

Co-invenções inter-regionais em patentes e redes de inovação no Brasil

Inter-regional co-inventions in patents and innovation networks in Brazil

João Pedro Revoredo Pereira da Costa ⁽¹⁾

Patrine Soares Santos ⁽¹⁾

Virgínia Antunes Nobre ⁽¹⁾

Alice Alves da Silva ⁽¹⁾

Gabriel Gonçalves Nobre ⁽¹⁾

Ulisses Pereira dos Santos ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional / Universidade Federal de Minas Gerais

Resumo

O presente estudo avalia a dinâmica das redes de inovação no Brasil, por meio das cooperações inter-regionais em patentes e seus principais determinantes. Para tanto, foram utilizados dados de patentes para as regiões imediatas brasileiras e um modelo econométrico espacial, visando identificar se a cooperação em invenções é influenciada por efeitos de *spillovers* regionais e por determinantes econômicos. Os resultados indicam que espaço é relevante na dinâmica das redes de cooperação em inovação e que o comportamento da vizinhança favorece a cooperação inovativa de regiões imediatas brasileiras. No entanto, é verificável uma tendência à concentração das cooperações nas regiões mais desenvolvidas, reforçando as desigualdades regionais historicamente constituídas no país.

Palavras-chave: Inovação; Desenvolvimento regional; Fluxos inter-regionais de conhecimento; Cooperações inter-regionais;

Códigos JEL: R10; O30

Abstract

This study evaluates the dynamics of innovation networks in Brazil through interregional patent collaborations and their main determinants. Patent data for Brazilian immediate regions and a spatial econometric model were used to identify whether cooperation in inventions is influenced by regional spillover effects and regional economic determinants. The results indicate that space plays a significant role in the dynamics of innovation cooperation networks and that the behavior of neighboring regions fosters innovative cooperation among Brazilian immediate regions. However, there is a clear trend towards the concentration of collaborations in more developed regions, reinforcing the historically rooted regional inequalities in the country.

Keywords: Innovation; Regional development; Interregional knowledge flows; Interregional cooperation.

JEL Codes: R10; O30

Área de Submissão: 10 - Empreendedorismo, redes, arranjos produtivos e inovação

1. Introdução

Na medida que os processos de inovação se tornam mais complexos, é inevitável a incorporação de fontes externas de conhecimento por parte dos agentes inovadores em uma determinada região. Estas ligações extrarregionais são cruciais, uma vez que as regiões não atuam isoladamente, mas interagem umas com as outras, promovendo intercâmbios mútuos e permitindo a introdução de novos conhecimentos (TRIPPL; OTTO, 2009). Deste modo, a pesquisa sobre transbordamentos de conhecimento entre regiões é essencial nos debates sobre inovação e desenvolvimento regional. Por este motivo, nos últimos anos, investigar o comportamento dos fluxos inter-regionais de conhecimento tornou-se uma preocupação central, não apenas para a comunidade científica, mas também para os formuladores de políticas que precisam entender o papel desempenhado pelo espaço geográfico na colaboração em pesquisa. Utilizando métricas como citações de patentes e co-invenção, entre outras, para avaliar a cooperação regional na produção de conhecimento tecnológico, muitos estudos focaram em observar como a distância geográfica vem moldando a criação de redes regionais de inventores (MORESCALCHI *et al.*, 2015; QUATRARO; USAI, 2017; SAKOWSKI, 2014). Todavia, existem outros fatores capazes de fortalecer a troca de conhecimento entre agentes inovadores de diferentes regiões.

Essa discussão se faz pertinente, pois, o tema tem sido observado pela literatura, principalmente, em economias desenvolvidas. Contudo, há ainda uma lacuna referente à dinâmica das cooperações inter-regionais para a inovação em países periféricos. Dessa maneira, este trabalho busca investigar quais fatores motivam a colaboração entre inventores localizados em diferentes regiões do Brasil. Assim, busca-se entender o que influencia a criação de redes de inventores em uma economia periférica, marcada por grande heterogeneidade regional, avançando na literatura sobre o tema, além de fornecer insumos para políticas regionais de inovação.

Para tanto, o artigo se divide em cinco seções, sendo a primeira essa introdução. A segunda seção trata da revisão da literatura pertinente e a terceira apresenta a estratégia empírica e os dados utilizados, bem como uma análise exploratória da variável de interesse. A quarta seção apresenta a discussão dos resultados e a quinta traz as considerações finais do trabalho.

2. Revisão da literatura

Há consenso na literatura econômica de que o conhecimento e a inovação são imprescindíveis para garantir a competitividade, o crescimento dinâmico e o desenvolvimento das economias regionais. A inovação, por sua vez, faz parte de um processo cumulativo, interativo, sistêmico e não linear, impulsionado pela existência de um conjunto de agentes e instituições, pelo qual o conhecimento se aprimora até que dê origem a novos produtos ou processos. Para que isso aconteça, Jensen *et al.* (2007) aponta que toda inovação pode ser baseada no aprendizado, seja pela prática (doing), utilização (using) e interação (interacting) ou pela Ciência e Tecnologia (CTI), de modo que a política de inovação regional não deve enfatizar apenas o fortalecimento das capacidades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), mas também apoiar a circulação do conhecimento entre todos os atores envolvidos na geração de inovações.

Uma vez que a inovação não é linear e depende da interação de diferentes agentes que geram, compartilham e absorvem conhecimento, é possível inferir que há um processo desigual no desenvolvimento inovativo entre as regiões devido às diferentes trajetórias de crescimento, às quais elas foram submetidas. Isso, por sua vez, culmina em uma produção de conhecimento disforme no espaço (TÖDTLING; TRIPPL, 2005; ISAKSEN, 2001). Deste modo, os fluxos de conhecimento inter-regionais, que permitem a criação de redes de inventores e a coprodução

de conhecimento tecnológico, podem ser estratégias eficientes para lidar com a heterogeneidade inovativa territorial, onde as regiões menos desenvolvidas podem se beneficiar do acesso ao conhecimento externo para dinamizar e potencializar seus processos de inovação.

Gao, Guan e Rousseau (2011) apresentam que, na China, regiões periféricas com frágil base científica e tecnológica dependem de colaborações com centros mais avançados para escapar de trajetórias de desenvolvimento "bloqueadas/estagnadas", sendo o acesso ao conhecimento extra-local um fator para romper essas limitações estruturais. De forma semelhante, Santos e Mendes (2023) argumentam que os fluxos de conhecimento inter-regionais funcionam como mecanismos de difusão de saberes, permitindo que regiões com menor densidade tecnológica acessem conhecimentos produzidos em áreas mais desenvolvidas/avançadas. Esses estudos indicam que os fluxos inter-regionais de conhecimento não apenas favorecem a difusão de capacidades inovativas, mas também têm potencial de mitigar as desigualdades territoriais quando adequadamente direcionados por meio de redes colaborativas e políticas públicas.

Sendo assim, Gao, Guan e Rousseau (2011) apontam que o papel desempenhado pelo espaço geográfico na produção colaborativa de conhecimento se tornou uma preocupação central para a comunidade científica. Desde o trabalho de Jaffe *et al.* (1993), um crescente corpo da literatura empírica se concentrou na análise de fluxos e transbordamentos de conhecimento regionais com base em dados sobre citações de patentes; colaboração técnica entre empresas, universidades e instituições públicas de pesquisa; mobilidade de pessoal dentro e entre os setores público e privado e; co-invenção de patentes (SANSO-NAVARRO; VERA-CABELLO, 2018; BRESCHI; LENZI, 2015; MORESCALCHI *et al.*, 2014; RONDE; HUSSLER, 2005). Embora boa parte destes estudos não tenha como foco principal explicar o que determina os fluxos inter-regionais de conhecimento, eles utilizam as co-invenções para explorar diferentes aspectos da dinâmica inovativa espacial.

Breschi e Lenzi (2015), por exemplo, demonstram que redes locais de co-inventores, combinadas com conexões externas, são determinantes para a produtividade inventiva nas cidades dos Estados Unidos. Similarmente, Gao, Guan e Rousseau (2011) aplicam essa métrica para evidenciar assimetrias regionais na China, revelando que as colaborações inter-regionais são frágeis e concentradas nas províncias centrais e mais desenvolvidas. No contexto europeu, Morescalchi *et al.* (2014) utilizam dados de co-invenção para examinar o efeito da distância geográfica e das fronteiras nacionais sobre as redes de inovação, apontando limites à integração do Espaço Europeu de Pesquisa. Quatraro e Usai (2017), por sua vez, comparam a co-invenção a outros tipos de vínculos tecnológicos e concluem que ela é mais dependente da proximidade física e cognitiva, dada sua associação ao compartilhamento de conhecimento tácito.

Esses estudos mostram que o uso da co-invenção como *proxy* relacional permite capturar mecanismos inerentes à circulação de conhecimento e à formação de capacidades inovativas nas regiões. Por envolver a parceria direta entre inventores localizados em diferentes regiões, a co-invenção permite identificar relações de coprodução de conhecimento tecnológico, evidenciando tanto a intensidade quanto a direção dos fluxos inter-regionais (QUATRARO; USAI, 2017; BRESCHI; LENZI, 2015)

Foray (2004), ressalta que a dimensão coletiva e interativa do conhecimento levanta a questão da proximidade entre os agentes inovadores. O acúmulo de conhecimento em um determinado local facilita a disseminação de informações relevantes sobre os processos produtivos para outras empresas. Esse ambiente dinâmico promove a troca constante de ideias e inovações, criando um cenário fértil para novos desenvolvimentos (CARVALHO, 2024). Dessa maneira, um grande escopo da literatura demonstra que os transbordamentos de conhecimento tendem a ser geograficamente agrupados e as empresas baseiam suas escolhas de localização nas oportunidades de aproveitar os feedbacks positivos associados à co-localização com outros atores inovadores (BAPTISTA; SWANN, 1998; AUDRETSCH;

FELDMAN, 1996). Uma vez que a proximidade geográfica tem o efeito de aprimorar os fluxos de informação entre os agentes, mediados pelos contatos face a face, ela se torna uma condição primordial na transmissão do conhecimento, na transferência de capacitações e na aquisição de novas tecnologias, influenciando diretamente nas atividades inovativas das indústrias e das regiões (GERTLER, 2003).

Entretanto, a proximidade geográfica, por si só, não é garantia que as regiões desenvolvam competências para absorver conhecimentos dos vizinhos e os associem à sua própria base de conhecimentos. Esse é um processo de aprendizagem regional, onde o nível de desenvolvimento do sistema regional de inovação (SRI) é importante, pois, além de produzir conhecimento local, ele também tem a tarefa de absorver e decodificar o conhecimento externo produzido em outros lugares (ASHEIM; GERTLER, 2005).

A literatura mostra que o estudo de transbordamentos regionais de conhecimento tem abordado, principalmente, países desenvolvidos, com algumas exceções (SANTOS; MENDES, 2018; WANG *et al.*, 2018; CRESCENZI; RODRÍGUEZ-POSE; STORPER, 2012; GONÇALVES; ALMEIDA, 2009). Nesta perspectiva, a ausência de pesquisas sobre economias menos desenvolvidas acaba por inferir um padrão particular e consequências específicas nesses países, nas quais as forças de mercado e a natureza do crescimento econômico produzem desequilíbrios na distribuição regional dos ativos de CTI em favor das áreas industriais mais dinâmicas (SANTOS, 2017). Isto implica que a produção de conhecimento e seus desdobramentos podem ficar restritos às principais regiões industriais desses países, de modo que, aquelas de baixa capacidade, podem ser excluídas dos fluxos de informação, uma vez que não possuem os ativos necessários para participar desse processo.

Nessa linha, Santos e Mendes (2023) apontam que, mesmo quando o conhecimento é gerado em regiões menos desenvolvidas, os retornos econômicos decorrentes dessas inovações tendem a ser apropriados por regiões centrais, reforçando a importância de entender os padrões de circulação do conhecimento. Deste modo, investigar o comportamento dos fluxos inter-regionais por meio de dados de co-invenção permite compreender como o conhecimento circula territorialmente, quais regiões assumem posições centrais nas redes colaborativas e ainda, quais são os fatores que determinam a criação de redes regionais de inventores e a produção colaborativa de conhecimento tecnológico entre diferentes lugares.

3. Estratégia empírica

3.1. Dados

À luz das discussões apresentadas acima, torna-se fundamental aprofundar o entendimento sobre os fluxos de conhecimento em economias menos desenvolvidas, como o Brasil, onde as desigualdades regionais e a concentração dos ativos de CTI impõem desafios adicionais à difusão das capacidades inovativas (SANTOS, 2017; SANTOS; MENDES, 2018). Conforme Boschma *et al.* (2014), bem como Jaffe e Trajtenberg (2002), os dados de patentes possuem um grande leque de informações que ajudam na investigação dos processos de criação e difusão do conhecimento, como é o caso das cooperações ou co-invenções. Em vista disso, este estudo se diferencia ao utilizar a Base de Dados Estatísticos sobre Propriedade Intelectual (BADEPI), desenvolvida pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) em cooperação com a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO). A BADEPI permite a realização de uma análise desagregada dos dados por localidade dos inventores, tipo de patente e sua classe tecnológica, possibilitando verificar a existência de fluxos inter-regionais de conhecimento a partir das co-invenções de patentes (CARVALHO *et al.*, 2015; INPI, 2024).

Destaca-se que os dados de patentes disponibilizados pelo INPI vêm sendo empregados em estudos acerca da dinâmica regional da inovação há mais de duas décadas, permitindo a avaliação da distribuição espacial da atividade de inovação, seus transbordamentos e contribuição para o desenvolvimento regional (ALBUQUERQUE et al., 2002; GONÇALVES e ALMEIDA, 2009; SANTOS, 2017; SANTOS e MENDES, 2023).

Nessa perspectiva, ao explorar essa base de dados, o trabalho contribui para preencher lacunas da literatura, ao identificar os determinantes das colaborações entre inventores de diferentes regiões, além dos potenciais transbordamentos dessas interações inovativas no território brasileiro. Assim, além de avançar no debate acadêmico sobre a dinâmica dos sistemas regionais de inovação em países menos desenvolvidos, os resultados obtidos podem oferecer elementos para o desenho de políticas públicas que visem a reduzir as desigualdades regionais e fortalecer as redes colaborativas de produção tecnológica no Brasil.

A unidade de análise utilizada para o desenvolvimento do exercício empírico é a região imediata, conforme a regionalização do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As regiões imediatas são compostas por municípios contíguos e que tendem a apresentar elevado grau de homogeneidade socioeconômica. Entende-se que ao utilizar essa escala territorial a análise ganha maior robustez, considerando que, em boa parte das vezes, municípios contíguos tendem a apresentar alto grau de homogeneidade e interdependência econômica. Adicionalmente, a utilização de tal escala regional permite uma maior agregação dos dados, sem que se perca de vista as particularidades regionais.

No intuito de compreender quais os determinantes que levam à criação de uma rede de inventores e a produção colaborativa de conhecimento tecnológico no Brasil, adota-se como variável de análise a quantidade de vínculos colaborativos que cada região imediata possui. Para a construção da variável de interesse, avaliam-se as patentes desenvolvidas por ao menos um inventor residente na região i que foram desenvolvidas em parceria com inventores localizados nas demais $i - 1$ regiões, onde $i = 1, \dots, 510$. Se uma região i possui uma patente desenvolvida em colaboração com inventores de apenas uma outra região, contabiliza-se o valor de um (1) vínculo de co-invenção inter-regional para essa região. Caso a região i possua uma patente com co-inventores localizados em outras duas regiões distintas, contabiliza-se o valor de dois (2) vínculos inter-regionais. No entanto, mesmo que uma região interaja mais de uma vez no desenvolvimento de patentes junto à região de interesse, será contabilizada apenas uma vez em seu portfólio de vínculos. Ou seja, o número de vínculos colaborativos representa o número de regiões com as quais a região de interesse interagiu para o desenvolvimento das patentes a ela atribuídas, e não o número de cooperações. Nesse sentido, a variável de interesse reflete o número de regiões que colaboraram com a região i em seus processos de inovação. Portanto, não são consideradas as co-invenções internas à região, conforme os objetivos desse estudo. Como apresentado anteriormente, indicadores desse tipo são usados na literatura para evidenciar relações de coprodução de conhecimento tecnológico, destacando os processos de colaboração técnica entre regiões (GAO; GUAN; ROUSSEAU, 2011; MORESCALCHI *et al.*, 2015).

Para avaliar a influência de determinantes regionais sobre a intensidade das co-invenções de patentes entre as regiões imediatas brasileiras foram utilizadas variáveis tradicionais na literatura de desenvolvimento regional e inovação. Com vistas a identificar os atributos referentes aos sistemas regionais de inovação, adotou-se variáveis que refletem o nível de desenvolvimento das instituições que promovem, difundem e absorvem o conhecimento. Sendo assim, busca-se controlar características das atividades científicas e tecnológicas das regiões, bem como suas qualificações produtivas, conforme o grau de desenvolvimento do SRI (SANTOS; MENDES, 2018; SANTOS, 2010; GONÇALVES; ALMEIDA, 2009; AUDRETSCH; FELDMAN, 1996). Para tanto, os dados utilizados foram: número de discentes de mestrado e doutorado, como *proxy* para a capacidade local de formação de pesquisadores;

quantidade de artigos científicos publicados que foram escritos por autores residentes nas regiões, como *proxy* para a P&D universitária e; participação de setores de média-alta e alta tecnologia na estrutura produtiva da economia.

Ademais, controlam-se propriedades regionais mais gerais, como riqueza e tamanho dos mercados, uma vez que o dinamismo econômico influencia diretamente na construção de sistemas regionais de inovação mais sólidos e, conseqüentemente, faz com que estes tenham maior capacidade de absorver conhecimento extra-regional (BRESCHI; LENZI, 2015; DOLOUREX, PARTO, 2005). Nesse caso, os dados adotados são o valor adicionado per capita e o tamanho da população das regiões. Por fim, entende-se que a distância das regiões em relação ao principal eixo produtivo e inovativo do país é relevante para a capacidade inovativa das regiões e, por isso, deve ser controlado. Pois, quanto mais próxima for uma unidade da região mais rica e inovativa, maior a possibilidade dessa unidade gozar de possíveis transbordamentos de saberes e capacidades (SANTOS; MENDES, 2023; GLAESER; RESSEGER, 2010). Desta forma, emprega-se a distância em quilômetros entre as regiões e a região imediata de São Paulo.

De forma geral, espera-se que uma relação positiva seja observada entre as características supracitadas e os vínculos que geram co-invenções, com exceção da distância das regiões para o eixo produtivo e inovativo do país. Um SRI mais desenvolvido permite ganhos na produção de invenções, sejam elas feitas de forma cooperativa com outras regiões ou internas na própria região. Por sua vez, uma região com maior grau de tecnologia em sua estrutura produtiva é relacionada com maior capacidade de interação e possíveis transbordamentos do conhecimento, permitindo maior frequência de co-invenções. Considerando as características mais gerais das regiões, pode-se pensar que mercados mais ricos e maiores tendem a atrair mais inventores que podem trabalhar de forma cooperativa com outras regiões e gerar mais co-invenções. Por outro lado, uma região mais distante de São Paulo tem maior dificuldade em usufruir de transbordamentos da estrutura de inovação presente nessa região, potencialmente reduzindo a capacidade inovativa e a geração de co-invenções. O Quadro 1 sintetiza os dados utilizados e demais informações pertinentes. Frisa-se que os dados estão dispostos em dois intervalos de tempo, 2011 a 2015 e 2016 a 2020.

Quadro 1: Variáveis utilizadas para regressão

Variável	Tipo	Descrição	Fonte	Agregação no tempo	Sinal esperado
Vínculos cooperativos	Dependente	Quantidade vínculos de co-invenção de cada região ¹	Cálculo próprio com base na BADEPI	Soma	
Formação de pesquisadores	Independente	Quantidade de alunos de mestrado e doutorado (pessoas)	GEOCAPES	Média	Positivo (+)
Intensidade tecnológica	Independente	Participação de setores de média-alta e alta tecnologia (%) ²	Cálculo próprio com base na RAIS	Média	Positivo (+)
População	Independente	População residente (pessoas)	IBGE	Média	Positivo (+)

¹ Para operacionalizar a extração e limpeza dos dados, considerou-se apenas as informações que possuem Código de Endereçamento Postal (CEP) disponível.

² A identificação de setores de média-alta e alta tecnologia é baseada em Cavalcante (2014).

VA per capita	Independente	Razão entre valor adicionado e população residente (R\$) ³	Cálculo próprio com base no IBGE	Média	Positivo (+)
Produção científica	Independente	Quantidade de artigos publicados com pelo menos um autor residente no Brasil ⁴	<i>Web of Science</i>	Média	Positivo (+)
Distância	Independente	Distância da região para SP (KM) ⁵	Cálculo próprio com <i>Shapefile</i> das Regiões Imediatas do IBGE		Negativo (-)
Região	Independente	Variável categórica para controlar diferenças entre as macrorregiões brasileiras			

Fonte: Elaboração Própria.

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis consideradas na análise, referentes ao período de 2016 a 2020. Nota-se grande variabilidade entre as regiões em todas as variáveis utilizadas. Um exemplo dessa variabilidade é a variável dependente da análise, quantidade de vínculos que geram co-invenção das regiões, em que a região que observou maior valor encontrou resultado 12,9 vezes maior que a média.

Tabela 1: Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas, informações do período de 2016 a 2020

Variável	Mínimo	Média	Máximo
Vínculos	0	12	155
Formação de pesquisadores	0	143	9.801
Intensidade tecnológica	0,00%	1,52%	15,85%
População	32.883	409.459	21.566.874
VA per capita	R\$ 6.625	R\$ 25.003	R\$ 111.355
Produção científica	0	49	2.398
Distância	0	1.246	3.457

Fonte: Elaboração Própria.

Tratando das demais variáveis, ainda no mesmo intervalo de tempo, a participação dos setores de média-alta e alta tecnologia na economia foi de 0% em 37 unidades. Por outro lado, avaliando a região de Cruzeiro/SP, que observou maior participação desses setores, nota-se que ela tem esse indicador 10,4 vezes maior que a média.

A variável de alunos de pós-graduação representa a estrutura de pesquisa das localidades. Para esse indicador, a região do Rio de Janeiro/RJ observou o maior nível, com 9,8 mil discentes, enquanto 366 regiões não tiveram alunos de pós-graduação. A região com maior quantidade de artigos publicados foi o Distrito Federal/DF, com valor 48,5 vezes maior que a média das regiões imediatas. Por outro lado, 15 regiões apresentaram valor zero para essa variável entre os anos de 2016 e 2020.

O valor adicionado per capita é um indicador da riqueza das regiões. Desta forma, a região mais pobre no período foi Barreirinhas/MA, com valor adicionado de R\$ 6.625 per

³ Os valores estão a preços constantes de 2020, deflacionados pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).

⁴ Cerca de 1,43% das informações presentes na base de dados original foram desconsideradas no processo de limpeza e extração dos dados, por erros de digitação no nome da região de referência do artigo.

⁵ Distância entre o centroide das regiões para o centroide da região de São Paulo.

capita, que é aproximadamente 25% da média (R\$ 25.003). A região com maior nível nesse indicador no período é Parauapebas/PA (R\$ 111.355), valor 4,5 vezes maior que a média das regiões imediatas. A maior população foi encontrada na região imediata de São Paulo/SP, com 21,5 milhões de pessoas, enquanto a região de Caracará/RR observou a menor população, com 32,8 mil pessoas. Por fim, a região mais distante do centro produtivo brasileiro é Pacaraima/RR, a 3.457 km de São Paulo.

3.1.1. Análise exploratória dos vínculos e das co-invenções

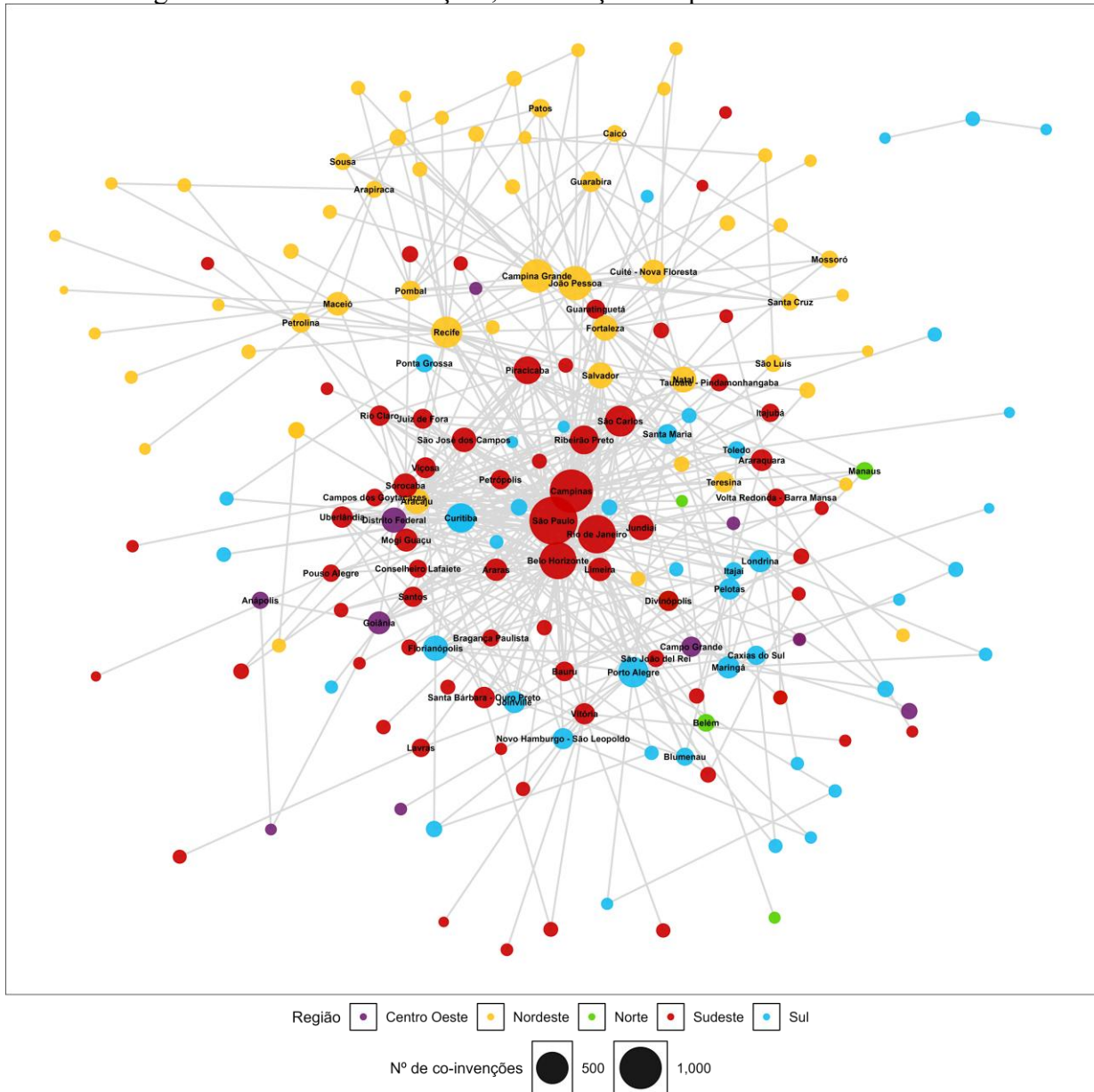
Observando o comportamento dos vínculos de co-invenções de patentes no Brasil, nota-se que, a região imediata que abrange a cidade de São Paulo/SP apresenta o maior nível, tanto nos vínculos quanto na quantidade de patentes resultantes de co-invenções. Foram observados para a cidade 155 vínculos e 1.370 patentes desenvolvidas em cooperação com outras regiões. Também se destacam na quantidade de vínculos: Campinas/SP, Rio de Janeiro/RJ, Belo Horizonte/MG e São Carlos/SP. Todas observam valores acima de 90 ligações com outros territórios. Todavia, 108 regiões imediatas não apresentaram vínculos no período entre 2016 e 2020. Por sua vez, outras regiões ganham relevância quando observado a quantidade de co-invenções, como João Pessoa/PB, Campina Grande/PB e Recife/PE. Essas localidades possuem menos vínculos que São Carlos/SP, mas geraram mais co-invenções de patentes que a região paulista.

Essas variáveis apresentam elevado grau de concentração, como indica o índice de Gini de 0,6723 para os vínculos. Para o período em destaque, 5% das regiões abrangem 33% dos vínculos totais. Analisando a concentração das co-invenções, nota-se valor ainda mais relevante: com índice de Gini de 0,7966. Ou seja, poucas regiões concentram tanto os vínculos quanto as co-invenções. A título de exemplo, 3% das regiões convergem 40% do total de co-invenções e 21% das regiões não co-inventaram. Interessante notar a diferença nos valores dos índices, sugerindo que algumas regiões possuem vínculos, mas o volume de co-invenções nesses vínculos é pequeno. Por outro lado, outras regiões utilizam mais desses vínculos, produzindo quantidade expressiva de patentes em parceria com outras regiões.

Nota-se que esse padrão de concentração é verificado majoritariamente no Sudeste, principalmente nas regiões imediatas do estado de São Paulo. Enquanto as regiões que não co-inventam ou co-inventam pouco estão concentradas principalmente nas macrorregiões Centro-Oeste e Norte. Nesse sentido, há uma repetição do padrão histórico de concentração econômica no território brasileiro, em favor do centro-sul do país (GONÇALVES E ALMEIDA, 2009). Esse quadro também replica o que já foi observado quanto à distribuição espacial dos entes do sistema de inovação brasileiro (SANTOS, 2017).

Para compreender melhor esse fenômeno, busca-se representar a rede de co-invenções das regiões imediatas brasileiras por meio da Figura 1, na qual são representados os vínculos de cooperação em invenções entre as regiões imediatas brasileiras. Na posição mais central na rede, e em destaque, estão as regiões com maior número de vínculos, São Paulo, Rio de Janeiro, Campinas e Belo Horizonte. Destaca-se que São Paulo/SP e Campinas/SP são as regiões que mais cooperam entre si, com 207 patentes produzidas em conjunto. Além disso, elas também possuem grande capilaridade de vínculos colaborativos, assim como outras regiões do Sudeste. Além da centralidade das regiões imediatas do Sudeste na produção de patentes em colaboração, pode-se destacar as regiões de João Pessoa/PB e Campina Grande/PB, que se posicionam como localidades centrais no processo de co-invenção e cooperação na região Nordeste. Por sua vez, a região Sul parece menos clusterizada do que o Nordeste, observando muitas conexões relevantes com as regiões do Sudeste. No que tange ao Centro-Oeste e o Norte, percebe-se que são regiões com menor recorrência de cooperações em invenções.

Figura 1: Rede de co-invenções, informações do período de 2016 a 2020



Fonte: Elaboração Própria.

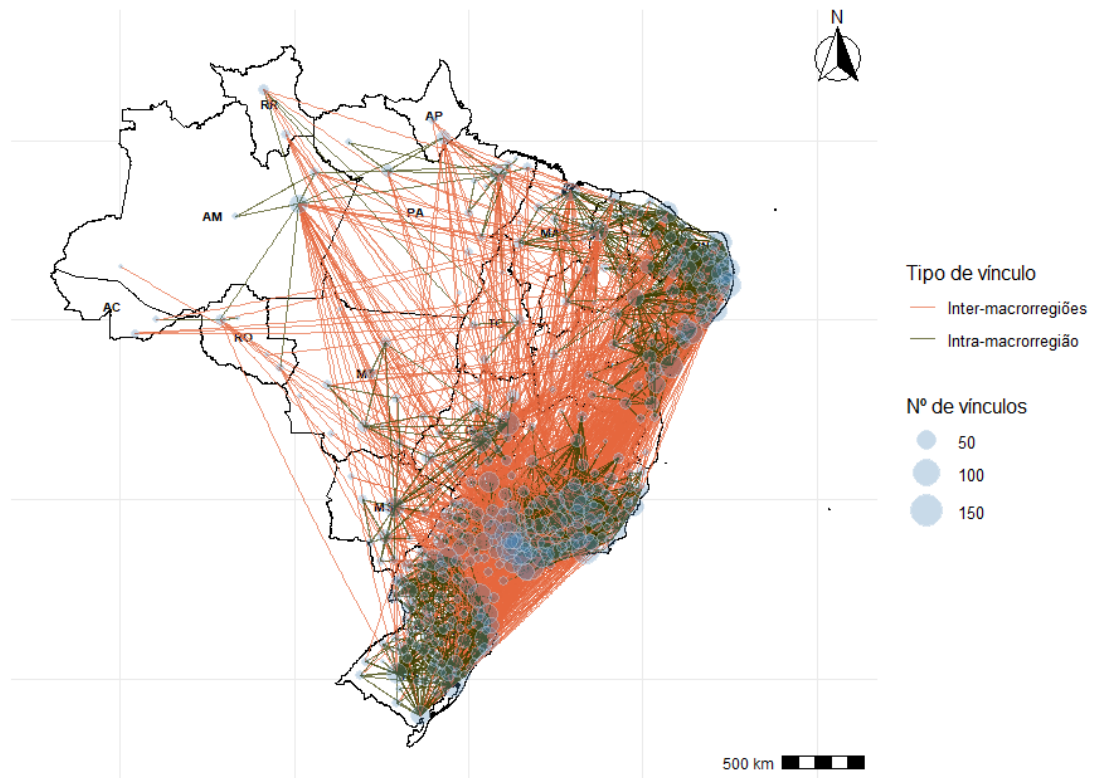
Nota: rede elaborada com base em matriz de co-invenções, que apresenta o total de co-invenções por par de região; os nós e arestas que aparecem na figura são de regiões que têm pelo menos 5 co-invenções; o peso das arestas é dado pela quantidade de co-invenções por par de região e este peso é utilizado pelo algoritmo para produzir a rede; o algoritmo aproxima pares de regiões com maior peso nas suas interações; ao todo, a rede possui 445 arestas e 181 nós e o nome da região aparece se ela possuir pelo menos 60 co-invenções.

De forma complementar, a Figura 2 diferencia os vínculos entre regiões imediatas pertencentes à mesma macrorregião dos vínculos entre territórios de macrorregiões diferentes. Verifica-se a concentração dessas ligações nas áreas Sul e Sudeste, além do litoral nordestino. Para além disso, é possível observar que as regiões imediatas pertencentes a essas localidades cooperam bastante entre si⁶. Em contrapartida, as regiões do Norte e Centro-oeste que possuem co-invenções, cooperam mais com outras macrorregiões do que com as regiões imediatas vizinhas. Nesse sentido, é possível inferir que tais regiões tendem a buscar conexões com centros mais desenvolvidos, onde estariam concentrados os principais ativos do sistema

⁶ As cinco macrorregiões brasileiras são: Norte, Centro-oeste, Nordeste, Sul e Sudeste.

nacional de inovação. Trata-se de um quadro que pode ser próximo ao observado por Gao, Guan e Rousseau (2011) para a China.

Figura 2: Disposição espacial, número e tipo dos vínculos de co-invenção, informações do período de 2016 a 2020



Fonte: Elaboração Própria.

Do exposto pelas Figuras 1 e 2, encontra-se que poucas regiões concentram a maior parte das patentes resultantes de co-invenções e dos vínculos cooperativos. Além disso, elas tendem a estar próximas geograficamente e a cooperar intensamente entre si. Um exemplo disso são as regiões que ocupam a faixa central da Figura 1, sendo majoritariamente de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, mas com prevalência das regiões imediatas paulistas. Não obstante, as interações intra-macrorregiões e inter-macrorregiões são mais fortes nessas localidades, de modo a atrair grande parte dos vínculos.

Considerando o padrão dos dados observado acima, pode-se avaliar se a quantidade de vínculos cooperativos das regiões imediatas brasileiras apresenta autocorrelação espacial. Importante lembrar que essa é a variável que se pretende estudar. Para tanto, define-se a matriz de vizinhança que determina a quantidade de regiões que podem ser consideradas vizinhas. Neste estudo, emprega-se uma matriz de contiguidade do tipo Rainha (Queen) de primeira ordem. Na sequência, calcula-se a matriz de pesos espaciais. Com base nisso, encontra-se o índice de Moran global. Esse índice avalia a relação de dependência espacial entre todas as unidades espaciais, por meio de uma única estatística (AZEVEDO et al., 2021). Valores maiores que zero representam autocorrelação espacial positiva. Analogamente, valores menores que zero representam autocorrelação espacial negativa. O índice também é submetido a um teste de hipótese, onde é possível checar se a autocorrelação espacial é significativa. O indicador que representa a quantidade de vínculos cooperativos das regiões apresentou autocorrelação espacial positiva, conforme indicado na Tabela 2. Ou seja, os dados sugerem a existência de um processo de clusterização espacial e, conseqüentemente, a presença de

spillovers espaciais quanto a esta variável. Ou seja, uma região imediata apresenta maiores chances de deter vínculos cooperativos para inovação se estiver próxima a outras regiões com alto número de vínculos cooperativos. Esse aspecto reforça o peso da proximidade geográfica para a realização de cooperações no desenvolvimento de patentes e, potencialmente, inovações (SANTOS; MENDES, 2023).

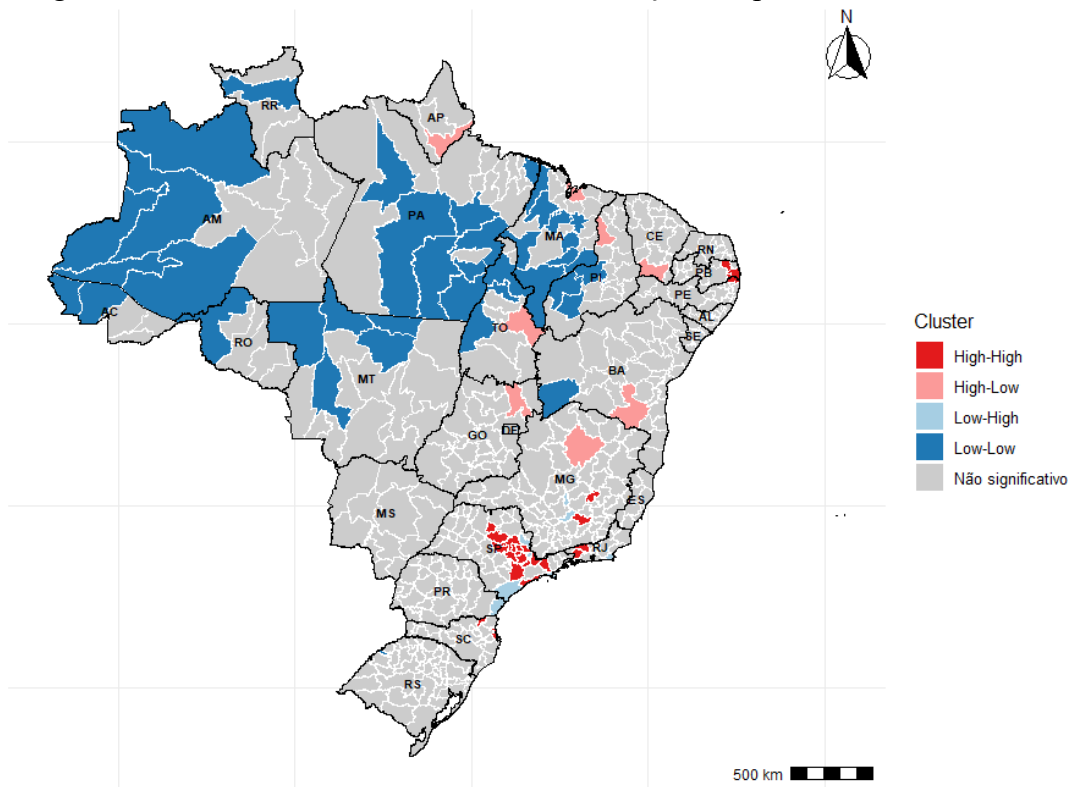
Tabela 2: I de Moran global dos vínculos, informações do período de 2016 a 2020

Estatística	P-valor
0,18	0,0000

Fonte: Elaboração própria. Nota: a matriz de vizinhança adotada é do tipo rainha de primeira ordem.

Por meio da Figura 3, resultante do teste I de Moran local, é possível observar a existência de clusters “High-High” concentrados principalmente no Sudeste, onde as regiões apresentam elevada intensidade de co-invenções e estão cercadas por outras áreas igualmente dinâmicas nesse aspecto, principalmente nas regiões imediatas dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Além do Sudeste, há também a presença desse padrão em pontos específicos do Sul (Santa Catarina) e Nordeste (Paraíba e Pernambuco), ainda que de forma menos expressiva. Os clusters do tipo “Low-Low” destacam-se principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. No Sul e Sudeste, esse padrão é raro, identificado apenas em duas regiões imediatas. Em ambos os casos, encontra-se um padrão de autocorrelação espacial positiva.

Figura 3: I de Moran local dos vínculos, informações do período de 2016 a 2020



Fonte: Elaboração Própria. Nota: o nível de significância adotado é de 5%; a matriz de vizinhança adotada é do tipo rainha de primeira ordem.

Além dos agrupamentos espaciais positivos, a análise revela outros padrões entre as regiões brasileiras. O "High-Low", ocorre em capitais de estados menos desenvolvidos (Pará, Maranhão, Piauí, Tocantins e Amapá), onde núcleos urbanos, como Belém, apresentam

dinamismo cooperativo, mas são cercados por regiões periféricas com baixa integração aos fluxos de conhecimento. Esse padrão reflete a concentração de ativos inovativos em polos isolados, sem capacidade de irradiação para o entorno⁷. Já o padrão "Low-High", observado em regiões de estados desenvolvidos⁸ (Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo), caracteriza áreas com baixa atividade cooperativa inseridas em macrorregiões dinâmicas, evidenciando que a proximidade a polos tecnológicos não garante, por si só, a absorção de conhecimento. Embora existam casos de autocorrelação espacial negativa, predomina a autocorrelação positiva conforme indicador global (Figura 3), indicando que a colaboração inovativa tende a se concentrar em clusters consolidados, reforçando desigualdades regionais.

Dado que a análise exploratória indica a existência de autocorrelação espacial nos dados de vínculos, torna-se necessária a adoção de uma metodologia que lide adequadamente com a espacialidade dessas informações, permitindo, desta maneira, controlar esse fator pela análise econométrica.

3.2. Metodologia

Dado a estrutura da base de dados, bem como a autocorrelação espacial da variável dependente, pode-se usar um painel espacial como abordagem metodológica. Conforme Santos e Mendes (2023), as principais vantagens em utilizar dados em painel são (i) o tratamento da heterogeneidade nas observações, (ii) as melhorias na variabilidade dos dados e no poder explicativo devido à coexistência das dimensões transversal e temporal do evento; e (iii) o aumento da eficiência das estimativas por meio da ampliação do número de observações.

Para o desenvolvimento do exercício empírico, o modelo foi elaborado com dados na estrutura de painel, isto é, os dados das unidades (regiões imediatas brasileiras) são acompanhados em dois períodos, 2011 a 2015 e 2016 a 2020. Dessa forma, precisa-se testar qual o modelo espacial é mais adequado para o desenvolvimento das análises. *A priori*, testam-se os resíduos de um Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) padrão para definir a especificação correta para o modelo pretendido. Estes testes buscam identificar a forma adequada de controlar a espacialidade dos vínculos cooperativos para inovação entre regiões imediatas no Brasil. Importante frisar que todos os testes procedidos utilizam a matriz de vizinhança do tipo rainha de primeira ordem, que, na média, identificou 5,47 vizinhos por região.

Para diagnosticar a melhor forma de lidar com a dependência espacial, utilizaram-se os testes de Multiplicador de Lagrange, conforme proposto por Anselin (1988) e Anselin *et al.* (1996). Os testes procedidos são utilizados para avaliar a necessidade de adicionar um termo que controle o erro espacial $\lambda W(u_{i,t})$ ou a defasagem espacial $\theta W(Y_{i,t})$. A Tabela 3 apresenta os resultados dos testes.

⁷ Esse fenômeno reflete o fato de que, embora algumas cidades concentrem ativos institucionais e científicos, seus entornos carecem de infraestrutura e capacidade para absorver e difundir conhecimento, limitando o alcance dos transbordamentos (Gonçalves & Almeida, 2009).

⁸ Por outro lado, há casos de regiões com baixa atividade inovadora, mas inseridas em macrorregiões mais dinâmicas ("Low-High"), padrão mais frequente em áreas desenvolvidas do país. Nesses casos, a proximidade com centros inovadores não é suficiente para impulsionar o desempenho local, evidenciando a importância de ativos próprios e de sistemas regionais de inovação maduros. No conjunto, predomina a autocorrelação espacial positiva, indicando que a dinâmica da inovação e dos *spillovers* de conhecimento tende a reforçar as desigualdades regionais, pois apenas algumas macrorregiões dispõem das condições necessárias para participar efetivamente desses fluxos, enquanto outras permanecem à margem do processo inovativo nacional (Gonçalves & Almeida, 2009).

Tabela 3: Testes de multiplicador de Lagrange para especificação de modelo espacial

	Erro espacial	Defasagem espacial	Erro espacial robusto	Defasagem espacial robusto
Estatística do Multiplicador de Lagrange	12,52	11,77	2,51	1,77
P-valor	0,0004	0,0006	0,1128	0,1836

Fonte: Elaboração Própria.

Avaliando exclusivamente os resultados dos testes de especificação, não há uma definição precisa de qual tipo de modelo é preferível, se erro ou defasagem espacial. Entende-se que essa falta de definição decorre dos resultados dos testes iniciais indicarem resultados significativos para ambos e os resultados dos testes robustos não apresentarem significância para nenhum. Esses resultados sugerem que os dois tipos de modelo lidam com a dependência espacial, mas não indicando claramente qual das alternativas é preferível.

Entretanto, o presente trabalho toma como hipótese que a co-invenção entre regiões também é determinada pela presença de *spillovers* da vizinhança, isto é, a vizinhança de um local altamente cooperativo contribuiu para que a localidade também seja mais cooperativa (isso também vale para o caso oposto, onde uma vizinhança que coopera pouco contribuiu para que a localidade seja menos cooperativa). Essa hipótese é apoiada pela análise exploratória apresentada anteriormente. Dado essa hipótese sobre o funcionamento do mecanismo de co-invenção das regiões, bem como os resultados inconclusivos dos testes de especificação, opta-se por estimar um painel com defasagem espacial.

O próximo passo é testar qual tipo de painel é mais adequado para proceder a análise. Para tanto, o teste de Hausman adaptado para modelos espaciais (MILLO; PIRAS, 2012) foi empregado e com base nele, adota-se um modelo de efeitos fixos.

Assim, o modelo estimado é descrito pela equação 1.

$$\begin{aligned}
 \text{Vínculos}_{i,t} = & \theta W(\text{Vínculos}_{i,t}) + \beta_1(\text{Formação de pesquisadores}_{i,t}) \\
 & + \beta_2(\text{Intensidade tecnológica}_{i,t}) + \beta_3(\text{População}_{i,t}) \\
 & + \beta_4(\text{VA per capita}_{i,t}) + \beta_4(\text{Distância}_{i,t}) \\
 & + \beta_5(\text{Produção científica}_{i,t}) + \beta_6\text{Norte} + \beta_7\text{Nordeste} \\
 & + \beta_8\text{Sul} + \beta_9\text{Centro Oeste} + \mu + \varepsilon_{i,t}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Onde $\theta W(\text{Vínculos}_{i,t})$ é o termo de defasagem espacial da variável dependente, a partir do qual é possível avaliar os impactos da vizinhança sobre a existência de vínculos colaborativos em uma determinada região. Por sua vez, Formação de pesquisadores_{i,t}, Intensidade tecnológica_{i,t}, População_{i,t}, VA per capita_{i,t}, Distância_{i,t} e Produção científica_{i,t} são as variáveis explicativas que controlam a regressão, bem como as variáveis que se pretende relacionar com os Vínculos_{i,t} e μ é o termo dos efeitos fixos do painel. Além das variáveis de análise, adicionou-se uma variável categórica de macrorregião no modelo, onde a referência é a macrorregião Sudeste, aquela em que estão concentradas as regiões imediatas mais ricas do Brasil. Desta forma, os β_6 , β_7 , β_8 e β_9 controlam as diferenças entre as demais macrorregiões e a macrorregião de referência. Por fim, $\varepsilon_{i,t}$ é o erro idiossincrático do modelo.

O passo seguinte consiste em avaliar se essa especificação é suficiente para controlar a espacialidade dos dados de vínculos de co-invenção. Esse teste é particularmente importante para compreender se a escolha pelo modelo de defasagem espacial foi adequada para controlar a dependência espacial da variável dependente. Para tanto, extraem-se os resíduos do painel e, com base neles, é testado o índice de Moran global. A Tabela 4 ilustra os resultados, indicando

que a especificação é suficiente para controlar a espacialidade dos vínculos, isto é, os resíduos desse painel não são correlacionados com eles mesmo defasados espacialmente. Ou seja, o modelo conseguiu controlar adequadamente a dependência espacial da variável dependente.

Tabela 4: I de Moran dos resíduos do painel

Estadística	P-valor
0,015	0,1984

Fonte: Elaboração própria.

4. Resultados e discussão

4.1. Resultados

A Tabela 5 apresenta os resultados do modelo econométrico estimado. Nota-se que quatro dos seis determinantes testados apresentam significância estatística e sinal esperado. Ainda que a população e a distância para o centro produtivo do país não tenham observado significância estatística em seus parâmetros, o sinal de ambas está na direção esperada. Além disso, destaca-se a significância e sinal de θ , termo associado à defasagem espacial da variável dependente, apoiando a hipótese de transbordamentos dos vínculos de co-invenções. Isso indica que as regiões imediatas engajadas em redes de co-invenções tendem a se localizar próximas a outras com a mesma característica. Em outros termos, a cultura cooperativa em inovação demonstra para o território brasileiro um viés espacial, sendo favorecida pela localização que tende a gerar impactos positivos sobre a sua existência. Nesse sentido, é possível atestar que as redes de co-invenções tendem a se concentrar no espaço, o que indica efeitos *spillover* quanto ao engajamento nas mesmas.

Tabela 5: Resultados do modelo econométrico de painel espacial

Variável dependente – vínculos	
Variáveis explicativas	Coefficientes
Formação de pesquisadores	0,01389016684***
Intensidade tecnológica	60,34015434509***
População	0,00000047534
VA per capita	0,00007029850***
Distância	-0,00088722258
Produção científica	0,02902656909***
Norte	-0,06316053379
Nordeste	2,34461360045*
Sul	-0,73689737025
Centro-Oeste	-1,56094828129
θ (termo da defasagem espacial)	0,22434***
Efeitos fixos	Sim

Fonte: Elaboração própria. Nota: ***, ** e * representam a significância estatística dos coeficientes, aos níveis de 1%, 5% e 10%, respectivamente. A matriz de vizinhança adotada é do tipo rainha de primeira ordem.

De forma mais específica, é interessante notar os efeitos diretos estimados. Tratando do valor agregado per capita, o modelo encontra uma associação de R\$ 14.225 per capita para cada vínculo de co-invenção. Isto indica que quanto mais rica for uma região, mais ela tende a cooperar e co-inventar com outras regiões. Trata-se de um indício de que regiões mais desenvolvidas tendem a apresentar maior volume de cooperações em processos inovativos. No

caso brasileiro, esse pode ser um aspecto em favor da manutenção da concentração regional das atividades de inovação em regiões mais desenvolvidas do país (SANTOS, 2017). Para o indicador de formação de pesquisadores, nota-se que aumentos em 72 alunos de pós-graduação estão associados ao ganho de uma cooperação de co-invenção inter-regional. Considerando a produção científica, o montante para gerar mais uma cooperação é de 34 artigos. Nesse sentido, pode-se dizer que o grau do desenvolvimento do SRI também favorece o engajamento em redes cooperativas de inovação. Pode-se dizer, portanto, que a existência de cooperações para inovação requer a existência de capacitações locais nas regiões brasileiras. Ou seja, o conhecimento não flui livremente no espaço. Tal fluidez tende a acontecer entre SRIs minimamente desenvolvidos, pois, para a captação e decodificação de conhecimentos gerados externamente, a existência de capacitações em CTI são fundamentais. A participação de setores de média-alta e alta tecnologia (intensidade tecnológica) é a variável com maior efeito sobre a cooperação de co-invenção, onde o aumento em 1 ponto percentual nessa variável está associado a mais 60 vínculos de co-invenções. Tais achados indicam que regiões mais desenvolvidas e com SRIs mais consolidados tendem a ter maior engajamento em redes de cooperação para inovação. Esse resultado indica, portanto, uma tendência à concentração das co-invenções entre essas regiões, contribuindo para uma tendência à manutenção da concentração regional de atividades inovativas no território brasileiro, como já observado em outros estudos (SANTOS, 2017; SANTOS; MENDES; 2023).

Dado que o modelo estimado é de defasagem espacial, pode-se encontrar os efeitos indiretos e totais, além dos diretos. A Tabela 6 apresenta esses resultados para os seis determinantes foco da análise. Nesse caso, verifica-se a maior parte do efeito total descrito pelos efeitos diretos das variáveis, isto ocorre devido ao θ relativamente pequeno, ainda que significativo. Especificamente sobre os efeitos totais, a variável mais relevante para os vínculos de co-invenção das regiões é a participação de setores de maior intensidade tecnológica na economia das regiões. O aumento de 1 ponto percentual de participação desses setores está associado ao aumento de 60 vínculos na região imediata onde foi observado o aumento e de 17 na sua vizinhança, gerando um aumento de 77 vínculos de co-invenções ao todo. A mesma interpretação vale para as demais variáveis.

Tabela 6: Efeitos diretos, indiretos e totais das variáveis de interesse

Variáveis	Diretos	Indiretos	Totais
Formação de pesquisadores	0,01389***	0,00402***	0,01791***
Intensidade tecnológica	60,34015***	17,45186***	77,79201***
População	0,00000	0,00000	0,00000
VA per capita	0,00007***	0,00002**	0,00009***
Distância	-0,00089	-0,00026	-0,00114
Produção científica	0,02903***	0,00840***	0,03742***

Fonte: Elaboração própria. Nota: ***, ** e * representam a significância estatística dos coeficientes, aos níveis de 1%, 5% e 10%, respectivamente.

4.2. Robustez

Para fins de avaliar a robustez dos resultados, testam-se duas matrizes de vizinhança alternativas, ambas utilizando K vizinhos mais próximos. A primeira considera $K = 5$ e a segunda $K = 6$. A justificativa para esses valores de K é a quantidade média de vizinhos encontrados pela matriz de contiguidade do tipo rainha de primeira ordem, que foi 5,47. Desta forma, utilizou-se os dois números naturais mais próximos dessa quantidade média para proceder os testes de robustez.

Notadamente os resultados são similares aos encontrados pela matriz rainha, sendo consistentes em sinal, magnitude e significância dos achados. Esta evidência sugere que os

resultados do trabalho são robustos, sendo pouco influenciáveis por mudanças na matriz de vizinhança. A Tabela 7 sintetiza os achados dos dois testes de robustez.

Tabela 7: Resultados dos testes de robustez

Variável dependente - vínculos		
	K = 5	K = 6
Formação de pesquisadores	0,01386652266***	0,01378609041***
Intensidade tecnológica	56,71989175828***	56,74298338714***
População	0,00000039705	0,00000046742
VA per capita	0,00007807769***	0,00007664205***
Distância	-0,00068728138	-0,00067137037
Produção científica	0,02881855818***	0,02874082162***
Norte	-0,60066470798	-0,48296636041
Nordeste	2,13669786340	2,24213594147
Sul	-0,59299555346	-0,42489649048
Centro-Oeste	-2,05350811602*	-1,91619973792
θ (termo da defasagem espacial)	0,24609***	0,246094***
Efeitos fixos	Sim	Sim

Fonte: Elaboração própria. Nota: ***, ** e * representam a significância estatística dos coeficientes, aos níveis de 1%, 5% e 10%, respectivamente.

4.3. Discussão dos resultados

Como apontado por Cooke (1998), um sistema regional de inovação engloba todas as instituições que promovem, difundem e absorvem o conhecimento em um determinado território. Quanto mais desenvolvidas forem as interações entre essas instituições e a infraestrutura de produção, maior será o volume de inovações regionais (ASHEIM; GERTLER, 2005). Deste modo, sistemas regionais de inovação mais avançados são mais propensos a se beneficiar de transbordamentos de conhecimento de outras regiões, pois, além de produzir conhecimento local, eles também têm a tarefa de absorver e decodificar o conhecimento externo produzido em outros lugares (GAO; GUAN; ROUSSEAU, 2011).

Isso reflete, conseqüentemente, na capacidade das regiões em criar vínculos entre si, no transbordamento de conhecimento inter-regional e na criação de rede inventores de patentes. Tais características foram observadas nos resultados da análise empírica aqui desenvolvida. Notadamente, as variáveis que representam o nível de desenvolvimento das instituições que promovem o conhecimento apresentam sinal positivo e significativo. Isso indica a necessidade de existência nas regiões imediatas de SRIs devidamente estruturados para o engajamento em redes cooperativas de inovação. Nesse sentido, é possível concluir que as capacitações internas de CTI são fundamentais não apenas para a promoção local de atividades de inovação, como também para o desenvolvimento de redes inovativas (SANTOS; MENDES, 2023).

Com relação aos transbordamentos de conhecimento, observa-se uma dinâmica que reforça o padrão já apontado por Gonçalves e Almeida (2009) e Santos e Mendes (2023). Segundo esses autores, os municípios brasileiros tendem a se beneficiar dos *spillovers* de conhecimento de seus vizinhos, sendo este um dos fatores mais relevantes para o desempenho em patentes. No entanto, os resultados aqui apresentados mostram que tais transbordamentos não apenas influenciam a capacidade inovativa das regiões, mas também afetam sua capacidade de estabelecer vínculos e cooperarem com outras localidades na criação de novas patentes. Ou seja, o desempenho cooperativo da vizinhança impacta positivamente sobre as chances de que uma região imediata apresenta alto número de vínculos cooperativos com outras regiões.

Conforme destacado por Gonçalves e Almeida (2009), há uma tendência de concentração desses vínculos e dos fluxos de conhecimento nas macrorregiões mais desenvolvidas do país, especialmente no Sudeste e Sul, que reúnem a maior parte da infraestrutura científica, tecnológica e industrial, além de uma rede urbana mais densa e articulada. Essa concentração resulta em um cenário no qual os *spillovers* e as colaborações inovativas tendem a se restringir a polos já consolidados, enquanto regiões sem sistemas regionais de inovação maduros permanecem isoladas, com baixa capacidade de absorver ou participar dos fluxos e transbordamentos de conhecimento. Tal cenário também foi observado, tanto por meio da análise descritiva dos dados, quanto por meio da análise econométrica realizada. Desta forma, a ausência de ativos institucionais, científicos e produtivos adequados em grande parte do território brasileiro criam barreiras à difusão do conhecimento, reforçando as disparidades regionais historicamente constituídas (GONÇALVES e ALMEIDA, 2009; SANTOS e MENDES, 2023).

Conforme argumentado na literatura especializada, um maior grau de maturação por parte dos SRIs promove a capacidade inovativa das regiões, levando, em última instância, ao seu desenvolvimento. No entanto, como apresentado no presente trabalho, esse sistema também fomenta a capacidade cooperativa das regiões. Portanto, o desenvolvimento dos SRIs de modo a dirimir os desequilíbrios quanto a distribuição dos ativos de CTI no território, permitiria maior ocorrência de cooperações tecnológicas nas diferentes regiões brasileiras, possibilitando o rompimento com a tendência de perpetuação das desigualdades regionais supracitadas.

5. Considerações Finais

Este estudo teve como objetivo analisar a dinâmica das cooperações inter-regionais para o desenvolvimento de inovações no Brasil e os fatores que as determinam. Apesar dos esforços na literatura, permanecia uma lacuna na avaliação dessa dinâmica em economias em desenvolvimento e caracterizadas por significativas disparidades regionais, como ocorre no país. Para isso foi utilizado um modelo de econometria espacial a fim de observar, para além das variáveis tradicionais, se a cooperação em invenções de patentes entre diferentes regiões também é determinada pela presença de *spillovers* de vizinhança.

Foi observado que as variáveis que caracterizam a presença de atividades científicas e tecnológicas nas regiões, apresentaram sinal positivo e significativo na análise. Ademais, a participação de setores de média e alta tecnologia na estrutura produtiva das regiões compõe o fator mais relevante para criação de vínculos de co-invenção entre os territórios. Esse resultado está em consonância com a literatura sobre sistemas regionais de inovação, na qual, quanto mais desenvolvidas forem as interações entre as intuições de pesquisa e a infraestrutura de produção das regiões, maior será a inovação. Deste modo, sistemas regionais de inovação mais avançados são mais propensos a se beneficiar de transbordamentos de conhecimento de outras regiões.

Com relação aos transbordamentos regionais, foi possível notar que estes afetam a capacidade das regiões colaborarem com outras para gerar invenções de patentes. Ou seja, ser vizinho de um local altamente cooperativo na produção de conhecimento tecnológico contribui para que a região também seja cooperativa. Entretanto, nota-se que esses *spillovers* se concentram na área mais desenvolvida do país, isto é, na região Sudeste, mais especificamente, no Estado de São Paulo. Logo, é possível observar a presença de forças que direcionam a economia brasileira para o acirramento das desigualdades regionais historicamente constituídas no país.

Por fim, uma implicação relevante desta pesquisa é que o sistema de inovação brasileiro, em função de sua estrutura espacial, tende a restringir a geração e o

compartilhamento de conhecimento às regiões com infraestruturas de ciência e tecnologia mais avançadas. Tal situação agrava a produção desigual de conhecimento no espaço e limita regiões com sistemas de inovação deficitários na absorção dos benefícios dos fluxos de conhecimento inter-regionais. Dessa maneira, o principal desafio político seria transformar estruturas frágeis em estruturas mais robustas para o fortalecimento de SRIs de regiões mais atrasadas. Medidas políticas sólidas a este respeito incluem a adição das instituições ausentes nas regiões, como órgãos educacionais; organizações de apoio; filiais de organizações nacionais de pesquisa com relevância para empresas e indústrias regionais; estabelecimento de escolas técnicas, escolas de engenharia e gestão (fornecimento de habilidades de nível médio). Além disso, é preciso fortalecer os potenciais clusters das regiões atraindo novas empresas inovadoras, apoiando as já estabelecidas para melhorar suas capacidades de inovação, e promovendo a formação de vínculos de conhecimento dentro e fora das fronteiras da região.

Referências

ANSELIN, L. *Spatial econometrics: methods and models*. Springer Dordrecht. 1988. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-015-7799-1>. Acesso em: 29/04/2025.

ANSELIN, L.; BERA, A. K.; FLORAX, R.; YOON, M. J. Simple diagnostic tests for spatial dependence. *Regional Science and Urban Economics*, 26, 77–104. 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0166-0462\(95\)02111-6](https://doi.org/10.1016/0166-0462(95)02111-6). Acesso em: 29/04/2025.

ASHEIM, B., GERTLER, M. “The Geography of Innovation.” In *The Oxford Handbook of Innovation*, edited by J. Fagerberg, D. Mowery, and R. Nelson, 291–317. Oxford: Oxford University Press, 2005.

AUDRETSCH, D.; FELDMAN, M. R & D Spillovers and the Geography of Innovation and Production. *The American Economic Review* 86 (3): 630–641. 1996.

AZEVEDO, A. M. PEIXOTO, M. S.; PEIXOTO, G. M. S.; OLINDA, R. A.; OLIVEIRA, T. A. Análise exploratória espacial dos indicadores socioeconômicos do Estado da Paraíba. In: *Encontros Nacionais da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional*, 20., Belém/PA, 2023. Disponível em: <https://anpur.org.br/wp-content/uploads/2023/09/st02-15.pdf>. Acesso em: 29/04/2025.

BAPTISTA, R.; SWANN, P. "Do firms in clusters innovate more?," *Research Policy*, 27(5), 525-540, 1998.

BRESCHI Stefano; LENZI Camilla, Co-invention Networks and Inventive Productivity in U.S. Cities, *Journal of Urban Economics*. 2015. doi: 10.1016/j.jue.2015.12.003

CARVALHO, Danielle Evelyn. *The Role of Industrial and Technological Relatedness in Shaping Brazilian Regional Diversification*. 2024. 144 f. Tese (Doutorado em Economia) - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024.

CARVALHO, S. M. P. de; JORGE, M. F.; LOPES, F. V.; BARCELOS, V. Í. Banco de Dados Estatísticos sobre Propriedade Intelectual – BADEPI: notas metodológicas e principais resultados encontrados a partir de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI (2000-2012). Rio de Janeiro: INPI, 2015. Disponível em: https://www.gov.br/inpi/pt-br/central-de-conteudo/estatisticas/arquivos/estudos/notas-metodologicas-e-resultados-com-dados-da-badepi_altec-2015.pdf. Acesso em: [13/06/2025].

CAVALCANTE, L. R. Classificações tecnológicas: uma sistematização. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Nota técnica nº 17. 2014. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/5984>. Acesso em: 27/04/2025.

CRESCENZI, R., RODRÍGUEZ-POSE, A; STORPER, M. 2012. “The Territorial Dynamics of Innovation in China and India.” *Journal of Economic Geography* 12 (5): 1055–1085.

COOKE, P. Introduction: origins of the concept. In: BRACZYK, H.; COOKE, P.; HIDERNREICH, M. (Eds.). *Regional Innovation Systems*. London: UCL Press, 1998. p. 2–25

FORAY, D. *The economics of knowledge*. Cambridge, Mass.: MIT Press. 2004.

GAO, X; GUAN, J; ROSSEAU, R. Mapping collaborative knowledge production in China using patent co-inventorships, *Scientometrics*. 2011. 88: 343-362, doi: 10.1007/s11192-011-0404-z

GERTLER, M. S. Tacit Knowledge and the Economic Geography of Context, or the Undefined Tacitness of Being (There). *Journal of Economic Geography*, v. 3, n. 1, p. 75-99, 2003.

GLAESER, E. L.; RESSEGER. M. R. The Complementarity Between Cities and Skills. *Journal of Regional Science* 50: 221–244. 2010.

GONÇALVES, E.; ALMEIDA. E. Innovation and Spatial Knowledge Spillovers: Evidence from Brazilian Patent Data. *Regional Studies* 43 (4): 513–528. 2009.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). Base de Dados de Propriedade Intelectual – BADEPI. Rio de Janeiro: INPI, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/inpi-data/dados-e-series-temporais/badepi>. Acesso em: [12/06/2025].

ISAKSEN, A. Building Regional Innovation Systems : Is Endogenous Industrial Development Possible in the Global Economy? *Globalisation: A Challenge for Local Industrial Policy Regionalisation as an Aspect of Economic Globalisation*. *Canadian Journal of Regional Science*, v. 24, n. 1, p. 101–120, 2001.

JAFFE, A. *et al.* “Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations.” *The Quarterly Journal of Economics* 108 (3): 577–598, 1993.

JENSEN, M. B. *et al.* Forms of Knowledge and Modes of Innovation. *Research Policy*, v. 36, n. 5, p. 680-693, 2007.

- MILLO, G.; PIRAS, G. *splm: Spatial Panel Data Models in R*. *Journal of Statistical Software*, 47(1), 1–38. 2012. Disponível em: <http://www.jstatsoft.org/v47/i01/>. Acesso em: 29/04/2025.
- MORESCALCHI, Andrea *et al.* The evolution of networks of innovators within and across borders: Evidence from patent data. *Research Policy*, Elsevier, v. 44, n. 3, p. 651–668, 2014.
- QUATRARO Francesco, USAI, Stefano (2017). Are knowledge flows all alike? Evidence from European regions. *REGIONAL STUDIES*, vol. 51, p. 1246-1258, ISSN: 0034-3404.
- RONDE, P., HUSSLER, C. 2005. “Innovation in Regions: What Does Really Matter?” *Research Policy* 34 (8): 1150–1172.
- SAKOWSKI, Patricia Alessandra Morita. *Quão distante é longe? A importância da distância geográfica para fluxos de conhecimento*. IPEA: Textos para discussão 1995. Bra
- SANSO-NAVARRO, M., VERA-CABELLO. M. 2018. “The Long-run Relationship Between R&D and Regional Knowledge: the Case of France, Germany, Italy and Spain.” *Regional Studies* 52 (5): 619–631.
- SANTOS, U. P. 2017. *Spatial Distribution of the Brazilian National System of Innovation: an Analysis for the 2000s*. CEPAL Review 122: 217–234.
- SANTOS, U. P.; MENDES, P. S. The Localization of Brazilian Innovation System Actors and Their Regional Impacts in the 2000s. *Eure. Revista Latinoamericana De Estudios Urbano Regionales* 44 (132): 155–183. 2018.
- SANTOS, U. P.; MENDES, P. S. Regional spillovers of knowledge in Brazil: evidence from science and technology municipal indicators. *Innovation and Development*. 13(2), 323–342. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/2157930X.2021.1978723>. Acesso em: 27/04/2025.
- TÖDTLING, F.; TRIPPL, M. One Size Fits All? *Research Policy*, v. 34, n. 8, p. 1.2031.219, 2005.
- TRIPPL, M.; OTTO, A. How to Turn the Fate of Old Industrial Areas: A Comparison of Cluster-Based Renewal Processes in Styria and the Saarland. *Environment and Planning A: Economy and Space*, v. 41, n. 5, p. 1.217-1.233, 2009.
- WANG, L., J. JACOB, and Z. LI. 2018. “Exploring the Spatial Dimensions of Nanotechnology Development in China: the Effects of Funding and Spillovers.” *Regional Studies* 53 (2): 245–260.