

Dinâmicas de Expansão Urbana na Região Metropolitana da Serra Gaúcha: Vetores de Crescimento

Urban Expansion Dynamics in the Metropolitan Region of Serra Gaúcha: Growth Vectors

Izabele Colusso, Professora do Mestrado em Design Estratégico, UNISINOS

icolusso@unisinios.br

Ana Júlia da Silva, Acadêmica de Arquitetura e Urbanismo, UNISINOS

anajulias@edu.unisinios.br

Luiza Costa Ferreira da Silva, Acadêmica de Arquitetura e Urbanismo, UNISINOS

luizacf@edu.unisinios.br

Maria Dupont Schwingel, Acadêmica de Arquitetura e Urbanismo, UNISINOS

mariadschwingel@gmail.com

Samantha Carvalho, Acadêmica de Arquitetura e Urbanismo, UNISINOS

csamantha@edu.unisinios.br

7 - Urbanismo e cidade sustentável

Resumo

O estudo analisa o crescimento urbano das cidades da Região Metropolitana da Serra Gaúcha, considerando sua evolução histórica e os fatores que influenciam a expansão em diferentes direções, gerando vetores de crescimento. A pesquisa adota uma abordagem empírica para identificar como elementos como relevo, infraestrutura viária e o sistema hidrográfico impactam o crescimento para o norte, sul, leste e oeste. A metodologia envolve a análise de dados históricos, geoespaciais e socioeconômicos para compreender os padrões de expansão urbana ao longo do tempo. Os resultados destacam a influência de fatores específicos em cada direção, evidenciando como a geografia e o planejamento urbano moldam a ocupação do território. O estudo contribui para o entendimento das dinâmicas urbanas regionais, fornecendo subsídios para um planejamento regional mais estratégico e sustentável, capaz de antecipar desafios e orientar o desenvolvimento equilibrado das cidades da Serra Gaúcha.

Palavras-chave: forma urbana; impedância; padrões de crescimento



Abstract

The study analyzes the urban growth of cities in the Metropolitan Region of Serra Gaúcha, considering their historical evolution and the factors influencing expansion in different directions, generating growth vectors. The research adopts an empirical approach to identify how elements such as topography, road infrastructure, and the hydrographic system impact growth toward the north, south, east, and west. The methodology involves analyzing historical, geospatial, and socioeconomic data to understand urban expansion patterns over time. The results highlight the influence of specific factors in each direction, demonstrating how geography and urban planning shape land occupation. The study contributes to understanding regional urban dynamics, providing insights for more strategic and sustainable planning capable of anticipating challenges and guiding the balanced development of Serra Gaúcha's cities.

Keywords: Urban form; Impedance; Growth patterns

1. Introdução

O crescimento das cidades é um fenômeno complexo condicionado por diversos fatores, que se originam desde questões naturais até elementos econômicos, sociais e políticos. Na Região Metropolitana da Serra Gaúcha (RMSG), que é um dos principais destinos turísticos do estado e representa significativa relevância na economia do Rio Grande do Sul, o processo de urbanização se dá em um cenário geográfico desafiador, com a presença do Rio Taquari, Rio das Antas e topografia acidentada. Entretanto, a presença de fatores importantes como rodovias e outros núcleos urbanos, criam incentivos que podem direcionar a expansão urbana em vetores específicos.

Nesse sentido, a presente pesquisa tem como objetivo identificar os fatores que inibem a expansão urbana das cidades e os fatores que a incentivam. Alguns limitadores de crescimento, como relevo muito acidentado e a presença de rios, representam desafios técnicos para a ocupação de determinadas áreas. Por outro lado, incentivadores de crescimento, como a proximidade de rodovias e polos econômicos, desempenham um fator decisivo no sentido de crescimento das cidades.

Para comprovar essa teoria, utilizou-se como estudo a cidade de Santa Tereza, RS. O município, apesar de apresentar impedâncias para o seu desenvolvimento urbano, também se beneficia de sua proximidade com cidades de maior parte e de boa infraestrutura viária, permitindo uma ampla análise dos fatores que limitam, incentivam e impactam seu crescimento.

Dessa forma, com base nessas informações, o artigo busca explorar e quantificar os principais fatores de crescimento das cidades da Região Metropolitana da Serra Gaúcha (RMGS). O estudo colocado em prática com base na cidade de Santa Tereza, RS, ilustra e permite uma formulação mais precisa para aplicar-se em outras áreas, a fim de contribuir para um planejamento territorial mais eficiente e sustentável, levando em consideração as particularidades locais e as tendências de urbanização da região.



Figura 1: Integração Global das cidades da Região Metropolitana da Serra Gaúcha. Fonte: elaborado pelos autores.

2. Forças Regionais e Formas Urbanas

Podemos dizer que em uma determinada região, temos cidades que crescem segundo critérios próprios e se apresentam com formas urbanas diferentes, algumas mais dispersas e outras mais compactas. Existem diversas razões para estas formas urbanas apresentarem-se de maneira diferente, e estariam associadas com a produção e consumo do espaço urbanizado, como a eficiência da estrutura espacial, e com a consistência entre a infraestrutura, regulações e o espaço ocupado por determinada forma urbana (Bertaud, 2003).

Mas cidades pertencentes a uma mesma região, de similares características de estruturação urbana e econômica, acabam por apresentar distintas formas urbanas. Um aspecto fundamental a ser considerado é a influência que o sistema regional exerce sobre as formas urbanas que as cidades tendem a assumir. A discussão dessa influência é relevante, pois se assume que os fatores do sistema regional trabalham de forma determinante na maneira como as cidades se estruturam de maneira espacial ao longo do tempo.

Segundo Favaro & Pumain (2011), as cidades devem estar relacionadas de alguma forma, porque pertencem à mesma distribuição estatística, envolvendo uma determinada taxa de crescimento média e desvio padrão, a qual gera uma implícita interdependência entre elas.

Gersmehl (1970) relata que existiria um problema de escala na identificação dos fatores que afetam a interação entre duas cidades, pois barreiras à ocorrência dos fluxos devem ser consideradas, e existe uma grande influência dos vizinhos e das rotas existentes entre estas cidades. Isto decore do fato de que a interação entre duas cidades pode ocorrer em vários níveis e escalas diferentes.



O termo 'forma urbana' é associado a diversas situações, desde intraurbanas até questões regionais. Nesta pesquisa, o termo será empregado para tratar da forma geral da cidade, ou seja, o estado macroscópico, o resultado do processo de adaptação e transformação do ambiente num determinado momento.

Temos então uma região onde as cidades crescem e assumem formas distintas, e estas formas são tanto impulsionadas por forças internas existentes nas cidades e dependentes de fatores locais, quanto pela sua própria localização nesta região.

3. Direção de Crescimento

A medida da área urbanizada se refere a toda a parcela do território que está ocupada pela mancha urbana, se configurando em uma mancha visível, e por isso é considerada uma medida de escala municipal, em outras escalas, as medidas, de estruturas internas, referem-se às diferenciações espaciais internas de cada cidade, como a evolução de suas centralidades, polarizações e densidades.

Centralidade é um atributo relativo à distribuição hierárquica da forma construída e consequentemente de atividades, segundo posições relativas dadas pelo sistema de espaços (Krafta, 1994). A medida de centralidade de Krafta (1994) se baseia na ideia de que para ser possível identificar e mensurar a centralidade dos sistemas urbanos e indispensável a relação entre os pontos no espaço estudado, aqui representando as cidades de um sistema regional, articulados aos demais pontos dentro deste mesmo sistema, em resumo um ponto será o centro, para um par de outros pontos (cidades) se estiver no caminho mínimo entre eles. (Espínola, 2002). Desta forma um sistema de pontos interconectados representam os caminhos nas relações entre quaisquer dois pontos que são alcançáveis entre si.

A centralidade do sistema pode ser obtida pela soma de todos os caminhos mínimos entre estes pares de pontos (cidades). A relação entre os diversos pares que geram tensões, reflete o potencial de cada cidade para gerar e atrair fluxos, criadas na mesma proporção de importância destes componentes, conectados pelas ligações rodoviárias, comprovando que não pode haver tensões sem pontos (cidades) no sistema, gerando tensões, e muito menos sem formas de distribuir estas tensões ao longo do sistema (ligações rodoviárias).

As medidas de deformações geométricas se referem ao formato geral dos assentamentos urbanos, cuja sua evolução está diretamente ligada as tensões regionais do sistema, neste sentido a deformação seletiva determinadas direções, estendendo as áreas urbanas nesses sentidos, estas deformações poderiam ser descritas por medidas geométricas propriamente ditas, como variação do perímetro urbano, aumento bruto da área urbanizada, deformação proporcional, deformação por direção, dentro outras medidas (Figura 02).



Figura 2: Exemplo de medida de deformação geométrica, para a cidade de Bento Gonçalves: em cor mais fraca, área urbanizada em 1970, calculada em direção aos vértices de forma; em cor mais forte, área urbanizada em 2010, igualmente calculada em direção aos vértices de forma. Fonte: Huppés, Vargas, Lenhart, Colusso, 2019

A taxa de crescimento das cidades ao longo do período estudado considerado está sendo avaliada através de uma medida de suporte, denominada neste trabalho de medida de deformação geométrica. Deformação é uma mudança no formato e nas dimensões de um corpo quando uma determinada força é aplicada sobre ele. Considerando a existência de uma força “puxando” uma cidade em uma determinada direção, poderíamos supor, correlacionando este princípio com a Lei de Hooke, que prevê que as deformações são alongamentos ou compressões de um segmento por unidade de comprimento.

A Tabela 01 ilustra um exemplo aplicado da teoria de Hooke, onde é possível verificar as direções de crescimento de cada cidade da Região Metropolitana da Serra Gaúcha.

Tabela 1: Cidades da RMSG e deformação geométrica por direção.

<i>Cidade</i>	Maior Crescimento	
	Sentido	Valor
Antônio Prado	L	812
Bento Gonçalves	L	1474,21
Carlos Barbosa	S	2140,81
Caxias do Sul	N	5006,84
Farroupilha	L	2269,31
Flores da Cunha	S	2740,74
Garibaldi	S	1225,92
Ipê	L	863,59
Monte Belo do Sul	N	211
Nova Pádua	O	318,27
Nova Roma do Sul	N	211,87
Pinto Bandeira	O	1112
Santa Tereza	L	1266
São Marcos	N	2012

Fonte: elaborado pelos autores.



4. Metodologia

Inicialmente, em etapas iniciais desta pesquisa, foi realizada coleta de dados com informações relativas a Região Metropolitana da Serra Gaúcha, sendo uma destas informações coletadas a direção de crescimento a partir do centroide (centro geométrico de cada uma das cidades). Conforme apresentado em estudos anteriores, através de dados obtidos das Cartas Topográficas do Banco de Dados Geográfico do Exército (BDGEx) como referência para os anos de 1970, e de imagens de satélite do Google Earth, para os anos de 1990 e 2010, da extensão da mancha urbanizada dos municípios da RMSG, nas décadas de 1970, 1990 e 2010, foi possível determinar padrões de crescimento para cada cidade. A partir da análise dos valores e padrões de crescimento nas direções Norte, Sul, Leste e Oeste de cada município, foi possível calcular previsões de crescimento para as próximas três séries temporais: 2030, 2050 e 2070.

A Tabela 2 apresenta os dados referentes à direção de crescimento, ilustrada pela letra “U”, referente a cada orientação (N para Norte, S para Sul, O para Oeste e L para Leste), para os anos de 1970, 1990 e 2010, e após, a diferença de crescimento para cada série, de 1970 a 1990, de 1990 a 2010, e depois, o total de 1970 a 2010. As dimensões foram computadas em metros lineares e as diferenças, em percentuais.

Tabela 2: Dados sintetizados do crescimento de Santa Tereza.

	1970	1990	2010	70-90	90-10	70-10
UN	384 m	641 m	648 m	66,93%	1,09%	68,75%
US	305 m	305 m	336 m	0,00%	10,16%	10,61%
UL	139 m	698 m	1405 m	402,16%	101,29%	910,79%
UO	156 m	161 m	338 m	3,21%	109,94%	116,67%

Fonte: dos autores.

Em seguida foi aplicada a Planilha de Previsão, que gera dados previstos com base no histórico apresentado anteriormente. Essa ferramenta pode ser utilizada para analisar diversos tipos de projeções, e nesta pesquisa utilizamos para analisar o sentido de crescimento de cada município através das medidas da sua forma urbana já existente. Com isso, temos novas fases de expansão de urbana para os períodos de 2030 e 2050. Na próxima etapa, os dados obtidos foram adicionados a tabela de dados reorganizados, para podermos aplicar o comando novamente e obter a previsão de crescimento para 2070, conforme Tabela 3. Reaplicou-se a Planilha de Previsão, dessa vez incluindo os dados obtidos relativos a 2030 e 2050.

Após a obtenção de todos os dados necessários, estes foram reorganizados em uma nova tabela de Projeções Totais, onde fica visível a diferença de crescimento através da aplicação da fórmula de porcentagem. A última etapa foi a realização da subtração dos dados para poder medir a distância em metros no mapa, para cada direção de crescimento nos intervalos de tempo analisados, podendo por fim gerar uma tabela de previsão, individual para cada município conforme Tabela 3.

Tabela 3: Tabela de projeções totais da cidade de Santa Tereza.

	2030 (m)	2050 (m)	2070 (m)	10-30 (m)	10-30 (%)	30-50 (m)	30-50 (%)	50-70 (m)	50-70 (%)
UN	812,30	954,21	1094,05	164,30	25,35%	141,91	17,47%	139,84	14,65%
US	347,49	361,77	376,29	11,49	3,42%	14,27	4,11%	14,53	4,02%
UL	2018,88	2646,01	3274,37	613,88	43,69%	627,13	31,06%	628,36	23,75%
UO	406,78	490,96	576,57	68,78	20,35%	84,18	20,69%	85,61	17,44%

Fonte: dos autores.

Em seguida, com base na Tabela 3, foram desenvolvidos mapas no software QGIS, espacializando os dados das séries temporais de 1970, 1990 e 2010 e as projeções obtidas para as próximas três séries, 2030, 2050 e 2070. A Figura 3, a seguir, apresenta o modelo obtido:

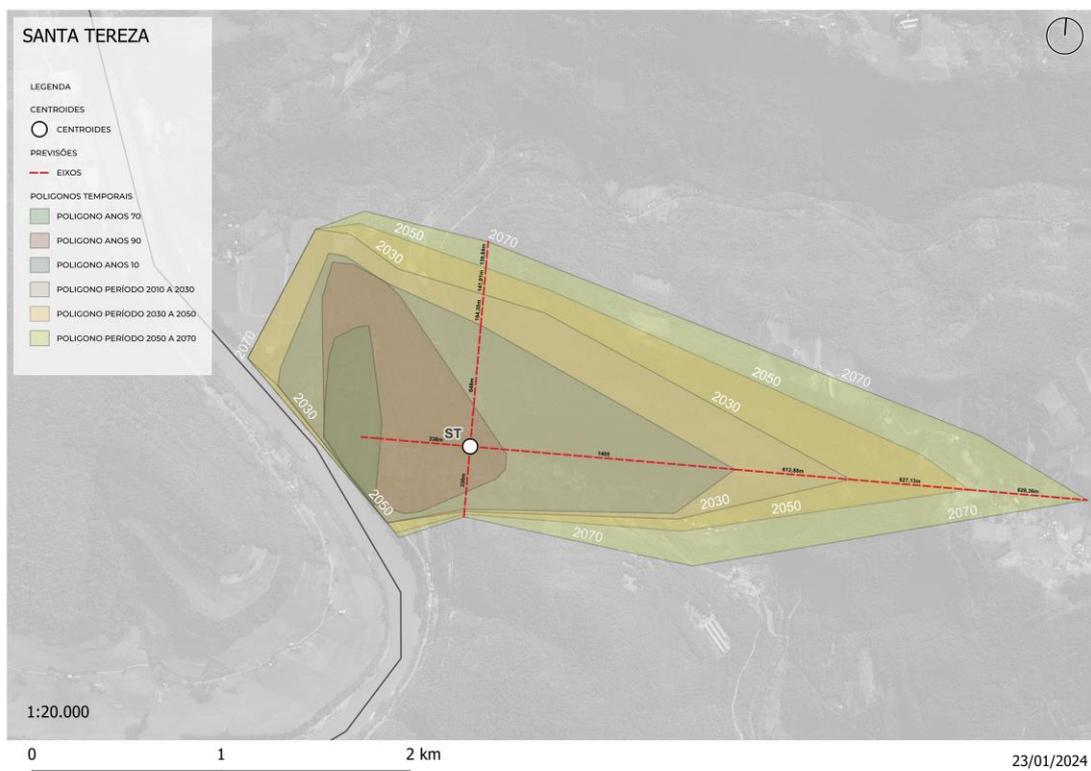


Figura 3: Mapa de previsão de crescimento de Santa Tereza. Fonte: elaborado pelos autores.

Os resultados apresentados acima foram obtidos a partir da análise e sintetização de dados concretos da extensão territorial do município de Santa Tereza nos principais eixos. Entretanto, o modelo desenvolvido não leva em consideração a inserção territorial do município. Para dar seguimento à pesquisa, e a fim de aproximar-se de um resultado mais provável e fiel à realidade, foram incorporadas impedâncias ao modelo. Conforme exposto anteriormente, o município de Santa Tereza está localizado na RMSG, e faz divisa com o Rio Taquari. Dessa forma, entende-se que é extremamente relevante para a pesquisa incorporar esse fator geográfico determinante no modelo de cálculos de projeção.

Ao analisar a posição geográfica do município, é evidente que, apesar dos cálculos anteriores apontarem uma projeção de crescimento nos sentidos Sul e Oeste, tal crescimento é extremamente improvável, uma vez que a extensão da mancha urbanizada do município já



atingiu o seu limite máximo, nesse caso, o Rio Taquari-Antas. Nesse sentido, fica determinado uma impedância nessas direções, modificando a maneira como a expansão territorial urbana do município se comportará no futuro. A partir dessa percepção, buscou-se representar o cenário geográfico do município de Santa Tereza matematicamente. Para isso, as projeções obtidas anteriormente para os sentidos Sul e Oeste foram zeradas, tendo em consideração que o crescimento nesses sentidos não é mais possível.

Todavia, as projeções de crescimento zeradas não podem ser totalmente desconsideradas, sendo necessária uma redistribuição de valores de crescimento. Para isso, foi elaborado um sistema de pesos percentuais, que representam a influência das impedâncias na probabilidade de expansão do território, sendo 0% extremamente improvável e 100% extremamente provável. A seguir, a Tabela 4 exemplifica o método utilizado.

Tabela 4: Sistematização de impedâncias em pesos.

	Impedância	Probabilidade de expansão (100%)	Justificativa
UN	Topografia	30%	Topografia bastante acidentada
US	Rio Taquari	0%	Município já atingiu o limite do Rio Taquari
UL	Topografia	70%	Topografia menos acidentada
UO	Rio Taquari	0%	Município já atingiu o limite do Rio Taquari

Fonte: dos autores.

Em seguida, foi utilizado o sistema de pesos definido nos cálculos obtidos nos estudos anteriores, conforme apresentado nas Tabelas 5, 6 e 7 a seguir:

Tabela 5: Cálculo de redistribuição das projeções de crescimento para Santa Tereza para 2030.

	Cálculo de redistribuição				Resultado após a redistribuição
	2010-2030 (%)	2010-2030 (m)	Peso definido (%)	Redistribuição por peso (m)	2010-2030 (m)
UN	25,35	164,30	30	24,08	188,38
US	3,42	11,49	0	0,00	0
UL	43,69	613,88	70	56,19	670,07
UO	20,35	68,78	0	0,00	0
Valores totais:		858,45	100	80,27	858,45

Fonte: dos autores.



Tabela 6: Cálculo de redistribuição das projeções de crescimento para Santa Tereza para 2050.

Cálculo de redistribuição				Resultado após a redistribuição	
	2030-2050 (%)	2030-2050 (m)	Peso definido (%)	Redistribuição por peso (m)	2030-2050 (m)
UN	17,47	141,91	30	29,54	171,45
US	4,11	14,27	0	0,00	0
UL	31,06	627,13	70	68,92	696,05
UO	20,69	84,18	0	0,00	0
Valores totais:		867,50	100	98,45	867,50

Fonte: dos autores.

Tabela 7: Cálculo de redistribuição das projeções de crescimento para Santa Tereza para 2070.

Cálculo de redistribuição				Resultado após a redistribuição	
	2050-2070 (%)	2050-2070 (m)	Peso definido (%)	Redistribuição por peso (m)	2050-2070 (m)
UN	14,65	139,84	30	30,04	169,88
US	4,02	14,53	0	0,00	0
UL	23,75	628,36	70	70,10	698,46
UO	17,44	85,61	0	0,00	0
Valores totais:		868,33	100	100,14	868,33

Fonte: dos autores.

Por fim, os dados obtidos a partir do novo modelo de cálculo foram espacializados em novos mapas, também através do software QGIS, resultando na Figura 4, a seguir, mostrando a sobreposição entre os dois modelos, um sem restrições espaciais, e o outro considerando os vetores de crescimento adicionados aos condicionantes do território:



Figura 4: Mapa de previsão de crescimento de Santa Tereza considerando impedâncias.

Fonte: elaborado pelos autores.

Foi utilizada uma abordagem objetiva e focada na cidade de Santa Tereza, com base na análise da situação atual e a evolução da sua malha urbana ao longo dos anos de 2030, 2050 e 2070. Essas futuras mudanças espaciais fornecem uma base geométrica para identificar os vetores de crescimento e os fatores impeditivos da área proposta, levando em consideração a expansão territorial em quatro direções - Norte, Sul, Leste e Oeste.

Para alcançar esse propósito, foi desenvolvido um mapa utilizando o software QGIS, onde com a utilização dos eixos gerados a partir de centróides de áreas previamente definidas, demonstrou uma perspectiva clara das expansões previstas na mancha de crescimento urbano ao longo das faixas de transição de tempo selecionadas, conforme Figura 4.

Os valores obtidos por meio da análise foram inseridos em uma tabela, permitindo uma avaliação detalhada do potencial de crescimento urbano em cada direção, considerando os fatores impeditivos que podem influenciar neste desenvolvimento.

5. Análises dos Resultados

A aplicação da metodologia combinando previsão de crescimento com SIG para a análise da distribuição espacial da zona urbana de um município como Santa Tereza, inserido em determinado sistema regional, neste caso a RMSG, demonstra que, além da funcionalidade da tecnologia em relação à hierarquização de informações, quando elencamos separadamente as potencialidades em diferentes mapas, acabamos por gerar uma base cartográfica relevante para uma região de tal porte e que ainda não tem acesso a este tipo de sistema.



Os mapas gerados propiciam uma análise espacial de caráter diferenciado: que ao possibilitarem projeções futuras, agregamos a uma informação estanque – um mapa, uma série de possibilidades, direcionando-se assim o crescimento de acordo com previsões determinadas previamente. De acordo com os resultados apresentados, verifica-se que as áreas restritivas ao desenvolvimento, os denominados condicionantes ambientais, são muitos: há uma predominância de áreas absolutamente desprovidas de potencial de crescimento urbano, justamente por se valorizar neste trabalho um maior enfoque a este assunto. É importante destacar que a resultante da análise sugere um crescimento direcionado para o sentido norte da área urbanizada no município de Santa Tereza. Uma alternativa para o município, diante da importância ecológica e de patrimônio cultural em que a região se insere, seria o investimento no turismo rural, que exploraria as belezas naturais da região, valorizando as paisagens constituídas pelos mananciais hídricos e morros existentes, fazendo com que a população se aproprie da prática, e que a partir dela, gere uma renda alternativa para as comunidades.

A análise, então, indica que a expansão territorial de Santa Tereza está diretamente ligada à infraestrutura disponível e às características naturais do território. Enquanto as direções norte e leste apresentam maior viabilidade de expansão devido à rodovia RS-444, as direções sul e oeste enfrentam barreiras geográficas que dificultam o avanço urbano. Para um planejamento eficiente, é essencial considerar esses fatores e desenvolver soluções que equilibrem crescimento e sustentabilidade, garantindo a ocupação responsável do espaço urbano.

6. Conclusão ou Considerações Finais

A partir da análise realizada, conclui-se que o crescimento territorial de Santa Tereza está diretamente relacionado à disponibilidade de infraestrutura e às características naturais do território. A rodovia RS-444 se destaca como um eixo fundamental para a expansão urbana, facilitando o desenvolvimento nas direções norte e leste. Em contrapartida, as barreiras geográficas presentes nas direções sul e oeste impõem desafios significativos, dificultando a ocupação e o crescimento da cidade nessas áreas.

Além disso, é importante destacar que a análise histórica do crescimento urbano considerou um raio de expansão que não necessariamente deve ser aplicado às projeções futuras. Isso ocorre porque os dados históricos foram analisados de maneira predominantemente numérica, sem uma avaliação empírica detalhada das condições territoriais específicas da região. Elementos essenciais, como o relevo acidentado da Serra Gaúcha, a configuração do sistema rodoviário e a presença do sistema hidrográfico, influenciam diretamente a viabilidade da expansão urbana e precisam ser considerados no planejamento futuro.

Dessa forma, para garantir um desenvolvimento sustentável e eficiente, é essencial que futuras projeções de crescimento adotem uma abordagem mais integrada, contemplando não apenas os padrões históricos, mas também as limitações e potencialidades do território. A formulação de políticas urbanas deve equilibrar a necessidade de expansão com a preservação ambiental e a infraestrutura disponível, assegurando que o crescimento ocorra de forma ordenada, sustentável e adequada às condições locais.



Referências

BERTAUD, A. (2003). *Metropolitan Structures Around the World*. Marikina.

EXÉRCITO BRASILEIRO. **Carta Topográfica da Serra Gaúcha**. Diretoria do Serviço Geográfico, disponível em <https://bdgex.eb.mil.br/bdgexapp/mobile/?l=963,953&c=-43.108971,-22.753992&z=11>.

FAVARO J. M., PUMAIN D. (2011), Gibrat Revisited: *An Urban Growth Model including Spatial Interaction and Innovation Cycles*. *Geographical Analysis*, 43, pp 261-286.

GERSMEHL, P. J. (1970). Spatial Interaction, *Journal of Geography*, 69:9, pp. 522-530.

HUPPES, M. L.; VARGAS, R. W.; LENHART, T.; COLUSSO, I. *Formas regionais, formas urbanas e estrutura interna da cidade: um estudo comparativo*. *Revista Educar Mais*, v. 3, p. 46-57, 2019.

KRAFTA, R. (1994). *Modelling Intraurban configurational development*. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v. 21. London: Pion. pp. 67-82.