

Determinantes regionais das redes nacionais e internacionais de patenteamento no Brasil¹

Raquel Coelho Reis²

Eduardo Gonçalves³

Juliana Gonçalves Taveira⁴

Resumo: O presente artigo objetiva investigar os determinantes regionais e estruturais do número de ligações entre regiões nas redes de colaborações no Brasil. Para isto, utiliza-se de dados de copatenteamento das produções tecnológicas, realizadas tanto por inventores brasileiros como destes em parceria com estrangeiros. Como possíveis determinantes do número de ligações nas redes consideram-se tanto os aspectos econômicos, tecnológicos e de densidade demográfica das regiões, além das estruturas de ligações dos nós nas redes. A investigação é realizada com o modelo para dados de contagem, Binomial Negativo Inflado em Zeros (ZINB), que considera o número absoluto de ligações de cada região nas redes. Como principais resultados evidencia-se que as ligações dos nós (regiões) são mais impactadas pelo nível de P&D, principalmente o P&D universitário, e por sua estrutura de centralidade na rede.

Palavras-chave: Redes de inovação; Copatentes; Centralidade; ZINB; REGIC.

Abstract: The paper aims to investigate the regional and structural determinants of the links among regions in social networks of collaboration in Brazil. For this, we use patent applications database that register collaborations among Brazilian inventors and Brazilian and foreign inventors. As possible determinants of the links in the Brazil co-patenting networks we take into account variables that capture economic, technological and demographic density aspects of Brazilian regions, as well as the topology structures of the nodes in the networks. The approach consider the Zero-inflated negative binomial (ZINB) model, which considers the absolute number of inter-regional links among inventors from different regions. The main results show that node (region) connections are more affected by the R&D level, especially by the academic R&D, and by the centrality structural in network.

Key-words: Innovation Networks; Co-patents; Centrality; ZINB; REGIC.

Código JEL: O31; O33; L14; R10

Área 10: Economia Regional e Urbana

1. Introdução

Países atrasados tecnologicamente buscam absorver conhecimentos de outros mais desenvolvidos a fim de melhorar sua competição no mercado e seus níveis de inovação (VIOTTI, 1997). No entanto, o processo de absorção dependeria da proximidade espacial tendo em vista que as externalidades de conhecimento geradas pelas inovações são limitadas geograficamente (JAFFE *et al.*, 1993; ANSELIN *et al.*, 1997). Assim, a proximidade espacial

¹ Os autores agradecem o apoio da Fapemig, CNPq e CAPES pelo financiamento. Artigo submetido ao 45º. Encontro Nacional de Economia, ANPEC, 2017.

² Doutoranda em Economia do PPGE/FE-UFJF – e-mail: raquelcoelhoreis@gmail.com

³ Professor Associado da FE/UFJF e Pesquisador do CNPq – e-mail: eduardo.goncalves@ufjf.edu.br

⁴ Professora Adjunta da UFJF, Campus Governador Valadares – e-mail: julianagtaveira@gmail.com

entre os agentes pode auxiliar na absorção de conhecimentos mais complexos, inclusive aqueles classificados como tácitos (FISCHER; VARGA, 2003; MORENO *et al.*, 2005).

Contudo, estudos recentes questionam a relevância da proximidade espacial para a ocorrência de trocas de conhecimento, ao destacarem o papel da proximidade relacional. A interação entre agentes em redes seria capaz de gerar trocas de informações e de conhecimentos que podem gerar inovações, mesmo a longas distâncias geográficas (BOSCHMA, 2005; MAGGIONI; UBERTI, 2007; BRESCHI; CATALINI, 2010; GUAN *et al.*, 2015). As redes sociais de inovação são consideradas estruturas que podem canalizar e transbordar fluxos de conhecimento tecnológico entre agentes pertencentes a uma mesma rede (POWELL, 2004). Se os agentes da rede se localizam em regiões diferentes, tais fluxos podem beneficiar as regiões de diferentes formas, elevando o nível de competitividade regional (COOKE *et al.*, 1997). A absorção de conhecimentos externos à região pode superar barreiras tecnológicas, desenvolvendo e elevando os níveis de inovação local (POOT *et al.*, 2009), permitindo a aquisição de novas tecnologias de países desenvolvidos (HERSTAD *et al.*, 2014). Nesse sentido, se as colaborações se dão entre países, as redes funcionam como canais de transbordamento de conhecimento a longas distâncias e entre nacionalidades distintas (GUAN *et al.*, 2015).

A concentração inovativa e a importância da região Sudeste no cenário tecnológico brasileiro têm sido amplamente evidenciada por trabalhos que exploram a distribuição espacial dessas atividades no país (GONÇALVES, 2007; ARAUJO, 2016). Porém, sob a perspectiva da existência de redes de invenção, seria possível que as demais regiões brasileiras participassem ativamente do processo de geração de inovação. Isto é, por meio de colaborações com regiões mais desenvolvidas em termos tecnológicos, tais regiões poderiam superar suas barreiras tecnológicas.

Mas, quais são as condições da estrutura econômica regional e as características da própria estrutura de redes que explicam o número de ligações que uma região pode estabelecer com outras regiões do país ou de outros países a fim de gerar inovações? Locais de aglomerações populacionais tendem a concentrar maiores rendas, além de possuir uma demanda mais exigente em termos de qualidade e inovações. Assim, a produção de tecnologia e conhecimento científico tende a se aglomerar também nessas regiões. No entanto, quando excessivas, tais aglomerações podem gerar problemas urbanos como trânsito pesado, criminalidade elevada, poluição, serviços públicos insuficientes e custos básicos elevados. Tais problemas podem ser uma barreira à permanência de agentes mais qualificados nestas regiões e podem inibir parcerias em invenções. Um fato destacado por Keller (2010) é que o conhecimento tecnológico estrangeiro proveniente de importações eleva o estoque tecnológico nacional e sua produtividade em inovar. O conteúdo tecnológico incorporado nos bens pode ser utilizado como insumo de produção de atividades inovativas, superando deficiências e barreiras tecnológicas locais. No caso brasileiro, há elevados gastos com importação de maquinaria a ser utilizada na produção, sendo que, tal valor chega a ser superior aos próprios gastos com P&D interno. Guan *et al.* (2015) analisam redes de inovação sob uma perspectiva regional e consideram que o número de invenções colaborativas é impactado pela centralidade do país ou região, assim como, o tamanho das firmas, número de inventores, e outros fatores da estrutura local.

Esse artigo investiga quais são os determinantes do número de laços (ligações) entre regiões durante o processo de patenteamento de atividades tecnológicas no Brasil. Para isso, consideram-se os aspectos locais, em termos econômicos, tecnológicos e de densidade demográfica, além da relevância da própria estrutura do nó na rede para a ocorrência de laços. Neste caso, investigam-se tanto as redes formadas apenas por inventores brasileiros (rede inter-regional) quanto àquelas com a presença de estrangeiros (rede internacional). Em termos

metodológicos, utiliza-se o modelo Binomial Negativo Inflado em Zero (ZINB) já que a variável dependente, número de ligações absolutas, é uma variável de contagem, e os dados assumem superdispersão e excesso de zeros.

Além da introdução, o estudo está dividido em mais quatro seções. Na segunda, é apresentada uma revisão de literatura sobre redes de invenção como meios de transbordamentos tácitos e geração de inovação, além das hipóteses a serem testadas na presente análise. Na terceira seção encontra-se a descrição da estratégia empírica assim como da base de dados e variáveis. Na quarta seção são apresentados e discutidos os resultados. A seção final delinea os principais resultados da pesquisa e suas possibilidades de extensão futura.

2. Redes Sociais de Inovação

Redes são canais pelos os quais agentes absorvem conhecimentos externos ao se ligarem aos demais agentes (ROTHWELL *et al.*, 1974). Redes de inovação, identificadas e medidas com auxílio de dados de copatenteamento de invenções, são consideradas tanto meios de transbordamento de conhecimento codificado quanto tácito (MAGGIONI; UBERTI, 2007). Isso ocorre porque redes geram confiança mútua entre seus membros durante o processo de invenção, ao compartilharem recursos, conhecimentos e objetivos em comum (GRANOVETTER, 1973; 2005). Ademais, é suposta uma relação positiva entre redes de invenção e produção de inovação, tendo em vista que parcerias em invenções tendem a incorporar mais conhecimentos e, portanto, gerar mais inovações (SINGH; FLEMING, 2010).

A eficiência em gerar inovações está atrelada às características de seus inventores, do local onde se inserem e, principalmente, se estes fazem parte de redes, de modo a terem acesso a variadas fontes de conhecimentos. A proximidade entre agentes facilita a existência de intercâmbio de conhecimento entre eles (AGRAWAL *et al.*, 2006), além de diminuir custos de transação e transporte (BRESCHI; CATALINI, 2010), tendendo a produzir uma rede social densa (AUDRETSCH, 1998). Contudo, interações sociais podem ser construídas por reuniões eventuais de negócios, feiras e exposições técnicas e congressos científicos, os quais, juntamente com os avanços das tecnologias de informação, permitem que os contatos sociais sejam mantidos e até fortalecidos mesmo a longas distâncias geográficas. Esse tipo de proximidade é conhecido como relacional (CASSI; PLUNKET, 2015).

A relação entre ambos os tipos de proximidade pode ser complementar à medida que o processo de interação local entre agentes que dividem o mesmo espaço geográfico permite criar e compartilhar conhecimento, o que é denominado *local buzz*. Nesse sentido, a aglomeração de empresas, universidades, inventores e demais agentes criam externalidades de conhecimento que ficariam limitadas espacialmente. Já as conexões entre agentes distantes no espaço, chamadas *global pipelines*, podem fortalecer o meio local através do acesso a novas fontes externas de conhecimento que ultrapassam as fronteiras locais (BATHELT *et al.*, 2004; STOPER; VENABLES, 2004). Trocas de conhecimento a longas distâncias podem ser evidenciadas pela presença de redes de colaborações, alianças estratégicas, trabalhos temporários e redes sociais globais em geral (KNOBEN; OERLEMANS, 2006; POWELL *et al.*, 1996). Firms de regiões periféricas e deficientes em infraestrutura tecnológica tendem a colaborar mais externamente a fim de compensar a falta de transbordamento local (GRILLITSCH; NILSSON, 2015), contudo, alguns autores evidenciam que as colaborações devem complementar e não compensar a falta de transbordamento local (COOKE, 2002; BATHELT *et al.*, 2004).

Adicionalmente, deve-se considerar a intensidade dessas conexões entre os agentes. Segundo, Granovetter (1973), um grupo de nós conectados entre si por laços fortes formam um *cluster*. Contudo, devido às ligações fortes entre eles, pode haver menor fluxo de novos conhecimentos externos. Laços fracos, com agentes externos à região, podem permitir alcançar novos inventores e conseqüentemente novas informações (CAPALDO, 2007). Usualmente, interações em redes se iniciam por meio de laços fracos e podem evoluir para laços mais fortes. Laços fracos ligam agentes, podendo fornecer informações distintas e promover a inovação na rede (WU, 2012).

Ao considerar *local buzz* e *global pipelines* como complementares, surge a questão de pesquisa de se regiões com fortes ligações internas entre seus inventores, ou seja, com um intenso processo de *local buzz*, possuem também intensas conexões externas como fonte de renovação do conhecimento tecnológico. Na ausência de conexões externas, redes com muitas ligações internas tendem a tornar o conhecimento da região obsoleto e redundante, podendo conduzir a região aos efeitos negativos do *lock-in*. Sendo assim, a fim de evitar esse efeito, agentes pertencentes a regiões (nós) com ligações internas densas procuram participar de outras redes, i.e., se ligam externamente. Desta maneira, podem adquirir novos conhecimentos a serem utilizados na superação de barreiras tecnológicas locais e geração de inovação. Isso permite formular a seguinte hipótese de investigação (H_1):

H₁: Regiões com muitas ligações internas também tendem a ter maior número de colaborações com outras regiões.

Além do número de ligações internas entre inventores de uma mesma região, o número de ligações externas pode estar relacionado com o número de inventores que a própria região possui. Bettencourt *et al.* (2007) encontram que a proporção de inventores dentro de uma metrópole está diretamente associada com a produção de patentes local. Adicionalmente, afirmam também que o volume de patentes da metrópole tem relação positiva com a conectividade em redes metropolitanas de inventores. Logo, assume-se que o número de inventores da região pode estar relacionado à capacidade regional de absorção de conhecimentos externos. Segundo Marrocu *et al.* (2013), a capacidade de uma região de absorver conhecimentos externos está associada às habilidades de seus indivíduos mais instruídos e a um maior gasto em pesquisas na região. Assim, pode-se supor que:

H₂: A interação entre ligações internas e o número de inventores da região potencializa o número de ligações com demais regiões.

A colaboração com instituições voltadas para pesquisas têm sido meio de aprimoramento e evolução das inovações nos últimos anos (POWELL *et al.*, 1996). List (1941) relaciona a presença de capital intelectual, P&D, com a produção tecnológica nas instituições de educação e ciência. Segundo Lastres e Cassiolato (2000), a inovação ocorre por meio de diversos tipos de colaborações entre agentes, sendo as novas políticas de incentivo a atividades de inovação voltadas para a promoção de tais colaborações por meio de atividades de P&D e conseqüente difusão tecnológica.

Entre as características da estrutura econômica da região, o número de ligações inter-regionais é, portanto, função direta da capacidade de pesquisa regional, i.e., neste caso, tanto do P&D empresarial quanto do P&D universitário. Redes de invenção podem surgir de parcerias em atividades de P&D, as quais trazem aos membros os benefícios dos investimentos em pesquisas, além da absorção de conhecimentos mais sofisticados (ERNST, 1994). Um argumento que justifica a existência de redes entre universidades e outras instituições e empresas para a formação de pesquisa, é o alto custo para manutenção de P&D.

Desse modo, a parceria com demais organizações torna a pesquisa menos custosa e permite adquirir conhecimentos complementares. Além disso, condições sociais e políticas

podem facilitar as ligações entre grupos de inventores, existindo vantagens competitivas aos que acessam precocemente conhecimentos relevantes. Tais vantagens são motivações para parcerias de pesquisas conjuntas como meios de compartilhar ideias (POWELL; GIANNELLA, 2010). Sendo assim, políticas deveriam incentivar parcerias na geração tecnológica entre universidade e demais instituições por meio de facilitação do registro das patentes e da promoção de cooperação entre os agentes. De tal modo, espera-se que, quanto maiores os níveis de P&D, maiores sejam os números de laços das regiões nas redes de copatenteamento, devido à existência de parcerias e colaborações inventivas durante o processo de produção de P&D da região.

H₃: Regiões com maior capacidade para produzir P&D possuem maiores colaborações inventivas.

Pela perspectiva de transferências de conhecimentos intencionais, as proximidades relacionais e tecnológicas se destacam como relevantes para a geração de inovação (GRILLITSCH; NILSSON, 2015). Além da questão das estruturas das regiões onde se inserem os inventores e da ideia de proximidade geográfica, considera-se que a forma com que os agentes se inserem e se posicionam na rede seja relevante para a absorção e compartilhamento de conhecimento (PONDS *et al.*, 2010). Em análises de redes, portanto, deve-se analisar tanto a questão geográfica quanto a relacional.

Sob a perspectiva relacional, algumas medidas são mais utilizadas em trabalhos empíricos de redes de copatenteamento, como a densidade, a centralidade e a conectividade dos nós e ligações (BETTENCOURT *et al.*, 2007; LOBO; STRUMSKY, 2008; MIGUELLÉZ; MORENO, 2013; HE; FALLAH, 2014). Investiga-se ainda a relação entre os nós serem centrais ou intermediários e uma consequente eficiência de alcance dos transbordamentos de conhecimento, provenientes ou captados por estes nós (BURT *et al.*, 1993; 1997, GILSING *et al.*, 2008).

Os agentes intermediários, nós entre dois ou mais subgrupos nas redes, captam maiores graus de novidade e conhecimentos distintos (GILSING *et al.*, 2008). Ademais, evidencia-se que as estruturas dos nós impactam nos fluxos de conhecimento, sendo que redes com laços de menor comprimento e mais agrupadas podem transbordar conhecimento mais longe e rapidamente, sem grandes perdas de informações (GRANOVETTER, 1985; BARABÁSI *et al.*, 1999; EBEL *et al.*, 2002; SEN *et al.*, 2003; HE; FALLAH, 2009).

Medidas de aglomeração pretendem incorporar a ideia de que regiões mais populosas tendem a promover maior interação entre seus agentes, facilitando os contatos face a face e colaborações, impactando no processo de produção de inovações (STORPER; VENABLES, 2004; MORENO *et al.*, 2005; GONÇALVES, 2007). Tal relação de maior facilidade de interação entre agentes, consequentemente, pode atrair novas colaborações de outras regiões. Essa atração pode ser identificada pelo aumento da centralidade dos nós (regiões), tornando-os centros de atração (*hubs*) para os demais fluxos de conhecimento e fortalecendo a rede (MATOS, 2002; MATOS; BRAGA, 2002).

A centralidade pode influenciar no desempenho em gerar novas ligações durante o processo de geração de inovação, uma vez que nós centrais funcionam como um meio de ligar nós adjacentes através de laços fracos (WASSERMAN; FAUST, 1994). Destaca-se que nós centrais influenciam as redes de inovação, pois tendem a incorporar maiores fluxos de conhecimento ao se ligar aos demais nós (ROXENHALL, 2013). Estas ideias corroboram a última hipótese da análise:

H₄: Quanto maior a centralidade do nó (região), maior é o número de colaborações inventivas.

3. Dados e Estratégia Empírica

3.1. Base de Dados

A unidade geográfica desta análise é a junção de municípios brasileiros segundo o recorte territorial das Regiões de Influência das Cidades (REGIC). Por incluir aglomerações urbanas e a influência de regiões sobre outras, será utilizado o nível mais desagregado de REGIC imediata, objetivando-se captar uma divisão urbana-regional da polarização econômica brasileira. A REGIC imediata abrange 482 regiões de articulação urbana, i.e, áreas de habitação e deslocamento populacional. Contudo, os dados foram captados no nível de município e posteriormente agregados ao nível REGIC imediata através da identificação dos códigos de município e de REGIC correspondente, segundo dados do IBGE.

As variáveis número de ligações, de patentes e de inventores, foram construídas a partir da base de dados de patentes, disponibilizada pelo Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI). Esta base contém informações dos registros de patentes, abrangendo dados específicos da patente e de seus inventores/coinventores. A partir da identificação dos inventores, foi possível juntar os dados do INPI com os dados identificados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)⁵, a fim de se obter informações mais seguras em relação ao município desses indivíduos. A partir daí, os dados foram agregados pelo ano de depósito da patente e código de município de residência do inventor e, por último, pela REGIC correspondente. Assim, identificaram-se as informações para cada ano e região, balanceando-se a base e totalizando 5302 observações (482 regiões x 11 anos).

Informações de número de empregados, características industriais da região e trabalhadores que potencialmente desenvolvem atividades inovativas e de P&D, especificados como Pessoal Ocupado Técnico Científico (POTEC), originam-se da RAIS, disponibilizada pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Em países desenvolvidos utilizam-se informações de gastos diretos em P&D de organizações privadas como medidas dos esforços e capacidade em inovar, como propôs Jaffe (1989), contudo, no Brasil, tais informações são divulgadas apenas através da Pesquisa de Inovação (PINTEC) a níveis regionais mais agregados. Logo, como alternativa, utiliza-se dados do número de trabalhadores em atividades em áreas tecnocientíficas –POTEC- como *proxy* dos esforços e capacidades de exercer atividades de P&D. De acordo com Araújo, Cavalcante e Alves (2009), a POTEC e os gastos em P&D, externos e internos, possuem uma correlação alta, sugerindo que esta seja uma *proxy* adequada para medir o esforço inovador.

Os dados de P&D universitário provêm da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Neste caso, consideram-se dados de professores doutores em centros de pós-graduação (*stricto sensu*) nas áreas das Engenharias, Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias, Ciências Biológicas e da Saúde, que potencialmente criam tecnologias a serem transferidas ao setor produtivo. Já a importação de bens de capital é medida como volume de bens importados em reais, tendo como fonte os dados anuais de indicadores econômicos e comércio dos municípios brasileiros da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). Por último, dados sobre população, produção econômica e área geográfica das regiões foram extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que é o principal provedor de dados estatísticos do país.

3.2. Método de Estimação

Tendo como objetivo central analisar os determinantes - regionais e características da estrutura da rede - do número de ligações entre regiões nas redes de copatenteamento inter-

⁵ Estes dados foram disponibilizados pelo ECONS/Laboratório de Economia/FE-UFJF.

regional e internacional no Brasil, o presente estudo analisa as ligações ocorridas nas 482 regiões brasileiras entre os anos de 2001 a 2011, por meio de técnicas econométricas baseada em um painel de dados. No caso brasileiro, é possível identificar a ocorrência de dois tipos de redes: (1) rede de copatenteamento inter-regional, correspondente às ligações entre inventores brasileiros localizados em regiões distintas do país; e (2) rede de copatenteamento internacional, compreendendo as ligações entre brasileiros e estrangeiros.

Como o número de ligações entre inventores na rede podem assumir características de variável de contagem, deve-se investigar qual o melhor modelo de estimação. Ao identificar-se dados de contagem, i.e, que assumem valores inteiros e não negativos, usualmente aplica-se o modelo de distribuição *Poisson*, que pressupõe média e variância iguais dos dados. No entanto, existem ocasiões em que a variância é superior à média, isto é, ocorre superdispersão⁶. Nestes casos, aplica-se o modelo Binomial Negativo, o qual corrige o problema adicionando um parâmetro de heterogeneidade não observada ao *Poisson*.

Todavia, em casos da presença de excesso de zeros, que geram *viés* nos resultados, sugere-se o uso de modelos inflados. Neste contexto, destacam-se dois modelos: o *Poisson* Inflado em zero – *Zero Inflated Poisson* (ZIP); e o Binomial Negativo inflado em zero - *Zero Inflated Negative Binominal* (ZINB). Estes assumem duas distribuições. Respectivamente, uma considera a distribuição ajustada a valores inteiros e maiores que zero, e a outra a probabilidade de ocorrência de valores nulos. As distribuições dos modelos ZINB e ZIP tratam a superdispersão da variância em relação a média de formas semelhantes (ZANIBONI; MONTINI, 2015), contudo, estudos encontraram resultados melhores quanto à significância das variáveis e estatísticas para estimações por ZINB, se comparadas ao ZIP (CARVALHO; LAVOR, 2008; ZANIBONI; MONTINI, 2015).

Como possíveis determinantes do número de ligações entre regiões, utilizam-se informações relativas aos aspectos locais de infraestrutura econômica, tecnológica, densidade demográfica e as características das ligações e arquitetura do próprio nó na rede.

A Tabela 1 traz as estatísticas descritivas das variáveis dependentes, ligações absolutas inter-regionais e internacionais, considerando o período de análise, 2001 a 2011, a fim de verificar qual o modelo a apropriado. Ao comparar a média das variáveis com sua variância, nota-se a presença de superdispersão, sendo assim, o modelo binomial negativo é o mais apropriado. A partir da tabela é possível destacar ainda a presença de excesso de zeros na base. Na rede inter-regional, verifica-se que mais de 70% da base de dados é composta por regiões que assumem valores nulos de ligações, enquanto na rede internacional, 95% assumem valores iguais a zero. Sendo assim, vê-se necessário verificar qual modelo melhor se ajusta aos dados, o que considera a distribuição normal ou o inflado de zero.

Tabela 1 – Análises descritivas das variáveis de ligações absolutas (2001-2011)

REDES	REGIC Imediata					
	N	Nº de Zeros	Média	Variância	Min	Max
Rede Inter-regional (LigaBB)	5302	3871 (73%)	0,75	2,34	0	9,49
Rede Internacional (LigaBE)	5302	5042 (95%)	0,10	0,29	0	5,76

Fonte: Elaboração Própria.

⁶ A superdispersão pode ocorrer pela omissão de variáveis não observadas, zeros abundantes na amostra, correlação alta entre os dados e/ou variabilidade da média.

Para tal, utilizando-se estimações de Máxima Verossimilhança - *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) é realizado o teste de z-Vuong, desenvolvido por Vuong (1989) e apresentado na tabela 2. Este possui como hipótese nula que os métodos de distribuições infladas são iguais em explicar a regressão aos de distribuição normal, enquanto a hipótese alternativa é que o método de zero inflado explica melhor o modelo. O teste *z-vuong* evidenciou o ZINB como melhor em ajustar os dados do que a versão *pooled*, sem zeros inflados, ao indicar que o modelo ZIP não foi significativo e o ZINB foi significativo ao nível de 1%, respectivamente, assumindo valores de 62,69 e 5,01 para as redes inter-regionais e internacionais. Cabe destacar, contudo, que primeiramente, estimou-se um painel binomial negativo que se mostrou indiferente ao *pooled*, utilizando por fim este último. Assim, para explicar os determinantes do número de ligações nas redes de copatenteamento utilizou-se o modelo Binomial Negativo Inflado em Zero (ZINB) em sua versão robusta⁷, por corrigir-se possíveis *vieses* causados pela heterogeneidade.

Tabela 2 – Teste Z-Vuong para modelos inflados em zero (2001-2011).

Rede	Teste Z-Vuong ZINB	Teste Z-Vuong ZIP
Inter-regional (ligaBB)	62,69***	86,44
Internacional (ligaBE)	5,01***	1,02

Fonte: Elaboração própria a partir do software Stata.

Em termos de estatísticas descritivas, a Tabela 3 reporta o *ranking* das regiões que mais possuem ligações dentro de cada uma das redes consideradas. Assim, verifica-se a presença de maiores ligações nas regiões industriais brasileiras como São Paulo, Curitiba e Campinas e São Carlos.

Tabela 3 - *Ranking* das 15 regiões brasileiras por número de ligações (2001-2011)

	REGIC	LigaBB	REGIC	LigaBE
1º	São Paulo	20600	São Paulo	1584
2º	Belo Horizonte	20308	Belo Horizonte	670
3º	Rio de Janeiro	17897	Rio de Janeiro	659
4º	Curitiba	10876	Campinas	597
5º	Campinas	10673	Joinville	363
6º	Porto Alegre	5708	Porto Alegre	224
7º	Florianópolis	4434	Salvador	203
8º	Recife	3417	São José dos Campos	179
9º	Salvador	3359	Curitiba	170
10º	São Carlos	2467	Brasília	158
11º	Ribeirão Preto	2450	Recife	90
12º	Aracajú	2377	São Carlos	89
13º	Brasília	2335	Araraquara	75
14º	São José dos Campos	2073	Fortaleza	70
15º	Araraquara	1971	Limeira	66
	Percentual - 15 primeiros	0,73		0,89
	Total de ligações na rede	152618		5835

Fonte: Elaboração Própria.

⁷ Considera-se erros-padrões robustos.

É possível notar também a presença de São Paulo, Belo Horizonte e Rio de Janeiro nas três primeiras posições do ranking para ambas as redes. Tais regiões são as capitais de seus estados e, portanto, concentram melhores infraestruturas, centros educacionais, e aglomeração populacional, salientando a importância de se investigar a associação de tais características em relação ao número de ligações da região na rede. Nota-se que as 15 regiões que mais se ligam dentro da rede são responsáveis pela maioria das ligações, sendo este índice de 73% no caso da rede inter-regional e 89% da rede internacional.

3.3. Modelo de Estimação

A fim de padronizar a escala em que as variáveis são mensuradas e evitar problemas de colinearidade, com exceção das variáveis de controle, todas variáveis, inclusive as dependentes, foram logaritmizadas. Adicionalmente, as variáveis explicativas foram defasadas temporalmente a fim de controlar possíveis problemas de endogeneidade, de modo que, para o período de análise t , consideraram-se as variáveis independentes medidas no período $t-1$.

Assim, a estratégia empírica desse artigo se baseia na equação geral a seguir:

$$\text{ligações} = \beta_0 + \beta_1(\text{LigaINT}_{\text{pat}}) + \beta_2(\text{escala}_{\text{inv}}) + \beta_3(\text{ligaINT}_{\text{inv}}) + \beta_4(\text{ped}_{\text{ind}}) + \beta_5(\text{ped}_{\text{univ}}) + \beta_6(\text{bet}) + \beta_7(\text{Emp}_{\text{ind}}) + \beta_8(\text{aglomeração}) + \beta_9(\text{deseconomia}) + \beta_{10}(\text{Pib}_{\text{pibB}}) + \beta_{11}(\text{bk}_{\text{pib}}) + d_{\text{reg}} + d_{\text{metro}} + \varepsilon \quad (1)$$

Sendo, *ligações* a variável dependente; β_0 é o termo constante; ε o termo de erro; os demais termos representam as variáveis independentes e *dummies* de controle, detalhadas a seguir.

3.3.1. Variáveis Dependentes e de Interesse

Ligações (variável dependente): é dada pelo número absoluto de ligações no nó. Esta variável foi construída a partir da identificação dos inventores das patentes, considerando-se que houve colaborações durante o processo de produção tecnológica (formação de laços) quando a patente está registrada como tendo mais de um inventor. Logo, para a rede inter-regional, cada vez que um brasileiro está registrado como inventor de uma patente junto a outro brasileiro, de região distinta, contabilizou-se uma ligação para cada região dos inventores, associando-se esta contabilização ao ano de depósito da patente. A variável *ligação*, quando dada pela relação brasileiro-brasileiro, é representada por *ligaBB*. Já as ligações entre brasileiros-estrangeiros denominadas *ligaBE*, contabilizam o número de laços existentes entre um inventor brasileiro e outro estrangeiro.

$\text{LigaINT}_{\text{pat}}$: é dada pela razão entre o número de ligações internas ao nó e as patentes geradas na região. Esta visa capturar se há relação entre o fato da região possuir muitas ligações internas e a existência de conexões inter-regionais e/ou internacionais. Espera-se relação positiva desta tanto com o número de ligações inter-regionais quanto com as ligações internacionais, conforme a *Hipótese 1*.

$\text{Escala}_{\text{inv}}$: é construída pelo número de inventores do nó em relação ao total de inventores no país, a escala de inventores. Cabe destacar que contabiliza-se neste caso, inventores com parcerias ou não.

$\text{LigaINT}_{\text{pat}} \times \text{Escala}_{\text{inv}}$: é construída pela interação da $\text{LigaINT}_{\text{pat}}$ com a $\text{Escala}_{\text{inv}}$, visando investigar a *Hipótese 2*. Dessa forma, é esperado um sinal positivo.

Ped_{ind} : é a *proxy* de P&D industrial dada pelo número de empregados em profissões “técnico-científicas”, os trabalhadores denominados POTEK, em relação ao total de

empregados da região, multiplicada por 10.000 para transformação dos dados em números inteiros a fim de melhor captar os efeitos da variável sobre a variável dependente. Espera-se uma relação positiva com o número de ligações entre regiões, sendo atividades de P&D associadas a atividades inventivas e, neste caso, haveria P&D entre regiões distintas como forma de captar conhecimentos distintos de organizações que não competem no mercado.

Ped_{univ} : é a *proxy* de P&D universitário construída, como em Gonçalves e Almeida (2009), considerando-se o número de doutores, permanentes ou visitantes em centros de pós-graduação e em áreas de pesquisas e criação de inovações, em relação ao total da população da região, multiplicado por 10.000. Assim como o P&D industrial, espera-se que tenha relação positiva com o número de ligações entre regiões, de acordo com a *Hipótese 3*.

bet : é a estrutura de centralidade *betweenness* do nó construída a partir do *software* de análises de redes *Gephi 0.9.1* e calculada como:

$$C_C(V_k) = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \text{dist}(v_j, v_i)} \quad (2)$$

sendo $C_C(V_k)$ a centralidade do nó k , dada pela distância geodésica em que o nó k intermedia ligações entre os nós i e j . Estando o coeficiente normalizado entre 0 e 1, quanto mais próximo de um, maior é a probabilidade do nó (região) mediar trocas de conhecimento na rede. No caso da rede de inventores, espera-se um sinal positivo, dado que, se o nó for central, haverá aglomeração em torno dele, colaborando para maiores ligações. A medida é calculada para ambas as redes, denominando-se $betBB$ na rede inter-regional e $betBE$, na internacional.

Emp_{ind} : representa a participação industrial da região e é dada pela razão entre o número de empregados nas indústrias de extração e transformação em relação ao número total de empregados da região. A relação entre o grau de industrialização e redes é positiva em redes locais, pois o setor industrial é o que mais patenteia e se liga aos demais agentes, a fim de se manterem informados e competitivos.

aglomeração: é definida como população por área (km^2) da região (nó), assim como economias de urbanização usualmente são medidas pela densidade demográfica. Como regiões mais populosas, em geral, possuem melhor infraestrutura, espera-se que a *aglomeração* capte regiões mais propensas a se ligarem em redes regionais de invenção por gerarem ambientes favoráveis às colaborações.

deseconomias de aglomeração: é dada pelo quadrado da variável *aglomeração*, seguindo o pressuposto que economias de urbanização crescem com o aumento populacional e ao atingir seu ponto crítico decrescem devido às *deseconomias de escala* (PEREIRA; LEMOS, 2003). Supõe que esta tenha uma associação negativa com ligações, pois repelem inventores.

3.3.2. Variáveis de Controle

As demais variáveis inseridas na equação (1) são variáveis de controle que captam características da infraestrutura local e aspectos econômicos, e tem como objetivo amenizar possíveis problemas de heterogeneidade espacial.

Pib_{pibB} : é a variável de escala econômica, construída a partir da participação do Produto Interno Bruto (PIB) da região em relação ao PIB do país. Visa controlar o efeito de regiões mais desenvolvidas economicamente, que tendem a ser mais inovativas.

Bk_{pib} : representa a importação de bens de capital, e é dada pela proporção de gastos com importações de bens de capital em relação ao PIB regional. Esta tenta captar o transbordamento de conhecimento pecuniário (*rent spillover*) por meio de compras de bens com tecnologias incorporadas.

d_{reg} : representa a *dummy* regional que assume valor 1 caso o nó se encontre nas regiões Sul e Sudeste e 0, caso contrário. Visa controlar características dos sistemas regionais de inovação não captadas pelas outras variáveis.

d_{metro} : é a *dummy* de metrópole, construída considerando 26 regiões metrópoles a nível REGIC imediata, com base nas 26 microrregiões com municípios sedes de regiões metropolitanas. A *dummy* assume valor 1 se a região possui metrópole e 0, caso contrário. Possui a função de controlar o fato de metrópoles serem espaços preferenciais na criação de inovações (CARLINO, CHATTERJEE; HUNT, 2007; ARAUJO, 2016).

4. Resultados

Analisando o número de ligações na rede de copatenteamento no Brasil, as Tabelas 4 e 5 trazem, respectivamente, os resultados obtidos para a rede inter-regionais (LigaBB) e internacional (LigaBE), utilizando-se um Painel *Pooled ZINB* robusto. A diferença entre as colunas (1) e (2) é que a (2) testa a relação da interação entre ligações internas e a escala de inventores e um conseqüente maior número de ligações, i.e., *Hipótese 2*.

Ao analisar as colunas 1 e 2 da Tabela 4, tem-se que o número de ligações por patentes geradas internamente à região (LigaINT_{pat}) tem relação positiva com o número de ligações entre inventores na rede inter-regional. Tal resultado corrobora a *Hipótese 1*, de que regiões cujos inventores se ligam internamente também tendem a se ligar a inventores de outras regiões brasileiras. Tal fenômeno seria uma forma de não deixar que o conhecimento da região se torne obsoleto ou ocorreria em função da necessidade de complementar as competências e conhecimentos dos diferentes agentes/instituições dentro do processo inventivo.

A escala de inventores (Escala_{inv}), nas duas especificações, não se mostra significativamente relacionada ao número de colaborações inter-regionais de invenção. Uma possível explicação para tal resultado pode ser o fato de que regiões com grande proporção de inventores sejam também aquelas mais inventivas. Logo, tais regiões precisam acessar menos recursos humanos e competências de regiões diferentes, sugerindo autossuficiência regional. Porém, ao se incluir na regressão a interação entre as ligações internas ao nó e a escala de inventores da região, esta variável mostrou-se com o sinal positivo e significativo. O resultado sugere que a escala de inventores apenas se torna importante quando potencializada pelo número de ligações internas da região. Esse resultado confirma a *Hipótese 2*, de que a escala de inventores potencializa as ligações com demais regiões em casos de grande número de ligações internas. Esse fato está atrelado à ideia de que interações locais intensas e variadas levam à redundância de conhecimentos locais, sendo a captação de conhecimentos externos uma alternativa para as regiões não incorrerem em *lock-in*.

O P&D industrial foi estatisticamente significativo, sugerindo que um P&D mais elevado gera mais laços entre os inventores de regiões distintas. O P&D universitário, por seu turno, obteve um coeficiente positivo e mais elevado, se comparado à capacidade de realizar P&D industrial. Assim, apesar de ambos serem importantes para o desenvolvimento de ligações entre regiões, o P&D universitário gera um volume maior de transbordamento de conhecimento tecnológico via colaborações entre inventores brasileiros, do que o realizado dentro da indústria. A explicação pode estar associada à pequena escala dos investimentos em P&D nas indústrias e à importância dos gastos com máquinas e equipamentos, muitas vezes importados, em substituição a gastos com pesquisas, no Brasil. Estes resultados corroboram a *Hipótese 3*, de que regiões capazes de produzir P&D fomentam a ocorrência de laços fortes e tendem a possuir maior produção tecnológica a partir de colaborações em redes.

Tabela 4: Determinantes do número de ligações inter-regionais (LigaBB) no Brasil.
Painel *Pooled* ZINB robusto (2001-2011)

Variáveis	Pooled Robusto	
	(1)	(2)
Ligações internas por patentes (LigaINT _{pat})	0,13*** (0,02)	0,11*** (0,02)
Escala de inventores (Escala _{inv})	0,66 (1,07)	-0,92 (1,02)
Ligações int. x inventores (LigaINT _{pat} x Escala _{inv})		0,07*** (0,02)
P&D industrial (P&D _{ind})	0,08*** (0,03)	0,07*** (0,03)
P&D universitário (P&D _{univ})	0,20*** (0,03)	0,21*** (0,01)
Centralidade <i>betweenness</i> (BetBB)	8,92*** (3,35)	0,78 (3,37)
Participação da indústria (Emp _{ind})	1,93* (1,09)	1,82* (1,09)
Aglomeracão	0,45 (0,63)	0,43 (0,63)
Deseconomia	-0,18 (0,31)	-0,17 (0,31)
Importações de bens de Capital (Bk _{pib})	0,08*** (0,01)	0,08*** (0,01)
Participação econômica (Pib _{pibB})	-0,12 (1,41)	0,50 (1,34)
Dummy regional (D _{reg})	0,07** (0,03)	0,09*** (0,03)
Dummy metrópole (D _{metro})	0,25*** (0,03)	0,22*** (0,03)
_cons	-0,06 (0,14)	0,01 (0,14)
Wald	2812,36***	3638,51***
Log pseudolike	-2322,29	-2319,80
/lnalpha	-18,24***	-18,16***

Fonte: Elaboração própria por meio do *software* Stata 12.

Nota: Erro padrão da estatística entre parênteses. Significância: ***0,01; **0,05; * 0,10.

Na especificação (1), a centralidade *betweenness* (BetBB), além de obter sinal positivo, mostrou-se como a variável mais influente para o número de ligações com o nó. Quando considerados *hubs*, os nós tendem a atrair um maior número de ligações com os demais agentes funcionando como intermediador de novas ligações. O resultado corrobora a *Hipótese 4* de que as estruturas de centralidade dos nós são formas de torná-los centros de atração, promovendo novas ligações com nós adjacentes. De acordo com Guan *et al.* (2015), um nó central é menos restrito dentro da rede, o que indica que a centralidade é um fator que o torna mais passível de ligações. Na especificação (2), porém, a significância da variável não se mantém, indicando que esse efeito perde importância quando se considera as ligações internas por patente potencializadas pela proporção de inventores.

A participação de empregados na indústria (Emp_{ind}) teve coeficiente positivo, sugerindo que quanto maior a estrutura industrial da região, maior é a tendência desta inovar por meio de colaboração. Esse resultado já era esperado, pois o processo de patenteamento é uma atividade estreitamente vinculada à indústria. As variáveis de aglomeração parecem não afetar o número de ligações inter-regionais.

As importações de máquinas constituem mecanismos de absorção de fluxos de conhecimentos externos incorporados em produtos. Nota-se que há uma associação positiva desta com o número de colaborações existentes na rede, uma vez que a variável que mede a participação da importação de bens de capital sobre o PIB da região (bk_{pib}) foi positiva. Este resultado sugere que esta forma de absorção de conhecimento tecnológico contribui para o número de laços na rede inter-regional.

A participação econômica da região no PIB do país (PIB_{pibB}) não foi significativa, sugerindo que o número de colaborações não guarda relação com a importância da região no PIB nacional. As demais variáveis de controle assumiram os sinais positivos esperados. Dessa forma, ser uma região metropolitana tende a influenciar positivamente o número de ligações nas redes de copatenteamento inter-regional, assim como estar localizada no Sul e Sudeste.

Sob a perspectiva do número de ligações internacionais (Tabela 5), as ligações internas por patentes ($LigaINT_{pat}$) parecem não ser importantes para explicar o número de ligações da região com outros países. Contudo, verifica-se que a escala de inventores tem uma relação positiva com as ligações estrangeiras (coluna 1). Assim, regiões com maior proporção de inventores em relação ao país possuem um número maior de parcerias com o exterior, o que pode estar atrelado ao fato de um maior número de inventores na região possibilitar maior capacidade de absorção de conhecimentos externos.

Além disso, ao se considerar os resultados para a coluna (2), evidencia-se que a interação entre o número de ligações internas e a escala de inventores da região é positiva e significativa. Ou seja, a interação entre as duas medidas potencializa as ligações de agentes de regiões brasileiras com agentes de outros países, confirmando a *Hipótese 2*. Isso pode ser um indício de que, quando a escala de inventores é potencializada pelo número de ligações na região, eleva-se o número de ligações externas.

As variáveis de P&D industrial e P&D universitário obtiveram coeficientes positivos e de magnitude semelhante. Esse resultado confirma a *Hipótese 3* da existência de uma relação entre investimentos em P&D e a ocorrência de maiores fluxos internacionais de conhecimento via ligações em redes.

A centralidade de intermediação ($betBE$) obteve sinal positivo, sugerindo a importância dos nós serem intermediários de outras ligações, e assim, captar maiores fluxos de conhecimento funcionando como *hubs*. Resultado também encontrado ao se analisar as redes inter-regionais. Neste caso, a variável foi significativa em ambas especificações de regressão, o que de fato corrobora a *Hipótese 4*. Contudo, é possível notar que o coeficiente de centralidade do nó cai pela metade, ao se inserir a variável de interação de ligações internas com a escala de inventores ($LigaINT_{pat} \times Escala_{inv}$). Assim, ser de uma região com maior proporção de inventores e de ligações internas parece diminuir o efeito de ser um nó intermediário sobre o número de ligação internacionais.

As variáveis de importação de bens de capital (bk_{pib}), participação do PIB, aglomeração populacional, deseconomias de aglomeração e participação dos empregados na indústria não foram significativas em explicar o número de ligações entre brasileiros e estrangeiros. A variável de controle de região foi não significativa para a coluna (1), enquanto a controle de metrópole foi positiva e significativa. Já para a coluna (2), somente a *dummy* de região parece afetar o número de ligações internacionais das regiões brasileiras.

Tabela 5: Determinantes do número de ligações internacionais (LigaBE) no Brasil.
Painel *Pooled* ZINB robusto (2001-2011)

Variáveis	Pooled Robusto	
	(1)	(2)
Ligações internas por patentes (LigaINT _{pat})	0,04 (0,05)	-0,11 (0,07)
Escala de inventores (Escala _{inv})	4,81** (2,09)	1,99 (2,12)
Ligações int. x inventores (LigaINT _{pat} x Escala _{inv})		0,18*** (0,04)
Centralidade <i>betweeness</i> (betBB)	18,97*** (5,94)	9,66*** (0,06)
P&D industrial (P&D _{ind})	0,48*** (0,16)	0,35** (0,16)
P&D universitário (P&D _{univ})	0,09** (0,04)	0,09* (0,05)
Participação da indústria (Emp _{ind})	-11,56 (8,17)	-8,20 (8,59)
Aglomeracão	0,81 (2,23)	-0,91 (1,87)
Aglomeracão ao quadrado	-0,38 (1,09)	0,47 (0,92)
Importações de bens de Capital (Bk _{pib})	-0,06 (0,06)	-0,04 (0,05)
Participação econômica (Pib _{pibB})	-5,05 (3,12)	-4,66 (2,94)
Dummy regional (D _{reg})	0,04 (0,10)	0,24** (0,11)
Dummy metrópole (D _{metro})	0,10*** (0,07)	-0,11 (0,09)
_cons	-1,60** (0,62)	-0,76 (0,63)
Wald	436,03***	485,73***
Log pseudolike	-382,51	-379,75
/lnalpha	-24,58***	-24,32***

Fonte: Elaboração própria por meio do *software* Stata 12.

Nota: Erro padrão da estatística entre parênteses. Significância: ***0,01; **0,05; * 0,10.

5. Conclusões

A literatura sugere que as invenções colaborativas tendem a gerar resultados mais propensos a inovações, e que redes de copatenteamento são formas de transferências diretas de conhecimento codificado e tácito. Logo, investigar os determinantes do número de ligações nas redes pode auxiliar na compreensão e promoção de maiores fluxos de conhecimento, principalmente, fluxos internacionais. Nessa perspectiva, analisou-se as invenções regionais, medidas por patentes, sob a perspectiva da análise de redes sociais. Para isto, identificaram-se os nós das redes como sendo as regiões em que se inserem os inventores, sendo seus laços (ligações) caracterizados por dados de copatenteamento.

Em termos de distribuição geográfica das ligações no Brasil, constatou-se que, ao se considerar o número absoluto de ligações, os grandes centros tecnológicos e educacionais do país se destacam, fato atrelado à concentração de inventores nestes locais. Além disso, as variáveis que mais influenciam no número de ligações, considerando-se as redes inter-regionais, são as variáveis de P&D, principalmente o universitário, e a centralidade *betweenness*, corroborando-se assim as *Hipóteses* 3 e 4. Evidencia-se, portanto, a importância

de investimentos em P&D e em regiões centrais, sendo estas responsáveis por transferir conhecimentos às demais regiões por meio de colaborações com as demais localidades.

A *Hipótese 1* também é validada na rede inter-regional, indicando-se que regiões com muitas ligações internas tendem a possuir mais colaborações com agentes localizados em regiões distintas, por meio de laços fracos. Já a escala de inventores demonstrou ter uma relação positiva com o número de ligações entre brasileiros e estrangeiros durante o processo de produção de inovação nas redes internacionais. Ademais, a *Hipótese 2* é confirmada em ambas as redes, dessa forma, maiores ligações no nó, quando potencializadas pelo número de inventores na região, eleva o número de laços em redes de inovação.

A importação de bens de capital possui efeito positivo sobre o número de ligações das regiões brasileiras com outras regiões nacionais e com outros países. Por constituir um importante mecanismo de aquisição de conhecimento tecnológico, a importação de máquinas e equipamentos pode ser utilizada como insumo da produção de atividades de inovação, ao permitir que as regiões tenham acesso a um conhecimento que não produzem. Isso aumenta sua capacidade de absorção de conhecimento externo e de produção de conhecimento interno.

A escala econômica não foi significativa em explicar o número de laços em nenhuma das redes investigadas, indicando que possuir maior participação no PIB nacional não aumenta o número de ligações das regiões brasileiras. Cabe destacar ainda que as regiões metropolitanas e as localizadas no Sul e Sudeste possuem maiores ligações inter-regionais nacionais.

As políticas públicas ainda são tímidas quanto ao objetivo explícito de gerar redes de colaborações entre agentes de localidades distintas, havendo em geral somente cooperações locais. Espera-se que com os resultados apontados, as políticas de incentivo às atividades de inovação promovam parcerias, principalmente via atividades de P&D. Entre as regiões com maiores ligações, principalmente ligações com o exterior, se destacam São Paulo, Belo Horizonte, Rio de Janeiro e Campinas. Com isso, em termos de políticas tecnológicas, espera-se que haja maior incentivo de geração de colaborações e cooperação entre agentes dessas regiões, apontadas como mais colaborativas, com as regiões consideradas mais atrasadas em termos tecnológicos. Desse modo, haveria a possibilidade de promover maior produção tecnológica em todo o país e não apenas manter as atividades de inovação aglomeradas nas regiões Sul e Sudeste.

A limitação da pesquisa se dá em função de se medir fluxos de conhecimento por meio de dados de patentes. Nesse sentido, haveria outros fluxos não captados por esses dados, que estariam fora do alcance do estudo. Em termos de extensão e trabalhos futuros, cabe investigar e destacar quais nós primários, i.e, agentes e instituições, que funcionam como *gatekeepers*, responsáveis por criar pontes com agentes localizados em outras regiões.

Referências

- AGRAWAL, A.; COCKBURN, I.; MCHALE, J. Gone but not forgotten: knowledge flows, labor mobility, and enduring social relationships. **Journal of Economic Geography**, v. 6, n.5, p. 571–591, 2006.
- ANSELIN, L.; VARGA, A.; ACS, Z. Local geographic spillovers between university research and high technology innovations. **Journal of Urban Economics**, v. 42, n. 3, p. 422-448, 1997.
- ARAÚJO, B. C.; CAVALCANTE L. R.; ALVES P. Variáveis *proxy* para os gastos empresariais em inovação com base no pessoal ocupado técnico-científico disponível na

Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, v. 5, p 16-21, 2009.

ARAÚJO, V. de C.; GARCIA, R. Local determinants of innovation and spatial dependence - A spatial Tobit model applied to Brazilian micro-regions. In: Encontro Nacional de Centros de Pós-graduação em Economia, Foz do Iguaçu, 2016. **Anais**, n. 161, 2016.

AUDRETSCH, B. Agglomeration and the location of innovative activity. **Oxford review of economic policy**, v. 14, n. 2, p. 18-29, 1998.

BARABÁSI, A. L.; ALBERT, R. Emergence of scaling in random networks, **Science**, v. 286, n.5439, p. 509–512, 1999.

BATHELT H.; MALMBERG A.; MASKELL P. Clusters and knowledge: local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation. **Progress in Human Geography**, v. 28, n.1, p. 31–56, 2004.

BOSCHMA, R. Proximity and innovation: a critical assessment. **Regional Studies**, v. 39, p. 61-74, 2005.

BETTENCOURT, L. M.; LOBO J.; STRUMSKY, D. Invention in the city: Increasing returns to patenting as a scaling function of metropolitan size. **Research Policy**, v. 36, n.1, p. 107-120, 2007.

BETTENCOURT, L.; LOBO, J.; HELBING, D.; KÜHNERT, C; WEST, G. B. Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.104, n. 17, p. 7301–7306, 2007.

BRESCHI, S; CATALINI, C. Tracing the links between science and technology: An exploratory analysis of scientists' and inventors' networks. **Research Policy**, v. 39, n. 1, p. 14-26, 2010.

BRESCHI S.; LISSONI F. Mobility of skilled workers and co-invention networks: an anatomy of localized knowledge flows. **Journal of Economic Geography**, v. 9, n.4, p. 439–468, 2009.

BURT, R. S.; TALMUD, L. Market niche, **Social Network**, v. 15, n. 2, p. 133–149, 1993.

CAPALDO, A. Network structure and innovation: The leveraging of a dual network as a distinctive relational capability. **Strategic management journal**, v. 28, n. 6, p. 585-608, 2007.

CARLINO, G. A.; CHATTERJEE, S.; HUNT, R. M. Urban density and the rate of invention. **Journal of Urban Economics**, v. 61, n. 3, p. 389–419, 2007.

CARVALHO, J. R.; LAVOR, S. C. Repeat property criminal victimization and income inequality in Brazil. **Revista Economia**, 2008.

CASSI, L., PLUNKET, A. Research collaboration in co-inventor networks: combining closure, bridging and proximities. **Regional Studies**, v. 49, 936–954, 2015.

COOKE, P.; URANGA, M. G.; ETXEBARRIA, G. Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. **Research policy**, v. 26, n. 4-5, p. 475-491, 1997.

COOKE P. Regional innovation systems: general findings and some new evidence from biotechnology clusters. **The Journal of Technology Transfer**, v. 27, n. 1, p. 133–145, 2002.

EBEL, H.; MIELSCH, L; BORNHOLDT, S. Scale-free topology of e-mail networks, **Physical Review**, v 66, n. 3, 2002.

- ERNST, D. Network transactions, market structure and technology diffusion: implications for south-south cooperation. In: MYTELKA, L.K. (Ed.), **South-south co-operation in a global perspective**. Paris: OECD, p.89- 124, 1994.
- FISCHER, M. M.; VARGA, A. Spatial knowledge spillovers and university research. **The Annals of Regional Science**, v. 37 n. 2, p. 303–322, 2003.
- GILSING, V.; NOOTEBOOM, B.; VANHAVERBEKE, W.; DUYSTERS, G; OORD, A. V. D. Network embeddedness and the exploration of novel technologies: technological distance, betweenness centrality and density. **Research Policy**, v. 37, n. 10, p. 1717–1731, 2008.
- GONÇALVES, E. O padrão espacial da atividade inovadora brasileira: uma análise exploratória. **Estudos Econômicos**, v. 37, n.2, p. 405-433, 2007.
- GONÇALVES, E.; ALMEIDA, E. S. Innovation and Spatial Knowledge Spillovers: Evidence from Brazilian Patent Data. **Regional Studies**, v. 43, p. 513–528, 2009.
- GRANOVETTER M. S. The strength of weak ties. **American journal of sociology**, v.78, n. 6, p.1360–1 380, 1973.
- GRANOVETTER, M. Economic action and social structure: the problem of embeddedness. **The American Journal of Sociology**. v. 91, n. 3, p. 481–510, 1985.
- GRANOVETTER M. The impact of social structure on economic outcomes. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 19, n. 1, p. 33–50, 2005.
- GRILLITSCH, M.; NILSSON, M. Innovation in peripheral regions: do collaborations compensate for a lack of local knowledge spillovers. **The Annals of Regional Science**, v.54, n.1, p. 299-321, 2015.
- GUAN, J.; ZHANG, J.; YAN, Y. The impact of multilevel networks on innovation. **Research Policy**, v. 44, n. 3, p. 545-559, 2015.
- HE, J.; FALLAH, M. H. Dynamics of Inventor Networks and the Evolution of Technology Clusters. **International Journal of Urban and Regional Research**, v.38, n.6, p. 2174-2200, 2014.
- HERSTAD, S. J.; ASLESEN, H. W.; EBERSBERGER, B. On Industrial Knowledge Bases, Commercial Opportunities and Global Innovation Network Linkages. **Research Policy**, v. 43, n. 3, p. 495-504, 2014.
- JAFFE, A. B. Real effects of academic research. **The American Economic Review**, v. 79, n. 5, p. 957-970, 1989.
- JAFFE, A. B.; TRAJTENBERG, M.; HENDERSON, R. Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 108, n.3, p. 577- 598, 1993.
- KELLER, W. International trade, foreign direct investment, and technology spillovers. In: HALL, B. H., ROSENBERG, N. (Eds.), **Handbook of the Economics of Innovation**, v. 2, p. 793-829. Amsterdam: Elsevier, 2010.
- KNOBEN J.; OERLEMANS L. A. G. Proximity and inter organizational collaboration: a literature review. **International Journal of Management Reviews**, v. 8, n. 2; p. 71–89, 2006.
- LIST, F. **National System of Political Economy**. JB Lippincott & Company, Philadelphia, 1941.

- LOBO, J.; STRUMSKY, D. Metropolitan patenting, inventor agglomeration and social networks: a tale of two effects. **Journal of Urban Economics**, v. 63, n. 3, p. 871–884, 2008.
- MAGGIONI, M. A.; UBERTI, T. E.: Inter-regional knowledge flows in Europe: an econometric analysis. In: FREKEN, K. (ed.) **Applied Evolutionary Economics and Economic Geography**, p. 230–255. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2007.
- MATOS, R. E. S. A contribuição dos imigrantes em áreas de desconcentração demográfica do Brasil contemporâneo. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Campinas, v.19, n.1, p.49-72, 2002.
- MATOS, R.; BRAGA, F. Migração e Rede Urbana: procedências e inserção ocupacional. **XIII Encontro Nacional de Estudos Populacionais**, Ouro Preto, 2002.
- MIGUELÉZ, E.; MORENO, R. Research networks and inventors' mobility as drivers of innovation: evidence from Europe. **Regional Studies**, v.47, n.10, p. 1668-1685, 2013.
- MORENO, R.; PACI, R.; USAI, S. Geographical and sectoral clusters of innovation in Europe. **The Annals of Regional Science**, v. 39, n. 4, p. 715-739, 2005.
- MORENO, R.; PACI, R.; USAI, S. Spatial spillovers and innovation activity in European regions. **Environment and Planning A**, v. 37, n.10, p. 1793-1812, 2005.
- MARROCU, E.; PACI, R.; USAI, S. Proximity, networking and knowledge production in Europe: What lessons for innovation policy? **Technological Forecasting and Social Change**. v.80 n.8, p. 1484-1498, 2013.
- PEREIRA, F. M.; LEMOS, M. B. Cidades médias brasileiras: características e dinâmicas urbano-industriais. Repositório do Conhecimento do IPEA. **Pesquisa e Planejamento Econômico - PPE**, v.33, n.1, 2003. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4099/1/PPE_v33_n01_Cidades.pdf>. Acesso em: 25 de Maio de 2016.
- PONDS, R., OORT, F. V.; FRENKEN, K. Innovation, spillovers and university–industry collaboration: an extended knowledge production function approach. **Journal of Economic Geography**, v. 10, n. 2, p. 231-255, 2010.
- POOT, T.; FAEMS, D.; VANHAVERBEKE, W. I. N. Toward a dynamic perspective on open innovation: A longitudinal assessment of the adoption of internal and external innovation strategies in the Netherlands. **International Journal of Innovation Management**, v. 13, n. 2, p. 177-200, 2009.
- POWELL, W. W.; GIANNELLA, E. Collective invention and inventor networks. **Handbook of the Economics of Innovation**, v.1, 575-605, 2010.
- POWELL W. W., KOPUT K W, SMITH D. L. Inter organizational collaboration and the locus of innovation: networks of learning in biotechnology. **Administrative Science Quarterly**, v. 41, n 1, p. 116–145, 1996.
- POWELL, W. W; OWEN-SMITH, J. Knowledge networks as channels and conduits: The effects of spillovers in the Boston biotechnology community. **Organization science**, v. 15, n.1, p. 5-21, 2004.
- ROTHWELL, R.; FREEMAN, C.; HORLSEY, A.; JERVIS, V. T. P.; ROBERTSON, A. B.; TOWNSEND, J. Updated – project SAPPHO phase II. **Research Policy**, v. 3, n.3, p. 258-291, 1974.
- ROXENHALL, T. Network structure and innovation in strategic innovation networks. **International Journal of Innovation Management**, v. 17, n. 02, 2013.

SEN, P.; DASGUPTA, S.; CHATTERJEE, A.; SREERAN, P. A.; MUKHERJEE, G.; MANNA, S. S. Small-world network properties of the Indian railway network. **Physical Review**, v 67, n.3, 2003.

SINGH, J.; FLEMING, L. Lone inventors as sources of breakthroughs: Myth or reality? **Management Science**, v. 56, n. 1, p. 41-56, 2010.

STORPER, M.; VENABLES, A. J. Buzz: face-to-face contact and the urban economy. **Journal of Economic Geography**, v. 4, n. 4, p. 351-370, 2004.

VIOTTI, E. B. **Passive and active national learning systems**. 1997. 310f. tese. (Doutorado em Política e Ciência Social). New School for Social Research, [s.l] 1997.

VUONG, Q. H. Likelihood ratio tests for model selection and non-nested hypotheses. **Econometrica**, v. 57, n. 2, p. 307-333, 1989.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social network analysis: Methods and applications**. v. 8. Structural Analysis in the social sciences. Cambridge university press, Cambridge: UK. 1994.

WU, J. "Technological collaboration in product innovation: The role of market competition and sectoral technological intensity." **Research Policy**, v. 41 n.2, 489-496, 2012.

ZANIBONI, N.; MONTINI, A. Modelos de Poisson inflado de zeros e binomial negativo inflado de zeros na previsão de sinistro de automóveis. **Revista Economia & Gestão**, v. 15, n. 41, p. 159-180, 2015.