



# **Explorando a relação entre redes espaciais na escala regional e indicadores econômicos das cidades: o caso do RS**

**Clarice Maraschin**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre – RS – Brasil

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5360-9686>

**Letícia Xavier Correa**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre – RS – Brasil

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0199-3596>

**Renato Maciel Damiani**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre – RS – Brasil

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6100-430X>

## **Resumo**

A estrutura espacial de cidades e regiões vem se tornando mais complexa, sendo que as interações sócio-espaciais que ocorrem em redes de cidades parecem ter um papel importante, influenciando o potencial econômico dos municípios. O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia que permita analisar o papel da configuração da rede espacial de municípios no seu desempenho econômico. A investigação se insere na área da morfologia urbana, através de um enfoque sistêmico e quantitativo, no campo dos estudos configuracionais urbanos. Toma-se como estudo empírico a rede de cidades no Rio Grande do Sul. O modelo da rede espacial (grafo) é constituído pelos municípios (nós) e pelas rodovias (ligações), sendo calculadas as medidas de acessibilidade e centralidade configuracional. Os resultados destas medidas são então relacionados a atributos econômicos dos municípios (PIB e VAB) através de uma análise estatística de clusters. O estudo empírico revelou evidências de que um bom desempenho dos municípios na rede configuracional está associado a indicadores econômicos específicos: maior PIB, maiores valores de VAB indústria e serviços e menores valores de VAB agropecuária. As conclusões procuram discutir as potencialidades e limitações da abordagem utilizada para a compreensão da estrutura espacial regional.

**Palavras-chave:** Redes Espaciais. Análise Espacial. Economia Regional. Modelos Configuracionais.

## **Exploring the relationship between regional spatial networks and urban economic indicators: the case of Rio Grande do Sul state, Brazil**

### **Abstract**

The spatial structure of cities and regions is becoming more complex, and the socio-spatial interactions that occur in networks of cities seem to play an important role, influencing the

economic potential of municipalities. This paper aims to present a methodology that allows analyzing the role of the regional spatial network configuration on the economic performance of the municipalities. The investigation is linked to urban morphology studies, using a systemic and quantitative approach from configurational studies. The network of cities in Rio Grande do Sul is taken as the empirical study. The spatial network model (graph) consists of municipalities (nodes) and highways (connections), allowing the calculation of accessibility and centrality measures. The results of these measures are then related to the economic attributes of the municipalities (GDP and GVA) through a statistical analysis of clusters. The empirical study revealed evidence that a good performance of the municipalities in the configurational network is associated with specific economic indicators: higher GDP, higher values of GVA for industry and services and lower values of agricultural GVA. The conclusions seek to discuss the potential and limitations of the proposed methodology to understand the regional spatial structure.

**Keywords:** Spatial Networks. Spatial Analysis. Regional Economy. Configurational Models.

### Explorando la relación entre las redes espaciales a escala regional y los indicadores económicos de las ciudades: el caso del estado de Rio Grande do Sul, Brasil

#### Resumen

La estructura espacial de las ciudades y regiones se está volviendo más compleja, y las interacciones socioespaciales que ocurren en las redes de ciudades parecen jugar un papel importante, influyendo en el potencial económico de los municipios. El objetivo de este trabajo es presentar una metodología que permita analizar el papel de la configuración de la red espacial de municipios en su desempeño económico. La investigación se inserta en el área de la morfología urbana, a través de un enfoque sistémico y cuantitativo, en el campo de los estudios de configuración urbana. La red de ciudades en Rio Grande do Sul se toma como un estudio empírico. El modelo de la red espacial (grafo) consiste en los municipios (nodos) y carreteras (conexiones), y se calculan las medidas de accesibilidad y centralidad configuracional. Los resultados de estas medidas se relacionan con los atributos económicos de los municipios (PIB y VAB) a través del análisis estadístico de *clusters*. El estudio empírico reveló evidencia de que un buen desempeño de los municipios en la red de configuración está asociado con indicadores económicos específicos: mayor PIB, valores más altos de VAB para la industria y los servicios y valores más bajos de VAB agrícola. Las conclusiones buscan discutir el potencial y los límites de la metodología propuesta para comprender la estructura espacial regional.

**Palabras clave:** Redes espaciales. Análisis espacial. Economía regional. Modelos configuracionales.

## 1 Introdução

Este trabalho enfoca a configuração da rede espacial regional e sua relação com os processos de urbanização e industrialização. A rede regional é composta por municípios de diferentes portes e funções econômicas, conectados por redes de transporte e comunicação. A estruturação espacial regional é um processo dinâmico, que tende a gerar regiões polarizadas e desiguais. Do ponto de vista da economia regional, a polarização setorial e territorial aparece como uma tendência natural do crescimento econômico das regiões, gerando a concentração da renda e da riqueza (SOUZA, 2005, p.108). Economias de aglomeração e desaglomeração têm um papel fundamental na concentração e desconcentração das atividades produtivas, formando paisagens econômicas dinâmicas, com polos de diferentes

hierarquias e funções. A economia regional descreve a existência desses polos (concentrações de atividades econômicas, população, infraestrutura, etc.) e também mostra como sua influência é reduzida pela distância (FUJITA; KRUGMAN; VENABLES, 2002). O espaço geográfico aparece geralmente na sua dimensão de distância (fricção), relacionada a custos de transporte, tanto das matérias primas, bem como dos produtos acabados.

Mais recentemente, o processo de estruturação regional vem sendo afetado pela globalização da economia, associado à desregulamentação dos mercados e uma nova divisão internacional do trabalho. Novas infraestruturas de comunicação digital e transporte vêm permitindo maior mobilidade da população, gerando novas interações socioeconômicas e alterando os processos produtivos, sintetizada na ideia da sociedade em rede (CASTELLS, 2010). O autor observa que, no entanto, os avanços nas tecnologias de informação e comunicação não representaram o fim das cidades e a aniquilação da distância geográfica. Ao invés disso, presencia-se a maior onda de urbanização da história humana (CASTELLS, 2010, p.2738).

Tal processo de urbanização global faz emergir novas formas espaciais, tais como as metrópoles policêntricas, que surgem a partir de dois processos inter-relacionados: a descentralização estendida das grandes cidades e a interconexão das cidades pré-existentes, que se articulam a partir de novas capacidades de comunicação. A formação dessas novas áreas metropolitanas pode envolver várias cidades, fisicamente separadas, mas articuladas em redes de funções. Tais áreas tendem a se aglomerar em torno de uma ou mais cidades maiores, separadas espacialmente, apresentando uma enorme força econômica, a partir de uma nova divisão funcional do trabalho. Em outras palavras, ocorre uma especialização hierárquica de funções entre os diferentes centros urbanos. A estrutura espacial gerada é policêntrica e hierárquica ao mesmo tempo.

Do ponto de vista econômico, as interações sócio-espaciais que ocorrem em redes de cidades parecem ter um papel importante no potencial econômico dos lugares (JACOBS, 1969). Taylor, Hoyler, Verbrugger (2010) afirmam que além da visão hierárquica sobre as relações entre a cidade e seu território de entorno (*hinterland*), é necessário considerar as relações externas - não locais entre cidades (*hinterworld*). Em função dessa relação em rede, algumas cidades tendem a ser o lócus da expansão econômica, cidades dinâmicas que são fundamentais para o desenvolvimento econômico. Além disso, por serem unidades econômicas mais complexas, tendem a ser mais resilientes às crises e mudanças adversas. As cidades nunca existem sozinhas, elas formam agrupamentos, que são ordenados como redes (TAYLOR; HOYLER; VERBRUGGER, 2010, p.2813).

Cidades são centros de população, atividades, serviços, que se irradiam sobre seu território de entorno. São conceituadas também como nós de uma rede heterogênea - da economia globalizada, influenciada por forças socioeconômicas externas. A compreensão da estrutura espacial regional parece requerer novas metodologias que possam dar conta simultaneamente dos vários aspectos envolvidos nesse processo. No âmbito dos estudos configuracionais urbanos, a análise de redes espaciais tem permitido avançar na compreensão de sistemas urbanos e regionais. A abordagem configuracional propõe a representação sistêmica dos espaços (cidades, regiões), tendo como base descrições na forma de rede, permitindo a identificação de uma diferenciação espacial, ou seja, uma

hierarquia espacial que emerge da configuração regional. Alguns nós (cidades) terão privilégios locais, em termos de posição relativa e número de conexões, gerando maiores níveis de proximidade e capacidade de intermediar caminhos mínimos na rede. Ao longo do tempo, tais vantagens locais tendem a se traduzir em vantagens econômicas, retroalimentando o processo de diferenciação espacial, formação de hierarquia e centralidade (BATTY, 2018).

Este trabalho faz parte de uma pesquisa em desenvolvimento e seu objetivo é apresentar uma metodologia que permita analisar o papel da configuração da rede espacial de municípios no seu desempenho econômico. Toma-se como estudo empírico exploratório a rede de cidades no Rio Grande do Sul. São objetivos específicos: a) modelar a rede de municípios do RS como um sistema espacial (grafo), considerando os municípios (nós) e as rodovias estaduais (ligações); b) identificar algumas propriedades configuracionais desse sistema e de seus componentes, tais como a acessibilidade e a centralidade; c) discutir a relação entre as propriedades configuracionais e alguns atributos econômicos dos municípios (PIB e VAB) através de uma análise estatística de clusters. Pretende-se responder à seguinte questão: como o desempenho dos municípios na rede configuracional regional contribui para entender seu desempenho econômico? Por desempenho econômico entendem-se aqui os resultados comparativos entre municípios para os indicadores econômicos selecionados (PIB e VAB).

Cabe destacar o fato óbvio de que inúmeros fatores têm potencial de afetar o desempenho econômico de um município, desde aspectos histórico-culturais, sítio natural, infraestrutura, políticas públicas de incentivo, entre tantos outros. Este trabalho vai explorar um fator específico, qual seja o desempenho do município na configuração da rede espacial na escala regional.

O artigo está organizado em seis partes, além desta introdução. Na sequência, apresentam-se dois itens com a fundamentação teórica do trabalho. Inicialmente discute-se a relação fundamental existente entre espaço e economia e, em seguida, abordam-se os estudos configuracionais e as redes espaciais urbanas. O quarto item apresenta a metodologia do estudo, os dados empíricos selecionados e os procedimentos analíticos. O quinto item traz os resultados do estudo empírico da rede de municípios do Rio Grande do Sul. O último item apresenta as conclusões do estudo, discutindo as potencialidades e limitações da abordagem utilizada para a compreensão da estrutura espacial regional.

## 2 Espaço e economia

Há muito tempo autores da geografia econômica vem estudando a importância do espaço na economia. O geógrafo Walter Christaller descreveu a hierarquia da paisagem regional na sua teoria do lugar central. Essa teoria fornece uma explicação para as regularidades existentes na distribuição espacial de cidades, com diferentes tamanhos e afastamentos entre si, baseada na oferta de bens e serviços que, quanto mais especializados, maior sua área de influência e, conseqüentemente, maior a distância entre cidades. Apesar de desvendar princípios relevantes da estruturação espacial regional, a teoria do lugar central reflete uma visão de equilíbrio e não informa como o sistema de cidades reagiria a mudanças

como densidade de população ou inovações tecnológicas, nos meios de transporte, comunicação e informação (FUJITA; KRUGMAAN; VENABLES, 2002).

No processo histórico de urbanização, pode-se observar que os primeiros agrupamentos de indivíduos se formaram em locais acessíveis do território, tais como confluência de rios, portos, etc. Ao longo do tempo, estas vantagens locais geram vantagens econômicas de produção e troca. As chamadas economias de aglomeração resultam dos benefícios gerados pela proximidade espacial das empresas, que pode baixar os custos das transações e produção, induzindo ao surgimento mais negócios especializados e divisão do trabalho.

No entanto, tais forças de aglomeração das atividades econômicas não parecem atuar isoladamente. Alguns autores propõem que a configuração espacial de equilíbrio das atividades econômicas pode ser vista como o resultado de um processo envolvendo dois tipos opostos de forças, ou seja, forças de aglomeração (ou centrípeta) e forças de dispersão (ou centrífuga) (FUJITA; KRUGMAAN; VENABLES, 2002). As forças de aglomeração estão associadas ao acesso facilitado a insumos, mão de obra e/ou ao mercado consumidor, sendo consequências do tamanho e da atratividade do mercado consumidor e de trabalho. Já as forças de dispersão (deseconomias de aglomeração) estão associadas aos custos de transporte para abastecer mercados distantes, ou à imobilidade dos fatores que poderiam gerar crescimento econômico, ou às deseconomias externas puras, tais como congestionamentos, poluição, entre outros (FUJITA; KRUGMAAN; VENABLES, 2002). Existiria, portanto uma tendência à concentração espacial das atividades econômicas em algumas localizações (cidades) devido às economias de aglomeração. No entanto, à medida que o processo de concentração se intensifica, as forças centrífugas tendem a aparecer. Tal teoria sugere um processo evolutivo que inclui períodos de crescimento, de estagnação e de redefinição de funções e atividades que conduzem a mudanças qualitativas, abrindo possibilidades de criação de policentralidade e movimentos populacionais, tais como periferação e dispersão, bem como de seu contrário, a recentralização e densificação.

Ainda na década de 1960, Jane Jacobs já afirmava que as cidades existem primordialmente para conectar pessoas, reunir indivíduos e servir como lugar de troca dos produtos de seu trabalho, e isso, por sua vez, gera uma infinidade de redes (JACOBS, 1969). Segundo a autora, redes de cidades são fundamentais para a expansão econômica através do mecanismo de substituição de importações. A produção local tende a substituir o que é importado de outros lugares, introduzindo assim o “novo trabalho”. As cidades crescem e se expandem economicamente através da introdução deste “novo trabalho” criando uma divisão do trabalho mais complexa (JACOBS, 1969). Esse dinamismo requer relações interurbanas que vão além dos serviços locais, criando oportunidades de relações mais completas e complexas.

No final do século XX e início do XXI esta ideia de redes, interações e fluxos entre cidades ganha destaque, a partir das mudanças trazidas pelas novas tecnologias de informação e comunicação. Castells afirma que as funções globais de algumas áreas de certas cidades são determinadas por sua conexão às redes globais de transações financeiras, funções de gestão, pesquisa acadêmica, desenvolvimento tecnológico, etc. A dinâmica das redes é capaz de afetar o desempenho de certas localizações, mesmo não havendo mudanças específicas

naquelas localizações. As infraestruturas de transporte e comunicação digital se constituem no sistema nervoso desta metrópole policêntrica. Para os lugares se tornarem nós da rede global, eles necessitam contar com uma infraestrutura de conectividade multidimensional: transporte multimodal (terrestre, aéreo e marítimo), redes de telecomunicações, redes computacionais, sistemas avançados de informação, serviços de apoio (hotéis, entretenimento, segurança, contabilidade, etc.) requeridos para o funcionamento do nó.

Para Castells, a origem do processo de formação dessas regiões urbanizadas aglomeradas é a habilidade de concentrar produção de serviços, finanças, tecnologia, mercados e pessoas. Tal concentração propicia economias de escala, tal como nas formas de urbanização do passado. O autor considera que, atualmente, se tornam mais importantes as economias espaciais de sinergia, ou seja, estar em um lugar que propicie uma interação potencial com parceiros valiosos cria a possibilidade de agregar valor como resultado da inovação gerada por essa interação. As economias de sinergia ainda exigem a concentração espacial da interação interpessoal porque, segundo o autor, a comunicação face a face opera com uma amplitude muito maior do que a comunicação digital à distância (CASTELLS, 2010, p.2742).

Batty (2018, p.84) afirma que as cidades devem ser vistas como constelações de interações, comunicações, relações, fluxos e redes, mais do que apenas localizações. Na visão do autor, as localizações sintetizam as interações entre atividades que ocorrem através das redes. Pode-se considerar que o espaço é a estrutura de integração das cidades que permite que as redes - sociais ou físicas - se reforcem e se desenvolvam ao longo do tempo (ZERTUCHE; DAVIS, 2019).

### 3 Estudos configuracionais e redes espaciais urbanas

Cidades e regiões vêm sendo tratados como sistemas complexos, formados por inúmeros componentes que, articulados, participam de relações que obedecem a regras locais, formando uma rede onde uma mudança, mesmo que pequena em qualquer destes componentes, é capaz de alterar o estado do todo; complexo por ser um sistema de sistemas, onde, dependendo da escala em que se observam, novos microssistemas são descobertos (BATTY, 2018). Esta nova percepção possibilita estudar o fenômeno urbano através de sólidas abordagens científicas e o estudo de interações sócio-espaciais se tornou objeto de várias pesquisas. O estudo de redes espaciais permite avaliar o sistema regional a partir de várias propriedades (distância, posição relativa, número de conexões, capacidade de intermediar caminhos, etc.) que parecem estar vinculadas ao potencial econômico dos espaços.

Batty (2018) afirma que, para entender as cidades é preciso simplificar, é preciso abstrair, escavar abaixo da superfície visível, revelando os fundamentos do funcionamento das cidades. Nesse sentido, estudos configuracionais urbanos (HILLIER, 2007; KRAFTA, 2014; VENERANDI et al, 2016) constituem uma área de pesquisa que trata as cidades como sistemas espaciais, analisando sua forma e estrutura em relação com os demais aspectos socioeconômicos (movimento, densidade, usos, renda, etc.). Trata-se de uma abordagem quantitativa, na qual cidades e regiões são representadas (modeladas) como sistemas espaciais. Tais modelos aplicam metodologias de desagregação das cidades e regiões em

componentes (unidades elementares de espaço, atributos espaciais) e suas relações (descrições topológicas, adjacências, conectividade), sendo que a teoria dos grafos fornece a base analítica para o cálculo de diferentes medidas e propriedades da rede espacial. Os modelos assumem a hipótese do caminho mínimo, ou seja, de que as ligações entre células da rede sempre serão feitas pelos caminhos mais curtos.

Estudos configuracionais discutem o potencial da configuração espacial e do uso do solo em promover o movimento (pessoas, veículos) e, por sua vez, a influência do movimento na evolução dos sistemas urbanos. A teoria da economia do movimento foi desenvolvida a partir da noção de movimento natural (HILLIER et al, 1993), surgida de estudos que mostram que, outros fatores se mantendo iguais, os fluxos de movimento em diferentes partes de uma rede de ruas são sistematicamente influenciados pela configuração espacial da própria rede. A teoria da economia do movimento (HILLIER, 2007) propõe um processo no qual a evolução da configuração espacial dos assentamentos gera padrões de movimento, os quais influenciam as escolhas de uso do solo, que geram um efeito multiplicador do movimento, voltando a influenciar novas escolhas de uso do solo, à medida que se adapta a um desenvolvimento mais intensivo. Tipos específicos de uso do solo, tais como as atividades comerciais e de serviços, necessitam estar expostos ao movimento. Uma vez que se implantem em determinado local, contribuem para reforçar esse movimento, devido à sua natureza de atratividade. A teoria associa esses três fatores, configuração espacial, movimento e uso do solo e como estes se relacionam na formação de centralidades. Vista dessa forma, a centralidade é claramente um processo e não simplesmente um estado, um processo que contém componentes espaciais e funcionais. Está presente em algum grau em todo o tipo de estrutura urbana e pode evoluir com o passar do tempo.

Embora a discussão de Hillier enfoque o espaço intra-urbano, esse raciocínio também se aplica ao espaço regional. Alguns nós (cidades) dada sua posição relativa, número e distribuição de suas conexões, desfrutam de vantagens de acessibilidade e centralidade na rede de cidades, com potencial de influenciar outros aspectos como o movimento, uso do solo, localização de funções atratoras, densidade e interações socioeconômicas. Esse processo se retroalimenta e é cumulativo, traduzindo-se numa rede heterogênea de cidades, capaz de se alterar ao longo do tempo.

Estudos recentes tem procurado relacionar a configuração da rede espacial regional com fatores como a hierarquia regional (CALVETTI, 2016), a policentralidade (KRENZ, 2017), a institucionalização de regiões metropolitanas (UGALDE et al, 2017) ou a influência que o sistema regional pode ter sobre as formas urbanas (COLUSSO, 2015).

Diversas medidas de centralidade configuracional foram desenvolvidas a fim de capturar as propriedades do sistema espacial e dos seus elementos constituintes (LIMA; KRAFTA; RIBEIRO, 2017). A centralidade por proximidade (acessibilidade) é uma medida de distância relativa de um espaço no sistema, se relaciona às facilidades e dificuldades de alcançar um determinado espaço e pode ser definida como a propriedade de uma célula estar mais próxima de todas as outras na rede, considerando os caminhos mínimos (ou preferenciais) entre elas (INGRAM, 1971). Já a centralidade por intermediação é a propriedade de um espaço recair no caminho que liga outras duas, e sua hierarquia se dá pela quantidade total de vezes que ela

aparece nos caminhos que ligam todos os pares de células de um sistema (FREEMAN, 1977). Uma variação dessa medida é a Centralidade Freeman-Krafta, que propõe a introdução das noções de tensão e distâncias: a tensão reflete a relação entre duas células expressa pelo produto de seu conteúdo; a distância refere-se à extensão do caminho mínimo entre cada par de células, e à medida que esta aumenta, a centralidade de cada célula interposta no caminho diminui (KRAFTA, 2014).

Finalizando esse item, considera-se que a estruturação espacial das atividades econômicas deve ser vista como um processo de sinergia entre configuração, movimento e uso do solo (HILLIER, 2007). A partir de algumas localizações iniciais com atributos de acessibilidade, as forças de aglomeração tendem a concentrar espacialmente as atividades econômicas (indústria e serviços), através de um mecanismo de auto reforço. Esse auto reforço envolve não apenas as empresas atraindo outras empresas (especializadas ou diversificadas), mas também movimento, população, renda e infraestrutura. Nesse contexto, a medida de distância/proximidade torna-se relevante, pois está associada à acessibilidade de cada nó na rede espacial.

Por outro lado, municípios com localização estratégica e centralidade na interação entre os demais, são capazes de gerar forças centrífugas. Fatores como a possibilidade de redução nos custos de transporte, acesso a mercados mais distantes, disponibilidade de grandes áreas de menor custo, entre outros, podem colocar esses municípios como novas alternativas de localização de atividades econômicas. Novamente, o processo de auto reforço tende a conduzir à concentração de atividades nestes novos pontos e, num momento posterior, forças de dispersão tornarão a agir no sentido da busca de novos pontos estratégicos. Dessa forma, a hipótese deste trabalho é que os atributos simultâneos de alta acessibilidade e alta centralidade dos municípios na rede espacial são capazes de influenciar a presença daquelas atividades econômicas mais dinâmicas (indústria e serviços).

## 4 Metodologia

Este trabalho desenvolve uma análise espacial em escala regional, baseada na relação entre indicadores configuracionais e econômicos. A metodologia foi proposta em três etapas, que são apresentadas na sequência.

### 4.1 Etapa 01: Construção do indicador configuracional com base nas propriedades da rede espacial.

O passo inicial da análise foi a modelagem do sistema espacial do estado do Rio Grande do Sul. A representação utilizada foi a nodal, onde cada cidade do estado é representada por um ponto (nó) e as rodovias entre as cidades representam as conexões (links). Uma vantagem da representação nodal é que ela não apresenta distorções entre as distâncias reais e as distâncias no grafo equivalente.

O modelo foi elaborado dentro no software de geoprocessamento QGIS v3.10 (QGIS, 2020) utilizados os seguintes arquivos como base para a sua

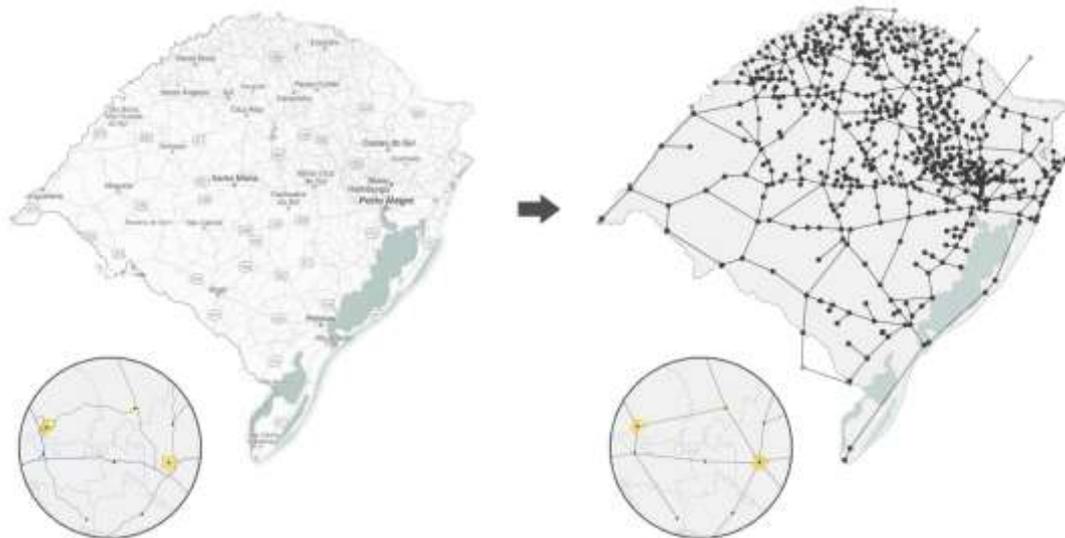
elaboração: a) *shapefile* da malha municipal do estado do Rio Grande do Sul do IBGE, ano 2015 (IBGE, 2015a) onde consta a divisão do território do RS em 497 municípios; b) *shapefile* das áreas urbanizadas do estado do Rio Grande do Sul do IBGE, ano 2015 (IBGE, 2015b) com as manchas urbanas dos municípios, este *shapefile* está disponível somente para as cidades com mais de 100 mil habitantes; c) malha rodoviária do Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do RS (DAER) do ano 2015 (RIO, 2015), este mapa não é disponibilizado em formato *shapefile*, por isto foi utilizado somente para confirmar as conexões entre as cidades; d) imagens de satélite do *Google Earth* e *Open Street Maps*, utilizadas para conferências e ajustes da representação espacial.

Utilizando o arquivo de áreas urbanizadas (IBGE, 2015b), através da ferramenta “*Polygon Centroids*” (QGIS, 2020) foram gerados centroides nas manchas urbanizadas. Alguns municípios possuíam mais de uma mancha, sendo que, através de análise das imagens de satélite do *Google Earth*, foi identificada a sede municipal (maior, mais densa, presença da Prefeitura Municipal, Câmara de Vereadores, etc.). Os municípios que não possuíam a vetorização da mancha urbana no *shapefile* do IBGE receberam o ponto no centroide aproximado da mancha disponível nas imagens de satélite do *Google Earth*. Com este procedimento criou-se um arquivo *shapefile*, onde cada um dos 497 municípios do estado foi representado por um ponto (nó).

Através do mapa da malha rodoviária do DAER (RS, 2015) e com base nas imagens de satélite, foi desenvolvido um segundo *shapefile* com as conexões entre as cidades. De forma simplificada, em linha reta, conectando os pontos que correspondem às cidades, foram representadas todas as rodovias federais e estaduais asfaltadas. Cabe esclarecer que: a) alguns municípios possuem mais de um acesso deste tipo, gerando mais conexões intermunicipais; b) alguns poucos municípios não possuem acessos deste tipo. Nestes casos foram admitidas conexões através de estradas municipais asfaltadas, e na ausência destas, foram consideradas estradas municipais não asfaltadas. Essa estratégia foi utilizada para evitar que nenhum município ficasse desconectado da rede. Outra particularidade deste modelo é que ao representar as rodovias, foram gerados alguns nós que representam pontos de entroncamento rodoviário, onde as rodovias se cruzam ou bifurcam para dar acesso a algum município. Tais nós compõem o grafo do sistema, porém não recebem os atributos de cidades.

Outro aspecto a destacar é que, ao modelar apenas uma parte de um sistema espacial que é mais amplo, excluem-se elementos e eventos que ocorrem além das fronteiras do modelo. Como os algoritmos são fundamentalmente relacionais, tal omissão pode afetar os resultados (GIL, 2016). No caso do RS, este efeito de borda fica naturalmente minimizado pela presença do litoral a leste e pelo rio Uruguai a oeste, o qual limita as conexões a poucas cidades com pontes de fronteira. Procurou-se incluir as conexões imediatas entre os municípios na fronteira do RS com municípios no Uruguai, Argentina e no estado de Santa Catarina. A Figura 1 apresenta o grafo resultante.

Figura 1 - Municípios do RS (esquerda) e representação nodal do grafo da rede (direita). No detalhe os nós posicionados nos centroides das manchas urbanas



Fonte: autores

Após os procedimentos de desenho e montagem da representação, foi utilizado o software Graph Analysis of Urban Form - GAUS (KRAFTA; DALCIN, 2020) para cálculo das medidas espaciais. As distâncias foram processadas de forma geométrica (geodésica) a fim de manter a distância real entre municípios que é relevante se tratando desta escala estadual. Foram calculadas as medidas de Acessibilidade e Centralidade Freeman- Krafta. O software GAUS adiciona na tabela de atributos os valores das medidas calculados para cada nó. Utilizando a camada “Malha municipal do RS”, e a ferramenta da “Join attributes by location”, foram adicionados aos nós os dados de “Nome do Município” e “Código do Município”. Os entroncamentos rodoviários foram identificados manualmente e tiveram estes campos apagados da tabela, gerando desta forma 497 nós que possuem os atributos de “Código do Município” e “Nome do município” e 111 nós vazios, que não possuem estes atributos.

Para finalizar esta etapa, e com intuito de criar agrupamentos (clusters) destes nós, foi utilizado o plug-in no QGis, chamado “Attribute based clustering”. Os atributos considerados para a criação dos clusters foram os valores de Acessibilidade e de Centralidade Freeman-Krafta. Foi utilizado o método de clusterização *K-means*, que se baseia no conceito de similaridade, ou seja, a ideia principal é encontrar itens semelhantes de acordo com seus atributos. É possível escolher o número de clusters que serão gerados seguindo esse método, entretanto é importante utilizar um número que de fato ajude a explicar a amostra analisada, com a menor arbitrariedade possível. Para isso, foi utilizado o método do cotovelo (*Elbow Method*). Este método consiste em analisar a soma das distâncias quadráticas de um valor em relação ao centróide do cluster mais próximo, ou seja, verifica o quão próximo de seus pares o valor está. Essa verificação simula as diversas possibilidades de clusters (nesse caso, ‘k’ de 1 a 50) e calcula a soma das distâncias para cada um dos casos, assim gerando um gráfico de distância por ‘k’ (número de clusters).

Conforme o número de clusters aumenta, até o ponto em que existe um cluster por valor, a soma das distâncias tende a zero. O número ótimo de clusters seria, então, o valor de 'k' onde a curva começa a mudar de comportamento, o ponto do "cotovelo". Entretanto, às vezes esse ponto não é de fácil visibilidade e existem algoritmos dentro de ambiente *Python* que ajudam nessa leitura. De acordo com este método acima descrito, chegou-se à definição de que sete clusters seria a configuração ideal para os resultados das medidas de rede do Rio Grande do Sul.

#### **4.2 Etapa 2: Construção de Indicadores econômicos**

Como forma inicial de investigação, neste trabalho, se buscou relacionar os atributos configuracionais, com os atributos econômicos dos municípios, aqui analisados através do Produto Interno Bruto (PIB). O valor do PIB é a principal medida do tamanho total de uma economia, e pode ser obtido através da soma dos valores de Valor Adicionado Bruto (VAB) de cada setor da economia de uma região (agropecuária, indústria e serviços) mais os impostos (PESSOA, 2017).

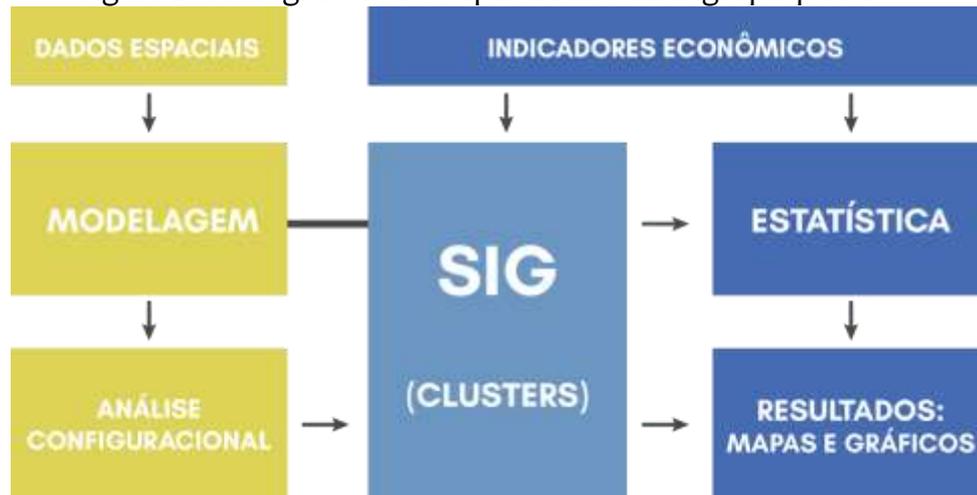
O VAB Serviços inclui valores referentes a comércios, transportes, educação, comunicação, atividades profissionais e científicas, saúde e administração pública. O VAB Agropecuária, inclui valores provenientes da agricultura e pecuária e o VAB Indústria, valores relativos à produção industrial. Neste trabalho foram utilizados valores de VAB e PIB da Fundação de Economia e Estatística (FEE) do RS referentes ao ano de 2015 (PESSOA, 2017).

No ambiente SIG, utilizando a ferramenta "Join Layers" os atributos de PIB e VAB foram alocados aos nós, utilizando como conector o "Código do Município". Sendo assim, somente os municípios receberam estes atributos, os nós vazios (entroncamentos rodoviários) ficaram com estes atributos zerados.

#### **4.3 Etapa 3: Análise da relação entre os indicadores propostos através de uma análise estatística**

Na última etapa metodológica, foram realizadas análises das relações entre o desempenho configuracional dos municípios com seus atributos econômicos (PIB e VAB). Utilizando o software de estatística Minitab (MINITAB, 2020), primeiramente foram geradas correlações bivariadas entre as medidas configuracionais (Acessibilidade e Centralidade Freeman-Krafta) separadamente e os indicadores econômicos, verificando como se comportavam essas correlações. Posteriormente, como uma segunda forma de análise de dados, foram gerados gráficos utilizando os sete clusters gerados com a combinação das duas medidas. A ideia é verificar qual o percentual de PIB e VAB que cada cluster captura do total do estado. Nessa etapa estatística foram retirados os nós das cidades vizinhas que foram adicionados para minimizar o efeito de borda e os nós de entroncamento rodoviário, sendo considerados somente os 497 nós dos municípios. A Figura 2 sintetiza as etapas da metodologia proposta.

Figura 2 - Fluxograma das etapas da metodologia proposta



Fonte: autores

## 5 Estudo empírico: a rede espacial do RS

### 5.1 Breve contextualização da estruturação regional do RS

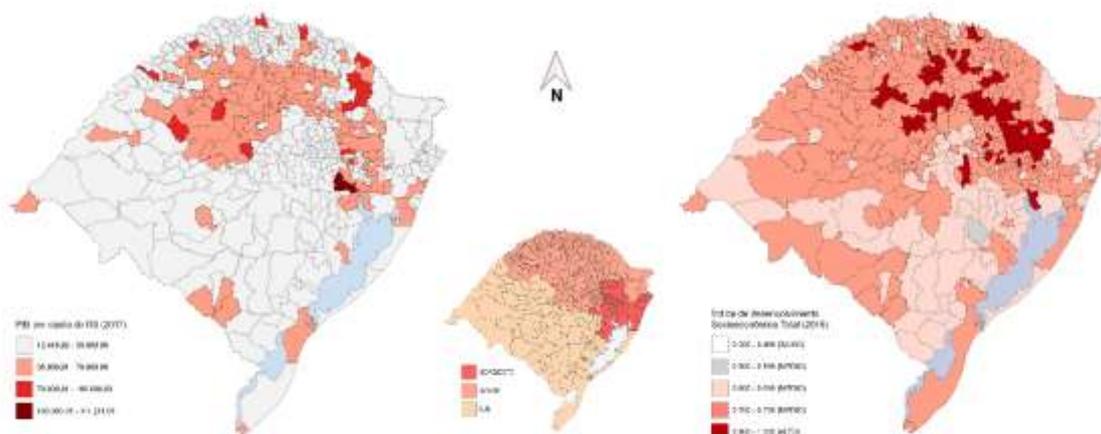
O Rio Grande do Sul conta com uma população estimada de 11.422.973 habitantes, ocupando a 5ª colocação em população e a 4ª maior renda per capita dentre os estados brasileiros (IBGE, 2017). O estado apresenta fortes desigualdades regionais, em termos de desenvolvimento socioeconômico, podendo-se identificar três macrorregiões distintas: norte, nordeste e sul (ALONSO, 2006). Na região sul do RS predomina a grande propriedade, a pecuária e a lavoura de arroz, com baixa densidade demográfica. A região norte é predominantemente agrária, caracterizada por pequenas e médias propriedades, onde uma produção inicialmente diversificada cedeu espaço para as lavouras mecanizadas de trigo e soja, concentrando a terra. A região nordeste se caracteriza pela presença de vários setores industriais, pequenas propriedades, além de grandes concentrações urbanas e elevada densidade demográfica. Estas duas últimas regiões constituem a metade norte do estado.

Tais disparidades socioeconômicas entre a metade sul e a metade norte do RS tem origens no processo histórico de ocupação do território. A metade sul foi influenciada pela colonização portuguesa, balizou-se no setor agropecuário e nas grandes estâncias de monocultura. Já a metade norte forjou-se através da imigração italiana e alemã, na produção diversificada em pequenas propriedades e maior densidade populacional (SHULZ; KÜHN, 2020).

Alonso (2006, p.104) mostra que a participação da região sul no PIB industrial do RS era de 34,57% em 1939, sendo que, nas décadas seguintes, experimentou um persistente processo de desindustrialização relativa, tendo atingido a marca de 9,6% em 2001. Segundo o autor, isso mostra que o parque industrial que se formou nessa parte do estado (processamento de carne bovina, arroz e lã) nunca conferiu à mesma o status de região industrializada. Em contrapartida, as demais macrorregiões (norte e nordeste) foram as principais beneficiárias da expansão industrial ocorrida no estado. A região nordeste vem

liderando a produção industrial desde 1939 (47,57%) até 2001 (70,35%) e a região norte vem mantendo relativa estabilidade nesse indicador (17,85% em 1939 e 20,05% em 2001). A Figura 3 ilustra as desigualdades regionais, através dos indicadores de PIB per capita e Índice de desenvolvimento Socioeconômico Total (IDESE).

Figura 3 - PIB per capita e IDESE Total com a indicação da divisão em três macrorregiões (com base em Alonso, 2006)



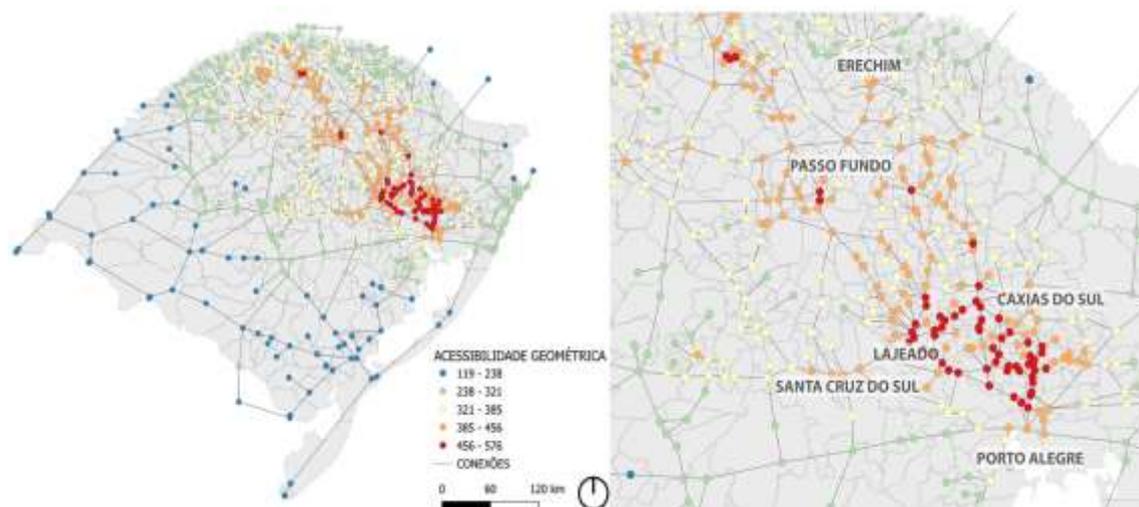
Fonte: autores com base em RS, 2020a e RS, 2020b.

Em termos gerais, verifica-se que as macrorregiões norte e nordeste possuem maiores PIB per capita e são classificadas com altos valores de IDESE. Verifica-se dessa forma que o RS apresenta uma rede bastante heterogênea e hierárquica em termos econômicos e sociais, com forte interesse para a exploração das relações entre a configuração da rede espacial e os demais atributos dos municípios.

## 5.2 Resultados e discussões

Conforme mencionado, a metodologia proposta neste trabalho envolveu inicialmente a modelagem da rede de municípios do RS e o cálculo das medidas configuracionais de acessibilidade e centralidade da rede espacial, cujos resultados são apresentados nas Figuras 4 e 5.

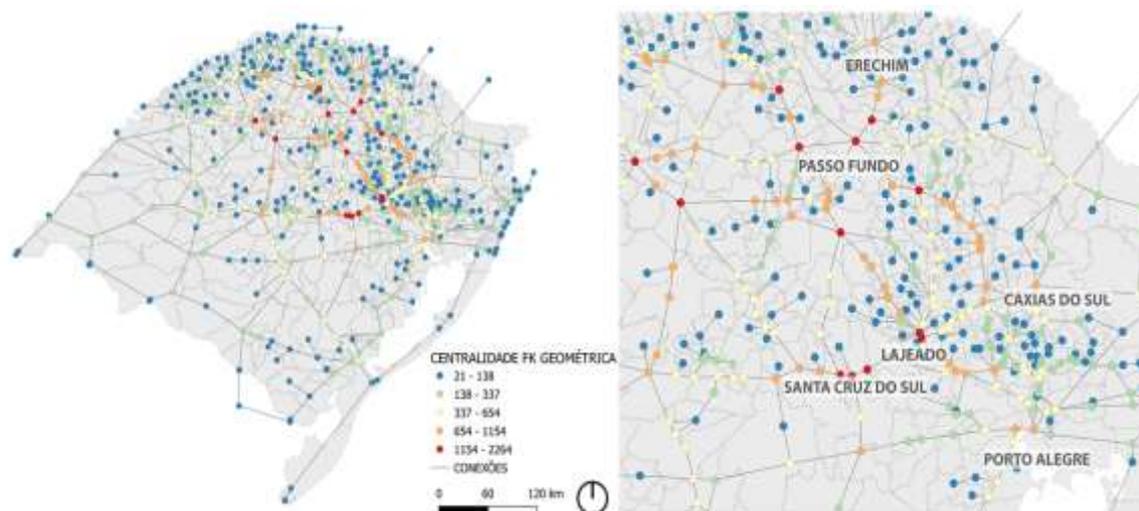
Figura 4 - Municípios por classes de acessibilidade geométrica na rede RS



Fonte: autores

A acessibilidade está associada à facilidade de um local ser acessado, estar mais próximo de todos os outros ou mais distante (mais segregado no sistema). Os resultados destacam a porção nordeste do RS e também a zona que vai da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) na direção noroeste, até Lajeado. Este conjunto de municípios desfruta de uma vantagem de proximidade na rede, favorecida pela posição relativa e pela densidade de conexões rodoviárias existentes. Já a centralidade (Figura 5) revela a importância relativa dos municípios nos percursos (menores caminhos que conectam o sistema espacial), estando associada ao movimento de passagem. Novamente na região nordeste do RS se destacam alguns eixos que conectam municípios importantes, como por exemplo, a BR 386 (na direção de Lajeado e Carazinho), BR 453 (Lajeado na direção de Caxias do Sul), BR 470 (Bento Gonçalves na direção de Fasso Fundo). Interessante notar que 162 municípios resultaram com centralidade zero, significando que possuem acesso único e não são caminho para nenhum outro.

Figura 5 - Municípios por classes de centralidade Freeman-Krafta geométrica na rede RS.



Fonte: autores

A Tabela 1 apresenta uma análise das correlações bivariadas entre os indicadores econômicos e as medidas configuracionais.

Tabela 1 - Correlações estatísticas entre os indicadores configuracionais e econômicos

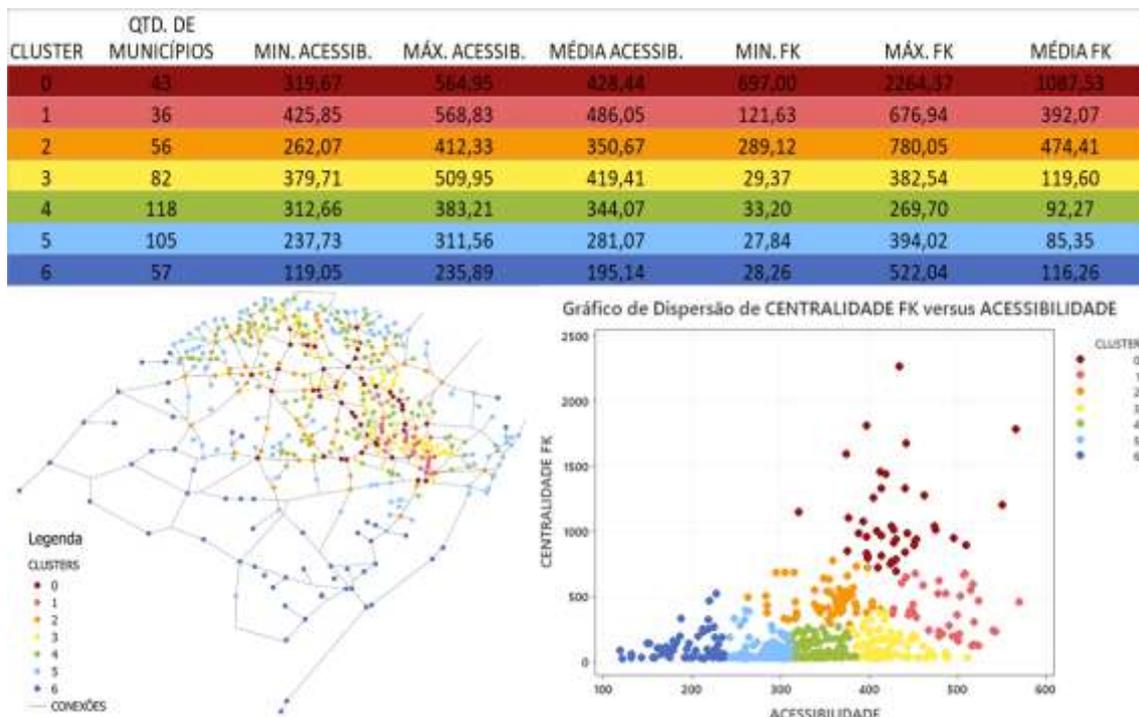
Indicador Espacial	Indicador econômico	Correlação Spearman	Intervalo de Confiança
Acessibilidade	PIB	0,101	0,013 ; 0,188
Acessibilidade	VAB Serviços	0,090	0,002 ; 0,177
Acessibilidade	VAB Indústria	0,243	0,157 ; 0,325
Acessibilidade	VAB Agropecuária	-0,262	-0,343 ; -0,177
Centralidade FK	PIB	<b>0,438</b>	0,361 ; 0,510
Centralidade FK	VAB Serviços	<b>0,455</b>	0,379 ; 0,526
Centralidade FK	VAB Indústria	0,408	0,328 ; 0,481
Centralidade FK	VAB Agropecuária	0,289	0,204 ; 0,369

Fonte: autores

As correlações encontradas foram todas significativas, sendo que valor zero não está incluído nos intervalos de confiança, o que demonstra a existência de correlação estatística entre as medidas configuracionais os atributos econômicos. Pode-se destacar que as correlações mais altas ocorreram entre Centralidade FK e VAB Serviços (0,455) e Centralidade FK e PIB (0,438), sendo estas correlações positivas moderadas. A correlação entre Acessibilidade com o VAB Agropecuária foi negativa, o que significa que quanto maiores valores de Acessibilidade, menores são os valores de VAB Agropecuária. Isso se deve ao fato de que as atividades agropecuárias não seguem o padrão de aglomeração e acessibilidade das atividades industriais e de serviços. A região sul do RS apresenta uma rede regional mais rarefeita, com menor quantidade de ligações rodoviárias e grandes distâncias entre seus núcleos urbanos, diminuindo dessa forma seus valores de acessibilidade. O PIB, que envolve a riqueza total produzida pelos municípios teve correlação mais forte com a Centralidade FK (0,438) do que com a Acessibilidade (0,101), evidenciando o papel da localização estratégica dos municípios.

A fim de testar a hipótese deste trabalho, uma segunda análise foi feita considerando que ambas as medidas configuracionais, de forma simultânea, estão relacionadas à presença de atividades econômicas industriais e de serviços. Para isso, foram identificados sete clusters de municípios, utilizando como atributos para o agrupamento os valores de acessibilidade e centralidade FK. A figura 6 apresenta a tabela com os sete clusters, informando quantos municípios, qual o valor mínimo, máximo e a média de Acessibilidade e de Centralidade FK de cada um dos agrupamentos, identificados por cores. Abaixo é apresentando o mapa do RS com a identificação da localização dos municípios formadores de cada um dos clusters por cores. Na direita o gráfico de dispersão, onde o eixo “y” apresenta os valores de Centralidade FK, e no eixo “x” os valores de Acessibilidade, também identificando por cores cada cluster.

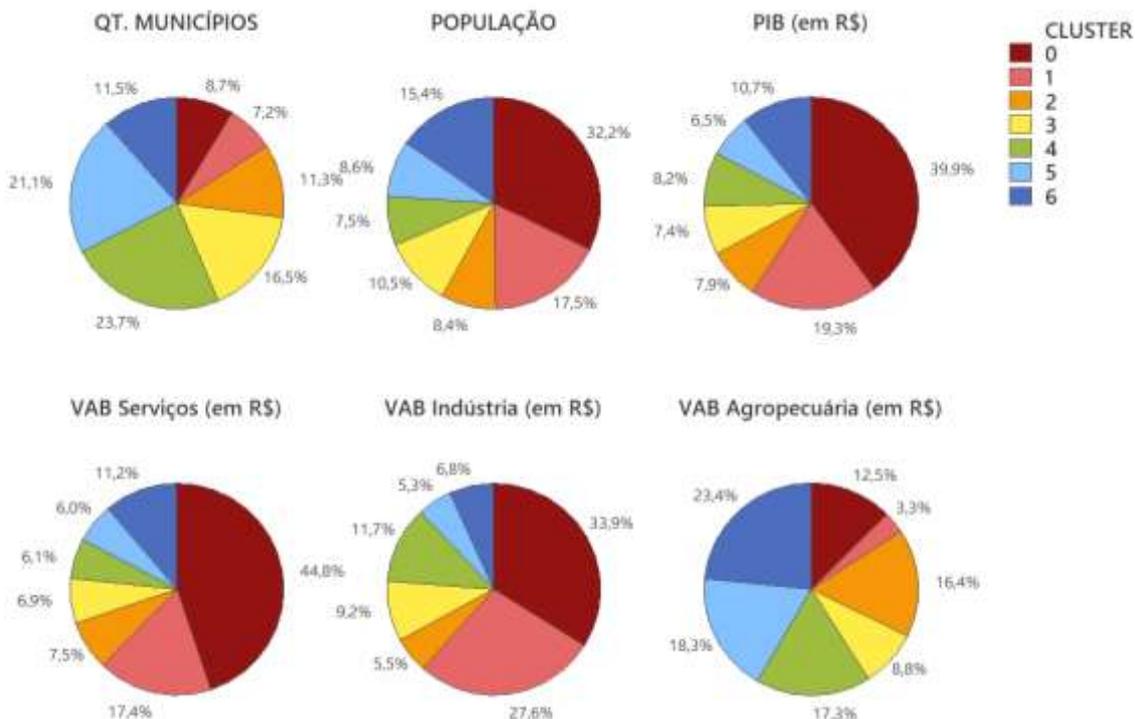
Figura 6 – Tabela, mapa e gráfico com a identificação de sete clusters de municípios do RS de acordo com a Acessibilidade e Centralidade Freeman-Krafta geométrica



Fonte: autores

A Figura 6 mostra que o cluster zero (vermelho escuro) reúne os municípios com os maiores valores de acessibilidade e centralidade FK simultaneamente, sendo seguido pelo o cluster um (rosa), também com altos valores de acessibilidade. Os clusters quatro (verde), cinco (azul claro) e seis (azul escuro) são os com menores valores de centralidade e acessibilidade simultaneamente. Os demais clusters identificam grupos com composições diferentes para os valores das medidas. Uma comparação desses clusters de municípios com os indicadores econômicos é apresentada na Figura 7.

Figura 7 - Clusters de municípios (por categorias de Acessibilidade e Centralidade FK) e seu desempenho em alguns indicadores econômicos.



Fonte: autores

Esses resultados permitem uma discussão detalhada de diferentes situações empíricas no RS, a qual foge aos objetivos desse trabalho. Pretende-se focar aqui em apenas algumas relações mais significativas decorrentes do método proposto. Conforme mencionado, o cluster zero (vermelho escuro) identifica o grupo de municípios com maiores valores de Acessibilidade e Centralidade FK. Verifica-se que esse cluster inclui apenas 43 municípios (8,7% do total), mas concentra 32,2% da população, 40% do PIB, 44,8% do VAB Serviço e quase 34% do VAB Indústria do total do RS. Esse cluster com melhor desempenho configuracional é composto, além de Porto Alegre, pelos municípios a nordeste, no entorno da BR-386 (Lajeado, Estrela, Carazinho, Passo Fundo, Erechim) e alguns municípios da serra (Bento Gonçalves e Garibaldi). Fora desse eixo nordeste, aparece Santa Maria, na região central, Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires, na região dos Vales e alguns municípios mais ao norte (Ijuí, Panambi e Cruz Alta).

Quando se analisam em conjunto os clusters zero e um (este com altos valores de acessibilidade e médios valores de Centralidade FK), verifica-se que esses 79 municípios (15,9% do total), abarcam quase metade da população do RS (49,7%), quase 60% do PIB, 62,2% do VAB Serviço, 61,5% do VAB Indústria. Já no caso do VAB agropecuária, quase 60% de seu valor agregado está nos três clusters de municípios com pior desempenho em acessibilidade e centralidade (4, 5 e 6).

Dessa análise empírica também é possível identificar a presença de fatores endógenos ao processo de estruturação regional, ou seja, a mútua influência que ocorre entre industrialização, crescimento populacional e melhoria das infraestruturas, indicadores que se reforçam e tendem a crescer em conjunto.

## 6 Considerações Finais

Este trabalho apresentou uma metodologia para analisar o papel da configuração da rede espacial de municípios no seu desempenho econômico. A aplicação empírica exploratória na rede de municípios do RS permitiu verificar que os atributos simultâneos de alta acessibilidade e alta centralidade dos municípios na rede espacial estão associados à presença de atividades econômicas mais dinâmicas (indústria e serviços). Das análises realizadas, destacou-se a macrorregião nordeste do RS, identificada na década de 1990 por Alonso (2006) como a mais dinâmica e industrializada. O presente estudo demonstrou que a região nordeste apresenta uma alta hierarquia espacial, em termos de acessibilidade e centralidade configuracional. Tais resultados confirmam, ainda que preliminarmente, a hipótese deste trabalho, no entanto, novos estudos são necessários para aprofundar essa compreensão.

Processos de industrialização e urbanização regional são complexos, dependentes de vários fatores. Neste trabalho, procurou-se focar um aspecto específico, qual seja, o desempenho dos municípios na rede espacial regional. Importante notar no caso empírico analisado, a dependência das condições iniciais e da história das regiões. A forma inicial de ocupação, o tipo de propriedade, recursos naturais e povoamento são fatores que parecem marcar até hoje a estrutura da rede urbana do RS, em termos da sua dicotomia norte-sul.

Outro aspecto digno de nota são as desigualdades regionais que acompanham os processos de industrialização. Do ponto de vista do planejamento econômico regional, as políticas públicas buscam maximizar os efeitos do crescimento das atividades industriais mais dinâmicas. Para Souza (2005, p.108), na prática, os investimentos públicos tendem a se concentrar em infraestruturas e em atividades diretamente produtivas em determinadas regiões criando ou reforçando os polos existentes. Dessa forma, o crescimento tem sido desigual no espaço, provocando fortes migrações inter-regionais, com o empobrecimento das regiões periféricas. Segundo o autor, o desafio de obter um crescimento menos polarizado passaria pelo desenvolvimento das redes urbanas, articuladas aos centros principais por canais de transporte e de comunicação, favorecendo os contatos entre as empresas polarizadas, situadas nos centros menores, com as empresas dos centros de maior porte. Isso destaca a importância da rede espacial urbana nos processos econômicos e nas políticas de desenvolvimento regional. Ações de planejamento requerem um conhecimento aprofundado dessa rede sócio-espacial e sua relação com processos de industrialização, sublinhando a importância de estudos como o aqui apresentado.

Cabem neste ponto também algumas considerações sobre a metodologia deste trabalho. O método proposto possibilitou uma análise desagregada do desempenho de cada município na rede espacial, permitindo aprofundar o estudo dos condicionantes espaciais à localização de atividades econômicas e identificar pontos fortes e fracos de cada situação. Uma virtude da metodologia proposta é a possibilidade de gerar cenários alternativos, por exemplo, simular a abertura de uma nova rodovia avaliando impactos em termos de perdas e ganhos de acessibilidade e centralidade. Além das redes físicas (rodovias) há a possibilidade de incluir na modelagem outros tipos de redes funcionais, tais como o transporte

público ou as redes de internet, que podem entrar como camadas (*layers*) no modelo. A possibilidade de representar esses outros tipos de fluxos funcionais (físicos e remotos) entre municípios permite analisar sistemas regionais como redes de interação sócio-espacial que ocorrem em várias camadas, explorando a combinação de elementos físicos, funcionais, operativos, econômicos, culturais, etc.

Outra exploração possível no modelo é trabalhar com ponderações nos municípios a partir de seus atributos, tais como população, quantidade de empregos industriais, estabelecimentos varejistas, instituições de ensino, entre outros. Dessa forma, podem-se gerar modelos específicos para analisar aspectos diferentes da rede. Trabalhando com grafos direcionados (origens e destinos) também é possível simular as interações entre atividades complementares (universidades x população jovem; empregos x população em idade ativa, etc.), dando maior realismo ao modelo. Dentro do escopo da metodologia proposta, é possível introduzir impedâncias nas conexões (rodovias), a fim de representar restrições na capacidade viária, decorrentes da largura das pistas, da pavimentação, etc. Tais possibilidades não foram testadas neste trabalho, mas ficam como possibilidades de futuros estudos.

Neste trabalho, a estrutura espacial regional foi analisada como um instante no tempo, um recorte temporal específico, sendo que esse processo é dinâmico e evolutivo. Futuros estudos podem desenvolver análises evolutivas, contando com dados empíricos em séries temporais, que poderiam auxiliar a identificar tendências de transformação.

Em termos de dados empíricos, a metodologia deu preferência a utilizar dados abertos, tais como os provenientes do IBGE e FEE-RS e tecnologias disponíveis, tais como o QGIS e *OpenStreetMap*. Quanto ao cálculo das medidas configuracionais, utilizou-se um software desenvolvido em âmbito de pesquisa GAUS (KRAFTA; DALCIN, 2020), que pode ser disponibilizado para uso não comercial. Vários outros softwares similares encontram-se disponíveis, tais como o Numerópolis (KRAFTA; SPRITZER, 2018), *UNA – Urban Network Analysis* (SEVTSUK, 2017), *DephtmapX* (VAROUDIS, 2020), *UrbanMetrics* (POLIDORI et al, 2016).

Finalizando o trabalho, considera-se que metodologias sistêmicas e quantitativas, tais como a aqui apresentada, possuem um papel importante no desvendamento da estrutura espacial de cidades e regiões.

## REFERÊNCIAS

ALONSO, José Antônio Fialho. A persistência das desigualdades regionais no RS: velhos problemas, soluções convencionais e novas formulações. **Indicadores Econômicos FEE**, Porto Alegre, v. 33, n. 4, p. 101-114, mar. 2006. Disponível em: <https://revistas.fee.tche.br/index.php/indicadores/article/view/1178> Acesso em: 28 mai. 2020.

BATTY, Michael. **Inventing Future Cities**. Londres: MIT Press, 2018.

CALVETTI, Fernando do Santos. **Indicador de Hierarquia Regional**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Programa em Planejamento

Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/151160>. Acesso em: 27 jun. 2020.

CASTELLS, Manuel. Globalisation, Networking, Urbanisation: Reflections on the Spatial Dynamics of the Information Age. **Urban Studies**, v. 47, n. 13, p.2737-2745, nov. 2010. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0042098010377365?source=mfc&rss=1>. Acesso em: 15 mar. 2020.

COLUSSO, Izabele. **Forças regionais, formas urbanas e estrutura interna da cidade: um estudo de relações**. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) - Programa em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/122508>. Acesso em: 27 jun. 2020.

FREEMAN, Linton C. **A set of measures of centrality based on betweenness**. **Sociometry**, v. 40, n. 1, p. 35-41, mar. 1977. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3033543?seq=1>. Acesso em: 10 mar. 2020.

FUJITA, Masahisa; KRUGMAN, Paul; VENABLES, Anthony J. **Economia Espacial**. São Paulo: Futura, 2002.

GIL, Jorge. Street network analysis “edge effects”: Examining the sensitivity of centrality measures to boundary conditions. **Environment and Planning B: Planning and Design**, p. 1–18, 2016. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0265813516650678>. Acesso em: 01 abr. 2020.

HILLIER, Bill *et al.* Natural movement: or configuration and attraction in urban pedestrian movement. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 20, p. 29-66, 1993. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1068/b200029>. Acesso em: 01 abr. 2020.

HILLIER, Bill. **Space is the Machine**. Londres: Space Syntax, 2007. Disponível em: <https://spaceisthemachine.com/>. Acesso em: 10 mar. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Áreas Urbanizadas do Brasil: 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15789-areas-urbanizadas.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 27 fev. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha Municipal 2015 – Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?edicao=27415&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 27 fev. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Rio Grande do Sul: panorama**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/panorama>. Acesso em: 27 fev. 2020.

INGRAM, D. R. The concept of accessibility: A search for an operational form. **Regional Studies**, v. 5, n. 2, p. 101-107, 1971. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09595237100185131>. Acesso em: 01 abr. 2020.

JACOBS, Jane. **The Economy of Cities**. Nova Iorque: Vintage Books, 1969.

KRAFTA, Romulo. **Notas de Aula de Morfologia Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS, 2014.

KRAFTA, Romulo; DALCIN, Guilherme. Graph Analysis of Urban Systems (GAUS). Programa de Pós Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2020.

KRAFTA, Romulo; SPRITZER, André. Numerópolis. Programa de Pós Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018.

KRENZ, Kimon. REGIONAL MORPHOLOGY: The Emergence of Spatial Scales in Urban Regions. In: Internacional Space Syntax Symposium, 11., 2017, Lisboa. **Proceedings**. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2017. Disponível em: <http://www.11ssslisbon.pt/proceedings>. Acesso em: 05 abr. 2020.

LIMA, Leonardo; KRAFTA, Romulo; RIBEIRO, Bárbara Maria Giacom. A distância como variável em modelos configuracionais no estudo da distribuição de atividades econômicas urbanas. **Urbe Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 354-370, mai./ago. 2017. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2175-33692017000200354&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2175-33692017000200354&script=sci_abstract&tlng=pt) Acesso em: 30 out. 2020.

MINITAB LLC. Statistical Software MINITAB, v. 10. 2020. Disponível em: <https://www.minitab.com/pt-br/products/minitab/>.

PESSOA, Mariana Lisboa (Org.). PIB e VAB do RS. In: \_\_\_\_\_. **Atlas FEE**. Porto Alegre: FEE, 2017. Disponível em: <http://atlas.fee.tche.br/rio-grande-do-sul/economia/pib-vab-do-rs/>. Acesso em: 27 fev. 2020.

POLIDORI, Maurício Couto *et al.* Software. Urban Metrics, v. 2.2. Laboratório de Urbanismo, Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2016. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/urbanmetrics/>.

QGIS. Sistema de Informação Geográfica QGIS, v. 3.10. Projeto Open Source Geospatial Foundation. 2020. Disponível em: <http://qgis.org>

RS - RIO GRANDE DO SUL. Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER). **Mapa Rodoviário do Rio Grande do Sul 2015**. Porto Alegre: Secretaria de Transportes, 2015. 1 mapa, color. Escala: 1:1.100.000. Disponível em: <https://www.daer.rs.gov.br/mapas>. Acesso em: 27/02/2020.

RS - RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão. **Indicadores Sociais: Índice de Desenvolvimento Socioeconômico - IDESE**. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão, 2020a. 1 mapa, color. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/indice-de-desenvolvimento-socioeconomico-novo-ide-se>. Acesso em: 28 out. 2020.

RS - RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão. **Economia: PIB per capita**. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão, 2020b. 1 mapa, color. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/pib-per-capita>. Acesso em: 28 out. 2020.

SEVTSUK, Andres. Analysis and Planning of Urban Networks. In: ALHAJJ, Reda; ROKNE, Jon (org.). **Encyclopedia of Social Network Analysis and Mining**. Nova Iorque: Springer, 2017. Disponível em: [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4614-7163-9\\_43-1](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4614-7163-9_43-1). Acesso em: 01 abr. 2020.

SHULZ, Jéferson Réus da Silva; KÜHN, Daniela Dias. O panorama das desigualdades regionais no Rio Grande do Sul à luz do seu processo histórico de formação socioeconômica. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, v. 8, n. 1, p. 99-122, 2020. Disponível em: <https://bu.furb.br/ojs/index.php/rbdr/article/view/7428>. Acesso em: 26 out. 2020.

SOUZA, Nali de Jesus de. Teoria dos Polos, Regiões Inteligentes e Sistemas Regionais de Inovação. **Análise**. Porto Alegre v. 16, n. 1, p. 87-112, jan. /jul. 2005.

TAYLOR, Peter J.; HOYLER, Michael; VERBUGGREN, Raf. External Urban Relational Process: Introducing Central Flow Theory to Complement Central Place Theory. **Urban Studies**, v. 47, n. 13, p. 2803-2818, nov.2010. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0042098010377367>. Acesso em: 01 abr. 2020.

UGALDE, Cláudio Mainieri de *et al.* SPATIAL CONFIGURATION AND REGIONAL ECONOMY. In: Internacional Space Syntax Symposium, 11., 2017, Lisboa. **Proceedings**. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2017. Disponível em: <http://www.11ssslisbon.pt/proceedings>. Acesso em: 05 abr. 2020.

VAROUDIS, Tasos. Software Space Syntax Laboratory, DepthmapX. 2020. Disponível em: <https://varoudis.github.io/depthmapX/>

VENERANDI, Alessandro *et al.* Form and urban change – An urban morphometric study of five gentrified neighbourhoods in London. **Environment and Planning B: Planning and Design**, n. 44, jul. 2016. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0265813516658031>. Acesso em: 01 abr. 2020.

ZERTUCHE, Laura Narvaez; DAVIS, Howard. From city networks to network economies: revisiting the effects of urban form in the knowledge-based economy. **Journal of Urban Affairs**, mai. 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07352166.2019.1581031>. Acesso em: 20/02/2020.

**Clarice Maraschin.** Arquiteta. Doutora em Planejamento Urbano e Regional, Professora do Programa de Pós-Graduação e, Planejamento Urbano e Regional (PROPUR) da *Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)*. E-mail: [clarice.maraschin@ufrgs.br](mailto:clarice.maraschin@ufrgs.br)

**Letícia Xavier Correa.** Arquiteta. Mestre em Planejamento Urbano e Regional, pelo Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR) da *Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)*. E-mail: [leticia@live.com](mailto:leticia@live.com)

**Renato Maciel Damiani.** Estudante do Curso de Arquitetura e Urbanismo da *Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)*. Bolsista de Iniciação Científica PIBIC-CNPq. E-mail: [renatomdamiani@gmail.com](mailto:renatomdamiani@gmail.com)

Submetido em: 31/10/2020

Aprovado em: 23/02/2022

#### CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Conceituação (Conceptualization): CM, LXC  
Curadoria de Dados (Data curation): LXC, RD  
Análise Formal (Formal analysis): LXC, RD  
Obtenção de Financiamento (Funding acquisition): CM, LXC, RD  
Investigação/Pesquisa (Investigation): CM, LXC, RD  
Metodologia (Methodology): CM, LXC, RD  
Administração do Projeto (Project administration): CM  
Recursos (Resources): CM  
Software: -  
Supervisão/orientação (Supervision): CM  
Validação (Validation): CM, LXC, RD  
Visualização (Visualization): LXC, RD  
Escrita – Primeira Redação (Writing – original draft): CM  
Escrita – Revisão e Edição (Writing – review & editing): CM, LXC, RD

**Fontes de financiamento:** O presente artigo foi desenvolvido no âmbito do PROPUR/UFRGS, no Grupo de Pesquisa em Sistemas Configuracionais Urbanos e recebeu suporte financeiro da CAPES e do CNPq. Integrou também a pesquisa: *Policentrismo, Rede Urbana e Aglomerações Urbanas no RS*, com apoio da FAPERGS, edital Pesquisador Gaúcho.