

DESCREVENDO DESIGUALDADES NOS POTENCIAIS DE DESLOCAMENTO INTRAURBANOS: UMA ABORDAGEM CONFIGURACIONAL

Ana Luisa Maffini¹
analuisamaffini@ufrgs.br

Gustavo Maciel Gonçalves²
gustavomaciell@gmail.com

RESUMO

A segregação socioespacial é um fenômeno urbano que condiciona fortemente as diferenças entre as possibilidades de deslocamento intraurbano que diferentes grupos populacionais dispõem. Métodos quantitativos e indicadores espaciais desenvolvidos até então, em sua maioria, estão focados em descrever propriedades locais de segregação residencial em maiores escalas ou de aferir desigualdades de acessibilidade urbana. Nesse sentido, merece ser investigado o modo diferencial com que grupos populacionais se deslocam nas cidades. Por isso, o objetivo deste artigo é avaliar as desigualdades nos potenciais de deslocamento entre grupos de renda, decorrentes de processos de segregação socioespacial, tendo a cidade de Santa Maria/ RS como caso empírico. A abordagem proposta é quantitativa, baseada na modelagem urbana de grafos. A metodologia envolve: a construção de um modelo espacial de segmentos de via; a definição de localizações de origem (residências) e de destino (usos do solo não-residenciais); o cálculo de medidas configuracionais que permitem estimar prováveis deslocamentos; e o tratamento dos dados e análises comparativas. Os resultados demonstraram que o método é capaz de quantificar essas desigualdades e é sensível a essas diferenças em escalas mais desagregadas. Os resultados do caso empírico demonstraram que Santa Maria é uma cidade com forte desigualdade no potencial de deslocamento das populações quando acessando os estabelecimentos analisados.

Palavras-chave: desigualdade socioespacial, deslocamentos intraurbanos, análise configuracional, polaridade

ABSTRACT

Socio-spatial segregation is an urban phenomenon that has strong influences on differences between the possibilities of intra-urban movements available to different population groups. Quantitative

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
[HTTPS://ORCID.ORG/0000-0001-5334-7073](https://orcid.org/0000-0001-5334-7073)

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
[HTTPS://ORCID.ORG/0000-0001-6726-4711](https://orcid.org/0000-0001-6726-4711)

methods and spatial indicators developed so far, for the most part, are focused on describing local properties of residential segregation at larger scales or on measuring inequalities in urban accessibility. In this sense, the differential way in which population groups move in cities deserves to be investigated. Therefore, the aim of this article is to assess the inequalities in movement potential between income groups, resulting from processes of socio-spatial segregation, with the city of Santa Maria/RS as an empirical case. The proposed approach is quantitative, based on urban graph modeling. The methodology involves: the construction of a spatial model of road segments; the definition of origin locations (residences) and destination locations (non-residential land uses); the calculation of configurational measurements that allow estimating probable movements; and the treatment of data and comparative analyses. The results showed that the method can quantify these inequalities and is sensitive to these differences in more disaggregated scales. The results of the empirical case showed that Santa Maria is a city with strong inequalities in the population's movement potential when accessing the analyzed establishments.

Key words: socio-spatial inequality, intra-urban movement, configurational analysis, polarity

1. INTRODUÇÃO

As possibilidades de deslocamento nas cidades condicionam fortemente o acesso da população a serviços públicos e influenciam a satisfação de necessidades individuais e a expansão da liberdade de escolha das pessoas (FARRINGTON, 2007). Com o crescimento e a complexificação das dinâmicas socioespaciais nas cidades, essa noção tem ensejado o planejamento da acessibilidade e dos deslocamentos intraurbanos como um importante e atual paradigma do planejamento urbano (BARBOZA et al., 2021), sobretudo nos países do sul global, devido às desigualdades socioespaciais (PEREIRA et al., 2019).

Nesse contexto, os processos de segregação socioespacial urbana conduzem a uma apropriação desigual de diferentes grupos de renda sobre as possibilidades de acessar facilidades urbanas e de se deslocar nas cidades. Essas desigualdades têm se mostrado especialmente problemáticas no contexto pandêmico, com grandes impactos sobretudo para as camadas sociais mais vulneráveis.

Diversas têm sido as formas de buscar compreender, quantificar e, com isso, instrumentalizar a construção de políticas no sentido de mitigar os efeitos negativos dessas desigualdades sociais nas cidades. Inicialmente, os indicadores de segregação eram genéricos e não consideravam a dimensão espacial do fenômeno. Mais recentemente, tornaram-se recorrentes os indicadores espaciais que estimam a dispersão da localização residencial das populações, bem como diversos tipos de índices espaciais de segregação e desigualdade identificados por zonas agregadas, ou até em escalas mais desagregadas, como nos modelos configuracionais urbanos. Neste artigo,

buscamos trazer inovações no modo de tratar as desigualdades socioespaciais de renda a partir da descrição de diferenças nos potenciais de deslocamento nas cidades, com especial atenção às características da forma urbana. Para isso, adotamos um método quantitativo respaldado na modelagem urbana baseada em grafos.

Dessa forma, este trabalho tem por objetivo avaliar as desigualdades nos potenciais de deslocamento a facilidades urbanas entre grupos de renda, decorrentes de processos de segregação socioespacial. Para isso, adotamos uma metodologia quantitativa respaldada em técnicas da modelagem urbana baseada em grafos, que permite estimar a acessibilidade e potenciais de deslocamento de diferentes grupos de renda nas cidades, e aplicamos esse método em um estudo empírico na cidade de Santa Maria/RS. O artigo está dividido em 6 partes, sendo a primeira esta introdução. Na segunda parte, definimos os conceitos de segregação e apresentamos métodos e indicadores utilizados para a sua mensuração. Na terceira parte, abordamos as teorias e os procedimentos envolvidos na abordagem configuracional, que é a base da metodologia empregada. Na parte 4, apresentamos a metodologia adotada neste trabalho e na quinta parte trazemos os resultados do estudo empírico e as discussões. A parte 6 apresenta as conclusões e as possibilidades de desdobramento da pesquisa.

2. DESIGUALDADES SOCIOESPACIAIS E FORMA URBANA

A segregação socioespacial urbana pode ser posta como a separação espacial de um grupo social em relação aos demais em termos de suas localizações residenciais. Trata-se de um processo socialmente produzido, que se manifesta na estruturação espacial das cidades (VILLAÇA, 2001). A segregação socioespacial é um fenômeno inerente às cidades brasileiras, e ocorre com bastante força no âmbito da segmentação socioeconômica, com a separação dos grupos de renda (MARICATO, 2015; ABRAMO, 2007; CARLOS, 2011).

Tomar a segregação urbana como um processo socioespacial significa admitir que as desigualdades sociais se materializam no meio urbano e são por ele redefinidas, pressupondo diferentes formas espaciais. Nas cidades brasileiras, a segregação urbana está altamente correlacionada com renda e raça, atingindo maior força com a separação espacial de grupos de pessoas negras de baixa renda e pessoas brancas de alta renda (BITTENCOURT et al., 2020).

Sendo a localização intraurbana um recurso finito e heterogêneo, a característica de não-reprodutibilidade das localizações implica na imposição de diferenciação espacial, hierarquia e promoção de fluxos desiguais dentro do sistema (GOODALL, 1972; VILLAÇA, 2001). Essas dinâmicas espaciais estão muito relacionadas com as características impostas pela forma urbana.

Desde as teorias ecológicas urbanas, passando pelas teorias econômicas neoclássicas e pela teoria crítica, até as abordagens atuais vinculadas ao planejamento do uso do solo urbano, dos transportes e da morfologia urbana, as questões da segregação urbana e das desigualdades socioespaciais têm sido tratadas de diversas formas em modelos e indicadores espaciais.

Os primeiros modos de mensurar a segregação nas cidades eram espaciais e bastante restritos quanto à complexidade dos grupos populacionais considerados. Dentre esses, podem ser elencados o indicador de dissimilaridade (DUNCAN; DUNCAN, 1955), o índice de Gini (COWELL, 1977), o índice de Atkinson (ATKINSON, 1970) e o índice de entropia (THEIL; FINIZZA, 1971). Na geografia quantitativa, datam da década de 1980 os primeiros indicadores espaciais de segregação urbana que mensuram graus de separação entre grupos populacionais, como as diferentes versões do índice de dissimilaridade (MORRIL, 1991; WONG, 1993; FEITOSA et al., 2007) e o índice de Moran (ANSELIN, 1995). Esses indicadores deixam de revelar somente características globais de segregação entre grupos populacionais nos sistemas urbanos tratados e passam a descrever propriedades locais definidas por zonas espaciais.

Um outro conjunto de estudos, vinculado sobretudo à área do planejamento urbano e do planejamento integrado de usos do solo urbano e transportes, aborda a questão da segregação urbana buscando identificar seus resultados sobre as desigualdades socioespaciais. Nesse caso, a ideia de segregação é tomada como um pressuposto dos estudos, que se baseiam no desenvolvimento de indicadores espaciais que estimam a facilidade diferencial com que grupos populacionais acessam oportunidades. A noção de acessibilidade, nesse caso, pode assumir uma série de definições como: o potencial de um conjunto de oportunidades em gerar interação espacial (HANSEN, 1959), a vantagem inerente a uma localização em superar custos de deslocamento (INGRAM, 1971), ou mesmo a condição em que a articulação de sistemas de atividades e de deslocamentos permitem com que grupos de indivíduos alcancem oportunidades (GEURS; VAN WEE, 2004). A acessibilidade está, portanto, diretamente relacionada com os efeitos relativos que distâncias entre localizações no espaço podem assumir.

Existe uma quantidade enorme de indicadores espaciais de acessibilidade que descrevem propriedades locais de um sistema de zonas agregadas. Alguns são bastante simples e de fácil aplicabilidade e interpretação, enquanto outros são altamente complexos e fidedignos à gama de princípios teóricos envolvidos na mensuração da acessibilidade, ao passo que são de difícil compreensão. Os indicadores de acessibilidade podem ser classificados, de modo simplificado, em três grupos de acordo com sua capacidade descritiva (GEURS; VAN WEE, 2004; NEUTENS et al., 2010): a) os indicadores isócronos, ou de oportunidades cumulativas, que estimam o número de destinos acessíveis dentro de um raio de distância (euclidiana, de tempo ou de custo); b) os indicadores de oportunidades acumuladas ponderadas, ou gravitacionais, que levam em conta a

magnitude dos destinos e utilizam funções de impedância para valorizar pares de origem e destino mais próximos e simular disponibilidades diferenciais da população para viajar; e c) os indicadores de competição, que consideram o efeito de competição envolvido na distribuição de um conjunto de oportunidades com capacidade restrita.

Por se basearem em zonas espaciais, os indicadores de segregação e acessibilidade geralmente possuem limitações quanto à agregação dos dados e à erros embutidos nesse tipo de discretização do espaço urbano. Outra limitação importante desses métodos é que a aleatoriedade da definição das zonas espaciais muitas vezes ignora as características morfológicas do sistema, dificultando uma leitura coordenada entre os fenômenos tratados e os atributos da forma urbana.

Os indicadores espaciais de segregação e de acessibilidade urbana tendem a avaliar as desigualdades socioespaciais desde o ponto de vista estático, baseando as análises na aferição das características e do desempenho que grupos populacionais assumem especificamente desde sua localização residencial. Nesse sentido, faltam estudos que relacionem as desigualdades nas possibilidades (potenciais) de deslocamento dentro do sistema que são decorrentes, simultaneamente, das localizações residenciais e das localizações das oportunidades.

3. CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E POTENCIAIS DE DESLOCAMENTO

Modelos urbanos baseados em grafos são modelos matemáticos, simbólicos e digitais (BATTY, 2007) e estão envolvidos na tentativa de descrever e simular características da configuração espacial urbana, voltando-se estritamente para as interrelações entre os elementos morfológicos da cidade (KRAFTA, 2014). A noção de configuração, apoiada na abordagem sistêmica, parte da ideia de que a cidade pode ser entendida como uma rede espacial.

Assim como na Ciência de Redes de um modo geral, a morfologia urbana de enfoque configuracional se apoia na Teoria de Grafos como base analítica. Um grafo é definido como um conjunto de vértices e um conjunto de ligações que representam relações de adjacência entre vértices (FREEMAN, 1977; WASSERMAN; FAUST, 1994). Nos estudos de redes espaciais urbanas, vértices descrevem posições e comportamentos de elementos presentes no espaço da cidade, como estoques edificados e porções do espaço aberto público, constituindo-se de um grafo urbano (KRUGER, 1979; KRAFTA, 1994) e descrevendo os atributos desses elementos que decorrem das suas características de estarem conectados entre si.

São noções importantes para este estudo as de grafos valorados e direcionados. Em grafos valorados, aos vértices e ligações da rede podem ser atribuídos valores diferenciados que, para o tratamento de redes espaciais urbanas, podem servir para induzir a formação de hierarquias que sabidamente estão envolvidas no fenômeno sendo abordado. Um exemplo seria a definição de

densidades populacionais a partir do número de habitantes em cada localidade (representadas pelos vértices). Em grafos direcionados, as ligações são definidas por pares ordenados de vértices. Esse artifício é adotado nos estudos urbanos para descrever relações indiretas entre origens e destinos. Quando todos os vértices e ligações possuem valores equivalentes e não existem relações ordenadas ou direcionadas entre pares de vértices, os grafos são denominados não-valorados e não-direcionados.

A modelagem urbana baseada em grafos envolve a adoção de técnicas criteriosas de representação simplificada do espaço urbano através de entidades discretas. Essas técnicas podem assumir diferentes níveis de desagregação espacial, e resultam em um sistema de unidades morfológicas (FARIA, 2010) como linhas axiais ou segmentos, por exemplo. Nesse sentido, essa abordagem se difere das técnicas tradicionais de análise espacial em que às características da forma urbana é atribuída pouca ou nenhuma relevância e sensibilidade e as suas análises e resultados são mais desagregados no espaço urbano.

Um dos recursos dos estudos de rede baseados em grafos que são mais utilizados para redes espaciais urbanas são as medidas de centralidade, pois permitem extrair propriedades descritoras da hierarquia da rede, as quais possuem alta aplicabilidade à interpretação dos fenômenos da cidade. Dois conjuntos amplamente incorporados aos estudos urbanos são os das medidas de Centralidade por Proximidade (Closeness) (BEAUCHAMP, 1965) e de Centralidade por Intermediação (Betweenness) (FREEMAN, 1977; 1979). Para os estudos urbanos, a medida de Centralidade por Proximidade extrai de redes espaciais propriedades que estão mais diretamente ligadas à noção de Acessibilidade, descrevendo a facilidade com que um vértice pode ser alcançado, pelo fato de somar menores distâncias aos demais vértices da rede. Já a medida de Centralidade por Intermediação, ao computar o número de vezes que um vértice faz parte do caminho mínimo entre todos os pares de vértices, captura a propriedade dos vértices em serem intermediários dos caminhos possíveis de serem feitos dentro da rede espacial.

Uma versão das medidas de centralidade por intermediação baseadas em grafos não-direcionados é a medida de Centralidade por Intermediação Freeman-Krafta (KRAFTA, 1994). Para além da definição de Freeman, essa medida assume que pares de vértices são capazes de gerar tensões de intensidades variáveis que se dissipam pelos vértices contidos nos caminhos mínimos entre os pares de vértices em questão. As tensões variam de acordo com a valoração dos vértices, e podem simular a magnitude de atributos inerentes ao espaço físico (ex.: a população residente na localidade representada pelo vértice). Além disso, a tensão gerada por pares de vértices da rede sofre um decaimento em decorrência das distâncias que os separam.

Alternativamente, quando essa medida é calculada para um grafo direcionado e valorado, ela dá origem ao Modelo de Polaridade (KRAFTA, 1996; 2009). O modelo tem a capacidade de

descrever caminhos prováveis de deslocamento dentro da rede espacial urbana, considerando a interveniência de fatores como a valorização das menores distâncias (simulação de variações nas disponibilidades para viajar) e a capacidade variável das diferentes localidades urbanas, definidas como origens e destinos, em gerar atratividade e interação espacial. Por essas características, a abordagem aqui proposta para estimar a variabilidade nos potenciais de deslocamento em um sistema urbano será baseada na adaptação do Modelo de Polaridade.

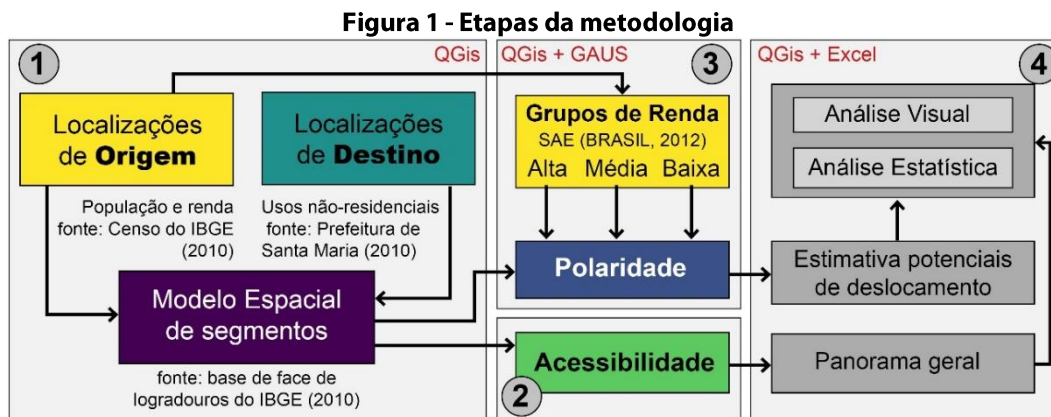
4. METODOLOGIA

Para este trabalho, adotou-se o município de Santa Maria/RS como caso empírico e buscamos identificar, através de medidas quantitativas, as diferenças nos potenciais de deslocamento nos espaços urbanos para diferentes grupos de renda, de modo a quantificar as desigualdades daí decorrentes. Para isso, os seguintes critérios de modelagem foram assumidos:

- Pares de localizações que atuam como origens e destinos são capazes de determinar os fluxos prováveis. As origens podem ser definidas como as localizações residenciais da população. Os destinos podem ser determinados pelos usos do solo não-residenciais.
- Cada localização de destino pode possuir um padrão de distribuição na estrutura urbana que segue critérios próprios de escolha locacional do tipo de uso do solo em questão.
- As localizações residenciais dos diferentes grupos de renda seguem padrões e tendências de segregação urbana. Cada grupo de renda possui critérios de localização que são específicos e que têm relação com aspectos como preço da terra, poder de escolha de localização, acessibilidade às facilidades urbanas, autosegregação etc.
- Características da configuração espacial urbana geram fluxos desiguais dentro do sistema e possibilidades de deslocamento que são variáveis para cada grupo de renda, em função das tendências de segregação residencial anteriormente apontadas.
- O modelo de Polaridade (KRAFTA, 1996; 2009) é capaz de estimar as diferenças nos potenciais de deslocamento intraurbanos para os diferentes grupos de renda, levando em conta características próprias da forma urbana e das localizações de origens e destinos.

Tendo em vista os critérios estipulados, a metodologia foi dividida em 4 etapas. Inicialmente, foram feitos os mapeamentos das localizações das origens (residenciais), estratificadas por grupos de renda, das localizações de destino e da configuração espacial urbana. Em um segundo momento, foi calculada a medida de acessibilidade, buscando uma análise global do sistema para a construção de um panorama geral das desigualdades. Na terceira etapa, foram calculadas as medidas de Polaridade para cada um dos diferentes grupos analisados, de modo a identificar seus potenciais de deslocamento intraurbanos. Por fim, uma quarta etapa comparativa de análises foi realizada para

melhor compreender os resultados encontrados. As etapas da metodologia estão descritas no fluxograma da Figura 1.



Fonte: Dos autores, 2021.

Na etapa de coleta de dados para a construção do modelo foi necessário definir quais seriam os locais de origem e destino dos deslocamentos para a medida de Polaridade, assim como foi necessário definir qual critério de estratificação das categorias de renda seria utilizado para as análises. Para este trabalho, optamos por fazer uma análise de desigualdades por grupos de renda, uma vez que, no Brasil, a desigualdade socioeconômica é uma das principais formas de segmentação da população urbana (BITTENCOURT et al., 2020).

Para os destinos, optamos por selecionar apenas alguns tipos de usos do solo. Como estávamos interessados em uma maior compreensão da desigualdade de acesso aos serviços urbanos e não a destinos como estabelecimentos comerciais, praças e parques, optamos por selecionar as seguintes categorias de uso do solo: Escolas Públicas, Escolas Privadas, Hospitais Públicos, Hospitais Privados, Postos de Saúde e Estabelecimentos de Serviços.

Os dados utilizados foram todos de livre acesso. Para os dados de população e renda (localizações de origem) utilizamos as informações do Censo Demográfico do IBGE (2010). Foram usadas as variáveis de número de domicílios por setor censitário e número de domicílios por faixas de renda per capita por setores censitários. Já para os dados referentes às categorias de uso do solo (localizações de destino), apesar de serem públicos e abertos, foi necessário fazer uma solicitação diretamente à Prefeitura de Santa Maria, RS, objeto do estudo empírico deste trabalho.

Ainda na parte de obtenção de dados, foi necessário a utilização da base de faces de logradouros do município fornecida pelo IBGE para a construção do modelo espacial. Essa base também é disponibilizada gratuitamente de forma online. Todos os dados utilizados são correspondentes ao ano de 2010, de forma que houvesse compatibilidade das informações com os dados do último Censo Demográfico disponível (2010).

Para a categorização dos grupos de renda, foi utilizado o critério de estratificação socioeconômica da Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE), que definiu o que seria o grupo de renda média para o Brasil no ano de 2010. Segundo esse critério, o grupo de renda média é composto por famílias com renda per capita mensal entre 261 e 914 reais (BRASIL, 2012), o que equivalia, em 2010, à faixa entre ½ e 2 salários-mínimos. Dessa forma, os domicílios com renda per capita menor que ½ salário-mínimo foram definidos como pertencentes ao grupo de baixa renda e os domicílios com renda per capita de mais de 2 salários-mínimos foram definidos como pertencentes ao grupo de alta renda.

Para a construção do modelo espacial, foi necessário converter o sistema de espaços abertos públicos do objeto empírico em uma rede espacial. Optamos pela utilização de uma rede espacial de segmentos, onde cada segmento representa o trecho das vias entre duas esquinas. Essa construção foi feita no software QGIS a partir do mapa de faces de logradouros do IBGE (2010).

Tendo a rede espacial construída e as localizações de origem e destino definidas e mapeadas, foram calculadas as medidas configuracionais. As medidas foram todas calculadas no GAUS (DALCIN; KRAFTA, 2021) com toda a sua execução ocorrida no ambiente de SIG.

A primeira das medidas calculada foi a de Acessibilidade (equação 1). A Acessibilidade é uma propriedade de distância do sistema. Ela, de forma global, indica a relação de distância de um ponto para todos os demais do sistema espacial. Seus valores estão associados à noção de proximidade e facilidade de alcance (KRAFTA, 2014).

$$A(i) = \sum_{j=0}^n \frac{L_j}{d_{ij}} \quad (11)$$

Onde $A(i)$ é a acessibilidade da entidade i , d_{ij} é a distância entre as entidades i e j , L_j é a carga atribuída a entidade j e n é o número de entidades do sistema.

Além da Acessibilidade, também foi calculada a medida de Polaridade para cada categoria de renda de forma separada. A medida de Polaridade busca identificar a hierarquia de uma rede a partir da quantidade de vezes que determinada localização aparece nos caminhos mínimos do sistema. Na medida são consideradas as tensões geradas entre as localizações de origem e destino e seu valor é dividido e distribuído conforme a distância de cada caminho mínimo do sistema. A formulação da medida de Polaridade está expressa na equação 2. Neste estudo, a Polaridade foi calculada separadamente para cada grupo de renda, de modo que fosse possível estimar os potenciais de deslocamento inerentes a cada grupo e, então, comparar os valores resultantes.

$$P(i) = \sum_{w \neq i \neq z} \frac{\sigma_w \rightarrow i \rightarrow z}{\sigma_w \rightarrow z} \times \frac{D_w \times S_z}{n_p} \quad (22)$$

Onde $P(i)$ é a Polaridade da entidade i , $\sigma_{w \rightarrow z}$ é o número de caminhos mínimos entre as entidades w e z , $\sigma_{w \rightarrow i \rightarrow z}$ é o número de caminhos mínimos entre w e z que contém i , d_w é o valor de demanda de w , S_z é o valor de oferta de z , e n_p é o número de entidades que fazem parte do caminho mínimo.

O desempenho dos grupos de renda frente às possibilidades de deslocamento foi comparado mediante a análise estatística e visual dos resultados da medida de Polaridade. Para fins de uma melhor interpretação, ambas as categorias de análise foram respaldadas na divisão territorial do município de Santa Maria em Regiões Administrativas.

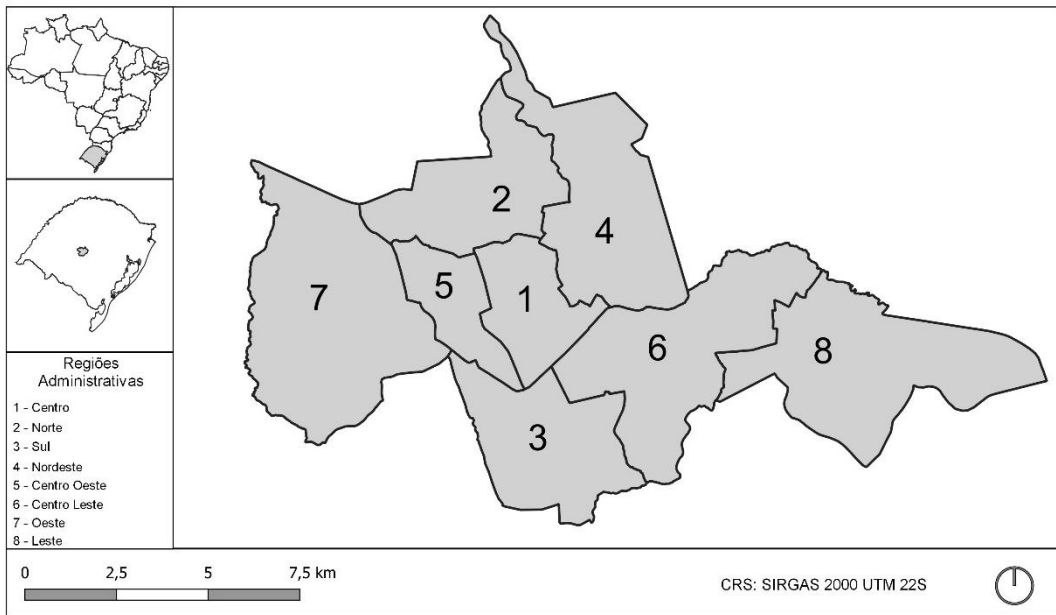
A análise estatística consistiu na comparação das diferenças (percentuais) das médias dos valores da medida de Polaridade entre cada grupo de renda (alta-média, média-baixa, alta-baixa) para cada zona administrativa. Para isso, foi necessário normalizar os resultados de forma a eliminar as distorções causadas pela diferença de tamanho de cada grupo de renda. Isso foi feito dividindo-se os valores de Polaridade de cada segmento de via da rede espacial pelo número de pessoas pertencentes àquele grupo de renda naquele segmento. Com isso, os valores utilizados nas comparações foram os de Polaridade por Pessoa.

A análise visual consistiu no mapeamento dos resultados da medida de Polaridade para cada grupo de renda. Esse mapeamento foi feito mediante a classificação graduada dos resultados em porcentagem, desagregados por segmento de via, seguindo as seguintes classes: 1% maiores valores, 10% e 20% valores intermediários e 80% menores valores. Trata-se de uma adaptação da Lei de Pareto (80/20), que define os parâmetros adequados para a classificação de um conjunto de dados cujo padrão de distribuição se aproxima de uma lei de potência, como é o caso das medidas de centralidade baseadas em intermediação (JIANG, 2007; FARIA, 2010). Destaca-se que, por se tratar da comparação de três análises (uma para cada grupo de renda) para um mesmo sistema, a classificação dos valores em porcentagem funciona como uma normalização relativa que permite a comparação dos resultados. A análise visual do mapeamento também é otimizada a partir de sua classificação através de uma escala cromática.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implementação do método proposto envolveu um estudo empírico para o município de Santa Maria, RS. A cidade possui aproximadamente 283 mil habitantes e é localizada na região central do Rio Grande do Sul. Seu distrito Sede é dividido em 8 regiões administrativas conforme a Figura 2.

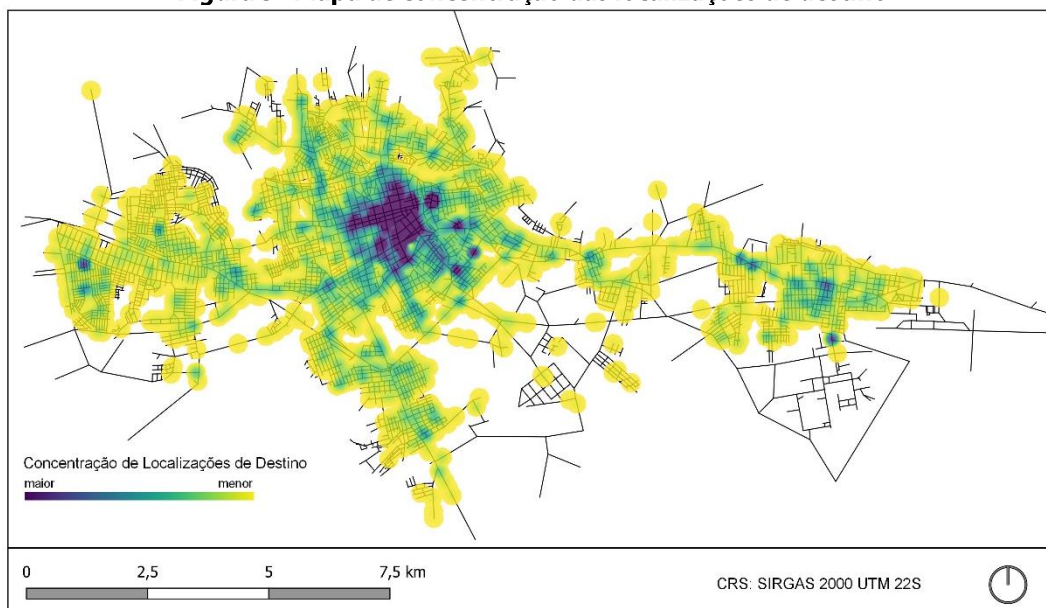
Figura 2 - Mapa de localização de Santa Maria com as regiões administrativas



Fonte: Adaptado de Santa Maria (2005), 2021.

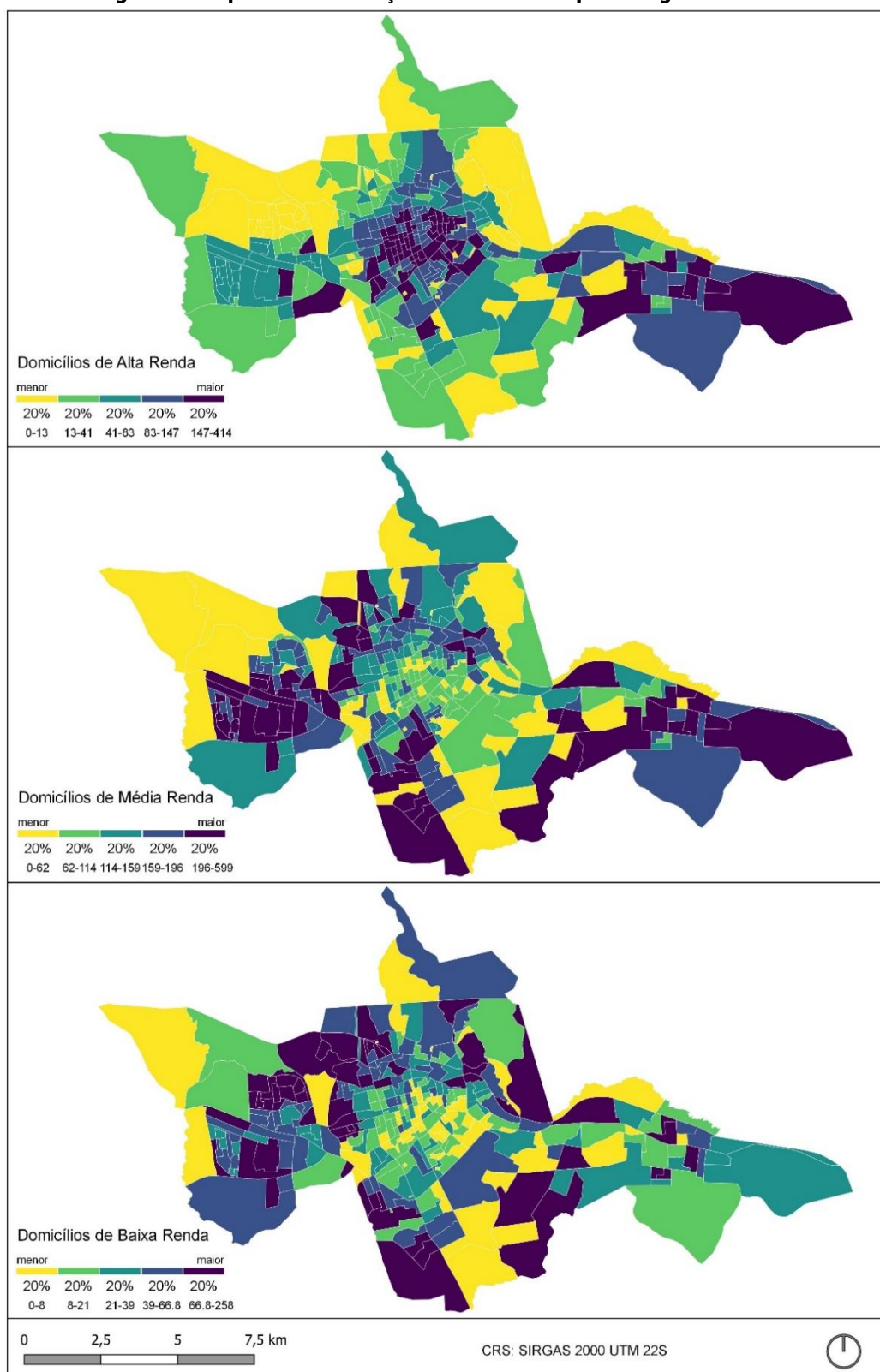
Com uma alta concentração de universidades e estabelecimentos militares, Santa Maria é conhecida como um polo regional de atendimentos de saúde e serviços. Para as categorias de uso do solo urbano consideradas como destinos, foram incluídos um total de 11.540 estabelecimentos. Destes, 5.782 se encontram na região Centro, 1.347 na Nordeste, 1.086 na Oeste, 948 na Leste, 792 na Centro Oeste, 697 na Norte, 585 na Sul e 303 na região Centro Leste. A Figura 3 traz o mapa com a concentração da localização dos estabelecimentos na rede urbana.

Figura 3 - Mapa de concentração das localizações de destino



Fonte: Dos autores, 2021.

Figura 4 - Mapas de distribuição dos domicílios por categorias de renda



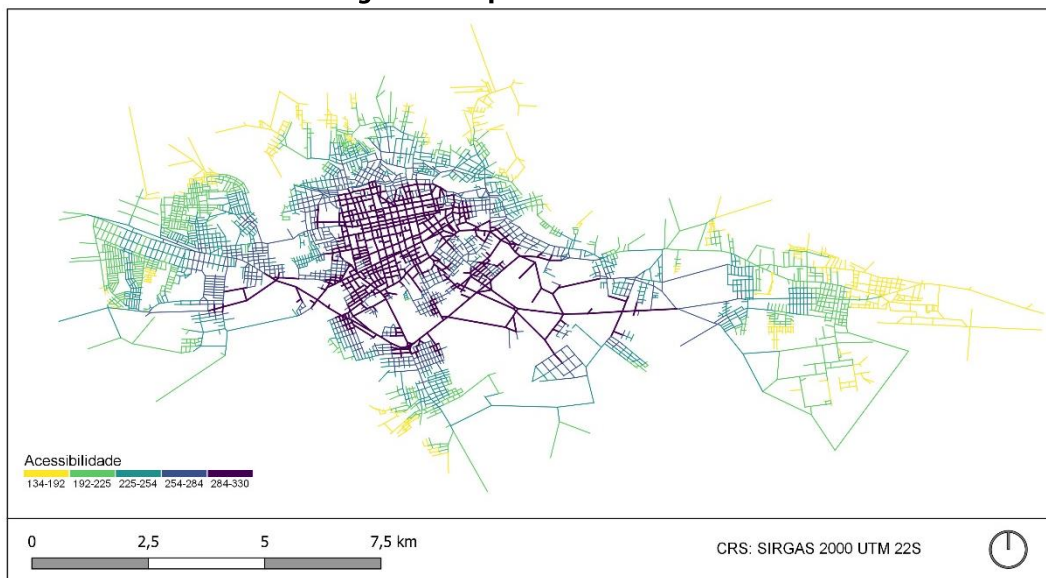
Fonte: Adaptado de Censo IBGE (2010), 2021.

A Figura 4 apresenta os mapas de concentração de domicílios por categoria de renda. Podemos observar que para o grupo de alta renda, há uma maior concentração de domicílios nas

regiões Centro e Leste da cidade. Já o grupo de média renda tem maior concentração de domicílios nas regiões Leste, Centro Oeste e Sul. As regiões Oeste, Norte e Nordeste são mais ocupadas pela população do grupo de baixa renda, que tem sua menor concentração de domicílios no Centro, região dominada pelo grupo de alta renda.

Quando calculamos a medida de Acessibilidade global do sistema (veja o mapeamento dos resultados na Figura 5), foi possível identificar que os locais mais acessíveis, aqueles que estão mais próximos de todos os demais, ficam na região Centro, onde se situa o Centro Histórico da cidade. Essa também é a região que concentra equipamentos urbanos e estabelecimentos de serviços. A leitura associada entre características de distribuição dos grupos de renda e dos resultados da medida de acessibilidade permitem inferir que a procura por acessibilidade urbana é um fator importante na determinação da estruturação urbana, demonstrando as diferenças no poder de escolha de localização, como pode ser visto com a alta concentração de domicílios de alta renda nessa região.

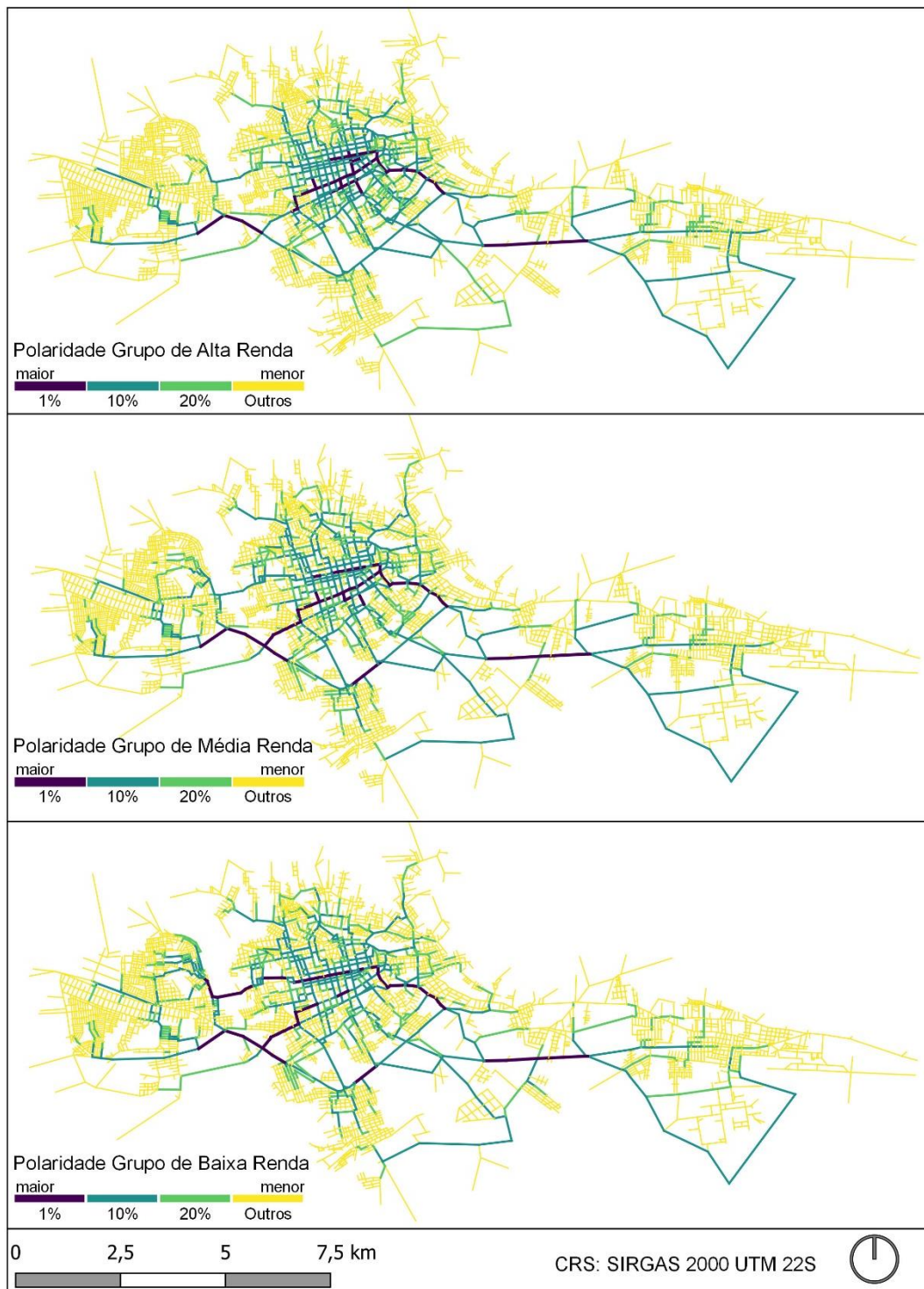
Figura 5 - Mapa de Acessibilidade



Fonte: Dos autores, 2021.

Apesar de os resultados da medida de Acessibilidade já serem um forte indicativo das desigualdades socioespaciais na cidade, ela sozinha não é capaz de quantificar diferenças de potenciais de deslocamentos entre os grupos. Para isso foram calculadas a medida de Polaridade para cada grupo. A Figura 6 apresenta os mapas resultantes de cada grupo de renda.

Figura 6 - Mapas de Polaridade por categoria de renda

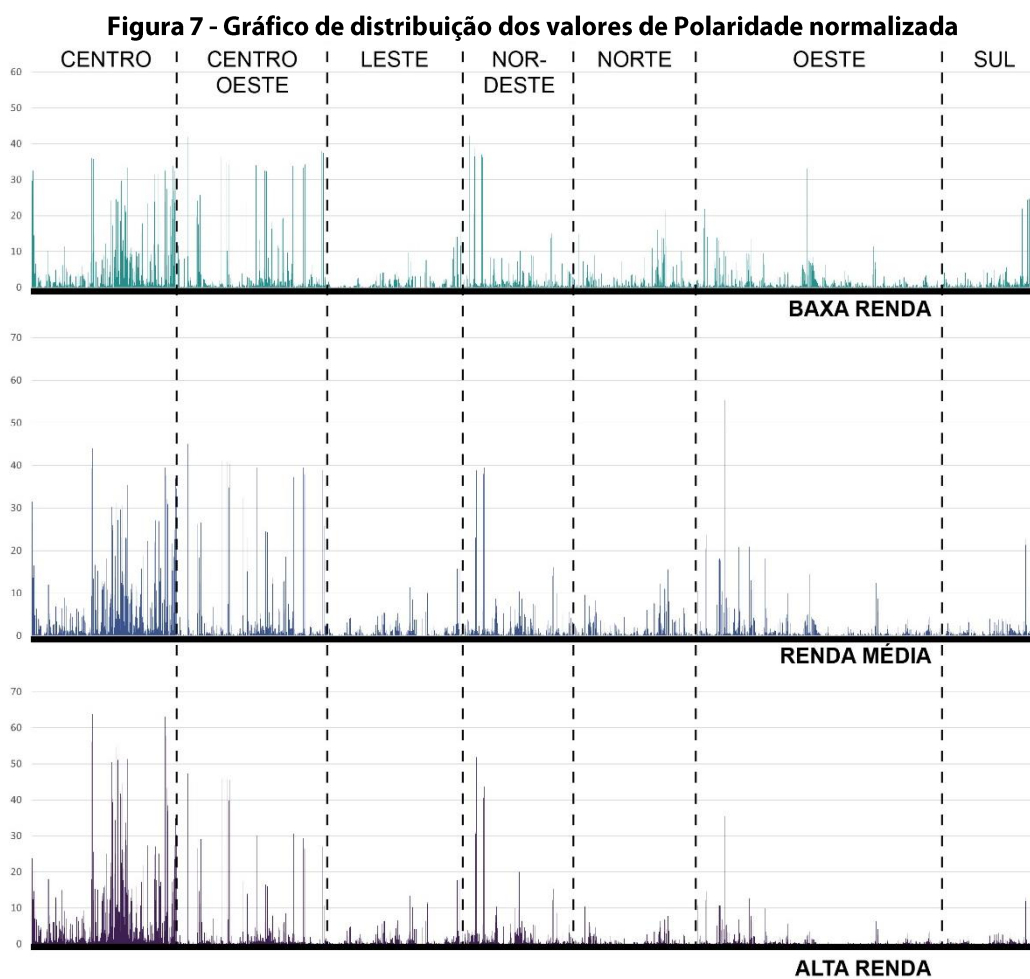


Fonte: Dos autores, 2021.

Nos mapas de Polaridade, podemos observar que as vias com maiores valores da medida nos três grupos de renda se concentram na região Centro da cidade. Os maiores valores da medida para o grupo de alta renda possuem a característica de estarem aglomerados nessa região, apontando para uma forte concentração dos deslocamentos potenciais nesses locais. No caso dos grupos de

média e, sobretudo, de baixa renda, os resultados estimam deslocamentos prováveis mais diluídos nas bordas do perímetro urbano, demonstrando maior variabilidade dos caminhos.

Entretanto, apenas analisar o mapa de maiores valores de polaridade pode ser enganoso. A região Centro ter os maiores valores de Polaridade para os três grupos não significa que os grupos têm o mesmo potencial entre si. A Figura 7 apresenta o gráfico de distribuição dos valores de Polaridade normalizada para cada localização em cada categoria de renda. Podemos observar que, em valores absolutos, o grupo de alta renda consegue alcançar resultados de Polaridade maiores que os demais, chegando ao valor máximo de 63,8 por pessoa. Já o grupo de média renda alcança valores de até 55,9 e a baixa renda tem 49,8 como o valor máximo de polaridade por pessoa.



Fonte: Dos autores, 2021.

A tabela 1 apresenta os valores médios de Polaridade normalizada por trecho e as comparações entre as categorias de renda. Aqui, pudemos perceber que os maiores valores de polaridade se encontram nas regiões Centro Oeste (7,026) e Centro (4,875), enquanto os menores valores de Polaridade média ficam nas regiões Norte, Oeste, Leste e Sul, todos periféricas e com uma média de polaridade menor que 1.

Tabela 1 - Tabela comparativa dos valores de Polaridade

Regiões Administrativas	Trechos	Média da Polaridade por Trecho de Via			Média do Sistema	Relação entre Polaridade e a Média do Sistema (%)		
		AR	MR	BR		AR	MR	BR
CENTRO	974	6,206	4,483	3,936	4,875	+23,61	-8,04	-19,26
CENTRO LESTE	423	1,866	1,875	1,866	1,869	-0,16	+0,32	-0,16
CENTRO OESTE	197	5,112	7,453	8,513	7,026	-27,24	+6,07	+21,16
LESTE	732	1,027	0,926	0,788	0,913	+12,48	+1,42	-13,69
NORDESTE	778	1,627	1,499	1,487	1,537	+5,85	-2,47	-3,25
NORTE	905	0,434	0,765	0,971	0,723	-39,97	+5,81	+34,30
OESTE	1626	0,511	0,997	1,117	0,875	-41,6	+13,94	+27,65
SUL	629	0,631	1,101	1,189	0,973	-35,15	+13,15	+22,19

Fonte: Dos autores, 2021.

De toda a rede urbana, o grupo de alta renda detém aproximadamente 31% dos valores de polaridade, o de média renda 34% e o de baixa renda 35%. No entanto, isso não significa que eles possuem potenciais de deslocamentos semelhantes. Ao analisarmos comparativamente os valores de polaridade média podemos observar que a alta renda e a baixa renda dominam os valores de polaridade de algumas regiões enquanto o grupo de média renda tem os valores mais distribuídos no sistema.

A categoria de população de alta renda apresenta resultados de polaridade maiores nas regiões Centro e Leste, chegando na região Centro a ter uma média de polaridade por trecho mais de 23% acima do valor médio da região e tendo um valor médio que é quase 43% maior que o valor médio da polaridade do grupo de baixa renda nessa mesma região.

Já nas regiões Norte, Oeste, Sul e Centro Oeste, os maiores valores de polaridade ficam com o grupo de baixa renda. No entanto, essas regiões, com exceção da região Centro Oeste, apresentam baixos valores absolutos de polaridade. Isso indica que apesar de o grupo de baixa renda ter maiores valores para Polaridade em 4 regiões da cidade, em três delas os valores são muito baixos, não representando um poder real de deslocamentos para os estabelecimentos analisados.

São as regiões Centro e Centro Oeste que juntas possuem a maior parcela dos valores de polaridade do sistema, ficando cada uma respectivamente com 25,9% e 37,4% de todos os valores do sistema. Mas é na região Centro da cidade que se concentram a maioria dos destinos analisados, aproximadamente 50% do total, enquanto a região Centro Oeste possui apenas 6,8% de todas as localizações de destino da rede.

Esses resultados nos permitem inferir que a população de maior renda na cidade de Santa Maria possui um maior potencial de deslocamentos para os equipamentos públicos e os estabelecimentos de serviços. Já a população de baixa renda possui um menor potencial de deslocamentos para os destinos, com exceção dos estabelecimentos e equipamentos existentes na

região Centro Oeste, região em que a baixa renda consegue ter um maior poder de deslocamento. A população de média renda fica com valores intermediários não dominando os valores de polaridade em nenhuma região da cidade.

Acreditamos que a principal razão para essa diferença se dê devido à população de mais baixa renda residir em localizações mais distantes dos destinos analisados, de forma que seus potenciais ficam mais diluídos pelas distâncias do sistema. Já o grupo de alta renda reside próximo aos destinos, em locais de maior acessibilidade e com isso mais bem conectado ao sistema de um modo geral, permitindo que os valores de polaridade sejam maiores nos trechos com mais destinos e menores nas regiões mais afastadas do sistema.

6. CONCLUSÃO

Este artigo se propôs a construir uma metodologia que permitisse quantificar as diferenças de potenciais de deslocamentos para diferentes categorias da população quando acessando determinados destinos. Para analisar a funcionalidade do método, ele foi aplicado ao estudo de um objeto empírico, nesse caso a cidade de Santa Maria, RS.

Os resultados nos permitiram estimar a diferença do potencial de deslocamento dos grupos de renda em diferentes espaços da cidade e com isso construir análises dessas desigualdades. No caso de Santa Maria foi possível observar que a categoria de alta renda possui um potencial de deslocamento 43% maior do que o da baixa renda e 31% maior que o da média renda na região Centro da cidade, região que possui 50% de todos os estabelecimentos de destino. O potencial de deslocamento da baixa renda foi maior em regiões periféricas, não constituindo uma grande vantagem no acesso dos estabelecimentos analisados, com exceção no caso da região Centro Oeste.

Pudemos observar que o método proposto atendeu ao objetivo do estudo, permitindo a construção da análise das desigualdades de potenciais de deslocamento para diferentes grupos e contribuindo para a compreensão de facetas da segregação e das desigualdades urbanas. As principais potencialidades do método são:

Possibilidade de replicação em outras cidades brasileiras, devido à utilização de dados abertos.

Capacidade de quantificar as desigualdades em valores que podem ser comparados entre diferentes grupos, regiões ou até mesmo cidades.

Possibilidade de observar os resultados de forma mais desagregada, podendo compreender as desigualdades nas menores escalas intraurbanas e não apenas em grandes regiões.

Apesar das contribuições apontadas, entendemos que o trabalho apresenta limitações que poderiam ser exploradas em trabalhos futuros. A seguir, são indicadas algumas dessas limitações e possíveis alternativas para tratá-las:

O critério de estratificação populacional adotado é limitado ao capturar somente características de renda. Poderiam ser simuladas diferenças nos potenciais de deslocamento incorporando categorias ocupacionais, étnicas e sociodemográficas.

Os resultados do trabalho não são sensíveis às diferenças de atratividade ou porte das localizações de destino. Poderiam ter sido introduzidos valores no modelo com critérios definidos para tratar as grandezas que não são equiparáveis (ex.: vagas em escolas, médicos em hospitais, funcionários em estabelecimentos de serviços etc.).

O método empregado, até esse momento, não foi capaz de considerar diferenças nos potenciais de deslocamento provenientes de diferentes modos de transporte. Poderiam ser investigadas alternativas para a modelagem de diferentes modos de transporte através de ponderações ou de multigrafos.

Com isso, consideramos que o método é um importante passo na construção de medidas e indicadores que possibilitem quantificar as desigualdades urbanas em cidades brasileiras. Os resultados obtidos apontam para possíveis aplicabilidades do método, que com mais refinamentos poderiam servir como importantes ferramentas para os estudos urbanos e o planejamento das cidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANSELIN, L. Local indicators of spatial association - LISA. **Geographical Analysts**, v. 27, n.2, p. 93-115, 1995.
- ATKINSON, A. B. On the measurement of inequality. **Journal of Economic Theory**, v. 2, n. 3, p. 244–263, 1970.
- BARBOZA, M. H. C. et al. Balancing time: Using a new accessibility measure in Rio de Janeiro. **Journal of Transport Geography**, n. 90, p. 102924, 2021.
- BATTY, M. **Complexity in City Systems: Understanding, Evolution, and Design**: CASA Working Papers. Paper 117. London: University College London, 2007. Disponível em: <<https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/3473/>>.
- BEAUCHAMP, M. A. An Improved Index of Centrality. **Behavioral science**, v. 10, p. 161–163, 1965.
- BITTENCOURT, T. A.; GIANNOTTI, M.; MARQUES, E. Cumulative (and self-reinforcing) spatial inequalities: Interactions between accessibility and segregation in four Brazilian metropolises. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 0, n. 0, p. 1–17, 2020.
- BRASIL. **Secretaria de Assuntos Estratégicos**. Comissão para Definição da Classe Média no Brasil, 2012.
- CARLOS, A. F. A. **A Condição Espacial**. São Paulo: Contexto, 2011.
- COWELL, F. A. **Measuring Inequality**. Oxford: Philip Allan, 1977.
- DALCIN, G. K.; KRAFTA, R. **Graph Analysis of Urban Systems (GAUS)**. Versão 1.0. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2021. Disponível em: <https://github.com/gkdalcin/GAUS>. Acesso em: 9 jun. 2021.
- DUNCAN, O. D.; DUNCAN, B. A Methodological Analysis of Segregation Indexes. **American**

Sociological Review, v. 20, n. 2, p. 210–217, 1955.

FARIA, A. P. N. **Análise configuracional da forma urbana e sua estrutura cognitiva**. 2010. 321 p. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional), Programa de Pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FARRINGTON, J. H. The new narrative of accessibility: its potential contribution to discourses in (transport) geography. **Journal of Transport Geography**, v. 15, n. 5, p. 319–330, 2007.

FEITOSA, F. F. ; MONTEIRO, A. M. V. ; CÂMARA, G. De Conceitos a Medidas Territoriais: A Construção de Índices Espaciais de Segregação Urbana. In: Almeida, C.; Câmara, G.; Monteiro, A.M.V. (Org.). **Geoinformação em Urbanismo: Cidade Real vs. Cidade Virtual**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, p. 86-105.

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

FREEMAN, L. C. Centrality in social networks. **Social Networks**, v. 1, n. 3, p. 215–239, 1979.

GEURS, K. T.; VAN WEE, B. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. **Journal of Transport Geography**, v. 12, n. 2, p. 127–140, 2004.

GOODALL, B. **The economics of urban areas**. Oxford: Pergamon, 1972.

HANSEN, W. G. How Accessibility Shapes Land Use. **Journal of the American Planning Association**, v. 25, n. 2, p. 73–76, 1959.

INGRAM, D. R. The concept of accessibility: A search for an operational form. **Regional Studies**, v. 5, n. 2, p. 101–107, jul. 1971.

JIANG, B. A topological pattern of urban street networks: Universality and peculiarity. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 384, n. 2, p. 647–655, 2007.

KRAFTA, R. Modelling intraurban configurational development. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 21, n. 1, p. 67–82, 1994.

KRAFTA, R. Urban Convergence: Morphology and Attraction. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 23, n. 1, p. 37–48, 1996.

KRAFTA, R. Estrutura espacial urbana, centralidade e ordem simbólica na região metropolitana de Porto Alegre. In: KRAFTA, R. (org.). **Análise espacial urbana: aplicações na região metropolitana de Porto Alegre**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2009. p. 107-126.

KRAFTA, R. C. **Notas de aula de morfologia urbana**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2014.

KRÜGER, M. J. T. An approach to built-form connectivity at an urban scale: relationships between built-form connectivity, adjacency measures, and urban spatial structure. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 7, n. 2, p. 163–194, 1979.

MARICATO, E. **Para entender a crise urbana**. São Paulo: Expressão Popular, 2015.

MORRIL, R. L. On the measure of geographic segregation. **Geography Research Forum**, v. 11, p. 25-36, 1991.

NEUTENS, T. et al. Equity of urban service delivery: A comparison of different accessibility measures. **Environment and Planning A**, v. 42, n. 7, p. 1613–1635, 2010.

PEREIRA, R. H. M. et al. **Desigualdades socioespaciais de acesso a oportunidades nas cidades brasileiras**. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Texto para Discussão, 2019.

SANTA MARIA (cidade). **Plano de desenvolvimento urbano e ambiental**. 2005

THEIL, H.; FINIZZA, J. A note on the measurement of racial integration of schools by means of informational concepts. **Journal of Mathematical Sociology**, v. 1, n. 3, p. 187-194, 1971.

VILLAÇA, F. **Espaço Intra-Urbano no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social Network Analysis. Methods and Applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

WONG, D. W. S. Spatial Indices of segregation. **Urban Studies**, v. 30, n.3, p. 559- 572, 1993.