

# DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA COMPLEXIDADE ECONÔMICA NOS MUNICÍPIOS DE SÃO PAULO E MINAS GERAIS: A PROXIMIDADE IMPORTA?

SPATIAL DISTRIBUTION OF ECONOMIC  
COMPLEXITY IN THE MUNICIPALITIES OF  
SÃO PAULO AND MINAS GERAIS: DOES  
PROXIMITY MATTER?

Rafael Moraes de Sousa<sup>a</sup> 

Michele Polline Veríssimo<sup>b</sup> 

**PALAVRAS-CHAVE:** Complexidade econômica. Desenvolvimento regional. Dependência espacial. São Paulo. Minas Gerais.

**KEYWORDS:** Economic complexity. Regional development. Spatial dependence. São Paulo. Minas Gerais.

**RESUMO:** Este artigo investiga a hipótese de beneficiamento espacial da complexidade de atividades e produtos nos municípios de São Paulo e Minas Gerais. Supõe-se que a proximidade com regiões mais complexas desencadeia relações de transbordamento positivo, resultante da aquisição e acumulação das capacidades não comercializáveis, especialmente nas regiões com maior diversidade produtiva (metropolitanas e mais dinâmicas). A metodologia envolve a mensuração do *Indicador de Complexidade Econômica* (ECI) para os municípios de São Paulo e Minas Gerais; do *I* de Moran local e do *Local Indicator of Spatial Association* (LISA); além de estimação de regressões espaciais baseadas em modelos de dependência espacial de alcance global (MEAG), com dados de 2019. Os resultados indicam: i) a existência de um padrão de associação espacial positivo; ii) a disseminação e aglomeração da complexidade depende do tipo de atividade e produto predominantes na estrutura produtiva, em que os clusters dos municípios paulistas são mais concentrados e possuem ligações mais robustas, enquanto os dos municípios mineiros são mais dispersos; iii) a sofisticação das atividades é influenciada pelas relações de vizinhança, sobretudo a partir de localidades consideradas “epicentros de sofisticação”, sinalizando um cenário de causalidade circular, tanto na direção da prosperidade, quanto na incidência da “*quiescence trap*”.

Revista de Economia Contemporânea  
(2025) 29: p.1-38  
(Journal of Contemporary Economics)  
ISSN 1980-5527  
<http://dx.doi.org/10.1590/19805527252911>  
e-location - e252911  
<https://revistas.ufrj.br/index.php/rec>  
[www.scielo.br/rec](http://www.scielo.br/rec)

<sup>a</sup> Professor. Universidade Federal do Pará (UFPA), Faculdade de Ciências Econômicas (FACECON). Belém, PA, Brasil.

<sup>b</sup> Professora Associada. Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Instituto de Economia e Relações Internacionais (IERI). Uberlândia, MG, Brasil.

Autor correspondente: Rafael Moraes de Sousa  
E-mail: [rafaelmoraes@ufpa.br](mailto:rafaelmoraes@ufpa.br)

Recebido: 13/12/2023

Aceito: 05/08/2025



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

**ABSTRACT:** This paper analyzes the hypothesis of spatial improvement of the activities and products complexity in the municipalities of São Paulo and Minas Gerais. It is assumed that the proximity to more complex regions trigger positive spillovers, resulting from the acquisition and accumulation of non-tradeable capabilities, especially in regions with greater productive diversity (metropolitan and more dynamics regions), so that closer regions can be the main beneficiaries of the spatial diffusion process. The methodology involves measuring the Economic Complexity Indicator (ECI) for the municipalities of São Paulo and Minas Gerais; the local Moran's I and the Local Indicator of Spatial Association (LISA); and spatial regressions based on Global Scope Spatial Dependency Models (MEAG), based on data from 2019. The results suggest i) the existence of a positive spatial association pattern; ii) the dissemination and agglomeration of complexity depends on the type of activity and product predominant in the productive structure, so the clusters of the municipalities of São Paulo are more concentrated and have more robust connections, while in Minas Gerais the clusters are more dispersed; iii) the sophistication of the activities is significantly influenced by neighborhood relations, especially from locations regarded as "sophistication epicenters", signaling a circular causality scenario both in the prosperity and in the "quiescence trap" incidence.

## 1. INTRODUÇÃO

Estudos sobre complexidade econômica, ou seja, sobre o grau de sofisticação da estrutura produtiva das economias, seus condicionantes e desdobramentos sobre o desenvolvimento/crescimento econômico, desigualdades de renda, efeitos ambientais, dentre outros, têm alcançado espaço crescente no debate acadêmico, com diversas contribuições empíricas. No que tange aos efeitos da disseminação de capacidades produtivas para a promoção do desenvolvimento/crescimento regional, trabalhos empíricos apontam particularidades espaciais do processo, indicando forte possibilidade de uma região se beneficiar do aumento da complexidade econômica de seus vizinhos geograficamente próximos (Moreno; Trehan, 1997; Teixeira; Missio; Dathein, 2022; Freitas; Britto; Amaral, 2024; Smolski; Ruffoni; Mascarini, 2025).

No contexto da discussão da complexidade econômica, Hidalgo e Hausmann (2009) apontam que a sofisticação da estrutura produtiva requer características relativas ao desempenho econômico que não podem ser importadas, tais como infraestrutura, regulação, habilidades especiais da força de trabalho, dentre outras, mas que precisam ser desenvolvidas internamente. Assim, o desempenho de uma economia está diretamente ligado à eficiência em diversificar suas capacidades locais não comercializáveis (*capabilities non-tradeable*). Nessa direção, a literatura pautada no componente espacial assinala que a "distância" se torna uma importante variável explicativa em modelos empíricos de crescimento e mudança estrutural, visto que a proximidade entre determinadas regiões pode implicar efeitos de transbordamentos (*spillovers*)



de capacidades entre elas, com a taxa de crescimento econômico de um local sendo positivamente influenciada pelo dinamismo de regiões geograficamente próximas (Anselin, 1988; Lesage, 1998; Golgher, 2015).

Diante da possibilidade de que transformações ocorridas em certa localidade afetem o grau de sofisticação produtiva de outras pelos efeitos de transbordamentos decorrentes, este artigo investiga o seguinte problema: a sofisticação do tecido produtivo (atividades e produtos) observada em uma região possui relação com a complexidade nas regiões vizinhas? Parte-se da hipótese de que, como os agentes são limitados pela distância e pelo tempo, as externalidades no processo produtivo apresentariam uma dimensão espacial. Contudo, os transbordamentos da complexidade econômica não são restritos à localidade na qual o processo de sofisticação ou retração produtiva esteja ocorrendo.

Nesses termos, este artigo busca verificar a existência de efeitos de transbordamentos locais advindos da sofisticação produtiva por meio da análise dos indicadores de complexidade do conjunto de municípios de dois estados brasileiros – São Paulo e Minas Gerais. Tais estados se destacam não apenas por apresentarem dinâmicas econômicas bastante relevantes para o desempenho nacional, mas também por disporem de estruturas produtivas com graus de sofisticação distintos. São Paulo possui uma configuração produtiva mais sofisticada e dotada de maior intensidade tecnológica, ao passo que Minas Gerais é caracterizado por uma produção baseada em recursos naturais e bens de baixa-média tecnologia.

A contraposição estrutural entre os dois estados justifica a abordagem empírica, permitindo investigar se duas estruturas produtivas com complexidades distintas possuem efeitos de transbordamento da sofisticação similares. Pressupõe-se que a proximidade com regiões mais (menos) complexas enseja uma relação de transbordamento positivo (negativo) das capacidades locais já desenvolvidas, de forma que localidades mais próximas possam ser as principais beneficiadas no processo de difusão espacial das habilidades e condições estruturais. Considerando a heterogeneidade entre as regiões, uma forma eficiente de impulsionar o processo de sofisticação do tecido produtivo regional passaria pela identificação dos clusters de complexidade e das relações de proximidade com as regiões vizinhas.

Para efetivar tal análise, a abordagem empírica empregada se ampara em três aspectos: i) o cálculo do Índice de Complexidade Econômica (ECI) para todos os municípios dos estados analisados, possibilitando a visualização espacial da complexidade nos territórios; ii) a instrumentalização do *Local Indicator of Spatial Association* (LISA) para compreensão da formação espacial de clusters de complexidade no espaço; e iii) a estimação de regressões espaciais baseadas em Modelos de Dependência Espacial de Alcance Global (MEAG) para testar a viabilidade de disseminação espacial de uma região mais (menos) complexa para outra.



A pesquisa se justifica pela necessidade de se compreenderem os efeitos das relações locais de complexidade e os possíveis transbordamentos entre elas, a partir da suposição de que as habilidades locais desenvolvidas tenderiam a possuir efeitos mais significativos em regiões próximas (economia de aglomeração) do que em regiões distantes. Os resultados obtidos podem contribuir para o direcionamento mais eficiente de estímulos sobre habilidades locais específicas e potenciais, assim como apontar em quais regiões cada habilidade deveria ser estimulada. Em outras palavras, a obtenção de um mapeamento acurado das reais potencialidades regionais, a partir da constatação empírica de significância estatística entre os benefícios da proximidade com uma região complexa, permitiria o estímulo de *spillovers* da complexidade por meio de políticas públicas. O artigo está organizado em três seções, além da introdução e das considerações finais. A primeira seção sistematiza os argumentos teóricos e empíricos acerca da relação espacial, da diversificação e da complexidade econômica. Já a segunda seção apresenta as estratégias metodológicas empregadas, enquanto a terceira seção discute os resultados obtidos.

## 2. RELAÇÕES TEÓRICO-EMPÍRICAS ENTRE ESPAÇO, ESTRUTURA PRODUTIVA E COMPLEXIDADE ECONÔMICA

A abordagem da complexidade econômica pressupõe que a sofisticação da estrutura produtiva de uma economia é determinada pelo conjunto de capacidades necessárias para se produzir certo bem. Conforme Hidalgo e Hausmann (2009), quanto mais complexas tais capacidades, ou seja, quanto mais diversas e exclusivas, maior a possibilidade de a economia desenvolver produtos novos a partir delas por meio da análise do mapa do produto (*product space*).

O conceito de mapa do produto (*product space*), desenvolvido por Hidalgo e Hausmann (2009), busca identificar o conjunto de produtos que poderia ser desenvolvido a partir da relação de proximidade com as capacidades inerentes à produção de bens comercializados por determinada localidade. Pressupõe-se que produtos mais situados ao centro do mapa do produto seriam mais complexos e proporcionariam uma rede de capacidades que permitiriam a produção de novos bens com maior sofisticação, ao passo que produtos mais distantes do centro são menos complexos e envolvem um conjunto de capacidades com baixo transbordamento para o aumento da sofisticação produtiva. Por conseguinte, de acordo com os autores, o tipo de especialização produtiva tem consequências diferentes para a sofisticação, uma vez que alguns produtos possuem uma rede densa de conexões, ajudando a economia a desenvolver várias capacidades, enquanto outros não possuem o mesmo efeito.



Partindo dessas relações, mostra-se relevante a incorporação da discussão espacial à análise dos efeitos de transbordamentos da complexidade de uma localidade para outras. Marshall (1890) já havia destacado os benefícios que as empresas obtêm ao se concentrarem em determinado local, ensejando efeitos de aglomeração (ou economias externas de localização), por compartilharem vantagens resultantes da especialização das firmas e da interação entre elas, as quais proporcionam ganhos na produtividade, redução de custos, melhoria da qualidade e inovação. Tais vantagens aglomerativas são normalmente decorrentes de um mercado de trabalhadores qualificados, da disponibilidade de serviços e fornecedores de matéria-prima especializada, além da presença de *spillovers* de tecnologia e conhecimento. Desse modo, é possível presumir que a concentração geográfica de atividades pautadas em capacidades mais complexas pode promover o desenvolvimento/crescimento local, com difusão de externalidades de capacidades para as localidades vizinhas.

Nesse contexto, as interações entre regiões se tornam fundamentais para a dinâmica de desenvolvimento local, pois a constituição de fortes *linkages* (habilidades, capacidades, tecnologias, conhecimento, mão de obra, recursos, dentre outros) determinados pelo espaço pode gerar transbordamentos positivos das habilidades já desenvolvidas em uma localidade para outras. Dessa forma, regiões mais próximas podem ser as principais beneficiadas no processo de difusão espacial de habilidades e condições estruturais, enquanto regiões mais distantes podem encontrar maiores dificuldades em termos de absorver os transbordamentos decorrentes desse processo (Anselin, 1988; Moreno; Trehan, 1997).

Por conseguinte, o aspecto espacial parece relevante para compreender o processo de acúmulo de capacidades produtivas, visto que existe uma forte tendência de que indústrias e atividades mais complexas apresentem um grau de concentração espacial maior que aquele ocorrido em atividades menos complexas (Balland et al., 2020). Tal concentração é especialmente evidenciada em regiões metropolitanas e/ou cidades “superestrelas” (também chamadas de “epicentros de sofisticação”), o que oferece uma explicação para as notáveis desigualdades espaciais. Em linha com tal argumento, é razoável considerar que o desempenho das regiões mais complexas – com maior diversidade produtiva – está fortemente associado às características necessárias para o desenvolvimento de atividades mais sofisticadas, uma vez que demandam a construção de redes mais qualificadas de trabalhadores e de conhecimentos distintos, bem como das singularidades das próprias localidades (Grillitsch; Asheim, 2018).

Desse modo, regiões mais dinâmicas propiciam a concentração da complexidade, considerando que atividades mais complexas demandam o desenvolvimento mais aprofundado e efetivo do conhecimento voltado à sofisticação da estrutura produtiva.



Tais regiões configuram locais mais atrativos para diversas instituições (públicas e privadas) voltadas ao acúmulo de conhecimento complexo, como universidades de pesquisa, laboratórios privados e empresas inovadoras, gerando um ambiente apropriado para formar capacidades exclusivas e não ubíquas (Balland et al., 2020). A partir da percepção da concentração de atividades complexas, a questão que surge neste trabalho se encontra na investigação do fator de transbordamento da sofisticação entre regiões mais próximas. Algumas evidências empíricas embasam a hipótese acerca da relação existente entre as características produtivas de uma região e a dependência espacial proveniente de suas interações. O trabalho de Cortinovis e van Oort (2015), por exemplo, investiga os efeitos de diferentes tipos de economias dinâmicas de aglomeração no crescimento econômico regional da Europa. Os autores avaliam se a dotação de recursos tecnológicos e de conhecimento influencia a ocorrência de economias de aglomeração por meio de medidas de participação do emprego nas atividades econômicas desenvolvida por Frenken, van Oort e Verburg (2007), bem como de especialização regional proposta por Cutrini (2010) para 260 regiões em um período de nove anos. Ainda, variáveis de recursos humanos (participação do emprego na ciência e tecnologia), pesquisa e desenvolvimento (P&D), formação de capital e participação da indústria e do setor de serviços são utilizadas para estimar um painel espacial de efeitos fixos. Os resultados obtidos indicam que a diversidade pode ter um efeito positivo no crescimento, principalmente quando a dotação tecnológica e de conhecimento da região é alta. Nessa acepção, as economias de aglomeração têm efeitos distintos entre as regiões com diferentes regimes tecnológicos, de modo que as externalidades associadas aos fluxos de conhecimento ocorrem em economias que possuem alta absorção e formam estoque de conhecimento e tecnologia. Preocupados com a forte desigualdade regional brasileira, Freitas e Paiva (2015) empregam a análise do mapa do produto (*product space*) de Hidalgo e Hausmann (2009) para investigar as diferenças em padrões de crescimento dos municípios brasileiros. Os autores utilizam dados de comércio exterior com o objetivo de analisar a evolução da sofisticação das exportações dos municípios brasileiros no período de 2002 a 2014. Além disso, são testadas relações de autocorrelação/dependência espacial no nível de sofisticação dos municípios, sendo estimados modelos de análise espacial (SAR e SARMA), a partir da análise exploratória de dados espaciais das exportações por meio do *product space*, da diversidade e da sofisticação nos municípios brasileiros. As evidências encontradas confirmam a tendência de concentração espacial de diversidade nas regiões Sul e Sudeste, com os maiores pólos de complexidade econômica situados no estado de São Paulo e no seu entorno.

Em linha similar, Verheij e Oliveira (2020) adotam os argumentos da complexidade econômica de Hidalgo e Hausmann (2009), com ênfase na importância da estrutura





produtiva, para discutir o desenvolvimento econômico subnacional e a relevância de políticas industriais regionais. Os autores destacam que, embora existam numerosos estudos com foco no crescimento em nível nacional, poucos trabalhos se dispõem a explicar as diferenças inter-regionais e o desenvolvimento subnacional. Assim, a econometria espacial é utilizada para avaliar se a complexidade econômica seria espacialmente dependente entre os municípios brasileiros, com base em dados do ano de 2010. Aplicando *dummies* regionais e variáveis de controle (densidade populacional, capital humano, abertura comercial, participação da agricultura e da indústria no PIB e o índice de Gini) em modelos espaciais SAR e SEM com matrizes de peso em nível municipal, os autores encontram relações robustas de dependência espacial entre a complexidade econômica dos municípios. Isso indica que a complexidade econômica estaria positivamente relacionada ao nível de renda local, podendo criar um ciclo virtuoso em que economias mais complexas tenderiam a ampliar o nível de renda local e melhorar a complexidade econômica futura.

Giovanini, Pereira e Almeida (2022) avaliam os efeitos de transbordamentos da diversidade produtiva para municípios brasileiros. A partir de dados de diversidade efetiva (DATAVIVA) e de outras variáveis (renda per capita, taxa de analfabetismo e temperatura) para 5.570 municípios no ano de 2015, os autores empregam o índice *I* de Moran e os Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA) para testar os efeitos da diversificação sobre o crescimento econômico. Também são estimados modelos espaciais, cujos resultados indicam que a diversificação produtiva gera efeitos diretos de *spillovers* entre os municípios. Não obstante, as estimações espaciais da diversidade efetiva revelam que a maior diversidade produtiva resulta em maiores taxas de crescimento econômico no próprio município, ao mesmo tempo em que as localidades vizinhas apresentam menores taxas de crescimento. Os autores concluem que a tendência de concentração regional da produção nos municípios mais diversificados conduz a um desequilíbrio com aqueles menos diversificados.

Freitas, Britto e Amaral (2024) discutem a relação entre a diversificação das regiões, o grau de relação entre os setores e a complexidade econômica. Para isso, utilizam dados ocupacionais em nível de empresa para avaliar a evolução das estruturas produtivas de municípios brasileiros, agrupados em 558 microrregiões, no período de 2006 a 2016. A inovação do trabalho consiste em criar uma medida de relacionamento para a diversificação industrial regional abrangendo três aspectos de nível micro dentro das empresas: i) a coocupação, que captura o grau de similaridade das ocupações das empresas; ii) a colocalização, que considera a proximidade geográfica de diferentes setores; e iii) a coempresa, que avalia se as empresas operam em mais de um setor. As evidências apontam que a diversificação de uma microrregião em um novo setor



é fundamentalmente moldada pela estrutura produtiva existente em um processo caracterizado pela dependência de trajetória (*path dependence*). Ou seja, as regiões se diversificam ramificando-se em setores semelhantes aos seus setores atuais, ao passo que setores com conexões mais fracas com o cenário industrial regional apresentam maior probabilidade de saída em comparação aos seus equivalentes mais inter-relacionados.

Smolski, Ruffoni e Mascarini (2025) investigam os efeitos da complexidade econômica e da *relatedness* (expressa pela proximidade do conhecimento produtivo) sobre o crescimento econômico das microrregiões brasileiras. O trabalho parte da hipótese de que regiões que avançam em termos de sofisticação e conhecimento produtivo tendem a atingir níveis mais elevados de renda per capita. Os autores estimam modelos econométricos espaciais dinâmicos (SDM, SDGMM-SYS e SDGMM-DIF) utilizando dados de emprego para 59 atividades econômicas de 2002 a 2020 em 558 microrregiões brasileiras. Os resultados revelam que um maior nível de complexidade econômica e de densidade de atividades nas microrregiões está associado a um PIB per capita mais alto. Observa-se, ainda, que a complexidade econômica tem efeitos desiguais sobre o crescimento econômico das microrregiões ao se examinarem diferentes regiões brasileiras.

Diante das evidências apresentadas, este artigo pretende contribuir para a literatura com uma discussão empírica referente à associação da complexidade econômica com a proximidade espacial. O intuito é compreender os efeitos de transbordamentos possíveis entre as localidades a partir do pressuposto de que as habilidades locais desenvolvidas tendem a possuir efeitos mais significativos em regiões próximas (economia de aglomeração) do que em regiões distantes, com efeitos mais robustos entre locais com habilidades mais sofisticadas já desenvolvidas.

### 3. METODOLOGIA E DADOS

A investigação proposta nesta pesquisa é efetivada com base em dados dos municípios dos estados de São Paulo e Minas Gerais para o ano de 2019. A metodologia empregada contempla o cálculo da complexidade econômica dos municípios dos dois estados analisados, a identificação espacial de clusters de complexidade e a estimação de regressões espaciais para captar os efeitos de transbordamento de capacidades de uma região mais complexa para outra. Tais estratégias metodológicas são detalhadas nas subseções a seguir.

#### 3.1. CÁLCULO DO ÍNDICE DE COMPLEXIDADE ECONÔMICA (ECI) DOS MUNICÍPIOS

A elaboração de um indicador capaz de expressar a sofisticação das relações produtivas entre regiões parte da ferramenta matemática conhecida como *método das reflexões*,





desenvolvida por Hidalgo e Hausmann (2009). Esse método mensura iterativamente (*k-ésimas* iterações) o valor médio dos vizinhos de um nó com base em dados do comércio internacional (exportações e importações) ou do emprego (número de trabalhadores por atividade) das localidades relacionadas em uma matriz de adjacência, de modo a produzir um conjunto simétrico de variáveis para os dois tipos de nós na rede (regiões e produtos/atividades).

O método das reflexões permite derivar por meio de dados do comércio internacional (indicador de vantagens comparativas reveladas) ou do emprego (quociente locacional), o índice de complexidade econômica (ECI). De acordo com o Observatory of Economic Complexity (2020), a estimação da complexidade econômica envolve mensurar a complexidade dos locais (países, cidades e regiões) e a das suas respectivas atividades (produtos, indústrias e tecnologias). A metodologia intui que as atividades produzidas ou exportadas em um local carregam informações sobre a sua complexidade, enquanto os locais onde uma atividade está presente carregam informações sobre a complexidade necessária para realizar uma atividade.

Nesta pesquisa, os indicadores da complexidade econômica são elaborados individualmente para cada município dos estados de São Paulo e Minas Gerais a partir dos dados de emprego que cobrem diversas atividades produtivas (vínculos ativos da RAIS nas 656 atividades classificadas pela CNAE 2.0 (classe)). A opção por dados de emprego para o cálculo da complexidade também foi adotada por Freitas, Britto e Amaral (2024) e Smolski, Ruffoni e Mascarini (2025) em análise para microrregiões brasileiras.

Os dados de emprego são utilizados para a construção da matriz de adjacência ( $M_{cp}$ ) para cada estado, e, a partir delas, aplicadas entradas dos quocientes locacionais e posterior iteração. As matrizes de adjacência ( $M_{cp}$ ) representam as atividades ( $p$ ) presentes em uma localização ( $c$ ). Para São Paulo, foram considerados 645 municípios e 656 atividades ( $M_{645 \times 656}$ ), já para Minas Gerais, 853 municípios e 656 atividades ( $M_{853 \times 656}$ ).

Cada entrada nas matrizes de adjacência ( $M_{cp}$ ) é realizada a partir da utilização do quociente locacional (QL), conforme as Equações 1 e 2, a seguir:

$$QL_{SP645,656} = \frac{\frac{\sum_{a=1}^{656} e_{c,a}}{\sum_{c=1}^{645} e_{c,a}}}{\sum_{c=1}^{645} \sum_{a=1}^{656} p_{c,a}} \quad (1)$$



$$QL_{MG853,656} = \frac{\sum_{a=1}^{656} e_{c,a}}{\sum_{c=1}^{853} \frac{\sum_{a=1}^{656} e_{c,a}}{\sum_{c=1}^{853} \sum_{a=1}^{656} e_{c,a}}} \quad (2)$$

em que  $e_{c,a}$  representa o número de empregados no município (c) na atividade (a);

$\sum_{a=1}^n e_{c,a}$  representa o número de empregados no município (c) em todas as 656 atividades;

$\sum_{c=1}^n e_{c,a}$  equivale ao número de empregados na atividade (a) em todos os municípios (853 para Minas Gerais ou 645 para São Paulo);  $\sum_{c=1}^n \sum_{a=1}^n e_{c,a}$  simboliza o número total de

empregados em todos os municípios (c) e em todas as atividades (a).

Cabe ressaltar que o cálculo da complexidade econômica via quociente locacional (QL), com dados de emprego, foi escolhido pela disponibilidade de informações para todos os municípios dos estados analisados. Tal escolha proporciona maior robustez para os propósitos do trabalho, tendo em vista que o outro meio possível de se calcular a complexidade, qual seja, a partir das vantagens comparativas reveladas (VCR), com dados das exportações, acarretaria perdas significativas de dados na amostra, pois parte dos municípios analisados não possui atividades exportadoras.

A partir do cálculo do  $QL_{c,a}$  para cada um dos municípios de cada estado, define-se a matriz de adjacência para São Paulo ( $M_{645 \times 656}$ ) e para Minas Gerais ( $M_{853 \times 656}$ ), realizando cada entrada na matriz atribuindo o valor 1 se  $QL_{c,a} \geq 1$ , e o valor 0 se  $QL_{c,a} < 1$ . Nesse contexto, uma entrada  $M_{c,a} = 1$  revela que o emprego de um município (c) em uma atividade (a) é maior que o esperado para um local do mesmo tamanho e uma atividade com a mesma produção total. Assim, é possível obter as duas medidas de interesse: diversidade, pela Equação 3, e ubiquidade, pela Equação 4, de modo que  $K_{c,o}$ , ainda sem gerar iterações, representa a diversidade da localização, e  $K_{p,o}$ , também sem iterações, remete à ubiquidade do produto.

$$K_{c,o} = \frac{1}{M_c} \sum_p M_{cp} K_p \quad (3)$$



$$K_{p,o} = \frac{1}{M_p} \sum_p M_{cp} K_c \quad (4)$$

Em continuidade, são adotadas iterações ( $K_{p-1}$  e  $K_{c-1}$ ) na matriz  $M_{cp}$ , repetindo o procedimento até refinar os indicadores, conforme as Equações 5 e 6:

$$K_{c,N} = \frac{1}{M_c} \sum_p M_{cp} K_{p-1} \quad (5)$$

$$K_{p,N} = \frac{1}{M_p} \sum_p M_{cp} K_{c-1} \quad (6)$$

De acordo com Hidalgo e Hausmann (2009), os produtos complexos são resultado da combinação de capacidades diversas e exclusivas. A complexidade do produto (PCI) é obtida por meio da iteração entre as medidas de diversidade ( $K_{c,o}$ ) e exclusividade ( $K_{p,o}$ ) elaboradas a partir dos dados de emprego. Já a complexidade da localidade (ECI) é mensurada a partir da participação de produtos complexos no conjunto das atividades. Com o intuito de melhor visualizar e comparar os resultados dos indicadores, gera-se uma transformação Z-score, de acordo com as Equações 7 e 8:

$$PCI = \frac{K_p - \tilde{k}_p}{\sigma(K_p)} \quad (7)$$

$$ECI = \frac{K_c - \tilde{k}_c}{\sigma(K_c)} \quad (8)$$

em que  $PCI$  é o índice de complexidade do produto;  $ECI$  é o índice de complexidade econômica;  $\tilde{k}_p$  e  $\tilde{k}_c$  são médias;  $\sigma(K_c)$  e  $\sigma(K_p)$  representam o desvio-padrão. Conforme a proposta deste artigo, o cálculo dos indicadores é realizado na versão subnacional. Segundo Hidalgo e Hausmann (2009) e *Observatory Of Economic Complexity* (OEC), dados em nível subnacional variam em termos das unidades de observação (províncias, municípios etc.). Dessa forma, para evitar distorções regionais, tais como regiões mais desenvolvidas concentrarem mais empregos em todas as atividades, o indicador ECI é calculado combinando a complexidade do produto (PCI), obtida por meio da iteração entre as medidas de diversidade e exclusividade, ilustrada pela Equação 9:

$$ECI_{c,N} = \frac{1}{M_c} \sum_p M_{cp} PCI_{p-1} \quad (9)$$



### 3.2. MODELOS EXPLORATÓRIOS ESPACIAIS

Conforme a literatura que estuda os padrões de associação espacial em fenômenos econômicos, argumenta-se que a adoção da econometria convencional possui restrições para o tratamento de abordagens que contenham algum caráter espacial. Isso ocorre porque os dados obtidos em situações nas quais o componente espacial é relevante possuem características que ferem pressupostos básicos dos modelos tradicionais. Portanto, alguns fatores precisam ser considerados no tratamento de uma abordagem econométrica espacial, os quais envolvem a heterogeneidade espacial, a análise exploratória de dados espaciais e a dependência/autocorrelação espacial (Anselin, 1988; Lesage, 1998; Elhorst, 2000; Almeida, 2012; Golgher, 2015).

A heterogeneidade espacial, segundo Almeida (2004), diz respeito à falta de estabilidade de comportamento ao longo do espaço. Em termos intuitivos, a heterogeneidade espacial se manifesta quando ocorre instabilidade estrutural no espaço, fazendo com que haja diferentes respostas, dependendo da localidade ou da escala espacial. A consequência prática é a inadequação de se ajustar um mesmo modelo teórico para todo o conjunto de dados. De acordo com Elhorst (2000), a heterogeneidade espacial significa que os parâmetros não são homogêneos ao longo do conjunto de dados, variando com a unidade.

A análise exploratória de dados espaciais (AEDE) consiste em um conjunto de técnicas para descrição e visualização de como os dados espaciais se distribuem, de modo que sua principal finalidade consiste na identificação de possíveis *outliers* e clusters espaciais (Cruz, 2013). O método é utilizado para investigar a distribuição espacial da complexidade econômica entre os municípios de São Paulo e Minas Gerais, com a finalidade de identificar a presença de autocorrelação (dependência espacial) no processo de sofisticação produtiva e evidenciar como se dá a distribuição da complexidade econômica entre os municípios em cada estado. Além disso, pretende-se analisar se há a formação (ou não) de regimes espaciais, ou seja, se há um padrão de concentração ou de distribuição espacial no tempo, possibilitando avaliar aspectos da heterogeneidade dos dados entre as regiões.

O primeiro passo na construção de um modelo espacial consiste na determinação de uma matriz de ponderação espacial ( $W$ ). Conforme Almeida (2012), essa matriz é construída para proporcionar informações acerca do arranjo espacial das iterações derivadas do objeto estudado. Quando criada corretamente, ela é capaz de captar a influência que uma região exerce sobre as outras. A construção da matriz de ponderação espacial é determinada pelo objeto de estudo do pesquisador, que pode assumir diversos critérios (distância, moeda, se falam a mesma língua, se têm relações comerciais etc.), de forma que em cada entrada na matriz é atribuído valor 1 ou 0, conforme os critérios estabelecidos.



Como a proposta do artigo consiste em compreender se habilidades desenvolvidas localmente em regiões complexas têm caráter de transbordamento para regiões próximas, de modo a ser possível encontrar e indicar quais regiões com o tecido produtivo menos sofisticado podem se beneficiar por estarem mais próximas das regiões mais complexas, devido à possibilidade de interação das capacidades já presentes nessas regiões, a matriz de ponderação é construída com base no critério de distância geográfica ( $d$ ) baseada na análise das aglomerações de complexidade.

A matriz  $W_{ij}$  tem entrada 1 se  $d_{ij} \leq d_i(k)$  (se a região estiver dentro do corte geográfico das proximidades de uma região complexa) e entrada 0 se  $d_{ij} > d_i(k)$  (se a região estiver fora do corte geográfico das proximidades de uma região complexa), sendo  $d_i(k)$  a distância de corte para a região  $i$ , considerando  $k$  vizinhos<sup>1</sup>. Conforme Almeida (2012), essa distância crítica não é constante, pois varia de região para região. Dessa forma, por meio da matriz, duas regiões são consideradas vizinhas se estiverem dentro do limite da distância crítica estabelecida pelo pesquisador.

Outro fator importante é constatar a existência de dependência espacial das variáveis envolvidas. Assim, a estatística  $I$  de Moran (1950) se expressa como a ferramenta mais tradicional dentre os indicadores de autocorrelação espacial global. Trata-se de um teste aplicado aos resíduos de uma regressão por mínimos quadrados ordinários (MQO), cuja hipótese nula simboliza que não há dependência espacial, enquanto a hipótese alternativa indica a existência da dependência espacial. O  $I$  de Moran pode ser descrito conforme a Equação 10:

$$I = \frac{n}{\sum \sum W_{ij}} \cdot \frac{\sum \sum W_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (10)$$

sendo,  $W_{ij}$  a matriz de vizinhança entre as regiões  $i$  e  $j$ ;  $y_i - \bar{y}$  e  $y_j - \bar{y}$  representam os desvios em relação às médias;  $n$  retrata o número de regiões.

O valor esperado para o  $I$  de Moran pode ser normalizado para obter resultados entre -1 e 1, caso haja um padrão espacial nos dados. A presença de autocorrelação espacial positiva indica que existe similaridade entre os valores da variável em análise e a localização espacial da variável. Dessa forma, a autocorrelação espacial positiva aponta que altos (baixos) valores de uma variável de interesse ( $y$ ) tendem a estar rodeados por altos (baixos) valores dessa variável ( $y$ ) nas regiões vizinhas ( $W_y$ ). Por outro lado, a presença de autocorrelação espacial negativa aponta para a existência de dissimilaridade dos valores da variável estudada e sua localização espacial, indicando que altos (baixos) valores da variável de interesse ( $y$ ) tendem a estar circundados por baixos (altos) valores dessa variável ( $y$ ) nas regiões vizinhas ( $W_y$ ) (Almeida, 2012; Cruz, 2013).

<sup>1</sup> Assume-se que  $W_{ii} = 0$ .



O diagrama de dispersão de Moran analisa a medida global de associação linear espacial, representado no formato de um quadrante que apresenta quatro tipos de associação linear espacial: alto-alto (AA), em que regiões com valores altos, acima da média, são rodeadas de regiões de altos valores; baixo-alto (BA), em que regiões com baixo valor da variável em interesse são vizinhas de regiões com alto valor; baixo-baixo (BB), em que regiões com baixo valor são circundadas de regiões de baixos valores; e alto-baixo (AB), em que regiões com alto valor da variável de interesse são rodeadas de regiões de baixo valor (Almeida, 2012; Cruz, 2013). A técnica de mapeamento de clusters empregada corresponde ao *Local Indicator of Spatial Association* (LISA). De acordo com Anselin e Florax (1995), o *I* de Moran local, ou LISA, permite captar padrões locais de autocorrelação espacial. No entanto, essa estatística não está totalmente desassociada do *I* de Moran global, sendo uma decomposição deste, contribuindo assim para a análise de cada observação individualmente.

Os resultados provenientes do *I* de Moran local apresentam uma vantagem quanto a sua apresentação. Eles podem ser mapeados, tanto no formato de um mapa de significância LISA, que mostra as regiões com estatísticas *I* de Moran local significativos, bem como pelo mapa de clusters LISA, que agrega as informações do diagrama de dispersão de Moran e o mapa de significância das medidas de associação local ( $I_i$ ), classificando-as nas categorias de associação espacial, a saber: alto-alto, baixo-alto, baixo-baixo e alto-baixo.

Segundo Ertur e Le Gallo (2003), a autocorrelação espacial pode ser definida como a coincidência de similaridade de valores com a similaridade de localização. Nesse sentido, a dependência espacial é determinada por uma noção de espaço relativo ou distância relativa. Elhorst (2000) indica, como exemplo, que um agente pode mudar suas decisões de acordo com condições de mercado na sua região em comparação com outras regiões e com a distância dessas regiões. Portanto, a dependência espacial é, de certa forma, similar à dependência temporal da análise de séries temporais, porém, a grande diferença é que a influência espacial se dá de forma recíproca (a unidade A influencia a B e vice-versa), e não como nas séries temporais, as quais ocorrem sem a reciprocidade ( $t-1$  influencia  $t$ , mas  $t$  não influencia  $t-1$ ).

Um modelo econométrico-espacial envolve a incorporação de defasagens espaciais ao modelo clássico de regressão linear, as quais podem ser incorporadas nas variáveis dependentes, nas variáveis explicativas e/ou nos termos de erro. O modelo clássico de regressão linear é dado pela Equação 11:

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (11)$$

em que  $y$  é um vetor com a variável dependente ( $n \times 1$ );  $X$  é uma matriz ( $n \times k$ ) com as variáveis explicativas exógenas (incluindo a constante);  $\beta$  é um vetor de coeficientes de regressão ( $k \times 1$ ); e  $\varepsilon$  é o vetor ( $n \times 1$ ) dos termos de erro aleatório, sendo  $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n)$ .





A Equação 11 não incorpora nenhuma defasagem espacial, logo, não existe interação espacial entre as regiões. Ao se adicionar o caráter espacial, a Equação 11 toma a forma da Equação 12:

$$y = \rho Wy + X\beta + \varepsilon \quad (12)$$

em que  $\rho$  é o coeficiente de dependência espacial e  $W$  é a matriz de ponderação/peso espacial,  $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I)$ .

Os modelos mais famosos baseados na estrutura espacial são o modelo de defasagem espacial (SAR) e o modelo de erro autorregressivo espacial (SEM), classificados como modelos de dependência espacial de alcance global (MEAG). Os modelos SAR assumem que a variável dependente em um local é influenciada pela variável dependente em seus vizinhos. Já os modelos SEM assumem que os erros de um local estão correlacionados aos erros de outros locais. Isso significa que a precisão da previsão de uma variável em um local é afetada pela precisão da previsão da mesma variável em outros locais. A escolha e a especificação dos modelos são baseadas na distribuição dos dados feita previamente pela AEDE.

O valor do parâmetro espacial ( $\rho$ ) é disposto entre o intervalo  $-1$  e  $+1$ , logo, se  $\rho$  for positivo, há indícios de presença de autocorrelação espacial global positiva. A magnitude do parâmetro espacial sugere que um alto (baixo) valor de  $y$  nas regiões vizinhas aumenta (diminui) o valor de  $y$  na região  $i$ . Em contrapartida, se o parâmetro espacial  $\rho$  for negativo, o resultado remete à presença de autocorrelação espacial global negativa. Finalmente, na hipótese de o parâmetro espacial  $\rho$  não ser significativo, o coeficiente pode ser considerado zero, o que indica evidências de ausência de autocorrelação espacial.

### 3.3. MODELO E VARIÁVEIS

Dentre as diversas abordagens recentes que implicam múltiplas associações empíricas e teóricas com a complexidade econômica, nota-se que são moderados os enfoques atribuídos à dinâmica espacial e sobre como essa relação pode se ramificar ao longo do território a favor da melhora da estrutura produtiva regional. Isso posto, com o intuito de verificar a possibilidade de beneficiamento espacial da sofisticação econômica via proximidade locacional e decorrentes efeitos de transbordamentos de vizinhança, este trabalho discute o caso de duas unidades federativas do território brasileiro – São Paulo e Minas Gerais – que são estruturalmente diferenciadas, mas que apresentam alta relevância em âmbito nacional no que diz respeito aos aspectos econômicos. Desse modo, as estimações espaciais propostas buscam captar uma presumida relação de favorecimento espacial dada pela proximidade de uma região ou cluster de complexidade.



A estratégia empírica empregada consiste em utilizar estimações espaciais SAR, estruturando como variável dependente os indicadores de complexidade econômica (ECI) calculados para os municípios de São Paulo e Minas Gerais no ano de 2019. O objetivo é verificar a relação de significância estatística da variável de interesse proposta ( $W\_ECI\ 2019\ (\rho)$ ), pressupondo que os efeitos de proximidade são relevantes, ou seja, diante de possíveis efeitos espaciais de transbordamento de habilidades, a proximidade geográfica com regiões complexas é capaz de afetar o grau de sofisticação do tecido produtivo de seus vizinhos.

O ano de 2019 foi escolhido por se tratar de um período imediatamente anterior ao da pandemia de covid-19. Cabe reforçar que a essência do quociente locacional (base para o cálculo do ECI) são os dados de emprego, cujo comportamento foi diretamente afetado no período pandêmico (especialmente entre 2020 e 2022). Portanto, para que o choque sobre a ocupação não afetasse a abordagem empírica proposta, optou-se por escolher um ano que oferecesse maior estabilidade dos dados para a estimação.

Desse modo, o modelo geral estimado é dado pela Equação 13, a seguir:

$$ECI_{i2019} = \beta_0 + \beta_1 W\_ECI\ 2019_{it-1} + \beta_2 X_i + \varepsilon_t \quad (13)$$

em que  $ECI_{i2019}$  representa o índice de complexidade econômica (ECI) de cada município, elaborado a partir do método das reflexões;  $W\_ECI\ 2019_{it-1}$  simboliza o índice de complexidade econômica (ECI) ponderado pela matriz de contiguidade do tipo *queen* (vizinhos fronteirizos imediatos de primeira ordem), defasado espacialmente de acordo com os modelos de dependência espacial de alcance global (MEAG); e  $X_i$  representa o vetor de variáveis de controle. O Quadro 1 sistematiza as variáveis utilizadas nas estimações.

A variável dependente do modelo consiste no índice de complexidade econômica (ECI) calculado para cada um dos municípios dos estados de São Paulo e Minas Gerais. As variáveis de controle correspondem às características que podem influenciar no transbordamento e na absorção espacial, conforme os trabalhos da literatura revisada na seção 1 do artigo (Cortinovis; van Oort, 2015; Verheij; Oliveira, 2020; Giovanini; Pereira; Almeida, 2022; Smolski; Ruffoni; Mascarini, 2025).

Assim, empregam-se variáveis que procurem captar a composição produtiva da região em atividades baseadas em recursos naturais ( $D\_RC$ ) e a participação do valor adicionado da indústria no produto interno bruto ( $VAIND/PIB$ ), com o fim de detectar, no tocante à sofisticação das atividades, comportamentos distintos resultantes de padrões diversos de especialização produtiva, seguindo os trabalhos de Verheij e Oliveira (2020), Giovanini, Pereira e Almeida (2022), e Smolski, Ruffoni e Mascarini (2025). Os resultados



obtidos para tais variáveis podem sugerir se o tipo de especialização produtiva regional (baseada em recursos naturais ou maior valor industrial) estariam associados a menores ou maiores incentivos para sofisticar as atividades locais, bem como menores ou maiores retornos de possíveis capacidades adquiridas.

A variável capital humano (*ensino superior*) é adotada como um fator positivo de criação e acúmulo de capacidades e da produtividade local, assim como em Cortinovis e van Oort (2015), Verheij e Oliveira (2020), Giovanini, Pereira e Almeida (2022) e Smolski, Ruffoni e Mascarini (2025). Pressupõe-se que o maior grau de qualificação da força de trabalho otimiza a trajetória de aperfeiçoamento da complexidade econômica. Isso ocorre pela perspectiva de potencial associação positiva entre qualificação (conhecimento) e atividades de alta intensidade tecnológica que demandam habilidades exclusivas, de modo que a concentração regional de indivíduos qualificados (curso superior) oportuniza a criação e aquisição de novas capacidades.

Por último, a variável de renda per capita (*LPIBpc*) é utilizada para expressar a relação da dinâmica econômica regional com a complexidade das atividades, indicando se o nível de desenvolvimento regional é relevante no processo de sofisticação das atividades locais (Cortinovis; van Oort, 2015; Giovanini; Pereira; Almeida, 2022). Espera-se que as regiões mais desenvolvidas apresentem significativa propensão de reunir e aglomerar capacidades não comercializáveis, e, conseqüentemente, sofisticar sua estrutura produtiva.

Cabe ressaltar que as estimações econométricas são efetivadas por meio dos softwares QGIS 3.28 e GeoDA 1.22.

#### Quadro 1 – Definição das variáveis, fontes e sinais esperados

Variáveis	Definição	Fonte	Sinal esperado
<i>ECI</i>	Índice de complexidade econômica para cada município – quatro iterações com o método das reflexões (normalização Z-score).	Elaboração própria a partir de dados de emprego da RAIS.	Variável dependente
<i>W_ECI 2019 (<math>\rho</math>)</i>	Matriz de ponderação espacial (contiguidade de primeira ordem do tipo <i>queen</i> ).	Elaboração própria a partir dos softwares GEODA e QGIS.	Positivo
<i>D_RC</i>	<i>Dummy</i> para atividades baseadas em recursos naturais (1 se o município tem atividade predominante baseada em recursos naturais; 0 para o contrário).	Elaboração própria a partir de dados do IBGE.	Positivo
<i>Capital Humano (Ensino Superior)</i>	Número de pessoas com ensino superior completo.	RAIS	Positivo
<i>LPIBpc</i>	Produto interno bruto real per capita (em log natural).	IBGE	Positivo
<i>VAIND/PIB</i>	Participação do valor adicionado da indústria no produto interno bruto (em %)	Elaboração própria a partir de dados do IBGE.	Positivo

Fonte: Elaboração própria.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. DESCRIÇÃO DO ÍNDICE DE COMPLEXIDADE ECONÔMICA (ECI) DOS MUNICÍPIOS DE SÃO PAULO E MINAS GERAIS

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para o índice de complexidade econômica (ECI) dos 20 municípios mais (menos) complexos do estado de São Paulo em 2019, ao passo que a Figura 1 complementa as informações da Tabela 1 ao ilustrar a distribuição da complexidade dos municípios paulistas<sup>2</sup>.

**Tabela 1 – Ranking da complexidade econômica (ECI) dos municípios do estado de São Paulo (2019)**

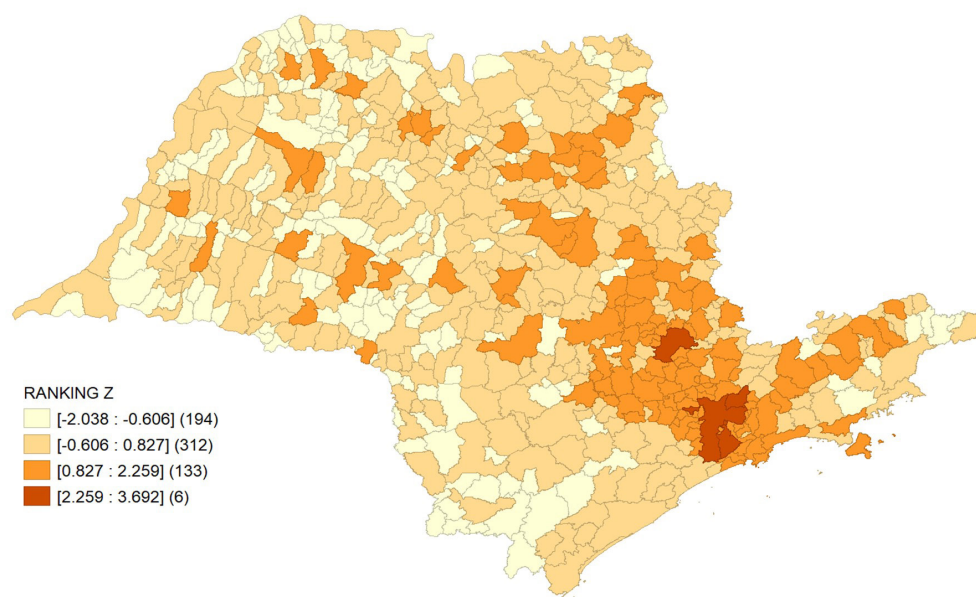
Mais complexos	ECI	Menos complexos	ECI
São Paulo	3,6918	Avaí	-1,6086
Barueri	3,0733	Turiúba	-1,6109
São Bernardo do Campo	2,5245	Queiroz	-1,6132
Campinas	2,5035	Barra do Chapéu	-1,6297
São Caetano do Sul	2,4895	Rubiácea	-1,6411
Guarulhos	2,4886	Bora	-1,6614
Diadema	2,2554	Flora Rica	-1,6673
Bauru	2,2011	Lucianópolis	-1,6727
Indaiatuba	2,1746	Mesópolis	-1,6821
Jundiaí	2,1363	Pracinha	-1,7226
Sorocaba	2,1100	Timburé	-1,7232
Santo André	2,0951	Turmalina	-1,7266
Americana	2,0764	Aspásia	-1,7346
Osasco	2,0739	Nova Castilho	-1,7386
Valinhos	2,0296	Altair	-1,7559
Cotia	2,0086	Balbinos	-1,7927
São Jose dos Campos	1,9916	Cassia dos Coqueiros	-1,8418
Ribeirão Preto	1,9765	Nova Independência	-1,8499
Santos	1,9617	Platina	-1,8843
São José do Rio Preto	1,9177	Uru	-2,0381

**Fonte:** Elaboração própria.

<sup>2</sup> Os resultados para os demais municípios podem ser solicitados diretamente aos autores do trabalho.



**Figura 1 – Distribuição do ECI dos municípios de São Paulo (2019).**



**Fonte:** Elaboração própria.

Os dados revelam uma concentração regional da complexidade em municípios localizados, sobretudo na Mesorregião Metropolitana de São Paulo, totalizando nove municípios (São Paulo, Barueri, São Bernardo do Campo, Guarulhos, Diadema, São Caetano do Sul, Santo André, Osasco e Cotia). Além deles, mais ao interior, destacam-se os municípios de Campinas, São José dos Campos e Ribeirão Preto. A aglomeração da complexidade nessas localidades se justifica pelo acúmulo das capacidades facilitadoras do desenvolvimento de atividades industriais diversificadas, as quais compreendem desde a produção de alimentos e derivados de petróleo até produtos químicos, automóveis e máquinas e equipamentos. Tendo em vista a concentração de capital, mão de obra qualificada e grandes centros de pesquisa e produção intelectual nessas localidades, é possível, a partir da disseminação das capacidades existentes, avançar para a produção e exportação de bens mais complexos.

Em contraponto, ao se considerarem os 20 municípios com os menores indicadores de complexidade, observa-se o distanciamento geográfico em relação às regiões “epicentros de sofisticação” do estado, visto a localização mais ao interior. Tais municípios possuem a economia baseada predominantemente nas atividades agrícolas e de extração vegetal, não contemplando atividades industriais robustas e indutoras de capacidades produtivas mais complexas. Para ilustrar, apenas três dentre os municípios menos complexos, (Queiroz, Barra do Chapéu e Borá) apresentaram desempenho exportador em 2019,



de acordo com dados do MDIC-Comexstat (Brasil, 2023). Assim, o perfil das exportações dos municípios paulistas com menores ECIs reflete a baixa intensidade tecnológica da estrutura produtiva, sendo que as atividades com maior presença da ocupação remetem àquelas com menores valores da complexidade do produto (PCI).

Nesse sentido, é razoável considerar a existência de relações regionais no estado de São Paulo suficientemente capazes de gerar aglomerações de atividades vinculadas a um nível de sofisticação mais elevado. Corroboram essa hipótese de concentração regional da sofisticação produtiva os dados relativos aos indicadores de complexidade do produto/atividade (PCI) e a análise da pauta exportadora via MDIC-Comexstat (Brasil, 2023), a qual assinala a participação de produtos de média e média-alta tecnologia entre os bens mais exportados dos municípios com indicadores ECI mais elevados.

A Tabela 2 exibe os resultados obtidos para o índice da complexidade econômica (ECI) dos 20 municípios mais (menos) complexos em 2019 no estado de Minas Gerais. Em complemento, a Figura 2 apresenta o mapa de distribuição da complexidade dos municípios mineiros.

**Tabela 2 – Ranking da complexidade econômica (ECI) dos municípios de Minas Gerais (2019)**

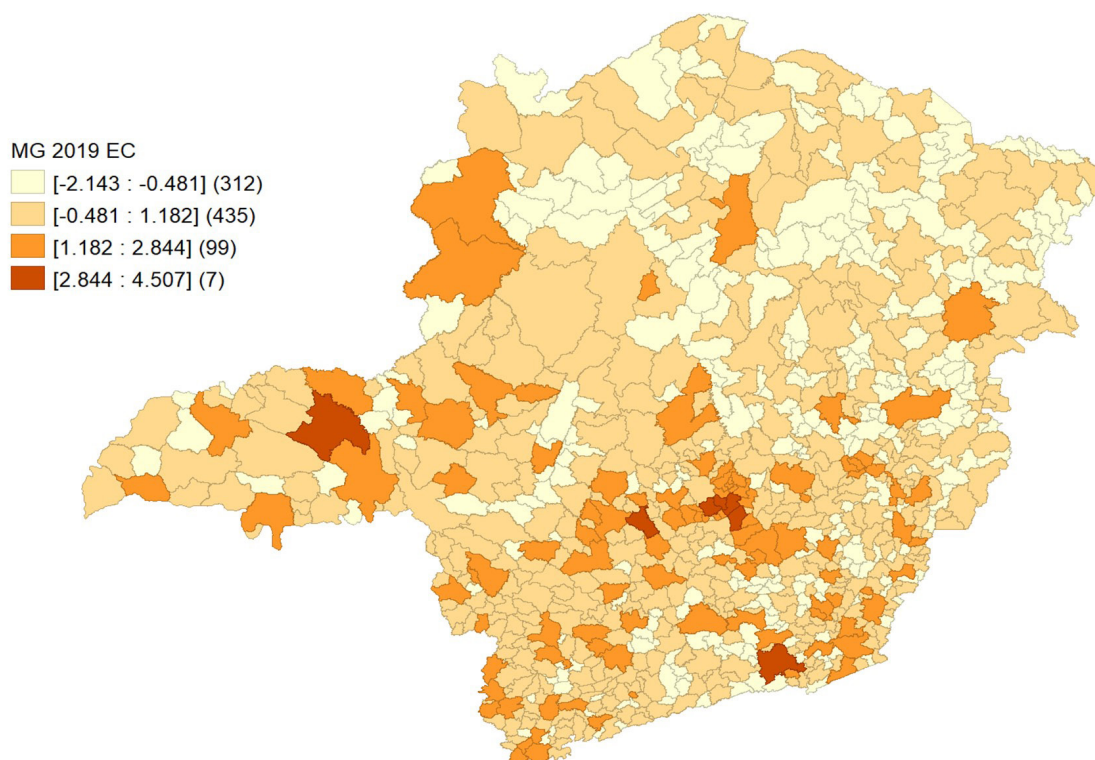
Mais complexos	ECI	Menos complexos	ECI
Belo Horizonte	4,5091	Córrego Novo	-1,5658
Juiz de Fora	3,4919	Serranópolis de Minas	-1,5720
Contagem	3,3901	Santana do Garambéu	-1,5723
Betim	3,3808	Ibiracatu	-1,5884
Uberlândia	3,2712	Tapiraí	-1,5898
Nova Lima	3,0998	Serra Azul de Minas	-1,5934
Divinópolis	2,8663	Fruta de Leite	-1,6071
Ipatinga	2,8136	Presidente Kubitschek	-1,6318
Sete Lagoas	2,8079	Nova Belém	-1,6459
Varginha	2,7982	Santa Fé de Minas	-1,6620
Pouso Alegre	2,7737	Bertópolis	-1,7093
Uberaba	2,7673	Campo Azul	-1,7294
Itajubá	2,6618	Santa Rosa da Serra	-1,7313
Poços de Caldas	2,6387	Pedro Teixeira	-1,7767
Governador Valadares	2,6302	Crisólita	-1,7996
Montes Claros	2,6041	São João do Pacuí	-1,8640
Nova Serrana	2,5760	Antônio Prado de Minas	-1,8839
Extrema	2,5646	Nacip Raydan	-2,0161
Lagoa Santa	2,4822	Frei Lagonegro	-2,0236
Ubá	2,3674	Fronteira dos Vales	-2,1430

**Fonte:** Elaboração própria.





**Figura 2 – Distribuição do ECI dos municípios de Minas Gerais (2019).**



**Fonte:** Elaboração própria.

Em Minas Gerais, embora também seja possível perceber indícios de concentração regional da complexidade, tal comportamento não se mostra tão contundente como o apresentado no caso dos municípios paulistas.

No ano de 2019, os municípios mineiros mais complexos se concentraram principalmente nas mesorregiões Metropolitana de Belo Horizonte, totalizando seis municípios (Belo Horizonte, Contagem, Betim, Nova Lima, Sete Lagoas e Lagoa Santa); Sul e Sudoeste de Minas, com cinco municípios (Varginha, Pouso Alegre, Itajubá, Poços de Caldas e Extrema); e Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, com dois municípios (Uberlândia e Uberaba). Cabe registrar que os municípios mais complexos, além de concentrarem importantes indústrias do estado, reúnem capacidades produtivas mais sofisticadas por meio de respeitáveis instituições públicas de ensino e centros de pesquisa e inovação que promovem e disseminam conhecimento e tecnologia. Além disso, tais localidades se beneficiam de localização geográfica privilegiada, seja porque se encontram aglomeradas em torno da capital Belo Horizonte, ou porque estão próximas à fronteira com os estados de São Paulo e Goiás, representando importantes centros logísticos nacionais.

Por outro lado, os municípios mineiros menos complexos são pertencentes às mesorregiões economicamente menos dinâmicas do estado – Norte de Minas, com seis municípios



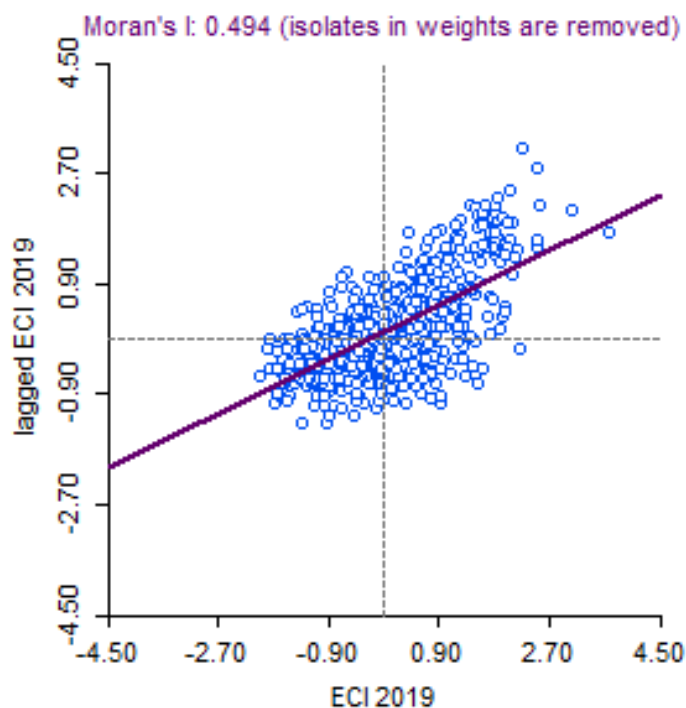
(Serranópolis de Minas, Ibiracatu, Fruta de Leite, Santa Fé de Minas, Campo Azul e São João do Pacuí); Vale do Rio Doce, com quatro municípios (Córrego Novo, Nova Belém, Nacip Raydan e Frei Lagonegro); e Vale do Mucuri, com três municípios (Bertópolis, Crisólita e Fronteira dos Vales). Tais localidades exibem um padrão espacial de baixa complexidade das atividades, centrado basicamente na exploração agrícola e extrativista, o que assinala a dificuldade de se proverem encadeamentos regionais produtivos vinculados a um nível de sofisticação mais elevado.

## 4.2. DESCRIÇÃO DAS AGLOMERAÇÕES ESPACIAIS

A identificação de dependência espacial para o índice de complexidade econômica (ECI) nos municípios dos estados de São Paulo e Minas Gerais é feita por intermédio do diagrama de dispersão de Moran (*I* de Moran local) e dos indicadores locais de associação espacial (LISA), que revelam a formação de clusters espaciais capazes de capturar padrões locais de autocorrelação espacial (*I* de Moran local estatisticamente significativo).

As Figuras 3 e 4 representam o diagrama de dispersão de Moran para os municípios de São Paulo e Minas Gerais, respectivamente, e assinalam a presença de autocorrelação espacial positiva entre os indicadores de complexidade econômica dos municípios nos dois estados no ano de 2019.

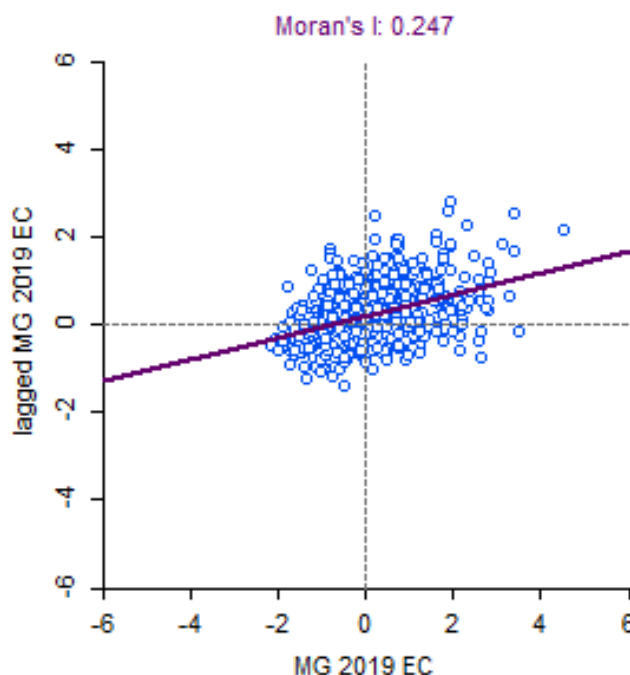
**Figura 3 – Diagrama de dispersão *I* de Moran univariado da complexidade econômica dos municípios de São Paulo (2019).**



Fonte: Elaboração própria



**Figura 4 – Diagrama de dispersão / de Moran univariado da complexidade econômica dos municípios de Minas Gerais (2019).**



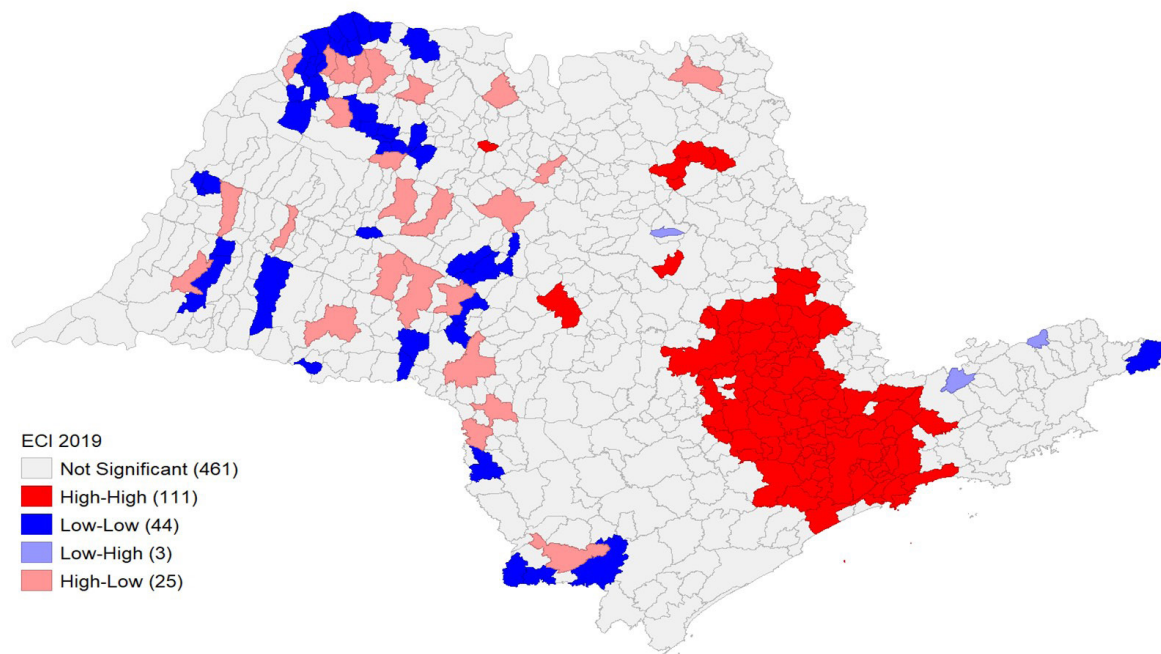
**Fonte:** Elaboração própria.

Os coeficientes *I* de Moran positivos de 0,494 (São Paulo) e 0,247 (Minas Gerais) sugerem a existência regional de um padrão de associação espacial da sofisticação produtiva nos estados analisados, cujos municípios com indicadores de complexidade semelhantes estão relacionados por proximidade espacial. Assim, os resultados para o *I* de Moran local e para o diagrama de dispersão preconizam uma relação de similaridade espacial entre municípios mais (ou menos) sofisticados dada pela proximidade das regiões. Essa evidência sugere que a relação espacial baseada na distribuição da estrutura produtiva dos municípios de São Paulo e Minas Gerais respondem a uma dinâmica de beneficiamento (ou desfavorecimento), dada a proximidade de regiões mais (ou menos) complexas.

Em linha, os mapas de clusters resultantes das aplicações do indicador LISA, conforme Figuras 5 e 6, retratam a localização geográfica e o tipo de associação espacial das relações de sofisticação das atividades nos municípios de São Paulo e Minas Gerais, respectivamente. É possível observar padrões de aglomerações locais interessantes, especialmente sobre como ocorre a distribuição da dinâmica espacial da complexidade econômica nos estados em análise. No que diz respeito aos municípios de São Paulo, a Figura 5 apresenta evidências que tendem a corroborar a hipótese acerca do beneficiamento espacial da sofisticação produtiva. A clara aglomeração de clusters do tipo alto-alto nas mesorregiões Metropolitana de São Paulo, Macro Metropolitana Paulista e de Campinas sinaliza o processo de associação espacial local da complexidade econômica nos municípios.

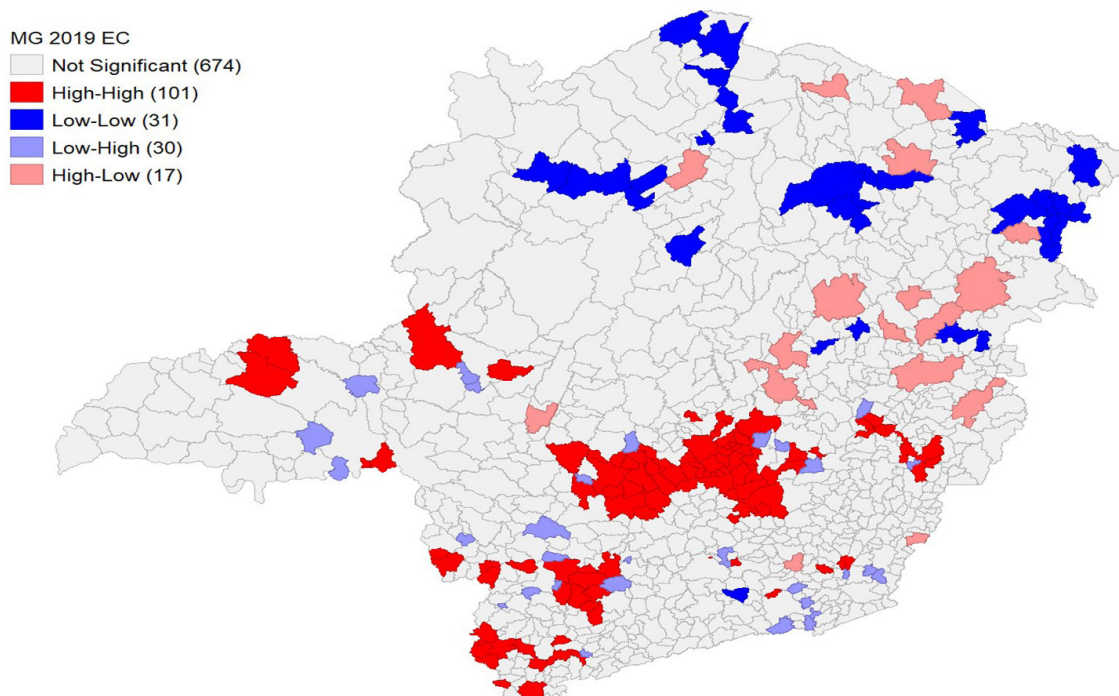


**Figura 5 – LISA: ECI dos municípios de São Paulo (2019).**



**Fonte:** Elaboração própria.

**Figura 6 – LISA: ECI dos municípios de Minas Gerais (2019).**



**Fonte:** Elaboração própria.



Ainda, a forte concentração dos clusters de complexidade nas regiões metropolitanas paulistas sugere, em certa medida, que o tipo de produto/atividade também é relevante para os efeitos de aglomeração espacial. Tal inferência é baseada na intensidade tecnológica e sofisticação das atividades normalmente exercidas nos clusters do tipo alto-alto na região – aglomerações formadas por associação espacial entre municípios que apresentam maiores níveis de complexidade das atividades. Pela via das atividades exercidas, tem-se a centralização das atividades financeiras, enquanto pelo prisma da intensidade tecnológica, em 2019, a composição da pauta exportadora de São Paulo foi constituída predominantemente por bens de média e alta intensidade tecnológica, envolvendo: veículos automóveis, tratores, ciclos e outros veículos terrestres, suas partes e acessórios; reatores nucleares, caldeiras, máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos e suas partes; aeronaves e aparelhos espaciais e suas partes; máquinas, aparelhos e materiais elétricos e suas partes (Brasil, 2023). É útil sublinhar que São Paulo, em se tratando de diversidade, consiste no estado com maior representação na economia brasileira, contando, em média, com 1.108 produtos exportáveis (DATAVIVA, 2022).

Para os municípios de Minas Gerais, a partir dos resultados do LISA (Figura 6), é admissível considerar que os clusters de complexidade são formados por três tipos: alto-alto, baixo-baixo e baixo-alto. Tal distribuição local sugere que, mediante a formação de clusters espaciais em algumas localidades mineiras, há a manifestação de certo grau de associação espacial entre a sofisticação das atividades.

A formação de clusters do tipo alto-alto é mais evidente. Esse tipo de cluster é formado, sobretudo, em regiões de maior nível de dinamismo, como é o caso das regiões metropolitanas e cidades vizinhas à capital Belo Horizonte, incluindo as mesorregiões Central e Centro-Oeste de Minas. Tais localidades compõem a formação do maior cluster do tipo alto-alto no estado, e são caracterizadas pela concentração de parte significativa dos municípios com maior complexidade econômica (ECI), conforme a Tabela 2.

Além das mesorregiões supracitadas, observa-se que as regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba e Sul e Sudoeste de Minas também apresentaram formação de clusters do tipo alto-alto. Por conseguinte, tais localidades exibem um padrão de beneficiamento espacial devido ao dinamismo proporcionado pela estrutura produtiva e pelas atividades mais sofisticadas, além da localização geográfica privilegiada, indicando, por suposição, uma relação espacial positiva.

Considerando a heterogeneidade entre as mesorregiões mineiras, chama atenção a localização dos clusters do tipo baixo-baixo. Regiões com um padrão associativo entre municípios de baixa complexidade econômica se concentram nas mesorregiões do Norte de Minas, Vale do Jequitinhonha e Vale do Rio Doce. Assim, a distribuição espacial entre os clusters alto-alto e baixo-baixo parece confirmar a divisão e o beneficiamento da sofisticação das atividades em Minas Gerais.





Merece destaque o caso do Norte de Minas, que é caracterizado pela baixa complexidade e, conseqüentemente, encontra dificuldades de alavancar sua estrutura produtiva via transbordamento das aglomerações regionais. Assim, é possível inferir que tal localidade caminha em direção ao aprofundamento da *quiescence trap*. De acordo com Hausmann e Hidalgo (2010), a escalada da sofisticação produtiva de uma economia está subordinada à busca pela complementaridade de capacidades entre as atividades existentes. Economias com baixa sofisticação tendem a se deparar com maiores adversidades para reunir e aplicar de forma útil as capacidades, em contraste com aquelas que já apresentam uma estrutura produtiva sofisticada, de forma que, em um cenário de capacidades restritas ou concentradas em atividades de baixo adensamento, as chances de se desenvolver uma nova habilidade e gerar um adensamento produtivo que resulte em novos produtos são menos exitosas.

Vale ressaltar que o estado de Minas Gerais apresentou avanço significativo dos produtos baseados em recursos naturais em sua estrutura produtiva ao longo dos anos 2000, tendo como predominantes em seu desempenho exportador minério de ferro, ferro fundido e café, bem como diversas atividades de baixa e média intensidades tecnológicas ligadas à exploração dos recursos naturais. Tal característica produtiva-exportadora ajuda a explicar a formação de clusters do tipo alto-alto mais dispersa no território, sugerindo que o padrão de especialização do estado no tipo de produto/atividade prediz uma relação menos intensa entre concentração de recursos naturais e transbordamentos espaciais resultantes da aglomeração e do beneficiamento da sofisticação.

### 4.3. ESTIMAÇÕES ESPACIAIS

A hipótese de beneficiamento espacial da sofisticação das atividades entre os municípios de São Paulo e Minas Gerais é analisada por meio dos resultados das estimações dos modelos econométricos espaciais. Todos os modelos foram estimados pelo método de máxima verossimilhança.

Como é habitual na literatura que utiliza aplicações espaciais, estimou-se preliminarmente o modelo clássico de regressão linear (sem componente espacial), para, posteriormente, serem adotadas medidas para averiguar a existência de autocorrelação (dependência) espacial. A partir dos testes espaciais, é possível apontar qual das versões (com ou sem componente espacial) é a mais apropriada para a explicação da hipótese levantada no estudo. Caso os testes revelem presença de dependência espacial, é preciso se considerarem os pesos espaciais nas estimações.

As Tabelas 3 e 4 exibem os resultados dos modelos estimados para os municípios dos estados de São Paulo e Minas Gerais, respectivamente. Cabe destacar que as estimações do modelo clássico de regressão linear apresentaram os sinais esperados para as variáveis





**Tabela 3 – Estimativas dos modelos de dependência espacial de alcance global para os municípios de São Paulo – variável dependente: ECI São Paulo (2019)**

Variáveis	Sem componente espacial	Com componente espacial
	Regressão clássica	Spatial lag (SAR)
<i>W_ECI 2019 (<math>\rho</math>)</i>		0,5441* (0,0353)
<i>D_RC</i>	-0,9832* (0,1129)	-0,8185* (0,0938)
<i>VAIND/PIB</i>	0,9551*** (0,2955)	0,4869 (0,2955)
<i>Capital humano (ensino superior)</i>	2,703e-06* (5,244e-07)	1,999e-06* (4,323e-07)
<i>LPIBpc</i>	1,5450* (0,1762)	1,1316* (0,1484)
Constante	-5,1158* (0,6320)	-5,1158* (0,6319)
N	645	645
R-squared	0,3378	0,5479
Moran's I (error)	13,0694* (0,0000)	
Lagrange Multiplier (lag)	271,9135* (0,0000)	
Robust LM (lag)	106,9522* (0,0079)	
Lagrange Multiplier (error)	165,6335* (0,0000)	
Robust LM (error)	0,6721 (0,41231)	
Lagrange Multiplier (SARMA)	272,5857* (0,0000)	
Akaike	1.573,54	1.369,84
Breusch-Pagan test	149,8332* (0,0000)	
Koenker-Bassett test	151,4293* (0,0000)	

(\*) (\*\*) (\*\*\*) indicam 1%, 5% e 10% de significância estatística, respectivamente. Erros-padrões entre parênteses.

Fonte: Elaboração própria.

**Tabela 4 – Estimativas dos modelos de dependência espacial de alcance global para os municípios de Minas Gerais – variável dependente: ECI Minas Gerais (2019)**

Variáveis	Sem componente espacial	Com componente espacial
	Regressão clássica	Spatial lag (SAR)
<i>W_ECI 2019 (<math>\rho</math>)</i>		0,2196* (0,0416)
<i>D_RC</i>	-0,9360* (0,1222)	-0,9048* (0,1193)
<i>VAIND/PIB</i>	0,4634 (0,3014)	0,3683 (0,2945)
<i>Capital Humano (Ensino Superior)</i>	1,831e-05* (2,477e-06)	1,707e-05* (2,418e-06)
<i>LPIBpc</i>	2,1760* (0,1671)	1,9944* (0,1713)
Constante	-9,2303* (0,6771)	-8,4901* (0,6963)
N	853	853
R-squared	0,3760	0,4022
Moran's I (error)	5,4604* (0,0000)	
Lagrange Multiplier (lag)	34,7261* (0,0000)	
Robust LM (lag)	7,0525*** (0,0079)	
Lagrange Multiplier (error)	28,4255* (0,0000)	
Robust LM (error)	0,7520 (0,3858)	
Lagrange Multiplier (SARMA)	35,4780* (0,0000)	
Akaike	2.026,91	1.999,8
Breusch-Pagan test	149,8332* (0,0000)	
Koenker-Bassett test	151,4293* (0,0000)	

(\*) (\*\*) (\*\*\*) indicam 1%, 5% e 10% de significância estatística, respectivamente. Erros-padrões entre parênteses.

Fonte: Elaboração própria.



que caracterizam a composição produtiva ( $D\_RC$  e  $VAIND/PIB$ ), a renda ( $LPIBpc$ ) e o capital humano (*ensino superior*). Por conseguinte, os resultados sem o componente espacial indicaram que um arranjo produtivo baseado em atividades tipificadas como recursos naturais se mostra negativamente relacionado à sofisticação produtiva. Por outro lado, o avanço em atividades industriais que remetem a uma maior intensidade tecnológica sugere o beneficiamento da complexidade advindo dessa inclinação produtiva. No entanto, a significância estatística da variável  $VAIND/PIB$  foi encontrada apenas nas estimações para os municípios paulistas.

Na sequência, foram adotados procedimentos para a verificação de dependência espacial por meio da análise das estatísticas Moran's I (error), do Lagrange Multiplier (lag) ( $LM\rho$ ) e do Lagrange Multiplier (error) ( $LM\lambda$ ) nas relações de complexidade dos municípios dos estados de São Paulo e Minas Gerais. Para estimar a autocorrelação espacial, utilizou-se uma matriz de ponderação espacial (contiguidade) de primeira ordem do tipo *queen*, ou seja, relacionando os vizinhos fronteiros (ver Figuras A1 e A2 do Apêndice A).

As estimações foram baseadas em modelos de dependência espacial de alcance global (MEAG), que são qualificados por acomodarem a dependência espacial de tal modo que os transbordamentos resultantes são distribuídos de forma global, ou seja, os impactos na variável dependente de uma região conduzem a uma transmissão desse impacto às demais regiões do estudo a partir do multiplicador espacial. Neste trabalho, justifica-se o emprego do MEAG por meio dos modelos de defasagem espacial (SAR), tendo em vista que o intuito é verificar se as capacidades reunidas nas atividades e nos municípios mais complexos transbordam para os demais municípios dos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Os resultados dos testes espaciais revelam a adequação do modelo de defasagem espacial (SAR) para a análise – a estatística *Robust LM (error)* não foi significativa, bem como a estatística de Akaike se mostrou menor do que a obtida em estimações do modelo de erro autorregressivo espacial (SEM). De acordo com Almeida (2012), o modelo SAR indica que a variável dependente de uma determinada região ( $y$ ) é influenciada pela variável dependente na vizinhança ( $Wy$ ), bem como pelos valores das variáveis explicativas ( $X$ ), e que, devido à multidirecionalidade das relações espaciais (matriz espacial de contiguidade do tipo *queen*, ver Figuras A1 a A4 no Apêndice A), as variáveis dependentes vizinhas promovem um comportamento de causação circular.

Nas Tabelas 3 e 4, os resultados do modelo SAR sugerem que, em ambos os estados, a sofisticação das atividades em um determinado município influencia a sofisticação das cidades vizinhas ( $\rho > 1$ ). Dessa maneira, é razoável ponderar a presença de um beneficiamento pela proximidade de uma região com maior dinâmica de complexidade das atividades produtivas (efeitos positivos de transbordamento espacial para a localidade).



Resultados semelhantes podem ser observados nos trabalhos de Verheij e Oliveira (2020) para os municípios brasileiros, bem como em Giovanini, Pereira e Almeida (2022) e Smolski, Ruffoni e Mascarini (2025), em investigações para as microrregiões brasileiras.

Assim, as evidências sugerem que a melhoria da sofisticação de uma região está ligada à melhoria da sofisticação das regiões vizinhas, hipótese plausível quando se considera que a aquisição e reunião de capacidades é um processo necessário para a diversificação de novas atividades/produtos e desenvolvimento de habilidades exclusivas. No que diz respeito aos fatores estruturais vinculados à diversificação e não ubiquidade, a capilaridade desse beneficiamento aparenta ser mais robusto em regiões mais próximas, enquanto regiões mais distantes não indicam ter a sofisticação da sua estrutura produtiva influenciada diretamente.

Cabe destacar ainda a abordagem da proximidade e probabilidade de coexportação, em que o tipo de atividade/produto é capaz de prover maior dispersão ou concentração do mapa do produto (*product space*). Conforme Hidalgo e Hausmann (2009), quanto maiores a similaridade e a proximidade dos produtos em vantagens comparativas no tecido produtivo da região, maiores são as possibilidades de se incorrer em um processo de sofisticação da estrutura produtiva. Isso porque as capacidades básicas necessárias já estão desenvolvidas localmente, de modo que se torna mais fácil expandir e se desenvolver para uma atividade correlata que exija capacidades similares. Nessa linha, os resultados das estimções espaciais assinalam que a localização pode ser considerada fator relevante para o transbordamento de atividades e produtos que possuam capacidades próximas, favorecendo, quando bem-sucedidos, a formação de clusters de sofisticação.

Relacionando os resultados encontrados com o indicador LISA e as estimções espaciais no modelo SAR, as principais concentrações de sofisticação indicam um efeito de transbordamento mais localizado, evidenciando a relação entre a complexidade das atividades de uma região e os vizinhos mais próximos, de forma que a extensão do transbordamento não aparenta ser tão longa e muito menos para toda a região em análise. Na verdade, as ramificações e aglomerações parecem surgir a partir de um “epicentro de sofisticação” (município relevante e/ou região metropolitana) capaz de reunir e liderar parte significativa das atividades e produtos mais sofisticados, beneficiando os municípios de maior proximidade.

Sob esse aspecto, é possível distinguir o processo de beneficiamento espacial apresentado nos municípios paulistas e mineiros, ressaltando a magnitude do sinal apresentado nas estimções SAR. Os municípios paulistas exibem um espriamento mais robusto e eficiente na formação de clusters de complexidade, sugerindo que a natureza das atividades pode influenciar diretamente no transbordamento espacial. Assim, o tipo de especialização produtiva tem consequências diferentes sobre o processo de sofisticação



e disseminação no espaço, visto que algumas atividades e produtos possuem uma rede densa de conexões, permitindo que a região desenvolva várias capacidades, enquanto outros não possuem o mesmo efeito.

Os resultados apresentados pelas variáveis que caracterizam a composição produtiva ( $D\_RC$  e  $VAIND/PIB$ ) no modelo espacial corroboram essa interpretação. O coeficiente negativo e estatisticamente significativo da variável que capta o efeito da estrutura produtiva baseada em recursos naturais ( $D\_RC$ ) e o coeficiente positivo e estatisticamente significativo da variável que capta o efeito da presença do setor industrial ( $VAIND/PIB$ ) sinalizam porque o estado de São Paulo, caracterizado por uma estrutura produtiva mais complexa baseada em atividades de média e alta tecnologia, possui adensamentos mais concentrados.

Por outro lado, para Minas Gerais, apenas a composição produtiva baseada em recursos naturais ( $D\_RC$ ) se mostra estatisticamente relevante, o que justifica a formação mais dispersa de seus clusters de complexidade pelos baixos efeitos de transbordamento de atividades menos complexas. Essa evidência também foi encontrada por Verheij e Oliveira (2020), os quais sugerem que a insignificância da participação do setor industrial no PIB para o adensamento produtivo é refletida pelo fato de estados brasileiros (como é o caso de Minas Gerais) apresentarem baixa participação relativa do setor industrial na economia, e, principalmente, das exportações de produtos manufaturados, o que dificulta a disseminação das capacidades produtivas existentes para produtos novos e mais complexos.

Quanto às variáveis de controle, os resultados evidenciam a relevância dos fatores estruturais para o processo de aprimoramento da complexidade das regiões. A parcela da população com ensino superior completo (*ensino superior*), variável utilizada como representação do potencial de qualificação da população, exibe efeitos positivos com a complexidade das atividades nos municípios de São Paulo e Minas Gerais. Assim, em conformidade com as evidências obtidas por Cortinovis e van Oort (2015), Giovanini, Pereira e Almeida (2022) e Smolski, Ruffoni e Mascarini (2025), é possível estabelecer que quanto maior a parcela qualificada da mão de obra, maior será a capacidade regional de desenvolvimento de capacidades não comercializáveis, as quais são imprescindíveis para a sofisticação e o desenvolvimento regional.

A variável de renda ( $PIBpc$ ), utilizada para denotar a dinâmica econômica dos municípios, também apresenta coeficientes positivos nos modelos para ambos os estados, indicando uma relação favorável da dinâmica regional com a complexidade da estrutura produtiva. Tais resultados também foram encontrados em Verheij e Oliveira (2020) e Smolski, Ruffoni e Mascarini (2025).



Vale considerar ainda que renda e sofisticação produtiva, quando em um cenário de prosperidade, podem coexistir em um processo de retroalimentação, como apontado por Smolski, Ruffoni e Mascarini (2025). Quando a região é capaz de reunir capacidades para diversificar e melhorar sua dinâmica produtiva, isso eleva a renda no longo prazo, ao passo que uma renda mais elevada é associada a uma demanda por bens mais complexos, induzindo a região a continuar em uma escalada de sofisticação.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo investiga a hipótese de beneficiamento espacial da complexidade das atividades e dos produtos nos municípios de São Paulo e Minas Gerais, pressupondo que a proximidade com regiões mais complexas incitaria uma relação de transbordamento positivo resultante da aquisição e acumulação de capacidades não comercializáveis localmente desenvolvidas, sobretudo nas regiões com maior diversidade produtiva. Dessa forma, regiões mais próximas podem ser as principais beneficiadas no processo de difusão espacial das habilidades e condições estruturais.

O artigo apresenta três contribuições: i) o cálculo do Índice de complexidade econômica (ECI) para todos os municípios de São Paulo e Minas Gerais, com dados do emprego, possibilitando a visualização espacial da complexidade no território; ii) a instrumentalização do *I* de Moran e do indicador local de associação espacial (LISA) para a identificação de dependência espacial e compreensão da formação espacial de clusters de complexidade; e iii) a estimação de regressões espaciais baseadas em modelos de dependência espacial de alcance global (MEAG), com a finalidade de testar a disseminação espacial de uma região mais complexa para outras.

Os resultados encontrados apontaram para a existência de relações de dependência espacial da complexidade das atividades. A mensuração do ECI para os municípios de São Paulo e Minas Gerais indica a existência de efeitos regionais, especialmente quando se notam os padrões regionais de concentração dos municípios mais (menos) complexos. As regiões metropolitanas de São Paulo e de Minas Gerais simbolizam grandes “epicentros de sofisticação”, bem como os municípios de maiores portes e dinâmicas econômicas mais vigorosas, cujas capacidades diversas conseguem transbordar espacialmente.

Diante dos indícios de dependência espacial nas regiões em análise, a investigação procedeu a aferição do *I* de Moran e do LISA para testar a existência de dependência espacial e a formação de clusters de complexidade no espaço. As estatísticas espaciais indicaram autocorrelação espacial positiva entre a complexidade (ECI) dos municípios paulistas e mineiros. Os diagramas de dispersão de Moran revelaram um padrão de associação espacial no qual municípios com indicadores semelhantes de complexidade das atividades se mostram relacionados por proximidade espacial.



Em linha, o indicador LISA sinalizou a formação de clusters de complexidade nos municípios paulistas e mineiros. Os processos de disseminação e aglomeração da complexidade entre os municípios despertam atenção para as distintas concentrações exibidas, de maneira que os clusters dos municípios paulistas são mais concentrados e possuem ligações mais robustas, ao passo que os clusters dos municípios mineiros são mais dispersos.

A partir das diferenças regionais observadas, é possível inferir que o tipo de produto e de atividade exercidas são fatores fundamentais para o processo de aglomeração da complexidade. A configuração produtiva do estado paulista é fortemente baseada em atividades com maior grau de sofisticação e intensidade tecnológica, cujas evidências apontam para significativos adensamentos e probabilidades de fomento em setores similares. Em contraposição, o estado mineiro é pautado em atividades baseadas em recursos naturais, o que obstaculiza a sofisticação e exerce efeitos limitantes para a transição em direção à produção mais diversificada e não ubíqua. Do ponto de vista do beneficiamento regional, uma estrutura produtiva concentrada em recursos naturais e de baixa intensidade tecnológica apresenta maior dificuldade de proporcionar os efeitos positivos de transbordamento da complexidade. Assim, a possibilidade de se gerarem encadeamentos setoriais (de maiores extensões) é inferior. A especificidade regional e a dotação de fatores com vantagens comparativas (que limitam a diversificação) podem ajudar a explicar esse efeito de propagação mais limitado.

Confirmada a dependência espacial, regressões espaciais baseadas em modelos de dependência espacial de alcance global (MEAG) foram estimadas para testar se seria verossímil o transbordamento espacial de uma região mais complexa para outras. Os resultados revelaram que o processo de sofisticação da estrutura produtiva possui um componente espacialmente dependente, indicando que as relações de vizinhança são relevantes e não mutuamente isoladas.

Desse modo, é possível sinalizar um cenário de causalidade circular entre os agentes, tanto para o sentido de prosperidade, influenciando a escalada da complexidade, quanto na direção da “*quiescence trap*”, considerando que regiões com baixa sofisticação tendem a se deparar com maiores gargalos para reunirem e aplicarem suas capacidades de forma eficiente. Em um cenário de capacidades restritas ou concentradas em atividades de baixo adensamento, as chances de se desenvolver uma nova habilidade e, porventura, gerar um adensamento produtivo com capacidades já existentes que resultem em novos produtos (diversificação) se tornam menos exequíveis.

As evidências obtidas permitem sugerir que políticas públicas de incentivo regional têm potencial de oportunizar um impulso de sofisticação. Alguns elementos são basilares nesse processo, de modo que o triunfo do aprimoramento da estrutura produtiva se encontra em duas frentes principais de atuação: i) alavancar capacidades locais, ponderando que a essência da diversificação produtiva e da não ubiquidade repousa nas habilidades





não comercializáveis desenvolvidas localmente, assim, o desafio da política pública é evidenciado no estímulo para criação, reunião e realização de capacidades em atividades produtivas mais complexas; ii) identificar as aglomerações de sofisticação, de forma que se possam detectar quais regiões e tipos de produtos são mais (menos) pujantes no transbordamento regional. Logo, a compreensão e a identificação da diversidade espacial são condições indispensáveis para o desenho de políticas públicas regionais eficazes no estabelecimento de uma trajetória de aprimoramento da complexidade econômica.

Os resultados também ajudam a embasar a perspectiva do desenvolvimento regional, posto que o avanço da complexidade das atividades e dos produtos guarda relação positiva de longo prazo com o crescimento econômico. Ademais, a diversificação é uma estratégia eficiente para o desenvolvimento. Este trabalho contribui com evidências que revelam que o êxito em sofisticar a estrutura produtiva de uma localidade não limita os efeitos positivos apenas àquele território. Nesses termos, identificar e fomentar potencialidades regionais em localidades “epicentros” configuram uma estratégia para políticas públicas de cooperação e estímulo a sistemas inovativos, com foco na expansão de capacidades não comercializáveis, e, por conseguinte, em um ciclo virtuoso de sofisticação.

Vale reforçar ainda a importância de se identificar a natureza da atividade e do produto a serem estimulados com o propósito de transbordamentos espaciais. O conjunto de medidas estruturais capazes de beneficiar a diversificação está majoritariamente contido em atividades com expressiva presença de capital humano qualificado, intensidade tecnológica e outras habilidades complexas. Portanto, o estímulo a essas atividades constitui estratégia eficiente em suscitar diversificação, não ubiquidade e transbordamentos regionais.

Por fim, cabe destacar que a estratégia metodológica empregada na investigação possui algumas limitações que devem ser mencionadas. A consideração de somente dois estados – São Paulo e Minas Gerais – no cálculo de complexidade deve ser tratada com cuidado, pois os indicadores de complexidade são tradicionalmente elaborados de forma relativa a outras regiões. Assim, quando se calcula a complexidade restringindo as informações para os municípios de dois estados, perde-se o componente relativo aos municípios de outros estados brasileiros.

Além disso, ao se restringir a investigação aos municípios pertencentes aos estados de São Paulo e Minas Gerais, as análises espaciais permanecem confinadas dentro dos limites estaduais. Contudo, tais estados fazem fronteira com diversos outros estados brasileiros, de modo que as relações com municípios fronteiriços, mesmo em diferentes estados, podem ser importantes para captar os efeitos de aglomerações de capacidades alavancadoras da sofisticação produtiva. Portanto, perde-se o componente de transbordamentos de municípios que fazem fronteira com municípios de outros estados. Esse aspecto não fez parte do escopo deste artigo, mas compõe agenda futura de pesquisa para uma compreensão completa das interações espaciais presentes nas regiões.



## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. **Curso de econometria espacial aplicada**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2004.
- ALMEIDA, E. **Econometria espacial aplicada**. Campinas: Alínea, 2012.
- ANSELIN, L. **Spatial econometrics: methods and models**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. DOI: <http://doi.org/10.1007/978-94-015-7799-1>.
- ANSELIN, L.; FLORAX, J. G. M. Small sample properties of tests for spatial dependence in regression models: some further results. *In*: ANSELIN, L.; FLORAX, R. J.G. M. (ed.). **New directions in spatial econometrics**. Berlin: Springer, 1995. (Advances in Spatial Science). DOI: [http://doi.org/10.1007/978-3-642-79877-1\\_2](http://doi.org/10.1007/978-3-642-79877-1_2).
- BALLAND, P. A. *et al.* Complex economic activities concentrate in large cities. **Nature Human Behaviour**, London, v. 4, n. 3, p. 248-254, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1038/s41562-019-0803-3>. PMID:31932688.
- BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC. Estatísticas do comércio exterior**. Brasília: MDIC, 2023. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- CORTINOVIS, N.; VAN OORT, F. Variety, economic growth and knowledge intensity of European regions: a spatial panel analysis. **The Annals of Regional Science**, Heidelberg, v. 55, n. 1, p. 7-32, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00168-015-0680-2>.
- CRUZ, I. S. **Dependência espacial e convergência local da renda entre os municípios do Nordeste – 2000-2010**. 2013. *Dissertação (Mestrado em Economia)* – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013. Disponível em: [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/4580/1/ITALO\\_SPINELLI\\_CRUZ.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/4580/1/ITALO_SPINELLI_CRUZ.pdf). Acesso em: 19 jan. 2023.
- CUTRINI, E. Specialization and concentration from a twofold geographical perspective: evidence from Europe. **Regional Studies**, Abingdon, v. 44, n. 3, p. 315-336, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1080/00343400802378743>.
- DATAVIVA. **Complexidade econômica**. 2022. Disponível em: <http://dataviva.info/pt/rankings/>. Acesso em: 26 set. 2022.
- ELHORST, J. P. **Dynamic models in space and time**. Groningen: Research Institute SOM (Systems, Organizations and Management), University of Groningen, 2000. (Research Report, 00C16). Disponível em: <https://ideas.repec.org/p/gro/rugsom/00c16.html>. Acesso em: 27 jun. 2023.
- ERTUR, C.; LE GALLO, J. An exploratory spatial data analysis of European regional disparities, 1980-1995. *In*: FINGLETON, B. (ed.). **European regional growth**. Berlin: Springer, 2003. (Advances in Spatial Science). DOI: [http://doi.org/10.1007/978-3-662-07136-6\\_3](http://doi.org/10.1007/978-3-662-07136-6_3).



FREITAS, E.; PAIVA, E. Diversificação e sofisticação das exportações: uma aplicação do product space aos dados do Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 79-98, 2015. DOI: <http://doi.org/10.61673/ren.2015.261>.

FREITAS, E.; BRITTO, G.; AMARAL, P. Related industries, economic complexity, and regional diversification: An application for Brazilian microregions. **Papers in Regional Science**, Oxford, v. 103, n. 1, p. 100011, 2024. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.pirs.2024.100011>.

FRENKEN, K. F. T.; VAN OORT, F.; VERBURG, T. Related variety, unrelated variety and regional economic growth. **Regional Studies**, Abingdon, v. 41, n. 5, p. 685-697, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1080/00343400601120296>.

GIOVANINI, A.; PEREIRA, W. M.; ALMEIDA, H. J. F. Diversidade produtiva e crescimento econômico: algumas evidências para os municípios brasileiros. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 32, n. 3, p. 687-717, 2022. DOI: <http://doi.org/10.1590/0103-6351/6870>.

GOLGHER, A. B. **Introdução à econometria espacial**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015.

GRILLITSCH, M.; ASHEIM, B. Place-based innovation policy for industrial diversification in regions. **European Planning Studies**, Abingdon, v. 26, n. 8, p. 1638-1662, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1080/09654313.2018.1484892>.

HAUSMANN, R.; HIDALGO, C. **Country diversification, product ubiquity, and economic divergence**. Cambridge: John F. Kennedy School of Government, Harvard University, 2010. (HKS Faculty Research Working Paper Series, RWP10-045). DOI: <http://doi.org/10.2139/ssrn.1724722>.

HIDALGO, C. A.; HAUSMANN, R. The building blocks of economic complexity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Cambridge, v. 106, n. 26, p. 10570-10575, 2009. DOI: <http://doi.org/10.1073/pnas.0900943106>.

LESAGE, J. P. **Applied econometrics using Matlab**. Boca Raton: CRC Press, 1998.

MARSHALL, A. **Principles of economics**. New York: Springer, 1890.

MORAN, P. A test for the serial independence of residuals. **Biometrika**, London, v. 37, n. 1-2, p. 178-181, 1950. DOI: <http://doi.org/10.2307/2332162>. PMID:15420264.

MORENO, R.; TREHAN, B. Location and the growth of nations. **Journal of Economic Growth**, Dordrecht, v. 2, n. 4, p. 399-418, 1997. DOI: <http://doi.org/10.1023/A:1009741426524>.

OBSERVATORY OF ECONOMIC COMPLEXITY – OEC. **Rankings**. 2020. Disponível em: <https://oec.world/en/rankings/eci/hs6/hs96>. Acesso em: 11 nov. 2022.

SMOLSKI, F.; RUFFONI, J.; MASCARINI, S. The effect of economic complexity and relatedness on the economic growth of Brazilian microregions. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 54, e53575442, 2025.



TEIXEIRA, F. O.; MISSIO, F. J.; DATHEIN, R. Economic complexity, structural transformation and economic growth in a regional context: evidence for Brazil. **PSL Quarterly Review**, Rome, v. 75, n. 300, p. 63-79, 2022.


VERHEIJ, T., OLIVEIRA, H. Is economic complexity spatially dependent? A spatial analysis of interactions of economic complexity between municipalities in Brazil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 16, n. 1, p. 318-338, 2020.

**FINANCIAMENTO:** Nenhum.

**CONFLITO DE INTERESSES:** Nada a declarar.

**DISPONIBILIDADE DE DADOS:** Nenhum dado de pesquisa foi utilizado.

**EDITOR RESPONSÁVEL:** Marta dos Reis Castilho - 

Marília Basseti Marcato - 

Carolina GS Dias - 

#### CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

**Rafael Moraes de Sousa:** Conceituação, Curadoria de dados, Análise Formal, Metodologia, Redação do manuscrito original, Redação - revisão e edição.

**Michele Polline Veríssimo:** Análise Formal, Redação do manuscrito original, Redação - revisão e edição.

**CLASSIFICAÇÃO JEL:** O13; O14; R12.



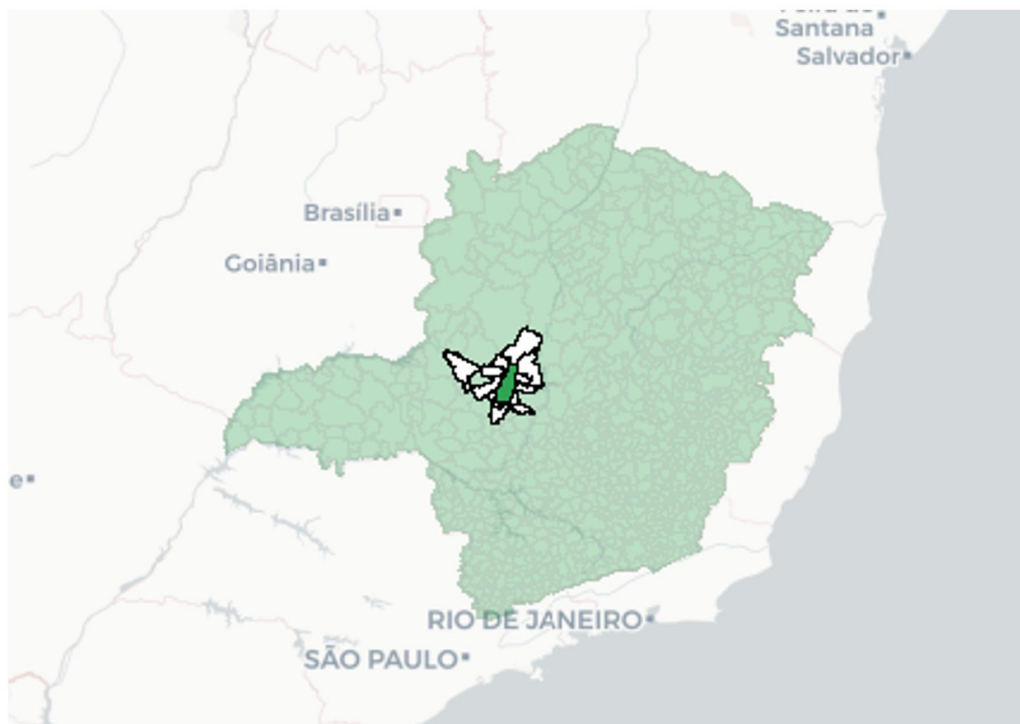
## APÊNDICE A – MAPAS DE CONTIGUIDADE

**Figura A1** – Mapa de contiguidade do tipo QUEEN, São Paulo (2019).



**Fonte:** Elaboração própria.

**Figura A2** – Mapa de contiguidade do tipo QUEEN, Minas Gerais (2019).

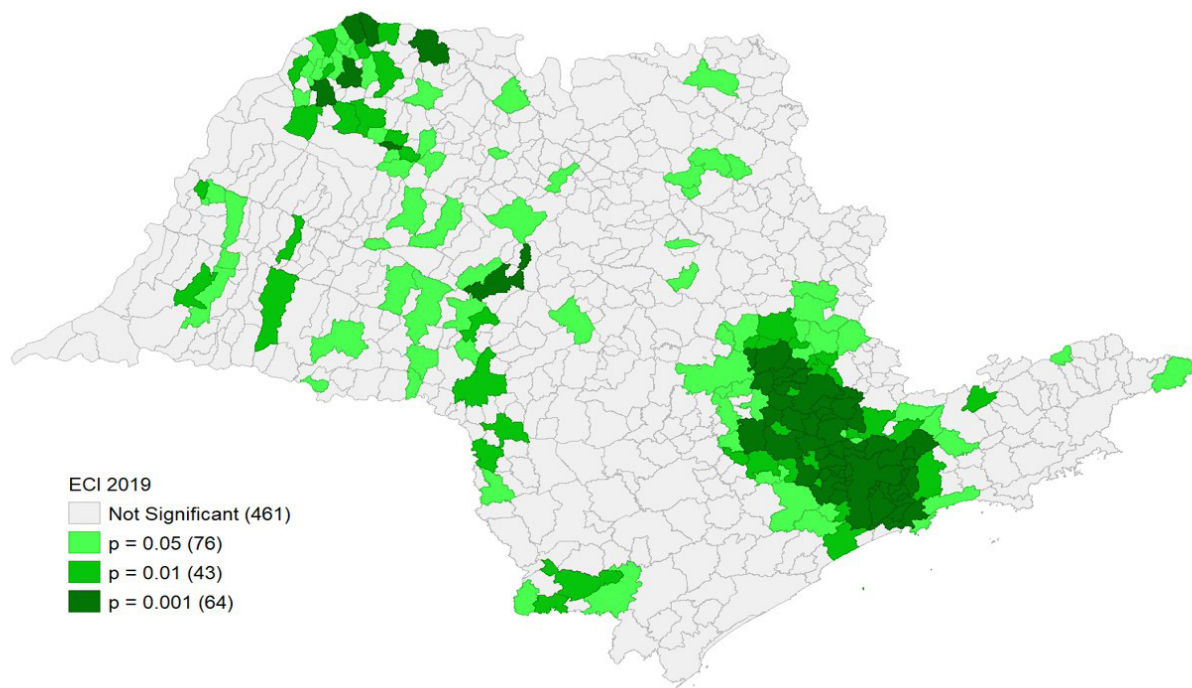


**Fonte:** Elaboração própria.



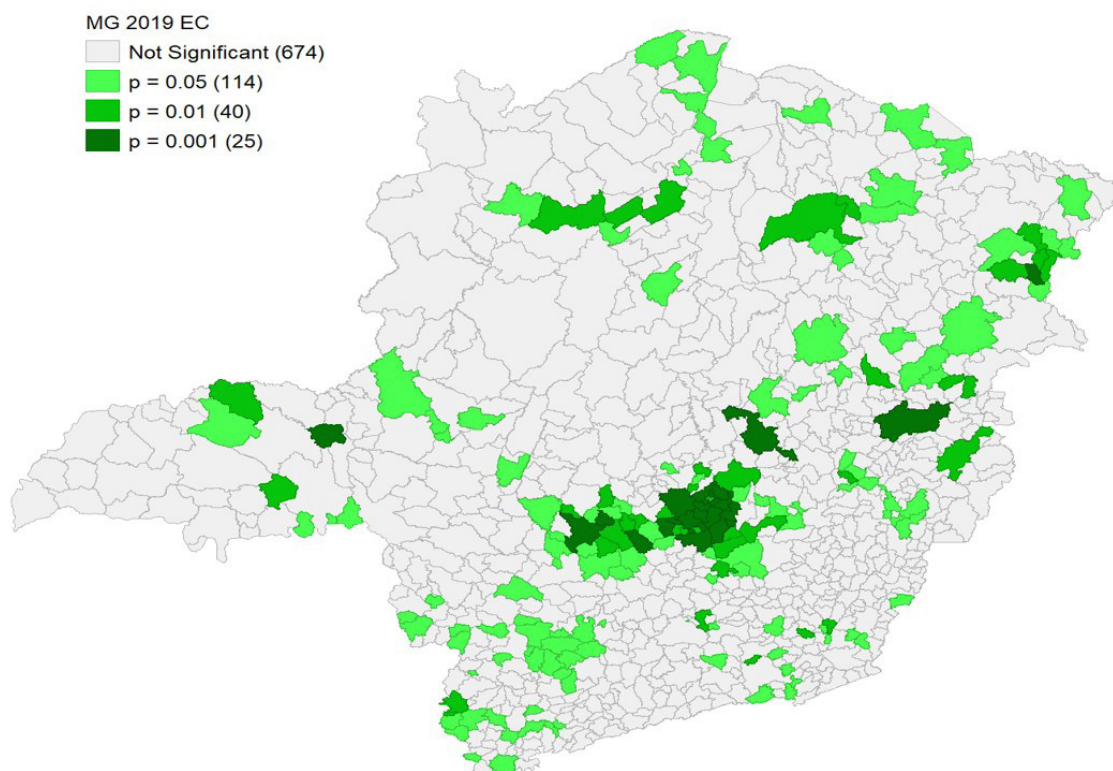


**Figura A3 – Mapa de significância, São Paulo (2019)**



**Fonte:** Elaboração própria.

**Figura A4 – Mapa de significância, Minas Gerais (2019)**



**Fonte:** Elaboração própria.

