE A - Mapa de bairros de Blumenau (SC)



APÊNDICE B - Dados Celesc: diversidade e densidade populacional

2000	Total de UCs	RESIDENCIAL		%	INDUSTRIAL		%	COMERCIAL		%	INST. + PÚBLICO	%	DGS*	DTD**	DENSIDADE POP. (pop./km ²)
Água Verde	4196	3707	0,8835	38	0,0091	442	0,1053	9	0,0021	0,2083	1,2631	2387			
Badenfurt	1787	1662	0,9301	77	0,0431	41	0,0229	7	0,0039	0,1326	1,1529	366			
Boa Vista	1243	1144	0,9204	30	0,0241	60	0,0483	9	0,0072	0,1500	1,1764	1970			
Bom Retiro	891	765	0,8586	52	0,0584	61	0,0685	13	0,0146	0,2545	1,3414	809			
Centro (+Antigo Petrópolis)	2002	233	0,1164	31	0,0155	1651	0,8247	87	0,0435	0,3042	1,4373	1025			
Da Glória	2221	1707	0,7686	99	0,0446	398	0,1792	17	0,0077	0,3751	1,6004	2822			
Do Salto	1587	1444	0,9099	61	0,0384	71	0,0447	11	0,0069	0,1686	1,2027	1506			
Escola Agrícola	3790	3559	0,9391	103	0,0272	109	0,0288	19	0,0050	0,1166	1,1320	2820			
Fidélis	2984	2733	0,9159	194	0,0650	49	0,0164	8	0,0027	0,1567	1,1857	1016			
Fortaleza	3452	3185	0,9227	72	0,0209	186	0,0539	9	0,0026	0,1454	1,1701	1941			
Fortaleza Alta	2056	1819	0,8847	192	0,0934	39	0,0190	6	0,0029	0,2082	1,2629	1161			
Garcia	5231	3938	0,7528	53	0,0101	1219	0,2330	21	0,0040	0,3788	1,6099	3236			
Itoupava Central	4080	3565	0,8738	269	0,0659	228	0,0559	18	0,0044	0,2290	1,2971	279			
Itoupava Norte	5044	4837	0,9590	51	0,0101	143	0,0284	13	0,0026	0,0795	1,0863	2720			
Itoupava Seca	1891	1593	0,8424	59	0,0312	223	0,1179	16	0,0085	0,2754	1,3801	1423			
Itoupavazinha	4889	4619	0,9448	143	0,0292	118	0,0241	9	0,0018	0,1060	1,1185	1346			
Jardim Blumenau	923	806	0,8732	26	0,0282	69	0,0748	22	0,0238	0,2305	1,2995	1822			
Nova Esperança	1975	1780	0,9013	113	0,0572	71	0,0359	11	0,0056	0,1831	1,2242	2725			
Passo Manso	2449	2161	0,8824	214	0,0874	51	0,0208	23	0,0094	0,2132	1,2710	345			
Ponta Aguda	3349	3066	0,9155	138	0,0412	121	0,0361	24	0,0072	0,1588	1,1888	1271			
Progresso	4212	3945	0,9366	166	0,0394	80	0,0190	21	0,0050	0,1208	1,1374	1843			
Ribeirão Fresco	911	822	0,9023	32	0,0351	49	0,0538	8	0,0088	0,1816	1,2220	960			
Salto do Norte	2558	2244	0,8772	174	0,0680	128	0,0500	12	0,0047	0,2233	1,2875	927			
Salto Weissbach	2483	2216	0,8925	172	0,0693	86	0,0346	9	0,0036	0,1975	1,2461	2100			
Testo Salto	2014	1886	0,9364	72	0,0357	51	0,0253	5	0,0025	0,1211	1,1378	346			
Tribess	2641	2324	0,8800	131	0,0496	169	0,0640	17	0,0064	0,2191	1,2805	2130			
Valparaíso	2000	1831	0,9155	102	0,0510	61	0,0305	6	0,0030	0,1583	1,1881	3400			
Velha	4574	3715	0,8122	37	0,0081	811	0,1773	11	0,0024	0,3088	1,4468	2212			
Velha Grande	5826	5493	0,9428	108	0,0185	214	0,0367	11	0,0019	0,1094	1,1228	2079			
Victor Konder	1493	428	0,2867	38	0,0255	1017	0,6812	10	0,0067	0,4531	1,8286	2944			
Vila Formosa	908	827	0,9108	30	0,0330	51	0,0562	0	0,0000	0,1662	1,1993	1436			
Vila Itoupava	939	778	0,8285	99	0,1054	59	0,0628	3	0,0032	0,2984	1,4254	124			
Vila Nova	2695	2122	0,7874	52	0,0193	512	0,1900	9	0,0033	0,3435	1,5233	3469			
Vorstadt	1898	1763	0,9289	81	0,0427	52	0,0274	2	0,0011	0,1346	1,1556	1216			
TOTAL	91192	78717		3309		8690		476							

*DGS: Índice Diversidade Gini-Simpson

**DTD: Diversidade Real

2010	Total de UCs	RESIDENCIAL		INDUSTRIAL		COMERCIAL		INST. + PÚBLICO	%	DGS*	DTD**	DENSIDADE (pop./km ²)
		%		%		%						
Água Verde	6222	5345	0,8590	60	0,0096	805	0,1294	12	0,0019	0,2452	1,3249	3176
Badenfurt	3449	3253	0,9432	92	0,267	85	0,246	19	0,0055	0,1091	1,1224	741
Boa Vista	1285	1202	0,9354	34	0,265	40	0,311	9	0,0070	0,1233	1,1406	1564
Bom Retiro	1103	951	0,8622	82	0,743	50	0,453	20	0,0181	0,2487	1,3310	853
Centro	2318	711	0,3067	28	0,121	1488	0,6419	91	0,0393	0,4922	1,9691	2112
Da Glória	2792	2102	0,7529	119	0,0426	541	0,1938	30	0,0107	0,3937	1,6494	3323
Do Salto	2141	1986	0,9276	74	0,0346	59	0,276	22	0,0103	0,1375	1,1594	1862
Escola Agrícola	4602	4306	0,9357	137	0,298	130	0,282	29	0,0063	0,1228	1,1400	3005
Fidélis	2293	2047	0,8927	183	0,798	42	0,183	21	0,0092	0,1963	1,2442	669
Fortaleza	4908	4526	0,9222	150	0,0306	223	0,0454	9	0,0018	0,1466	1,1718	2494
Fortaleza Alta	2094	1861	0,8887	184	0,0879	38	0,0181	11	0,0053	0,2021	1,2533	945
Garcia	6032	4531	0,7512	99	0,164	1374	0,2278	28	0,0046	0,3836	1,6223	3433
Itoupava Central	9410	8058	0,8563	336	0,0357	995	0,1057	21	0,0022	0,2543	1,3409	630
Itoupava Norte	5954	5538	0,9301	75	0,0126	316	0,0531	25	0,0042	0,1319	1,1519	2882
Itoupava Seca	2311	1955	0,8460	70	0,0303	266	0,1151	20	0,0087	0,2701	1,3701	1615
Itoupavazinha	6054	5696	0,9409	223	0,0368	116	0,0192	19	0,0031	0,1130	1,1274	1497
Jardim Blumenau	1700	1540	0,9059	67	0,0394	51	0,0300	42	0,0247	0,1763	1,2141	4392
Nova Esperança	1936	1743	0,9003	123	0,0635	47	0,0243	23	0,0119	0,1847	1,2265	2097
Passo Manso	2760	2483	0,8996	212	0,0768	30	0,0109	35	0,0127	0,1845	1,2262	922
Ponta Aguda	3929	3669	0,9338	129	0,0328	100	0,0255	31	0,0079	0,1262	1,1444	1368
Progresso	5548	5288	0,9531	156	0,0281	71	0,0128	33	0,0059	0,0905	1,0996	2199
Ribeirão Fresco	1209	1131	0,9355	39	0,0323	26	0,0215	13	0,0108	0,1233	1,1406	1301
Salto Do Norte	3479	3060	0,8796	196	0,0563	205	0,0589	18	0,0052	0,2197	1,2816	1177
Salto Weissbach	2252	1994	0,8854	182	0,0808	67	0,0298	9	0,0040	0,2086	1,2635	1188
Testo Salto	2831	2686	0,9488	89	0,0314	49	0,0173	7	0,0025	0,0985	1,1093	470
Tribess	3389	2998	0,8846	160	0,0472	210	0,0620	21	0,0062	0,2113	1,2680	2543
Valparatso	2485	2313	0,9308	107	0,0431	54	0,0217	11	0,0044	0,1313	1,1511	3708
Velha	6166	5008	0,8122	67	0,0109	1080	0,1752	11	0,0018	0,3095	1,4483	2626
Velha Central	6815	6429	0,9434	72	0,0106	305	0,0448	9	0,0013	0,1080	1,1210	2581
Velha Grande	1917	1816	0,9473	47	0,0245	50	0,0261	4	0,0021	0,1013	1,1127	2662
Victor Konder	2686	1617	0,6020	59	0,0220	996	0,3708	14	0,0052	0,4996	1,9983	5704
Vila Formosa	938	858	0,9147	48	0,0512	32	0,0341	0	0,0000	0,1595	1,1898	880
Vila Itoupava	1130	999	0,8841	82	0,0726	43	0,0381	6	0,0053	0,2117	1,2685	162
Vila Nova	4580	3402	0,7428	43	0,0094	1117	0,2439	18	0,0039	0,3887	1,6358	5228
Vorstadt	2386	2232	0,9355	109	0,0457	36	0,0151	9	0,0038	0,1226	1,1397	1126
TOTAL	121104	105334	3933	11137	700							

2022	Total de UCs	RESIDENCIAL		INDUSTRIAL		COMERCIAL		INST. + PÚBLICO		%	DGS*	DTD**	DENSIDADE (pop./km²)
		%		%		%		%					
Água Verde	10378	8417	0,8110	110	0,0106	1817	0,1751	34	0,0033	0,3114	1,4523	3979	
Badenfurt	5346	5059	0,9463	140	0,0262	110	0,0206	37	0,0069	0,1033	1,1152	885	
Boa Vista	942	810	0,8599	90	0,0955	17	0,0180	25	0,0265	0,2505	1,3342	1804	
Bom Retiro	1042	887	0,8512	90	0,0864	41	0,0393	24	0,0230	0,2658	1,3621	812	
Centro	1189	246	0,2069	11	0,0093	861	0,7241	71	0,0597	0,4292	1,7518	1892	
Da Gloria	935	748	0,8000	97	0,1037	69	0,0738	21	0,0225	0,3433	1,5227	2881	
Do Salto	1865	1688	0,9051	93	0,0499	52	0,0279	32	0,0172	0,1772	1,2154	2217	
Escola Agrícola	1153	885	0,7676	92	0,0798	142	0,1232	34	0,0295	0,3884	1,6352	3769	
Fidelis	3263	3034	0,9298	131	0,0401	68	0,0208	30	0,0092	0,1333	1,1538	741	
Fortaleza	8768	7942	0,9058	98	0,0112	689	0,0786	39	0,0044	0,1732	1,2095	3112	
Fortaleza Alta	2461	2236	0,9086	125	0,0508	65	0,0264	35	0,0142	0,1710	1,2063	1283	
Garcia	7312	5271	0,7209	102	0,0139	1902	0,2601	37	0,0051	0,4125	1,7020	3707	
Itoupava Central	15984	14399	0,9008	207	0,0130	1338	0,0837	40	0,0025	0,1813	1,2215	882	
Itoupava Norte	10528	9004	0,8552	95	0,0090	1397	0,1327	32	0,0030	0,2509	1,3349	3213	
Itoupava Seca	8542	6513	0,7625	105	0,0123	1885	0,2207	39	0,0046	0,3698	1,5867	2359	
Itoupavazinha	9127	8595	0,9417	175	0,0192	321	0,0352	36	0,0039	0,1116	1,1256	1955	
Jardim Blumenau	1986	1794	0,9033	91	0,0458	74	0,0373	27	0,0136	0,1803	1,2200	6580	
Nova Esperança	1195	1023	0,8561	94	0,0787	49	0,0410	29	0,0243	0,2587	1,3490	2332	
Passo Manso	4587	4251	0,9267	226	0,0493	79	0,0172	31	0,0068	0,1384	1,1606	1702	
Ponta Aguda	4748	4489	0,9455	152	0,0320	77	0,0162	30	0,0063	0,1048	1,1171	1479	
Progresso	5662	5383	0,9507	170	0,0300	76	0,0134	33	0,0058	0,0950	1,1050	2196	
Ribeirão Fresco	952	819	0,8603	95	0,0998	17	0,0179	21	0,0221	0,2491	1,3318	1494	
Salto Do Norte	6862	5949	0,8669	200	0,0291	672	0,0979	41	0,0060	0,2379	1,3122	1410	
Salto Weissbach	4139	3844	0,9287	160	0,0387	107	0,0259	28	0,0068	0,1353	1,1564	1853	
Testo Salto	2025	1813	0,8953	128	0,0632	61	0,0301	23	0,0114	0,1934	1,2398	606	
Tribess	5121	4590	0,8963	173	0,0338	329	0,0642	29	0,0057	0,1913	1,2366	2918	
Valparaíso	1874	1659	0,8853	126	0,0672	57	0,0304	32	0,0171	0,2106	1,2667	3764	
Velha	12385	10084	0,8142	94	0,0076	2171	0,1753	36	0,0029	0,3063	1,4415	3480	
Velha Central	8563	7959	0,9295	106	0,0124	471	0,0550	27	0,0032	0,1329	1,1533	2987	
Velha Grande	983	887	0,9023	29	0,0295	56	0,0570	11	0,0112	0,1815	1,2218	2714	
Victor Konder	5949	3613	0,6073	103	0,0173	2152	0,3617	81	0,0136	0,4998	1,9992	8715	
Vila Formosa	731	623	0,8523	93	0,1272	12	0,0164	3	0,0041	0,2572	1,3462	974	
Vila Itoupava	589	463	0,7861	65	0,1104	42	0,0713	19	0,0323	0,3638	1,5718	190	
Vila Nova	7135	5392	0,7557	93	0,0130	1612	0,2259	38	0,0053	0,3777	1,6068	6553	
Vorstadt	2121	1923	0,9066	117	0,0552	56	0,0264	25	0,0118	0,1741	1,2108	1331	
TOTAL	166442	142292		4076		18944		1130					