

DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E AS AGLOMERAÇÕES PRODUTIVAS MUNICIPAIS: UMA ANÁLISE ESPACIAL¹

Augusta Pelinski Raiher²

Resumo: Este artigo teve como objetivo analisar a importância dos aglomerados produtivos, especialmente os mais intensos em tecnologia, no processo de inovação regional. Para isso, foram identificadas as aglomerações produtivas entre os municípios brasileiros, subdividindo-as em aglomerados especializados (indústria de alta/média-alta tecnologia e baixa/média-baixa tecnologia) e aglomerados diversificados. Na sequência, mensurou o efeito das economias de aglomeração sobre a geração de inovação, utilizando o modelo Tobit Espacial estimado em dois estágios. Como corolário, identificou um padrão de concentração espacial do desenvolvimento tecnológico ao longo do país, centrando-se especialmente nas regiões Sudeste e Sul. Na análise dos determinantes do desenvolvimento tecnológico, identificou-se um efeito positivo e estatisticamente significativo das aglomerações diversificadas sobre a produção de patentes. Para as aglomerações especializadas, apenas a da indústria de baixa/média-baixa tecnologia se apresentou como importante neste processo.

Palavras-Chave: Desenvolvimento tecnológico; aglomerações produtivas; Tobit Espacial.

Abstract: This article aimed to analyze the importance of productive clusters, especially the most intense in technology, in the regional innovation process. For this, productive agglomerations were identified among Brazilian municipalities, subdividing them into specialized clusters (high/medium-high technology and low/medium-low technology) and diversified clusters. Subsequently, it measured the effect of agglomeration economies on the generation of innovation, using the Tobit Spatial model estimated in two stages. As a corollary, a pattern of spatial concentration of technological development was identified throughout the country, focusing especially on the Southeast and South regions. In the analysis of the determinants of technological development, a positive and statistically significant effect of diversified agglomerations on the production of patents was identified. For the specialized agglomerations, only the low/medium-low technology industry presented itself as important in this process.

Keywords: Technological development; productive agglomerations; Space Tobit.

JEL: R11

ÁREA 10 - Economia Regional e Urbana

¹ Este artigo faz parte do projeto “Desenvolvimento tecnológico e as aglomerações produtivas municipais: uma análise espacial”, financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

² Doutora em Economia pela UFRGS. Professora do Programa de Pós-Graduação em economia, do Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais e do curso de Economia da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Bolsista Produtividade CNPQ.

1. INTRODUÇÃO

Teoricamente, a tecnologia é uma das principais forças motrizes para a obtenção do crescimento econômico de uma região, resultado direto das suas externalidades e dos seus retornos crescentes de escala (Romer, 1990; Lucas, 1998). Entretanto, não necessariamente o desenvolvimento tecnológico se dá de forma isolada e independente, podendo estar relacionado às atitudes e caminhos tecnológicos tomados *a priori* (Nelson, 1998). Nesta hipótese, o sistema local gerador de inovação tem um caráter evolutivo, de modo que as vantagens iniciais tendem a determinar o desenvolvimento futuro da tecnologia.

Krugman (1992) defende que o conhecimento científico e tecnológico pode decorrer das externalidades geradas pela concentração espacial de atividades produtivas, seja em consequência da criação de um ambiente de inovação, como também pelos transbordamentos intersetoriais. Destarte, a localização é um fator importante para explicar as diferenças de taxa de crescimento econômico, bem como para o próprio processo de desenvolvimento e difusão da tecnologia.

A importância da proximidade geográfica na análise do desenvolvimento tecnológico também foi enfatizada por Griliches (1992), o qual ressalta a relevância dos transbordamentos de conhecimento, também chamado de *spillovers*, relacionados às externalidades positivas inerentes ao processo de inovação. Esses transbordamentos, segundo o autor, só ocorrem quando existem proximidade geográfica, ou seja, é um processo essencialmente regional, podendo também levar a concentração espacial.

E é nesse sentido que a presença de aglomerados produtivos numa região pode contribuir diretamente para a elevação da sua competitividade, gerando um processo cumulativo indutor do desenvolvimento tecnológico subsequente. Tais impactos decorrem do contato direto ou espacial que as empresas apresentam, produzindo *spillovers* de conhecimento entre as firmas, bem como da própria concentração de mão-de-obra qualificada e de serviços especializados ligados ao desenvolvimento de tecnologias (Wheaton e Lewis, 2002).

Gera-se, assim, economias de aglomeração, as quais, teoricamente, beneficiam a construção do conhecimento científico e tecnológico, podendo derivar de duas categorias: 1. Economias de localização ou especialização, resultantes da concentração de atividades econômicas similares no mesmo espaço, e; 2. Economias de urbanização ou diversificação, com a centralização de firmas de diferentes indústrias.

No caso das economias de localização, a atmosfera inovativa industrial potencializa as combinações tecnológicas e organizacionais mais eficientes, com transbordamentos tecnológicos intra-indústria, podendo se ter economias dinâmicas, cumulativas ao longo do tempo, decorrentes de *knowledge spillovers* (Marshall, 1890; Arrow, 1962; Romer, 1986).

Por outro lado, o desenvolvimento tecnológico também pode ocorrer quando se tem a concentração de empresas de diferentes indústrias. Neste caso, conforme destacado por Camagni (2005), a aglomeração diversificada proporciona a formação e disponibilidade de incubadoras de fatores produtivos, a geração de um mercado de trabalho extenso e qualificado, a disponibilidade de instituições de formação universitária e empresarial, assim como de centros de pesquisas e serviços especializados (como, por exemplo, o tecnológico). A hipótese da transmissão de *spillovers* de conhecimento entre firmas de diferentes indústrias potencializa a diversidade de ideias, contribuindo para a elevação da produtividade e da inovação de todo o espaço (Jacobs, 1969). Nesta concepção, a concentração urbana seria responsável pela geração de inovações, favorecendo a troca de habilidades entre os diferentes

atores, consequência da proximidade de diversas fontes de conhecimento. Tem, assim, transbordamentos de conhecimento, os quais impactariam a produtividade de todo o espaço.

Tanto nas economias de especialização como de diversificação, a existência de um ambiente operacional local apropriado pode afetar positivamente as possibilidades de inovação das empresas. Com efeito, mecanismos de *feedback* e de relacionamentos interativos envolvendo produtores, produtos, usuários, pesquisa científica e técnica, atividades de desenvolvimento e infraestrutura de apoio, dentre outros, potencializam a formação da atmosfera inovativa local (Edquist, 1996).

Importante destacar que não necessariamente todos os aglomerados apresentam um ambiente inovador. Kolehmainen (2002) destaca que algumas características estruturais de um aglomerado, conjuntamente com as relações colaborativas ou competitivas existentes entre as empresas, podem inibir o desenvolvimento tecnológico resultante. O autor infere que a formação desse ambiente inovador está diretamente relacionada com o processo de aprendizagem local, com a formação de redes de inovação explícitas e fortes entre os atores locais.

Portanto, a existência desse meio inovador num aglomerado depende, teoricamente, das relações sociais, de confiança, da cultura inovativa, e das próprias economias de aglomerações que são formadas localmente (Kolehmainen, 2002).

Ademais, Koo (2007) trabalha a ideia de que o desenvolvimento de inovações se apresenta mais efetivo especialmente nos espaços onde existe a concentração de empresas adeptas a implementação constante de novos produtos ou processos de produção, denominadas de indústria de alta tecnologia. Por isso, para o autor, não seriam em todos os tipos de aglomerados que se teria esse efeito positivo na formação de novas tecnologias.

E é neste contexto que este artigo se insere, buscando analisar a importância dos aglomerados produtivos, especialmente os mais intensos em tecnologia, no processo de inovação regional. Para isso, tem-se três hipóteses iniciais: 1. Os fatores regionais e industriais determinam o processo de localização da tecnologia e de seu transbordamento regional; 2. As economias de aglomeração (seja de especialização como a de diversificação) importam no processo de desenvolvimento tecnológico local; 3. Os efeitos agregados das aglomerações mais intensas em tecnologias se apresentam como cruciais no processo de inovação regional.

Vale destacar que, dentre os trabalhos nacionais que estudaram acerca da relação entre aglomerados e inovações, alguns analisaram a proximidade existente entre eles (como em Domingues e Ruiz, 2006), focando basicamente no efeito que essas concentrações tecnológicas geraram no valor da produção industrial. Outros, como Stallivieri e Britto (2011) e Stallivieri et al (2010), investigaram o processo de aprendizagem, cooperação e inovação entre firmas que estavam num aglomerado *versus* aquelas que estavam distribuídas aleatoriamente no espaço, evidenciando a importância das aglomerações produtivas. Além disso, a localização espacial dos aglomerados produtivos e tecnológicos foram investigados em trabalhos como o de Góis Sobrinho (2014). A única pesquisa que analisou o impacto das aglomerações produtivas na geração de inovações refere-se ao trabalho de Araujo e Garcia (2019), entretanto, não controlaram a endogeneidade existente entre os aglomerados e a inovação tecnológica e também analisaram as inovações no seu agregado, e neste artigo se pretende analisar as inovações por grau tecnológico das indústrias e das patentes, controlando possíveis endogeneidades existentes.

Assim, este trabalho se diferencia, analisando a formação das inovações entre os municípios brasileiros e a sua relação com as economias de aglomeração, realizando análises

específicas para as aglomerações produtivas mais intensas em tecnologia, controlando também as possíveis endogeneidades entre inovação e aglomeração. Para isso, fez-se uso do modelo Tobit Espacial (dado a censura de informações sobre patentes – *proxy* para inovação - para parte dos municípios brasileiros), estimando em Dois Estágios (variáveis instrumentais).

Por fim, ressalta-se que este artigo está subdividido em quatro seções, incluindo esta. Na segunda tem-se os elementos metodológicos, seguida das análises e considerações finais.

2. ELEMENTOS METODOLÓGICOS: MODELO TEÓRICO E ESTRATÉGIA EMPÍRICA

Este artigo teve como objetivo analisar a importância dos aglomerados produtivos, especialmente os mais intensos em tecnologia, no processo de inovação regional. Para isso, identificou-se as aglomerações produtivas entre os municípios brasileiros, subdividindo-as em aglomerados especializados e diversificados, e, na sequência, mensurou o efeito das economias de aglomeração sobre a geração de inovações, utilizando o modelo Tobit Espacial estimado em dois estágios. Ademais, dada a possibilidade de um efeito superior para as aglomerações mais intensas em tecnologia, foi estimado separadamente o seu efeito sobre as inovações.

Na sequência é apresentado o modelo teórico, bem como a estratégia empírica que foi utilizada.

3.1 Modelo Teórico: Inovação e economias de aglomerações

O modelo teórico que foi base para a execução da análise deste artigo seguiu as argumentações de Koo (2007), o qual, após analisar diferentes teorias, apresentou os seguintes determinantes do desenvolvimento tecnológico³:

- 1) **Economias de aglomeração** (diversificação e especialização), argumentando acerca das externalidades que são geradas quando se tem a concentração de empresas da mesma indústria ou de firmas de diferentes indústrias. Ressalta-se que pode existir efeitos diferenciados quando se tem um aglomerado especializado (empresas da mesma indústria) ou diversificado (empresas de diferentes industriais), os quais são determinados pela importância da especialização e da diversificação para cada economia local. Em economias mais desenvolvidas, os efeitos de se ter aglomerados diversificados tendem a ser mais expressivos do que para as economias emergentes; nestas últimas, as aglomerações especializadas podem apresentar um papel mais importante no processo de inovação local. Com efeito, quanto mais intenso o conhecimento local maior tende a ser a heterogeneidade industrial e mais importante se torna os fluxos de conhecimentos intersetoriais, afetando mais fortemente o desenvolvimento tecnológico *ex post*.
- 2) **Porte das empresas**, inferindo que um *cluster* de pequenas empresas pode alcançar economias de escala e de especialização flexível através de laços estreitos e de

³ No modelo do autor, ele trabalhou externalidade das inovações como variável dependente.

cooperação entre as empresas, gerando interações e aprendizagem mútua, com *spillovers* de tecnologia. Além disso, são as interações e a aprendizagem mútua que criam os transbordamentos e, portanto, substituem as economias internas por economias externas. Porém, em alguns setores, as grandes empresas seriam mais inovadoras, respondendo pela maior parte da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) industrial. Assim, para Koo (2007), não há, ainda, um consenso sobre a importância dos *clusters* de pequenas empresas para o desenvolvimento tecnológico.

- 3) **Competição entre as firmas**, de modo que, a imitação e a busca por mercado (com o intuito de se ter lucros extraordinários) induzem, teoricamente, o avanço tecnológico. Entretanto, quanto mais próximo da concorrência perfeita for as estruturas produtivas de determinado local menor tende a ser o incentivo à inovação dada a possibilidade de imitação imediata.
- 4) **Universidades**, por serem produtoras de conhecimento e de capital humano.
- 5) **Intensidade do conhecimento**, concentrando empresas de setores mais intensivos em conhecimento, as quais tendem a se beneficiar da proximidade com outras empresas especialmente pela dependência de equipamento especializados, experiência, conhecimento e do contato direto com os demandantes de tecnologia.

Isto posto, Koo (2007) propõe o seguinte modelo para determinar o desenvolvimento tecnológico:

$$LTS_{IJ} = f(AG_{IJ}; DV_j; SP_{IJ}; CSP_{IJ}; SE_{IJ}; LC_{IJ}; UR_{IJ}; KI_{IJ}) \quad (1)$$

Onde: LTS_{ij} refere-se aos *spillovers* de tecnologia localizados geograficamente da indústria i na região j ; AG_{ij} é a aglomeração da indústria i na região j ; DV_j é a diversidade da economia regional j ; SP_{ij} é a especialização da indústria i na região j ; CSP_{ij} é a especialização baseada em *cluster* da indústria i na região j ; SE_{ij} é o percentual de pequenos estabelecimentos da indústria i na região j ; LC_{ij} é o nível de competição local da indústria i na região j ; UR_j é o tamanho da pesquisa universitária na região j ; e KI_i é a intensidade de conhecimento da indústria i . Ao estimar (1), Koo (2007) também inclui seis variáveis de interação indústria-região: $AG_{ij}KI_i$, DV_jKI_i , $SP_{ij}KI_i$, $CSP_{ij}KI_i$, $SE_{ij}KI_i$ e $LC_{ij}KI_i$.

Dentre os determinantes do desenvolvimento tecnológico (1), Koo (2007) sinaliza a possibilidade de se ter endogeneidade. Este é o caso das aglomerações produtivas, as quais podem ser determinadas pela concentração espacial da mão-de-obra, pela proximidade com o mercado consumidor e/ou com a matéria-prima, dentre outros; entretanto, algumas empresas podem ser atraídas pelos *spillovers* de conhecimento existentes *a priori* [conforme infere Krugman (1991)]. Assim, é necessário controlar esse viés da simultaneidade ao estimar (1).

A partir disso, Koo (2007) formaliza as aglomerações produtivas como função do transbordamento de conhecimento, da concentração de trabalho, do mercado consumidor e da matéria-prima, e estima os determinantes do processo inovativo por meio de variáveis instrumentais.

Além disso, o autor infere que o transbordamento tecnológico pode ser mais ou menos intenso dependendo da magnitude do conhecimento e do uso do insumo “trabalho” pelo setor produtivo local. Teoricamente, é provável que esse transbordamento seja maior em espaços

com uma concentração mais elevada de indústria intensiva em conhecimento, gerando *spillovers* inter e intra-industrial. Destarte, há naturalmente um maior processo inovativo neste tipo de indústria, e esse conhecimento pode transbordar para todas as empresas encadeadas a ela (especialmente visando manter a sua competitividade), ou para as empresas de outras indústrias localizadas no mesmo espaço. No caso destas últimas, vazamentos de informações, ambiente com universidades e institutos de pesquisas, concentração de capital humano, serviços especializados, são os principais meios para o transbordamento de conhecimento de indústrias mais intensivas em tecnologia para as demais empresas de outras indústrias.

3.2 Modelo Empírico, Estratégia de Estimação dos Parâmetros e Dados

Na análise acerca da relação existente entre as aglomerações produtivas e o desenvolvimento tecnológico ao longo do Brasil, considerou o modelo de Koo (2007). Entretanto, diferente do autor que utilizou informações de 12 indústrias para estimar (1), este artigo trabalhou com dados agregados, em virtude da carência dessas informações a nível municipal. Assim, após adaptações, o modelo estimado para os municípios brasileiros correspondeu a:

$$I_i = \alpha_0 + \alpha_1 AG_i + \alpha_2 AD_i + \alpha_3 TF_i + \alpha_4 CF_i + \alpha_5 U_i + \alpha_6 IC_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

Em que: I é o número de inovações existente no município i entre 2011 a 2018; AG refere-se ao número de aglomerados especializados em 2011; AD refere-se aos aglomerado diversificados em 2011; TF refere-se a concentração de firmas de pequeno porte 2011; CF é a competição local entre as firmas em 2011; U são as Universidades; IC é a intensidade do conhecimento.

Ressalta-se que a *proxy* para inovações correspondeu ao número de patentes produzidas entre 2011 a 2018 (Fonte: INPI), valor que foi acumulado para este período especialmente em decorrência do tempo que se leva para registrar uma inovação no Brasil⁴. As variáveis explicativas foram calculadas para o ano inicial, visando captar seu efeito subsequente no processo inovativo, além do que, muitas das inovações efetuadas em 2011 podem ter sido registradas em anos posteriores dado o gap temporal do registro de patentes no Brasil.

No caso dos aglomerados diversificados, utilizou-se como proxy o Índice de Hirschman-Herfindal (3).

$$HH_i = \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{E_{ij}}{E_i} \right) - \left(\frac{E_j}{E_p} \right) \right]^2 \quad (3)$$

Em que: HH é o Índice de Hirschman-Herfindal; E_{ij} é o emprego no município i no setor j ; E_i é o emprego industrial total no município i ; E_j refere-se ao emprego total do Brasil no setor j ; E_p é o total de emprego industrial no Brasil; n são todos os setores industriais. Quanto mais próximo de “2” está o valor do HH mais concentrado é o setor industrial. Como se buscou mensurar o efeito da diversificação, o valor de HH

⁴ Segundo a ABES (2016) o tempo médio para o registro de uma patente no Brasil é entre 7 a 10 anos.

foi subtraído de “2” e denominado HH modificado (HH*), de modo que quanto maior o seu valor, maior é a diversificação produtiva no município. Os dados referentes ao emprego foram obtidos da RAIS-vínculo

No trabalho de Klein e Crafts (2015) identificaram que nas economias de diversificação o efeito inicial pode ser negativo, dada a baixa concentração das atividades e de mercado consumidor, em que, a partir de certo nível de concentração, os efeitos passam a ser positivos. Por isso, na estimação dessa pesquisa utilizará a função quadrática para a variável *AD*.

Para a mensuração dos aglomerados especializados, como está se investigando inicialmente as inovações no agregado, considerou o número de aglomerados especializados como *proxy* das economias de especialização, abrangendo todos os segmentos da Cnae 2.0. A atividade produtiva *j* foi considerada especializada no município *i* se a mesma apresentou três características: quociente locacional (4) maior que dois; vinte ou mais empresas na atividade *j*, e; concentração de 5% ou mais do emprego industrial total (no Brasil) do segmento *j* [conforme metodologia de SUZIGAN et al. (2003)], ressaltando que os dados para a observação destes três critérios foram obtidos da RAIS-vínculo e RAIS-estabelecimento. Utilizou-se a soma das atividades produtivas especializadas de cada município.

$$QL_{ij} = \left[\left(\frac{E_{ij}}{E_i} \right) / \left(\frac{E_j}{E_p} \right) \right] \quad (4)$$

O Tamanho da firma foi mensurado pela concentração industrial de pequenas empresas, evidenciando a densidade e a escala da atividade industrial de pequeno porte em cada município, com dados da RAIS-vínculo. Foi mensurada através da participação do emprego industrial local de pequeno porte em relação ao total do emprego industrial no município.

Por meio dos microdados do Enade, identificou os municípios com a presença de Universidades, construindo uma variável *dummy*, a qual recebeu “1” quando tinha alguma instituição de ensino superior e “0” caso contrário.

No caso da Intensidade do Conhecimento, foram mensuradas as ocupações qualificadas, utilizando os dados de emprego das Categorias Ocupacionais que compõem a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO – subgrupo, fonte: RAIS-estabelecimento). Selecionou categorias com perfil técnico e técnico científico relacionadas a atividades de trabalhadores que resultam em bens e serviços que, de alguma forma, estão relacionadas com atividade de Pesquisa e Desenvolvimento em relação ao emprego total.

Por fim, a Competitividade das Firmas foi mensurada pela densidade dos estabelecimentos industriais, com dados da RAIS-vínculo.

Como estratégia empírica para estimar (2) foi utilizado o modelo Tobit Espacial, estimado em dois estágios. A expectativa teórica é que existam transbordamentos e heterogeneidade espacial na determinação do desenvolvimento tecnológico; por isso, considerou importante incluir o espaço ao estimar (2)⁵. Ademais, como parte dos municípios

⁵ Hipótese comprovada ao fazer o teste I de Moran dos resíduos do modelo Tobit a-espacial (I de Moran igual a 0,17, estatisticamente significativo).

brasileiros não produzem nenhuma inovação (patente), o modelo Tobit se apresenta como adequado, dado que ele é um caso especial de ajuste para dados censurados.

No contexto espacial, também se pode estimar um modelo de regressão espacial para uma variável latente com censura dos dados, podendo ser expresso por (5), a qual representa o modelo de defasagem espacial (SAR) Tobit⁶.

$$Y_i^* = \rho W_y + \beta_1 X_i + e_i^* \quad (5)$$

Em que: X_i é uma matriz com variáveis exógenas correlacionada com o termo de erro (ε); Y^* é uma variável dependente latente, pois, para algumas observações ela pode não existir e ser igual a 0. O que se observa, no entanto, é a variável y , a qual é determinada caso a variável y^* supere certo nível crítico c , dado por:

$$y = \begin{cases} y^* & \text{se } Y_i^* > c \\ 0 & \text{se } Y_i^* \leq c \end{cases} \quad (6)$$

Se a variável latente superar o nível crítico, observam-se valores para esta variável; mas, se ela ficar abaixo do nível crítico, são observados valores nulos ($c=0$). A média condicional para a variável latente é $E(y|X)=X\beta$, sendo a média condicional para a variável observada $y>0$. De toda a amostra utilizada, tem-se n_1 observações censuradas e n_2 valores observados, e a técnica de estimação por Tobit tenderá a produzir um y_1^* para as n_1 observações. Para isso, foi feito um tratamento Bayesiano de utilidades latentes não observáveis obtendo uma estimação por simulação tipo cadeia de Markov (Lesage e Pace, 2009).

Conforme inferido por Koo (2007), teoricamente existe simultaneidade entre o desenvolvimento tecnológico e a formação de aglomerados. Wooldridge (2002) destaca a existência de três possíveis fontes para a existência de endogeneidade nos dados: o erro de medida, a omissão de variáveis correlacionadas com pelo menos uma das variáveis explicativas e a simultaneidade.

Neste artigo, a endogeneidade decorre teoricamente do viés da simultaneidade, de modo que a variável explicativa (aglomerados diversificados e especializados) afeta a dependente (inovações) e vice-versa. Para resolver esse problema, utilizou o método de Mínimos Quadrados em Dois Estágios (2SLS) com variáveis instrumentais. Seguindo os passos metodológicos de Koo (2007), usou-se como variável instrumental a população (proxy para mercado consumidor e mercado de trabalho com dados disponibilizados pelo IBGE), distância da capital (proxy para a disponibilidade de serviços especializados – informação construída por meio do software Qgis) e distância do porto mais próximo (proxy para mercado consumidor internacional e fonte de matéria-prima - bens intermediários -, dados obtidos via software Qgis).

Para que os instrumentos sejam válidos, é importante que duas hipóteses sejam satisfeitas. A primeira refere-se à relevância dos instrumentos, de modo que este último deve estar correlacionado com a (s) variável (is) endógena (s). Entretanto, além disso, o estimador não deve ser fracamente identificado. Por isso, fez-se o teste de Hausman, por meio do qual

⁶ Foi testado os demais modelos espaciais (Modelo de Erro Espacial – SEM; Durbin Espacial – SDM; Durbin Espacial do Erro – SDEM), entretanto, pelo critério de informação akaike, o melhor modelo foi o SAR (SAR= 161; SEM = 174; SDM = 168; SDEM = 170).

validou os instrumentos utilizados. A segunda hipótese necessária para assegurar a validade do instrumento diz respeito à exogeneidade do mesmo, hipótese que teoricamente é validada pelos instrumentos utilizados conforme inferido por Koo (2007). Assim, solucionou a endogeneidade de (2) estimando-o em dois estágios, com o uso de variáveis instrumentais.

Ressalta-se, por fim, que o modelo (2) foi estimado três vezes: na primeira, considerou como variável dependente o número de patentes acumuladas entre 2011 e 2018, e, como proxy para a variável explicativa “aglomerado especializado”, o número total de aglomerações especializadas; na segunda, considerou-se como variável dependente apenas o acumulado de patentes do campo da alta tecnologia (engenharia mecânica, elétrica, instrumentos e química), e como proxy para “aglomerado especializados” o número de aglomerados de indústrias de alta/média-alta tecnologia; por fim, na terceira, utilizou o total de patentes do campo de baixa tecnologia (todas as demais patentes produzidas) como variável dependente e o total de aglomerados da indústria de baixa/média-baixa tecnologia como *proxy* para “aglomerado especializado”. Para a classificação da indústria em baixa, média baixa tecnologia, média-alta e alta tecnologia, foi considerado os argumentos e Furtado e Carvalho (2005).

3. INOVAÇÕES E AGLOMERADOS PRODUTIVOS: EVIDÊNCIAS PARA OS MUNICÍPIOS BRASILEIROS

Diferentes autores [como Borensztein, Gregorio e Lee (1998), Galor e Tsiddon (1997), dentre outros) evidenciaram empiricamente a importância do avanço tecnológico para o processo de crescimento econômico de uma região. Isso porque o desenvolvimento de inovações transforma produtos e processos, agrega valor e tende a elevar a competitividade da atividade produtiva local. Entretanto, não necessariamente o processo inovativo se dá ao longo de todo o território, concentrando em espaços bem definidos. Tal fato é observado para o Brasil, em que, somente 27% dos municípios produziram alguma inovação entre 2011 a 2018 (Tabela 1). Isso sinaliza para a concentração espacial das 43.920 patentes registradas durante o período.

Se subdividir as inovações por campo de tecnologia (classificando-as em alta tecnologia *versus* as demais categorias – doravante baixa tecnologia) manteve-se um número reduzido de municípios que produziram pelo menos uma patente durante 2011 a 2018. Além disso, 15% dos municípios registraram patentes tanto do campo da alta tecnologia como da baixa, reforçando o caráter concentrador das inovações em pontos específicos do país.

Tabela 1: Estatística descritiva – Patentes – Municípios do Brasil – 2011 a 2018

Patentes	Total*	% munic. que produziram alguma patente	Média	Máximo	Mínimo	Desvio padrão
Alta tecn.	34393	24,7	6,18	5313	0	86,02
Baixa tecn.	9527	14,9	1,71	1889	0	27,86
Todas	43920	27,0	7,89	7202	0	113,22

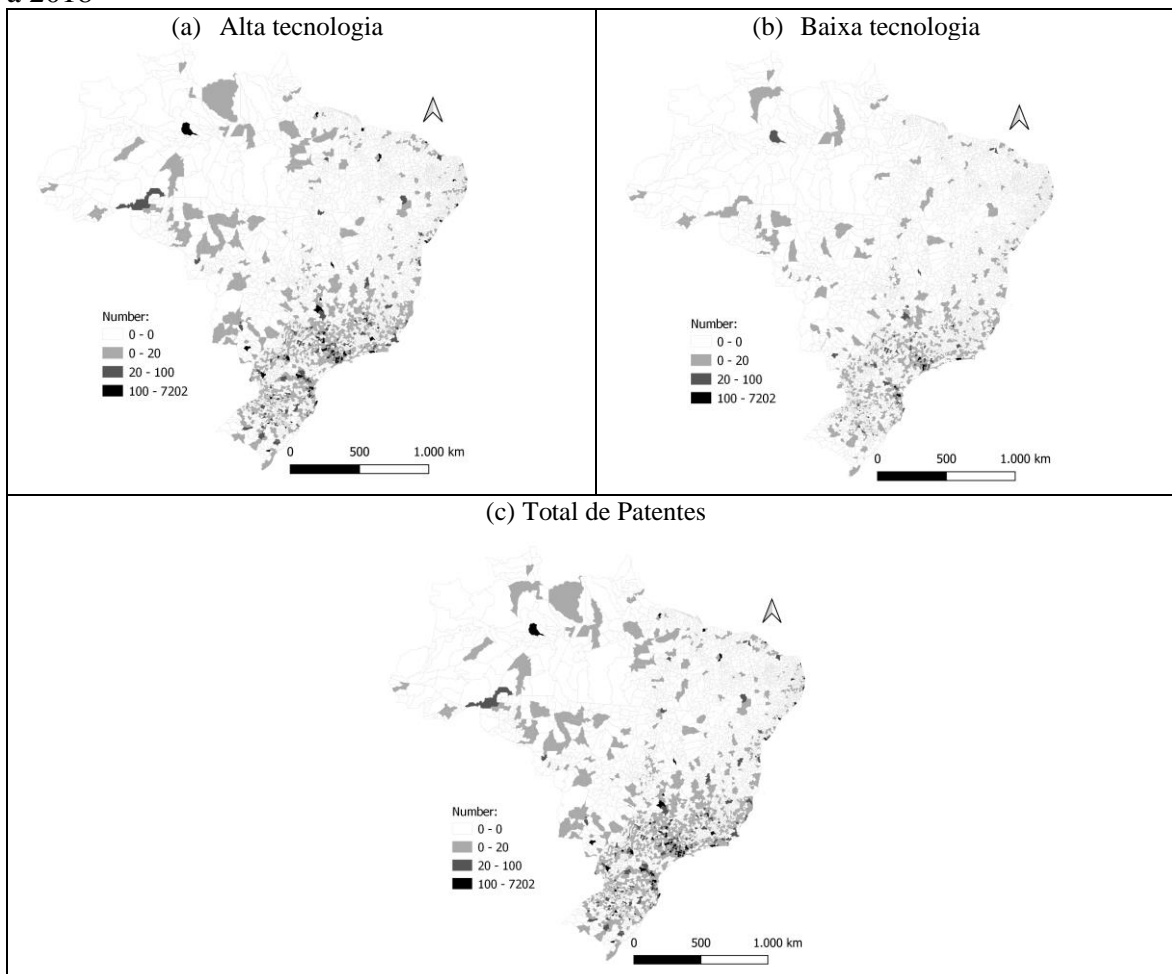
Fonte: INPI com dados organizado pela pesquisa

Nota: * refere-se a soma de todas as patentes registradas entre 2011 a 2018, com exceção daqueles registros que não constavam o código do município e/ou a classificação quanto ao campo da patente.

Essa heterogeneidade espacial quanto à distribuição do processo inovativo pode ser observada por meio da Figura 1, apresentando uma concentração mais intensa especialmente

nas regiões Sudeste e Sul do país, as quais, juntas, produziram 86% de todas as patentes do período (57% foram registradas no Sudeste, 29% no Sul, 9% no Norte, 4% no Centro-Oeste e apenas 1% no Nordeste).

Figura 1: Número de patentes registradas – por campo e total – municípios brasileiros – 2011 a 2018



Fonte: INPI com dados organizados pela pesquisa

Ademais, observa-se que os municípios com alguma inovação tenderam a estar próximos entre si. Isso é comprovado pela estatística I de Moran (Tabela 2), a qual, independente da matriz de peso que foi utilizada, apresentou um coeficiente positivo e estatisticamente significativo, indicando que, municípios com registro(s) de patente(s) durante 2011 a 2018 tenderam a estar rodeados, na média, por vizinhos com similar condição (e vice-versa). Ou seja, tem-se um padrão de concentração espacial do desenvolvimento tecnológico ao longo do Brasil.

Tabela 2 - I de Moran – Número de Patentes –por campo e total- municípios do Brasil
– 2011 a 2018

Patentes	Rainha	Torre	1 vizinho	5 vizinho	10 vizinho
Alta tecn.	0,06*	0,06*	0,07*	0,06*	0,05*
Baixa tecn.	0,07*	0,07*	0,09*	0,08*	0,07*
Todas	0,06*	0,06*	0,08*	0,07*	0,07*

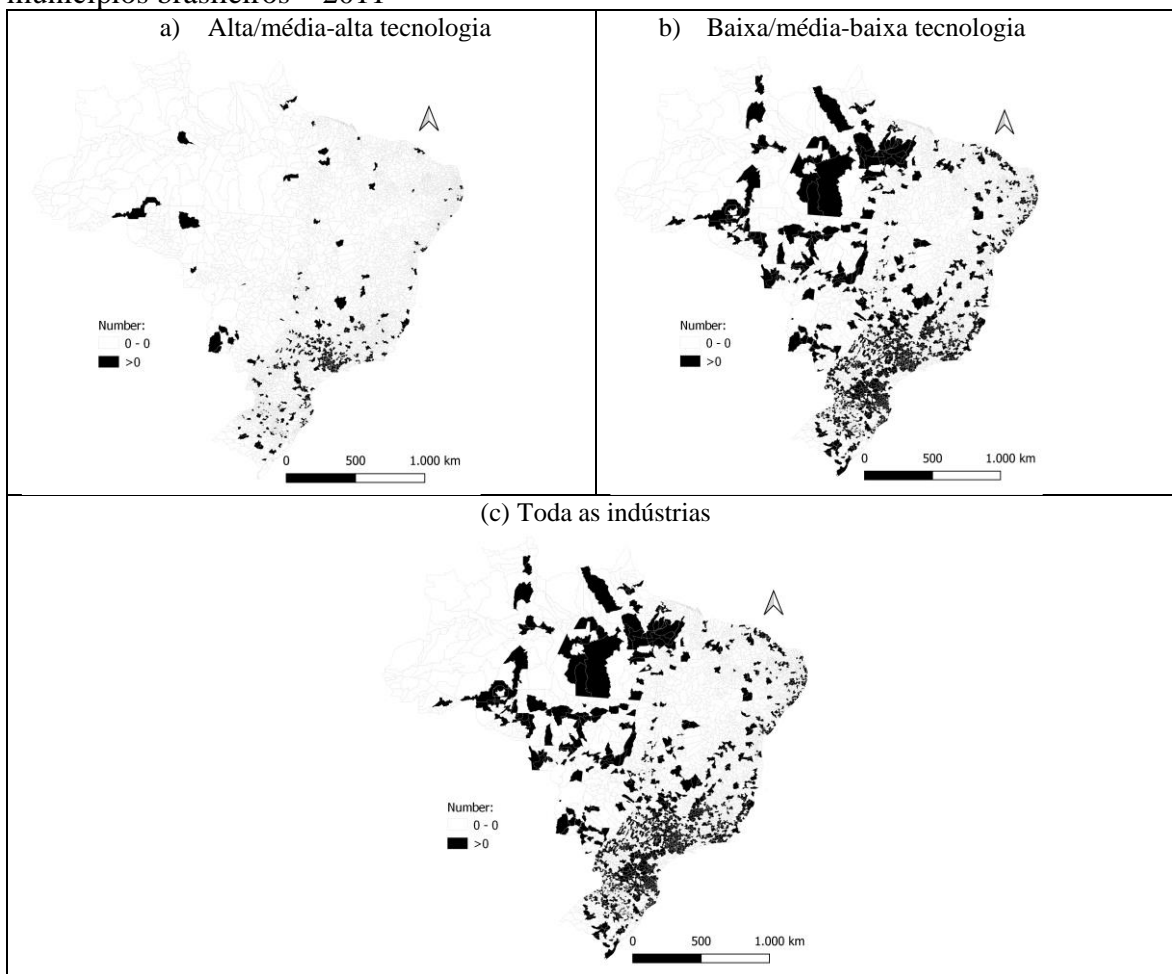
Fonte: Resultado da pesquisa.

Nota: * Significativo a um nível de significância de 5% com 999 permutações.

Essa distribuição heterogênea das inovações pode estar relacionada às atitudes e caminhos escolhidos *a priori* quanto à formação do conhecimento local (Nelson, 1998). Nesta hipótese, as vantagens ou características iniciais do espaço tendem a determinar o desenvolvimento futuro da tecnologia. E um dos elementos que podem localmente interferir neste processo refere-se às externalidades geradas pela concentração espacial das atividades produtivas (Krugman, 1992).

Com efeito, apenas 26% dos municípios tinham pelo menos um aglomerado produtivo em 2011 (Figura 1), destacando que no caso da indústria de baixa/média-baixa tecnologia esse percentual era de 25% e para a indústria de alta/média-alta tecnologia correspondia a 8% dos municípios brasileiros. Ademais, similar ao que se observou para a distribuição das patentes (Figura 1), tinha-se uma concentração de aglomerados produtivos nas regiões Sul e Sudeste (46% dos municípios do Sudeste apresentaram pelo menos um aglomerado produtivo em 2011, 32% no Sul, 12% no Norte, 6% no Centro Oeste e apenas 4% no Norte).

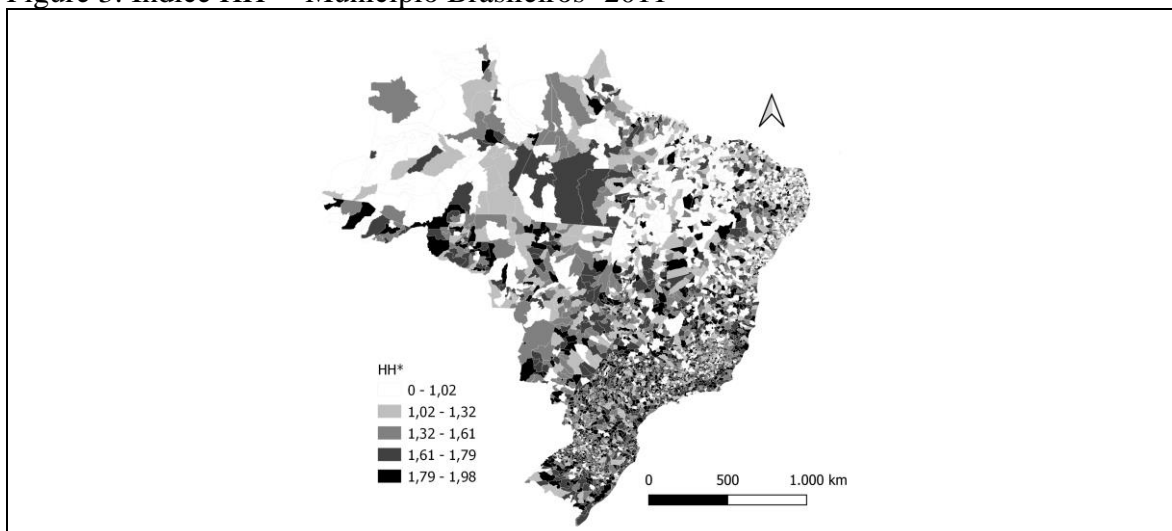
Figura 2: Número de aglomerados produtivos – por nível tecnológico da indústria e total – municípios brasileiros – 2011



Fonte: dados organizados pela pesquisa

Na Figura 3 tem-se a distribuição do Índice de Hirschman-Herfindal modificado (HH*), no qual, quanto maior seu valor, menos concentrado está o setor produtivo. Percebe-se que boa parte das regiões que tiveram menores percentuais de municípios com aglomerados especializados (Figura 2), apresentaram uma concentração maior das indústrias. Com efeito, a média do HH* para os municípios do Sul foi igual a 1,57, seguido do Sudeste (1,48), Centro-Oeste (1,37), Norte (0,98) e Nordeste (0,96).

Figure 3: Índice HH*– Município Brasileiros -2011



Fonte: dados organizados pela pesquisa

Isto posto, se comparar a distribuição espacial das aglomerações mais diversificadas (Figura 3), dos aglomerados especializados (Figura 2), com o desenvolvimento tecnológico dos municípios (Figura 1), é possível identificar visualmente um padrão de distribuição similar. Neste sentido, até que ponto as economias de aglomeração (seja de especialização ou de diversificação) estão determinando o processo de inovação municipal no Brasil?

Na Tabela 3 tem-se os resultados do modelo Tobit espacial, na qual se verifica um impacto positivo e estatisticamente significativo das economias de aglomeração (tanto de especialização como de diversificação) sobre o desenvolvimento tecnológico dos municípios brasileiros.

De forma mais específica, as *proxies* para os aglomerados especializados e para os aglomerados diversificados apresentaram um efeito direto positivo e estatisticamente significativo, entretanto, o efeito indireto se apresentou negativo. Isso indica que quando um município tem aglomerado(s) especializado(s) ou uma diversificação da atividade produtiva, na média, tende a elevar a produção de patentes no local, entretanto, o efeito no desenvolvimento de tecnologias do envoltório é contraproducente. Tal fato pode ser consequência de uma possível “fuga de cérebros” dos municípios vizinhos, atraídos pelos maiores salários decorrentes da demanda por capital humano no processo inovativo (Hirschman, 1958).

Ao subdividir as patentes por campo de tecnologia (alta e baixa tecnologia) obteve-se resultados semelhantes aos anteriores, com efeito positivo e significativo para as economias de aglomeração (especializadas e diversificadas). A única diferença é que quando se analisou as patentes de alta tecnologia, os aglomerados especializados e a diversificação produtiva somente apresentaram efeitos no processo inovativo local, não indicando transbordamentos negativos para o desenvolvimento tecnológico do envoltório; já no caso das patentes de baixa tecnologia, há esse *spillover* negativo para a vizinhança.

Tabela 3: Modelo SAR Tobit espacial – Variável dependente: Total de Patentes (a) e Patentes por campo: alta tecnologia (b) e baixa tecnologia (c) – municípios brasileiros

Variável	Todas as patentes (a)			Patentes campo: alta tecnologia (b)			Patentes campo: Baixa tecnologia (c)		
	Coef.	Direto	Indireto	Coef.	Direto	Indireto	Coef.	Direto	Indireto
U	23,21*	11,53*	-0,36*	22,21*	10,92*	-0,20	10,25*	4,92*	-0,16*
IC	0,35	0,18	-0,06	0,56	0,28	-0,005	0,22	0,10	0,003
AG	4,30*	2,13*	-0,07*	5,81*	2,86*	-0,05	2,50*	1,20*	-0,04*
HH	21,66*	10,76*	-0,34*	18,58*	9,14*	-0,17	5,58*	2,78*	-0,09*
CF	917,85*	455,94*	-14,44*	684,86*	336,80*	-6,34	231,84*	110,62*	-3,61*
TF	0,29	0,18	0,02	0,27	0,19	0,0001	0,27	0,20	0,05
ρ	-0,03*	-	-	-0,02**			-0,04*	-	-

Fonte: Resultado da pesquisa

Nota: *AG* refere-se ao número de aglomerados especializados em 2011; *AD* refere-se aos aglomerados diversificados em 2011; *TF* refere-se a concentração de firmas de pequeno porte 2011; *CF* é a competição local entre as firmas em 2011; *U* são as Universidades; *IC* é a intensidade do conhecimento. * nível de significância de 5%; ** nível de significância de 10%.

Na Tabela 4 foram reestimados os modelos (b) e (c) da Tabela 3, substituindo os aglomerados especializados de todos os setores por aglomerados de alta/média-alta tecnologia [para a estimativa de patentes do campo de alta tecnologia (a) da Tabela 4] e por aglomerados de baixa/média-baixa tecnologia [para a estimativa de patentes do campo de baixa tecnologia – (b)]. No caso desta última, os resultados se mantiveram iguais aos obtidos quando se considerou todos os aglomerados especializados, indicando que, possuir aglomerados da própria indústria de baixa/média-baixa tecnologia ou de outras indústrias é igualmente importante para a produção de patentes relacionadas aos setores de baixa tecnologia. Há, assim, transbordamentos de conhecimento da estrutura produtiva relacionados às externalidades positivas inerentes ao processo de inovação.

Agora, para a produção de patentes voltadas aos segmentos com maior intensidade tecnológica, ter aglomerados especializados na alta/média-alta tecnologia não é significativo. Para esse tipo de inovação, a concentração de empresas de diferentes indústrias é o elemento que induz o avanço tecnológico, provavelmente em decorrência da maior centralidade de serviços especializados, voltados ao P&D, disponibilidade de capital humano dirigido à pesquisa, dentre (Jacobs, 2969), elementos que são fortemente demandados quando se produz inovações no campo da alta tecnologia.

Ademais, apenas 8% dos municípios brasileiros tinham aglomerados especializados da alta/média-alta tecnologia em 2011 (Figura 2), estando presente fracamente na estrutura produtiva do país⁷. Assim, o encadeamento entre empresas destas indústrias se apresenta mais fraco, não sendo suficiente para induzir o processo inovativo do setor. Conforme destaca Kolehmainen (2002), algumas características estruturais de um aglomerado, conjuntamente com as relações colaborativas ou competitivas existentes entre as empresas, podem inibir o desenvolvimento tecnológico local, não apresentando um ambiente inovador. Essa falta de sinergia entre as empresas da indústria de alta e média alta tecnologia, juntamente com sua fraca presença ao longo do território brasileiro (Raiher, 2021), podem estar gerando essa ausência de efeito no processo de inovação no campo da alta tecnologia.

⁷ Conforme a Carta IEDI (2017), 78% do emprego brasileiro está na indústria de baixa e média baixa tecnologia.

Tabela 4: Modelo SAR Tobit espacial – Variável dependente: Total de Patentes (a) e Patentes por campo: alta tecnologia (b) e baixa tecnologia (c) – subdivisão por intensidade tecnológica das aglomerações especializadas - municípios brasileiros

Variável	Patentes campo: alta tecnologia			Patentes campo: Baixa tecnologia		
	Coef.	Direto	Indireto	Coef.	Direto	Indireto
U	32,92*	16,28*	-0,21	8,66*	4,14*	-0,15*
IC	0,55	0,28	-0,004	0,11	0,05	0,002
AG***	2,82	1,39	-0,02	-	-	-
AG****	-	-	-	4,23*	2,03*	-0,008*
HH	19,06*	9,42*	-0,12	5,43*	2,60*	-0,10*
CF	699,27*	345,70*	4,60	233,14*	111,57*	-4,14*
TF	0,25	0,19	0,002	0,18	0,11	0,002
ρ	-0,01	-	-	-0,03*	-	-

Fonte: Resultado da pesquisa

Nota: AG*** refere-se ao número de aglomerados especializados da alta/média-alta tecnologia em 2011; AG**** refere-se ao número de aglomerados especializados da baixa/média-baixa tecnologia em 2011; AD refere-se aos aglomerados diversificados em 2011; TF refere-se a concentração de firmas de pequeno porte 2011; CF é a competição local entre as firmas em 2011; U são as Universidades; IC é a intensidade do conhecimento. *nível de significância de 5%; ** nível de significância de 10%.

E essa ausência de efeito das economias de especialização da indústria de alta e média alta tecnologia não se verifica apenas nas inovações no campo da alta tecnologia, mas também na produção total de patentes. Na Tabela 5 reestimou o modelo (a) da Tabela 3, subdividindo as aglomerações especializadas em alta/média-alta tecnologia e em baixa/média-baixa tecnologia, analisando seus efeitos na produção total de patentes. E os resultados evidenciaram a ausência de impacto da concentração espacial da indústria de alta/média-alta tecnologia no processo inovativo local; já a formação de aglomerados produtivos de baixa/média-baixa tecnologia foram cruciais para a determinação do desenvolvimento tecnológico.

Raiher (2021) também não constatou efeito das aglomerações especializadas da indústria de alta/média-alta tecnologia na produtividade dos municípios brasileiros, identificando impacto apenas das aglomerações menos intensa em tecnologia. Para a autora, o Brasil apresenta vantagem comparativa na produção de produtos primários, e, conseqüentemente, ter firmas aglomeradas e especializadas em bens que utilizam essas matérias-primas significa ter um incremento de eficiência e de produtividade. Ou seja, em decorrência do encadeamento, cria-se um ambiente inovador, relacionado diretamente com o processo de aprendizagem local e intrasetorial, formando redes de inovação explícitas e fortes entre os atores locais.

No caso das indústrias mais intensas em tecnologia, teoricamente apresentam um ambiente inovativo maior e potencialmente induzem a uma eficiência produtiva superior na região. A questão é que boa parte dos bens necessários para a produção das firmas com maior intensidade tecnológica não são produzidos internamente, e sim importados (Carmo et al, 2012), rompendo o encadeamento inovativo intrasetorial, justificando, em parte, a ausência de efeitos das aglomerações especializadas na alta e média-alta tecnologia sobre o desenvolvimento tecnológico dos municípios brasileiros.

Tabela 5: Modelo SAR Tobit espacial – Variável dependente: Total de Patentes– subdivisão das aglomerações especializadas por intensidade tecnológica - municípios brasileiros

Variável	Modelo I			Modelo II		
	Coef.	Direto	Indireto	Coef.	Direto	Indireto
U	33,02*	16,31*	-0,43	20,06*	9,89*	-0,23
IC	0,44	0,22	-0,003	0,53	0,26	-0,006
AG***	-2,44	-1,19	0,02	-	-	-
AG****	-	-	-	7,50*	3,70*	-0,08
HH	22,05*	10,89*	-0,87	21,46*	10,58*	-0,88*
CF	936,47*	462,88*	-6,61	920,03*	453,68*	-10,51*
TF	0,20	0,15	0,001	0,18	0,14	0,001
ρ	-0,02**	-	-	-0,02**	-	-

Fonte: Resultado da pesquisa

Nota: AG*** refere-se ao número de aglomerados especializados da alta/média-alta tecnologia em 2011; AG**** refere-se ao número de aglomerados especializados da baixa/média-baixa tecnologia em 2011; AD refere-se aos aglomerados diversificados em 2011; TF refere-se a concentração de firmas de pequeno porte em 2011; CF é a competição local entre as firmas em 2011; U são as Universidades; IC é a intensidade do conhecimento. *nível de significância de 5%; ** nível de significância de 10%.

Por fim, ressalta-se que as variáveis de controle “presença de universidades” e “competição local” são cruciais para o processo inovativo dos municípios brasileiros, corroborando com os achados de Koo (2007).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo analisar a importância dos aglomerados produtivos, especialmente os mais intensos em tecnologia, no processo de inovação regional. Inicialmente constatou uma concentração espacial do desenvolvimento tecnológico, centrando-se especialmente no Sudeste e Sul do país, de modo que menos de 27% dos municípios brasileiros produziram alguma inovação entre 2011 a 2018. E essa discrepância inovativa é explicada, em parte, pelas economias de aglomeração.

No caso dos aglomerados diversificados, em todas as estimativas se teve um efeito positivo e estatisticamente significativo sobre a produção de patentes. A aglomeração diversificada proporciona a formação e disponibilidade de incubadoras de fatores produtivos, a geração de um mercado de trabalho voltado para a P&D, a disponibilidade de centros de pesquisas e serviços especializados, dentre outros. Essas características promovem a transmissão de *spillovers* de conhecimento entre firmas de diferentes indústrias, potencializando a diversidade de ideias, contribuindo para a elevação da inovação de todos os tipos (tanto as do campo de alta tecnologia como também as de baixa tecnologia).

Agora, para as aglomerações especializadas, apenas a da indústria de baixa/média-baixa tecnologia se apresentou como importante para o processo inovativo dos municípios brasileiros. A falta de interação entre as empresas da indústria de alta/média-alta tecnologia, com ausência de encadeamentos endógenos, e o reduzido número de empresas desse tipo de indústria ao longo do país, podem ser possíveis explicações para a ausência de efeito deste tipo de aglomerado sobre o desenvolvimento tecnológico.

Cabe ressaltar que não está se negando a importância das industriais com maior agregação de valor no processo inovativo dos municípios brasileiros. A questão é que, dado o nível de desenvolvimento industrial que se tem hoje, ainda não se tem elementos suficientes para se ter promulgação de um ambiente inovativo via a especialização em indústrias intensas

em tecnologia. Talvez ainda não se tenha encadeamentos suficientes dessas industriais localmente, existindo vazamento dos efeitos para outros países, além de não se ter investimentos relevantes em pesquisa e desenvolvimento nestas áreas.

Por fim, destaca-se que, apesar de todo o esforço metodológico empregado no presente artigo, este não encerra a discussão envolvendo os efeitos das aglomerações sobre o desenvolvimento tecnológico dos municípios brasileiros. Algumas perguntas ainda pairam no ar, como: Será que os resultados seriam diferenciados se fosse estimada separadamente uma regressão para cada região brasileira, conforme o seu desenvolvimento industrial inicial? Até que ponto as aglomerações produtivas e suas externalidades contribuem para a convergência da inovação no Brasil? Essas e outras questões devem ser analisadas em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, V.; GARCIA, R. Determinants and spatial dependence of innovation in Brazilian regions: evidence from a Spatial Tobit Model. *Nova Economia*, v.29, n.2, p.375-400, 2019

ARROW, K. J.(1962). The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies*, v.29, p.155–173.

BORENSZTEIN, E.; GREGORIO, J. D.; LEE, J-W. How does foreign direct investment affect economic growth? *Journal of international Economics*, v. 45, n. 1, p. 115-135, 1998.

CAMAGNI, R. *Economía Urbana*. Barcelona: Antoni Bosch Editor, 2005.

EDQUIST, Charles. Systems of innovation approaches: their emergence and characteristics. In: *Systems of innovation technologies, institutions and organization*. London, p. 1-35, 1996.

CARMO, A.S.; HIGASHI, H; RAIHER, A.P. Padrão de especialização no comércio exterior, tecnologia e crescimento econômico do Brasil. *Revista de Economia e Administração*, v.11, n.2, p. 139-166, 2012.

DOMINGUES, E.; RUIZ, R. Aglomerações industriais e tecnológicas: origem do capital, inovação e localização. *Economia e Sociedade*, Campinas, v. 15, n. 3, p. 515-543, dez. 2006.

FURTADO, A. T.; CARVALHO, R. Q. Padrões de intensidade tecnológica da indústria brasileira: um estudo comparativo com os países centrais. *Perspec*, São Paulo, v.19, n.1, p.70-84, 2005.

GALOR, O.; TSIDDON, D. Technological Progress, Mobility, and Economic Growth. *The American Economic Review*, v. 87, n. 3, p. 363-382, 1997.

GÓIS SOBRINHO, Ednaldo Moreno. A localização e o grau inovativo das aglomerações industriais relevantes do Brasil. *Dissertação*, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, USP, 2014.

GRILICHES, Z. The search for R&D spillovers. *Scandinavian Journal of Economics*, v. 94, p. 29-47, 1992.

- HIRSCHMAN, A. O. *The strategy of economic development*. New Haven: Yale University Press, 1958.
- JACOBS, J.. *The Economy of Cities*. Vintage, New York, 1969.
- KLEIN, A.; CRAFTS, N. *Agglomeration Economies and Productivity Growth: U.S. Cities, 1880-1930*, CAGE Online Working Paper Series, Competitive Advantage in the Global Economy (CAGE), 2015.
- KOLEHMAINEN, J. *Territorial agglomeration as a local innovation environment the case of a digital media agglomeration in Tampere, Finland*. MIT IPC-LIS Working Paper 03-2002.
- KOO, J. Determinants of *Localized Technology Spillovers: Role of Regional and Industrial Attributes*. *Regional Studies*, v. 41.7, pp. 1–17, 2007.
- KRUGMAN, P. *Geography and Trade*. The MIT Press, Cambridge, 1992, 1992.
- LESAGE, J.P.; PACE, R.K. *Introduction to spatial econometrics*. CRC Press, Boca Raton, 2009.
- LUCAS, R. E. On the mechanics of economic development. *Econometric Society Monographs*, v. 29, p. 61-70, 1988.
- MARSHALL, A. *Principles of Economics*. Macmillan, London, 1890.
- NELSON, R., *Sources of Economic Growth*. Cambridge, Mass: Harvard University, 1998.
- RAIHER, A.P. Economies of agglomeration and their relation with industrial productivity in Brazilian municipalities. *Pap Reg Sci*, v. 99, n.3; p.:725–747, 2019.
- ROMER, P. Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, v. 98, n. 5, 1990.
- STALLIVIERI, F; BRITTO, J.. *Aprendizagem, Cooperação e Inovação em Aglomerações Produtivas na Indústria Brasileira: uma análise exploratória com base na PINTEC*. 2011. <https://www.anpec.org.br/encontro/2011/inscricao/arquivos/000-7acae5db6fe24e55ed93a00450d059ff.pdf>. Acesso jul. 2020.
- STALLIVIERI, F; BRITTO, J.; CAMPOS, R.; VARGAS, M. .Padrões de Aprendizagem, Cooperação e Inovação em Aglomerações Produtivas no Brasil: Uma Análise Multivariada Exploratória. *Economia*, Brasília(DF), v.11, n.1, p.125–154, jan/abr 2010.
- SUZIGAN, W., FURTADO, J. G. SAMPAIO, S. 2003. Coeficientes de gini locacional, GL: Aplicação à indústria de calçados do Estado de São Paulo. *Nova Economia*, v.13, n.2, p.39–60, 2003.
- WHEATON, W. C.; LEWIS, M. J. Urban wages and labor market agglomeration. *Journal of Urban Economics*, v. 51, p. 542-562, 2002.
- WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory Econometrics**. Pioneira Thompson Learning, 20^a ed., 2002.