

# Dimensões de proximidade e transbordamentos de conhecimento: evidências a partir das citações de patentes<sup>1</sup>

Raquel Coelho Reis<sup>2</sup>

Eduardo Gonçalves<sup>3</sup>

Inácio Fernandes de Araújo Junior<sup>4</sup>

**Resumo:** O artigo aborda o impacto de diferentes dimensões de proximidade (geográfica, tecnológica, econômica e cultural) sobre os fluxos de conhecimento inter-regional em 645 regiões dos 44 países membros da *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) e seus principais parceiros econômicos no período 1990-2015. Os fluxos são medidos por citações de patentes, originárias de diferentes bases da OECD, como: *Citations Database*, *REGPAT Database* e *Triadic Patent Families*, versão de fevereiro de 2016. Em termos metodológicos, o artigo usa a estrutura do modelo gravitacional, estimado pelo modelo de contagem *Poisson Pseudo-Maximum-Likelihood* (PPML). Os principais resultados mostram que os fluxos inter-regionais de transbordamento de conhecimento são inversamente relacionados à distância geográfica, dimensão da proximidade cultural e as barreiras regionais e nacionais, e positivamente influenciados pela proximidade tecnológica e econômica. Além disso, evidencia-se que as trocas de conhecimento também são influenciadas pelo grau de especialização tecnológica da região de origem das patentes citadas e pela escala de invenções das regiões de origem e destino dos fluxos.

**Palavras-chave:** Citações de Patentes, Transbordamento de Conhecimento, Dimensões de Proximidade.

**Abstract:** The paper analyses the impact of different dimensions of proximity (i.e., geographical, technological, economic and cultural) on inter-regional knowledge flows across 645 regions belonging to 44 members of the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) and their main economic partners for the period 1990 to 2015. We use patent citations to measure knowledge flows. The OECD database, such as Citations Database, REGPAT Database e Triadic Patent Families, was used for this purpose. Methodologically, the article uses the gravity approach in order to estimate the determinants of knowledge flows based on the Poisson Pseudo-Maximum-Likelihood (PPML) estimator. The main results show that the inter-regional flows of knowledge are inversely related to geographical distance, cultural proximity and regional and national barriers, but are positively associated with technological and economic proximity. Moreover, knowledge spillovers are also influenced by the degree of technological specialization of the region that has a cited patent and by the inventive scale of origin-destination pairs of regions.

**Key-words:** Patent Citations, Knowledge Spillovers, Dimensions of Proximity.

JEL: O31, O33, O50, R10.

**Área 10** - Economia Regional e Urbana

---

<sup>1</sup> Os autores agradecem o apoio da Fapemig, CNPq e CAPES pelo financiamento. Artigo submetido ao 44º. Encontro Nacional de Economia, ANPEC, 2016.

<sup>2</sup> Mestranda em Economia do PPGE/FE-UFJF - raquelcoelhoreis@gmail.com

<sup>3</sup> Professor Associado da FE/UFJF e Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 2- eduardo.goncalves@ufjf.edu.br

<sup>4</sup> Doutorando em Economia PPGE/FE-UFJF - inaciofaj@gmail.com

## 1. Introdução

Os dados de citações de patentes têm sido utilizados para mensurar e modelar os transbordamentos de conhecimento desde a contribuição seminal de Jaffe *et al.* (1993), a respeito da possibilidade de rastrear os fluxos de conhecimento, que ressaltou a existência de uma elevada propensão de citação entre inventores próximos, geograficamente. Essa descoberta levou a uma série de estudos posteriores que investigaram quais são os fatores determinantes da ocorrência destes fluxos de conhecimento (*e.g.* CRISCUOLO e VERSPAGEN, 2008; FISCHER *et al.*, 2009; ALDIERI, 2011; COTROPIA, LEMLEY e SAMPAT, 2013; LI, 2014; CAPPELLI e MONTOBBIO, 2016). Em síntese, esses estudos demonstraram que, além dos transbordamentos que ocorrem devido à colocalização geográfica (MARSHAL, 1920), assume-se que o conhecimento também possa transbordar para outras regiões. Desse modo, transbordamentos de conhecimento podem representar externalidades não pecuniárias, quando ações derivadas de um agente econômico beneficiam outro, sem necessariamente envolver transações econômicas (GRILICHES, 1979; KRUGMAN, 1991).

A literatura tem apresentado diversos estudos sobre transbordamentos de conhecimento, por exemplo, Maurseth e Verspagen (2002), Criscuolo e Verspagen (2008), Azagra-Caro *et al.* (2009), Duguet e MacGarvie (2005). No entanto, esses autores abordaram apenas a ocorrência de transbordamentos dentro do mesmo limite geográfico, país ou continente, o que envolve similaridade de cultura, facilidades políticas e jurídicas, além de baixos custos de transporte, facilitando os fluxos de inventores e tecnologias e, em suma, de conhecimento. Além disso, consideram em sua maioria apenas economias desenvolvidas, que possuem maiores investimentos tecnológicos e melhores capacidades de absorção desses fluxos. Keller (2002) evidencia que os transbordamentos de conhecimentos estão ganhando caráter global nos últimos anos. Contudo, a extensão em que as fronteiras geográficas restringem os fluxos de conhecimento não foram suficientemente examinadas, como realizado por Fischer *et al.* (2009) para regiões da Europa. Nota-se escassez de trabalhos que abordam análises de transbordamentos de conhecimento em escalas maiores que as nacionais ou regionais de um mesmo continente.

Nessa perspectiva, o principal objetivo do presente artigo é analisar a relação entre dimensões da proximidade, como geográfica, tecnológica, econômica e cultural, e os fluxos de conhecimento, medidos por citações de patentes. Ao contrário de outros estudos da literatura, este apresenta novas evidências para os transbordamentos de conhecimento internacional ao abordar regiões de vários países e não focar exclusivamente em firmas ou regiões da Europa (Criscuolo e Verspagen, 2008; Fischer e Griffith, 2008; Fischer *et al.*, 2009; Gay *et al.*, 2005; Maurseth e Verspagen, 2002) ou dos Estados Unidos (Singh *et al.*, 2010; Singh e Marx, 2013; Alcácer e Gittelman, 2006). Além disso, utiliza período mais abrangente (1990-2015) e apresenta uma análise sobre as relevâncias de diversas variáveis de dimensão de proximidade ao longo do tempo.

Os transbordamentos de conhecimento do presente estudo foram medidos a partir dos dados de citação de patentes depositadas na *Patent Cooperation Treaty* (PCT), que abrange as patentes com proteção internacional, podendo indicar, portanto, patentes economicamente mais valiosas. Os dados de citação abrangem 645 regiões de 44 nações, entre os países membros da *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) e os seus principais parceiros econômicos, em análise para o período entre 1990 e 2015. Devido à natureza da variável dependente, os dados foram estimados por um modelo gravitacional usando o método de *Poisson Pseudo-Maximum Likelihood* (PPML).

Além da introdução, o estudo está dividido em mais cinco seções. Na segunda seção é apresentada uma breve revisão dos principais estudos que mediram os transbordamentos de conhecimento via citação de patentes, focando as dimensões de proximidade que consideraram, sua abrangência amostral e geográfica, além dos métodos de estimação econométrica. Na terceira seção encontra-se a descrição dos dados. Na quarta, tem-se a descrição da metodologia usada no estudo. Na

quinta seção são apresentados e discutidos os resultados. E, por último, têm-se as principais conclusões do estudo.

## 2. Transbordamentos de conhecimento e citações de patentes

Os transbordamentos de conhecimento ocorrem quando agentes econômicos produzem conhecimentos que beneficiam outros agentes ou regiões sem que sejam monetariamente recompensados por isto (Griliches, 1991). No entanto, os transbordamentos têm sua dimensão influenciada pelo tipo de conhecimento que incorporam, podendo ser do tipo tácito ou codificado. O conhecimento codificado pode ser expresso por meio de manuais, enquanto o conhecimento tácito é inerente às habilidades e experiências dos indivíduos. Tal diferenciação quanto ao tipo de conhecimento é determinante na capacidade de ocorrência de transbordamentos a longas distâncias. O conhecimento tácito é mais facilmente transmitido via contatos face a face, sendo a proximidade geográfica facilitadora do intercâmbio e da disseminação desse tipo de conhecimento, que não é facilmente codificado. Por outro lado, a distância possui grande impacto no declínio desses transbordamentos. Contudo, acredita-se que o conhecimento codificado possa ultrapassar fronteiras geográficas mais facilmente, sendo transferíveis mesmo a longas distâncias (POLANYI, 1967; RALLET e TORRE, 1999; GERTLER, 2003).

Em termos metodológicos, os transbordamentos de conhecimento podem ser rastreados por meio de citações de patentes. Quando uma patente cita outra, há evidência de transbordamentos de conhecimentos provenientes da patente citada durante a construção da nova patente que a cita. Uma das limitações desta métrica seria que nem todas as invenções são patenteadas (NAGAOKA *et al.*, 2010). Logo, as citações de patentes captariam apenas parte dos conhecimentos que transbordam na economia e, em geral, aquela parcela que pode ser codificada.

Mesmo assim, Hu e Jaffe (2003) evidenciam que as análises de citações podem identificar a dinâmica dos fluxos no tempo e no espaço dada influência geográfica e tecnológica, a partir das evidências de que transbordamentos são maiores entre regiões semelhantes tecnologicamente.

Na literatura, entre as possíveis barreiras para o transbordamento de conhecimento, a distância geográfica tem se mostrado de grande interesse nos estudos empíricos. Nessa perspectiva, Fisher e Varga (2003) identificaram que os transbordamentos apresentam decaimento espacial, de modo que, distâncias mais longas tendem a transmitir menores fluxos de conhecimento quando comparadas àquelas mais próximas geograficamente. Moreno *et al.* (2005) sugerem que os transbordamentos decaem com a distância e que ocorram com mais frequência entre regiões localizadas no mesmo país em relação a países distintos. Figueiredo *et al.* (2015) mostraram o papel da distância geográfica e da concentração industrial para a ocorrência de transbordamentos via citação de patentes. Assim, a literatura em geral tem demonstrado que os transbordamentos de conhecimento são influenciados positivamente pela proximidade geográfica.

Nota-se uma certa ênfase nas dimensões geográfica e tecnológicas da proximidade (ver Quadro A.1, Apêndice). A proporção de citações entre regiões ou agentes é considerada como a intensidade dos fluxos de conhecimento existente entre eles (JAFFE *et al.*, 1993; 1999; 2003). Segundo Marshall (1982), Arrow (1962) e Romer (1986), que deram origem ao acrônimo MAR, as economias de especialização geram maiores fluxos de conhecimento por causa do interesse em comum entre agentes de um mesmo setor. Neste caso, até mesmo o transbordamento de conhecimento tácito ocorre, devido à facilidade de comunicação entre os agentes situados no mesmo espaço geográfico (GLAESER *et al.*, 1995; KOO, 2005; MORENO *et al.*, 2005). Entretanto, Jacobs (1969) acredita que a diversificação tecnológica é a maior geradora de externalidades, devido ao intercâmbio de conhecimentos diferentes, mas complementares, permitindo fertilização cruzada de ideias, que

podem promover até inovações radicais (GLAESER *et al.*, 1995; FELDMAN e AUDRETSCH, 1999; CARLINO *et al.*, 2001; BEAUDRY e SCHIFFAUEROVA, 2009).

Outros trabalhos evidenciam como barreiras questões de localização geográfica como no caso de Alcácer e Gittelman (2006), que tratam das barreiras nacionais e de estado, de Fischer e Griffith (2008), que tratam da barreira nacional, de Li (2014) e Singh *et al.* (2010), que abrangem a barreira nacional, de estado e de metrópole (Quadro A.1, Apêndice). Peri (2005) identificou que grande parte dos fluxos de conhecimentos fica retida na região geradora de conhecimento, e apenas 20% fluem para fora da região. Branstetter (2001) sugere que os fluxos de conhecimento são mais intensos dentro da mesma nacionalidade do que entre países distintos. Singh *et al.* (2010) encontraram transbordamento persistente e localizados ao nível dos estados norte-americanos. Fischer *et al.* (2009) evidenciaram que as fronteiras nacionais são mais influentes do que as distâncias geográficas no caso de firmas de alta tecnologia de regiões europeias.

Apesar da relevância, a dimensão geográfica da proximidade não é a única variável que afeta os transbordamentos de conhecimento (Torre *et al.*, 2005; Boschma, 2005). Diversas barreiras podem influenciar que o conhecimento não seja perfeitamente transmitido. As diferenças culturais e linguísticas e falta de capacidade de absorção podem levar à perda de informação tecnológica, dificultando os transbordamentos inter-regionais. Diversos trabalhos destacam outras variáveis de dimensão da proximidade como determinantes dos fluxos de conhecimento, como é o caso da proximidade cultural mensurada pela dissemelhança linguística por Peri (2005) e Fischer *et al.* (2009) sendo tratada como uma barreira aos fluxos, e mensurada pela semelhança por Maurseth e Verspagen (2002) tratada como determinante dos transbordamentos de conhecimento.

Assim, a proximidade tecnológica entre as regiões pode representar um fator importante para facilitar que ocorram transbordamentos de conhecimento. Nessa perspectiva, Fisher *et al.* (2009) e Aldieri (2011) demonstraram que, entre regiões mais próximas tecnologicamente, que possuem conhecimento prévio a respeito de uma determinada tecnologia e uma capacidade de absorção de conhecimento semelhantes, ocorrem maiores transbordamentos. A proximidade tecnológica tem sido tratada como determinante de maiores níveis de transbordamento de conhecimento em diversos estudos, como é o caso do Jaffe e Trajtenberg (1999); Hu e Jaffe (2003); Criscuolo e Verspagen (2008); Singh *et al.* (2010); Singh e Marx (2013) e Li (2014).

### **3. Estratégia Empírica**

#### **3.1 Base de Dados**

A fonte dos dados do presente estudo é proveniente das informações da OECD *Patent Datasets (February 2016 Edition)*, formada por diversos bancos de dados com informações detalhadas sobre o depósito de patentes na *Patent Cooperation Treaty (PCT)*, na *European Patent Office (EPO)* e no *United States Patent and Trademark Office (USPTO)*, abrangendo o período entre os anos de 1990 e 2015. Os dados de citação de patentes, obtidos na *OECD Citations Database*, levam em consideração os depósitos de patentes PCT, que possuíam informações sobre a localização geográfica de origem do inventor, obtidas nas bases *OECD REGPAT Database* e *OECD Triadic Patent Families*. As informações contidas nessa base abrangem 44 países de todos os continentes, entre os países membros da OECD e seus principais parceiros econômicos, divididas em 645 regiões ao nível NUTS2 e TL2 de todos os continentes. A relação completa de países encontra-se na Tabela A.1 do Apêndice A.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Informações detalhadas sobre a elaboração da base de dados podem ser obtidas em Maraut *et al.* (2008).

A análise utiliza os depósitos de patentes incluídos na PCT, que oferece procedimento unificado, de baixo custo, para proteger invenções em cada um dos seus países signatários. O uso de registros de patentes do PCT possui muitas vantagens em relação ao uso de registros de depósitos de patentes das bases do *European Patent Office* (EPO), *United States Patent and Trademark Office's* (USPTO) ou *Japanese Patent Office* (JPTO). Estas últimas são preferidas por depositantes nacionais, possuindo um viés doméstico que pode comprometer objetivos de comparabilidade internacional das estatísticas de patentes. Uma segunda vantagem é que os registros do PCT filtram as invenções de maior valor econômico. Por outro lado, os dados podem subestimar o processo inventivo total (USAI, 2011). No entanto, é crescente o uso de registros de patentes do PCT por suas vantagens (WEBB *et al.*, 2005; MADSEN, 2007; NAGAOKA *et al.*, 2009).

De forma a capturar o transbordamento de conhecimento puro, isto é, aqueles conhecimentos transmitidos de um inventor a outros inventores, excluem-se as autocitações de inventores e as citações incluídas no pedido de patente pelos examinadores, dado que tais citações não são consideradas como evidência de transbordamento (JAFFE *et al.*, 2000; ALCÁCER *et al.*, 2009; HEGDE *et al.*, 2009).

### 3.2. Modelo Gravitacional

A fim de investigar os fatores que explicam o transbordamento inter-regional de conhecimento, foi usado o Modelo Gravitacional, pois pressupõe que a atratividade entre dois corpos é proporcional as suas massas, existindo decaimento de interação de acordo com o aumento da distância. Neste caso, espera-se que os transbordamentos de conhecimento estejam diretamente associados à magnitude de produção de invenções entre duas regiões  $i$  e  $j$  e inversamente relacionados ao aumento da distância entre  $i$  e  $j$ . No caso deste artigo, testam-se diferentes dimensões de distância ou proximidade, a saber, geográfica, econômica, tecnológica e cultural.

O modelo a ser estimado segue a seguinte estrutura:

$$C_{ij} = \beta_1 P_{ij} + \beta_2 D_{ij} + \beta_3 H_j + \beta_4 P_i + \beta_5 P_j + \beta_6 L + \beta_7 E + X\delta + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Onde:

- $C_{ij}$  representa os fluxos de conhecimento, medidos através da contagem de citações das patentes depositadas na região  $i$  que citam patentes depositadas na região  $j$ . Esta variável foi construída a partir de todos os possíveis pares de regiões que citam e são citadas, composta por um total de 416.025 observações de pares de regiões, construídos a partir das 645 regiões existentes na análise, incluindo também casos em que  $i$  e  $j$  são iguais;
- $D_{ij}$  é a distância geográfica entre a região  $i$  e a região  $j$ ;
- $H_j$  é a medida do nível de concentração da atividade inventiva da região  $j$ ;
- $P_i$  e  $P_j$  representam o número de patentes de cada região, representando a capacidade inventiva da mesma;
- $L$  mede a proximidade cultural, representado por uma *dummy* que assume 1 quando as regiões falam línguas distintas, e zero, caso contrário;
- $E$  mede proximidade econômica, representada por uma *dummy* que assume 1 quando os países possuem mesmo nível econômico e zero no caso contrário;
- $X$  é uma matriz que representa outras variáveis de controle, como a barreira regional e barreira nacional, representadas por variáveis *dummies* que assumem valores 1 caso as regiões pertençam a limites geográficos distintos e zero caso contrário.

Seguindo autores como Westerlund e Wilhelmsson (2011), a variável dependente foi estimada em nível, a fim de se considerar também os fluxos de conhecimento nulos na estimação, isto é, ausência de citações. Quando a variável dependente é log-linearizada, isto não é possível, sugerindo um possível viés de seleção na amostra e inconsistência. Contudo, as demais variáveis explicativas foram log-linearizadas. Todas as variáveis usadas no artigo encontram-se detalhadas e resumidas na Tabela 1.

Devido à natureza da variável dependente utilizada,  $C_{ij}$ , que possui características de dados de contagem, assumindo um número reduzido de valores inteiros e não negativos, e compostas por muitas observações que assumem o valor zero, métodos alternativos de regressão para dados de contagem devem ser utilizados, levando a estimações mais eficientes.

A característica do modelo de regressão de Poisson é a utilização em análises de dados de contagem sob a forma de proporções ou razões das contagens (McCULLAGH; NELDER, 1989). Como o modelo de Poisson impõe a restrição de que a média e a variância sejam iguais, não observada no presente artigo, alternativas são o modelo Binomial Negativo e o *Poisson Pseudo-Maximum-Likelihood* (PPML). Segundo Santos Silva e Tenreyro (2005,2010), o modelo PPML, mesmo em casos de sobredispersão, é capaz de gerar estimativas consistentes, quando se utiliza o procedimento de estimação robusto. Além disso, o PPML não é afetado pelo grande número de zeros na variável dependente ao se utilizar equações gravitacionais e possui resultados mais consistentes, mesmo na presença de heterocedasticidade nos termos de erro.

**Tabela 1.** Descrição das variáveis do modelo.

Variável	Descrição
$C_{ij}$	Número de citações de patentes depositadas na região $i$ (região de “destino” do conhecimento) que citam patentes depositadas na região $j$ (região de origem do conhecimento).
$P_{ij}$	Proximidade Tecnológica entre as regiões $i$ e $j$ .
$D_{ij}$	Distância Geográfica (km) entre a região $i$ e $j$ , calculada pela distância do arco.
$H_j$	Índice de Herfindahl (especialização/diversificação tecnológica) da região $j$ .
$P_i$	Número de patentes (invenções) da região $i$ .
$P_j$	Número de patentes (invenções) da região $j$ .
Proximidade Cultural	<i>Dummy</i> barreira linguística. Assume valor 0 se regiões falam a mesma língua e 1, caso contrário.
Proximidade Econômica	<i>Dummy</i> de similaridade econômica. Assume valor 0 se regiões não possuem mesmo nível econômico e 1, caso contrário.
Barreira Regional	<i>Dummy</i> para citações extrarregionais. Assume valor 0 para citações que ocorrem dentro da mesma região e 1, o contrário.
Barreira Nacional	<i>Dummy</i> para citações internacionais. Assume valor 0 para citações dentro do mesmo país e 1, o contrário.

Fonte: Elaboração própria.

A proximidade tecnológica,  $P_{ij}$ , entre os pares de regiões  $i$  e  $j$  é construída pela metodologia desenvolvida por Jaffe (1986). Faz-se uso dos códigos da *International Patent Classification* (IPC), considerando códigos de quatro dígitos, agrupados de acordo com domínios e subdomínios

tecnológicos, seguindo a metodologia de Schmoch (2008), desenvolvida para o *World International Patent Office* (WIPO). O indicador segue a seguinte equação:

$$P_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^K T_{ik} T_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^K T_{ik}^2 \sum_{k=1}^K T_{jk}^2}} \quad (2)$$

Sendo,  $T_{ik}$  o vetor tecnológico da região  $i$ , onde  $k$  representa o número de classes (1 - 32);  $T_{jk}$  o vetor tecnológico da região  $j$ ; e  $P_{ij}$  representa a proximidade tecnológica entre as regiões, cujo valor varia entre zero e um. Assim, quando as regiões forem completamente diferentes a variável assume valor zero e quando são próximas tecnologicamente assume o valor um.

Os transbordamentos de conhecimento são mais prováveis de ocorrer entre as regiões que são próximas tecnologicamente, segundo Hu e Jaffe (2003). Regiões com estrutura tecnológica similar tenderiam a absorver conhecimento de forma mais fácil do que regiões dissimilares em termos de tecnologia, o que se refletiria numa maior quantidade de citações de patentes entre as regiões. Trabalhos como de Moreno *et al.* (2005); Orlando (2000); e Gonçalves e Fajardo, (2011) consideram que é mais fácil ocorrer transbordamentos entre regiões que são mais próximas tecnologicamente.

A variável explicativa  $D_{ij}$  representa a distância geográfica, medida em quilômetros, entre os pares de regiões  $i$  e  $j$ , e é construída a partir das coordenadas, latitude e longitude, de cada região de análise. Esta variável tem sido amplamente utilizada como uma possível barreira aos transbordamentos (SONN e STORPER, 2003; FISCHER *et al.*, 2009; SINGH *et al.*, 2010; ALDIERI e CINCERA, 2009; ALDIERI, 2011). No entanto, como a análise abrange regiões que podem estar também localizadas em continentes distintos, a distância é calculada através da distância no arco. Essa medida de distância considera a menor curva entre dois pontos ao longo da superfície da terra, semelhante ao estudo de Aldieri (2011). Espera-se que a ocorrência de transbordamento de conhecimento seja menor quanto maior a distância geográfica entre duas regiões, baseando-se na ideia de que a proximidade entre os agentes diminua custos de transação e facilita contatos face a face. Diversos autores têm tratado da questão do decaimento de transbordamentos relacionados com a distâncias mais longas, como Acs e Audretsch (1989), Jaffe *et al.* (1993), Audretsch e Feldman (1996), Peri (2005), Singh *et al.* 2010; Aldieri (2011), Miguelez e Moreno (2013) e Carlino *et al.* (2015).

O grau de especialização ou diversificação tecnológica,  $H_j$ , é medido pelo índice de *Herfindahl* da região de origem do conhecimento, isto é, região da patente citada  $j$ . Neste caso, identificam-se as regiões como especializadas tecnologicamente, caso possuam patentes concentradas em uma única ou em poucas classes tecnológicas, com valor de  $H_j$  próximo de um, ou diversificadas tecnologicamente se possuírem patentes em diversas classes tecnológicas, assumindo valores próximos de zero. O índice de concentração pode ser, portanto utilizado para medir a especialização tecnológica e é representado por:

$$H_j = \sum_{k=1}^{32} s_{jk}^2 \quad (3)$$

Onde  $s_{jk}^2$  indica a participação de patentes da região  $j$  em cada um dos 32 subdomínios<sup>6</sup> tecnológicos  $k$ . A hipótese é que os transbordamentos de conhecimento sejam mais prováveis de ocorrerem entre

<sup>6</sup> Os 32 subdomínios são: maquinaria elétrica e aparatos, energia elétrica; tecnologias audiovisuais e telecomunicações; comunicação digital; processo de comunicação básica; tecnologia de computadores; métodos de IT para gestão; semicondutores; ótica; medida, análise de materiais biológicos; controle; tecnologia médica; produtos orgânicos

regiões que apresentem maiores números de patentes originadas de domínio de conhecimento similares. Logo, o efeito esperado desta variável, caso positivo, vai de acordo com as evidências da vertente da literatura que acredita na especialização tecnológica como o melhor meio para gerar inovação e externalidades via transbordamentos, pois regiões especializadas concentram melhores insumos de mão de obra, facilidade escoamento da produção, mais capacidade de absorção das externalidades geradas por parceiras tecnológicas, comércio facilitado por amplos fornecedores e compradores (MARSHALL, 1982; ARROW, 1962; ROMER, 1986).

As variáveis  $P_i$  e  $P_j$  representam o número total de patentes que a região  $i$  e  $j$  possuem, respectivamente, e é esperado que ambas as variáveis explicativas apresentem efeito positivo sobre os níveis de transbordamentos de conhecimento. Regiões com maiores quantidades de patentes possuiriam maiores capacidades de inventar e, por isso, possuiriam maior potencial de criação de conhecimentos que podem transbordar entre regiões (ACS *et al.* 2002).

A variável *língua* mede o impacto que a proximidade cultural, representada pela existência de mesma língua, pode ter sobre a ocorrência de transbordamentos de conhecimento. Neste caso, é caracterizada por uma variável *dummy* que assume valor um, caso as regiões falem línguas distintas, e zero caso possuam pelo menos uma língua em comum. A variável foi construída a partir de informações<sup>7</sup>, sobre as línguas nativas adotadas em cada país. Países com mais de uma língua nativa tiveram todas elas consideradas. Línguas são definidas como códigos, sequências de palavras em comum. Portanto, podem ser utilizadas como ferramentas para uma melhor comunicação que pode levar a uma maior capacidade de absorção de conhecimento. No entanto, as línguas, caso sejam dissimilares podem funcionar como barreiras aos transbordamentos de conhecimento, dificultando o entendimento e absorção desses conhecimentos. Esta variável tem sido utilizada na literatura em trabalhos relacionados a transbordamentos de conhecimento como em Maurseth e Verspagen (2002), MacGarvie (2005) e Fisher *et al.* (2009).

A variável de proximidade econômica mede a influência de ambientes econômicos semelhantes para a ocorrência dos fluxos de conhecimentos entre regiões. Caracteriza-se por ser uma variável *dummy* que assume valor um, caso as regiões possuam o mesmo nível econômico e zero, caso o contrário. As informações para a construção desta variável consideraram a classificação do Fundo Monetário Internacional (FMI), que classifica trinta países da OECD dentro do total de trinta e seis países considerados desenvolvidos em todo o mundo, os demais foram considerados subdesenvolvidos. Esta variável tem como objetivo identificar se a similaridade econômica das regiões influencia nos níveis de transbordamentos entre elas, partindo-se do pressuposto que regiões com mesmo nível econômico possuam semelhanças nas estruturas industriais, comércio e níveis de investimento e, portanto, semelhanças na capacidade inventiva e de absorção de conhecimentos.

Outras duas variáveis de controle foram inseridas na análise e exibem o formato de variáveis *dummies* representadas pelo vetor D e objetivam captar e controlar as tendências de ocorrência de citações, por fatores sociais e políticos comuns aos pares de regiões. A primeira destas variáveis de controle, barreira regional, objetiva captar as citações externas às regiões, assumindo valor zero, caso a citação tenha ocorrido dentro da mesma região e um, caso contrário. Neste caso, espera-se que esta variável *dummy* controle as citações intrarregionais, isto é, as autocitações regionais e capture os transbordamentos que ultrapassam as fronteiras das regiões geradoras do conhecimento. As distâncias geográficas, tecnológicas e culturais dentro da mesma região são praticamente nulas, tendendo a enviesar as estimativas de transbordamentos de conhecimento, pois nestes casos, os transbordamentos

---

elaborados; biotecnologia; produtos farmacêuticos; química macromolecular e polímeros; química de alimentos; química de materiais; materiais, metalurgia; tecnologia de superfície, revestimentos; tecnologia de microestruturas, nanotecnologia; engenharia química e tecnologia ambiental; manipulação; máquinas e ferramentas; motores, bombas e turbinas; maquinaria têxtil e de papel; outra maquinaria especial; processos térmicos e aparatos; componentes mecânicos; transporte; móveis e jogos; outros produtos de consumo; e engenharia civil.

<sup>7</sup> As informações sobre línguas nativas foram retiradas da *Nations Online Project*, que é uma ONG responsável por promover informações a respeito de diferenças culturais no mundo.



são facilitados. Já a outra variável de controle, barreira nacional, foi criada visando capturar as citações que ultrapassam os limites nacionais, assumindo um valor igual a zero, caso a citação ocorra dentro da mesma nacionalidade e um, caso o contrário. Essa variável de controle procura captar os transbordamentos que ocorrem com menor frequência, pois há maior probabilidade que os transbordamentos ocorram dentro dos limites nacionais, por questões de facilidades políticas, jurídicas e sociais.

#### 4. Estatísticas Descritivas

As Tabelas 2 e 3 apresentam as estatísticas dos dados utilizados para o período de análise 1990 a 2015. A Tabela 2 apresenta um *ranking* das 15 regiões mais relevantes quanto ao número de citações recebidas e realizadas ao longo do período. Enquanto a Tabela 3 mostra as estatísticas descritivas e correlação parcial das variáveis do modelo.

Tabela 2. Top 15 regiões com mais citações recebidas e realizadas (1990-2015)

Citações recebidas (%)		Citações realizadas (%)	
California, US	12,19	California, US	8,91 (34,19%)
Southern-Kanto, JP	3,85	Massachusetts, US	3,55 (13,73%)
Massachusetts, US	3,25	Nordschwarzwald, DE	3,35 (13,69%)
Kinki, JP	2,91	Lüneburg, DE	2,60 (12,48%)
New Jersey, US	2,72	Southern-Kanto, JP	2,56 (19,01%)
Northern-Kanto, Koshin, JP	1,86	Île-de-France, FR	2,54 (12,80%)
New York, US	1,79	Duisburg-Essen-Düsseldorf, DE	2,17 (14,22%)
Hovedstaden, DK	1,72	Lüneburg, DE	1,98 (11,28%)
Île-de-France, FR	1,71	Hovedstaden, DK	1,94 (25,14%)
Texas, US	1,66	New Jersey, US	1,90 (12,20%)
Pennsylvania, US	1,64	Ostfriesland, DE	1,90 (7,62%)
Nordschwarzwald, DE	1,60	Rhône-Alpes, FR	1,81 (13,80%)
Nordwestschweiz, CH	1,58	Köln-Aachen-Bonn, DE	1,80 (12,08%)
Ohio, US	1,54	Texas, US	1,61 (22,81%)
Arizona, US	1,50	Ohio, US	1,58 (21,70%)

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da OECD *Patent Datasets*.

Nota: Os números entre parenteses são a participação das citações recebidas ou realizadas dentro da mesma região.

Na Tabela 2, verifica-se que a região da Califórnia, onde se localiza o Vale do Silício, é identificada como a região que recebeu o maior número de citações no período 1990-2015, com um total quase equivalente a soma das quatro seguintes posições de regiões mais citadas. Além disso, ao mesmo tempo, se destacou como a região que mais citou outras patentes, inclusive as patentes localizadas na mesma região. É possível identificar também que EUA e Japão são os países com os maiores números de citações durante o período, permanecendo entre as melhores colocações no *ranking* geral mundial, indicando que são fontes de conhecimento tecnológico para o resto do mundo.

Com base na Tabela 3, pode-se identificar que as variáveis apresentam baixa correlação parcial, indicando que o modelo não possui problemas de multicolinearidade. Também é possível identificar que a média e a variância da variável dependente,  $C_{ij}$ , não são iguais, sugerindo sobredispersão dos dados.

**Tabela 3.** Estatísticas descritivas e correlação parcial das variáveis do modelo (1990-2015)

	Estatísticas descritivas				Correlação parcial				
	Média	Desv. Pad.	Min.	Máx.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1) Total de citações ( $C_{ij}$ )	2,20	55,50	0,00	27.886,00					
(2) Proximidade tecnológica ( $\ln P_{ij}$ )	0,38	0,18	0,00	0,75	0,043				
(3) Distância geográfica ( $\ln D_{ij}$ )	8,37	1,06	0,00	9,90	-0,064	-0,160			
(4) Índice de concentração ( $\ln H_j$ )	0,10	0,10	0,00	0,69	-0,012	-0,270	0,0904		
(5) Patentes região $i$ ( $\ln P_i$ )	5,75	2,70	0,00	12,20	0,057	0,451	-0,101	0,000	
(6) Patentes região $j$ ( $\ln P_j$ )	5,75	2,70	0,00	12,20	0,061	0,451	-0,101	-0,434	0,000

Fonte: Elaboração própria.

## 5. Resultados

As Tabelas 4, 5 e 6 apresentam os resultados das estimações realizadas, a partir do método PPML. A Tabela 4 se refere ao período de tempo de 1990-2015, enquanto as Tabelas 5 e 6 analisam os subperíodos de 1990-1999, 2000-2009 e 2010-2015, a fim de avaliar a influência das variáveis ao longo do tempo. Além disso, a Tabela 6 analisa os efeitos de decaimento da distância, como em Singh *et al.* (2010).

Na Tabela 4, as variáveis foram estimadas utilizando-se três equações a fim de obter resultados robustos a respeito das variáveis que mais impactaram os transbordamentos de conhecimento durante o período de análise. Na estimação (1) consideram-se todas as variáveis explicativas, exceto as variáveis no formato de *dummies*. na (2) consideram-se todas as variáveis explicativas do modelo, porém, exclui-se as variáveis de controle para citação inter-regionais e internacionais; e na regressão (3) considerou-se todas as variáveis do modelo.

Os resultados da Tabela 4 indicam que na regressão (1) todas as variáveis explicativas foram significativas. Verifica-se que a proximidade tecnológica impacta positivamente os transbordamentos de conhecimento entre as regiões, com um coeficiente positivo e elevado, como mostrado por parte da literatura (JAFFE *et al.* 1986). A proximidade geográfica (distância geográfica) possui relação negativa com o fluxo de citações, indicando que quanto maior a distância geográfica menor é a ocorrência de citações entre as regiões. Tal resultado também foi encontrado por Fischer *et al.* (2009), Fischer e Griffith (2008) e Li (2014). O índice de especialização/diversificação tecnológica ( $\ln H_j$ ) foi a variável de maior destaque entre os determinantes dos transbordamentos de conhecimento, com base na magnitude do coeficiente estimado. Como o sinal do coeficiente é positivo, há evidências de que o fluxo de conhecimento se relaciona de forma positiva com o grau de especialização tecnológica da região que origina a patente. Economias de especialização geram os maiores transbordamentos de conhecimento de acordo com a teoria Marshall-Arrow-Romer.

O nível inventivo das regiões originárias ( $\ln P_j$ ) e recipientes ( $\ln P_i$ ) dos fluxos de conhecimentos também se mostraram como determinantes relevantes estatisticamente.

Na regressão (2), os resultados foram bem semelhantes aos encontrados na regressão (1). Foram incluídas as *dummies* de proximidade cultural e proximidade econômica, que se tornam significativas ao se omitir as variáveis de controle das barreiras regionais e nacionais. Como o sinal do coeficiente da proximidade cultural é negativo, mostra-se que regiões que falam línguas distintas possuem menores fluxos de conhecimento entre elas, dada a dificuldade em transferir e absorver os conhecimentos. Resultados similares foram encontrados por Maurseth e Verspagen (2002) e Fischer *et al.* (2009). Em termos de proximidade econômica, há relação significativa e positiva entre o fluxo de conhecimento e o nível de desenvolvimento dos países. Isso evidencia que países semelhantes em termos econômicos tendem a possuir uma estrutura de produção econômica e investimentos semelhantes e, portanto, uma capacidade de absorção de conhecimento bem parecida.

**Tabela 4.** Resultados das estimações de transbordamento de conhecimento por PPML para o período de 1990-2015 (*variável dependente: total de citações entre as regiões i e j*)

Especificação	(1)	(2)	(3)
Proximidade tecnológica ( $\ln P_{ij}$ )	4,368*** (0,196)	4,117*** (0,181)	4,165*** (0,181)
Distância geográfica ( $\ln D_{ij}$ )	-0,257*** (0,020)	-0,235*** (0,021)	-0,243*** (0,018)
Índice de especialização/diversificação tecnológica ( $\ln H_j$ )	7,200*** (1,194)	8,451*** (1,287)	8,468*** (1,258)
Patentes região i ( $\ln P_i$ )	0,753*** (0,018)	0,737*** (0,017)	0,735*** (0,017)
Patentes região j ( $\ln P_j$ )	0,916*** (0,019)	0,907*** (0,019)	0,906*** (0,018)
Proximidade econômica		1,120*** (0,058)	1,106*** (0,056)
Proximidade cultural		-0,146*** (0,045)	-0,040 (0,035)
Barreira regional			0,150 (0,187)
Barreira nacional			-0,165** (0,066)
Constante	-13.454*** (0,306)	-14.268*** (0,307)	-14.276*** (0,332)
Observações	416.025	416.025	416.025
R <sup>2</sup>	0,565	0,579	0,582
<i>Pseudo log-likelihood</i>	-726.431,83	-695.432,11	-694.290,93
<i>AIC</i>	153.643,1	139.088,0	138.860,2
<i>BIC</i>	153.708,7	139.096,8	138.871,1

Erro padrão robusto entre parênteses. Nível de significância: \*\*\* p<0,01; \*\* p<0,05; \* p<0,1.

Por último, na regressão (3), os resultados também foram semelhantes aos encontrados anteriormente nas regressões (1) e (2), obtendo-se os mesmos sinais esperados e significâncias das variáveis explicativas ao modelo, exceto pela não significância da variável de proximidade cultural (língua em comum) e a variável de controle da barreira de citações inter-regionais. Por meio das estatísticas *Pseudo Log-Likelihood*, *R-squared*, *Akaike* (AIC) e Critério Bayesiano de *Schwarz* (BIC), verifica-se que o modelo (3), que considera todas as variáveis explicativas e de controles, explica melhor os transbordamentos de conhecimento entre as regiões de análise.

Em relação aos resultados da Tabela 5, verifica-se que a maioria das significâncias de todos os períodos se mantêm parecidos em relação a Tabela 4, assim como os sinais esperados.

Comparando-se todos os períodos de tempo, verifica-se que em todos os períodos de tempo o nível de capacidade inventiva da região doadora de conhecimento ( $\ln P_j$ ) é mais influente do que o nível da região receptora de conhecimento ( $\ln P_i$ ). Este resultado é relevante dado que sugere que regiões mais inventivas tendem a serem maiores doadoras de conhecimento.

Uma diferença em relação à estimação do período total se refere à variável distância geográfica. Ainda que se mantenha com influência negativa sobre o fluxo de conhecimento, é possível notar que diminui de magnitude ao longo das décadas. Isso sugere que o avanço das tecnologias de informação e comunicação pode ter diminuído a importância da proximidade física entre os agentes, em termos de fluxos de conhecimento

A variável distância geográfica obteve valor negativo e significativo em todos os períodos corroborando os resultados da Tabela 4 e outros estudos que a distância é uma barreira para os fluxos de conhecimento (FISCHER e GRIFFITH, 2008; FISCHER *et al.*, 2009; ALDIERI, 2011; LI, 2014).

O índice de especialização tecnológica ( $\ln H_j$ ) também se mostrou de grande relevância para os níveis de transbordamentos de conhecimento. E a variável de proximidade econômica também se mostrou com efeito positivo e significativo sobre os fluxos de conhecimento entre os pares de regiões em todos os períodos de tempo.

No subperíodo 1990-1999 (Tabela 5), verifica-se que as variáveis de controle de barreira regional e nacional, assim como a variável explicativa proximidade cultural, não foram significativas na regressão.

Na década de 2000-2009, a variável de controle das barreiras do país passou a ser significativa, demonstrando ter um efeito negativo sobre os níveis de transbordamentos de conhecimento. Nota-se elevação no coeficiente da especialização tecnológica da década de 1990 em relação aos anos 2000, sendo seu valor quase que o dobro do coeficiente obtido na década anterior. A variável de proximidade tecnológica revelou-se ainda influente, de forma positiva, nos níveis de transbordamentos de conhecimento. Contudo, a variável de especialização tecnológica mostrou-se muito mais relevante em explicar os fluxos de conhecimento entre as regiões.

**Tabela 5.** Resultados das estimações de transbordamento de conhecimento por PPML para diferentes subperíodos entre 1990-2015 (*variável dependente: total de citações entre as regiões i e j*).

Especificação	1990-1999	2000-2009	2010-2015
Proximidade tecnológica ( $\ln P_{ij}$ )	3,763*** (0,163)	3,520*** (0,133)	3,370*** (0,316)
Distância geográfica ( $\ln D_{ij}$ )	-0,319*** (0,017)	-0,232*** (0,014)	-0,178*** (0,024)
Índice de especialização/diversificação tecnológica ( $\ln H_j$ )	3,353*** (0,545)	6,544*** (0,569)	4,129* -2317
Patentes região i ( $\ln P_i$ )	0,686*** (0,024)	0,767*** (0,017)	0,673*** (0,021)
Patentes região j ( $\ln P_j$ )	0,829*** (0,024)	0,911*** (0,016)	0,824*** (0,022)
Proximidade econômica	1,108*** (0,099)	0,899*** (0,052)	1,446*** (0,063)
Proximidade cultural	0,028 (0,031)	-0,034 (0,026)	-0,256*** (0,047)
Barreira regional	-0,133 (0,144)	-0,066 (0,151)	-0,087 (0,261)
Barreira nacional	0,057 (0,059)	-0,176*** (0,052)	-0,272*** (0,089)
Constante	-12,205*** (0,235)	-13,792*** (0,231)	-11,313*** (0,483)
Observações	416.025	416.025	416.025
R <sup>2</sup>	0,636	0,740	0,287
<i>Pseudo log-likelihood</i>	-55.711,59	-210.349,85	-683.321,02

Erro padrão robusto entre parênteses.

Nível de significância: \*\*\* p<0,01; \*\* p<0,05; \* p<0,1.

A dimensão da proximidade cultural só se mostra relevante, com coeficiente negativo, no período mais recente da análise (2010-2015). Nas estimativas dos períodos mais recentes, a proximidade tecnológica também é significativa e positiva, contudo, o seu coeficiente também se

mantém inferior ao coeficiente de especialização tecnológica ( $\ln H_j$ ). A variável de distância geográfica assume um coeficiente negativo e significativo. Porém, há evidências de que esteja perdendo a sua relevância ao longo dos anos.

Para avaliar se existem efeitos de decaimento da distância, a Tabela 6 analisa a influência da proximidade geográfica, segundo diferentes faixas de distâncias geográficas. Os resultados estimados permitem compreender como o aumento da distância restringe os fluxos de conhecimento entre as regiões. Desse modo, foram inseridas variáveis que indicam diferentes faixas de distâncias, com valores crescentes iniciando em regiões com até 50 km de distância e aumentando de forma sucessiva. A categoria omitida é a distância maior do que 10 mil km.

**Tabela 6.** Resultados das estimações de transbordamento de conhecimento por PPML, segundo diferentes subperíodos e com efeitos de decaimento de distância  
(Variável dependente: total de citações entre as regiões  $i$  e  $j$ )

Especificação	1990-1999	2000-2009	2010-2015
Proximidade tecnológica ( $\ln Pi_j$ )	3,699*** (0,160)	3,524*** (0,128)	3,446*** (0,309)
Índice de especialização/diversificação tecnológica ( $\ln H_j$ )	3,181*** (0,547)	6,412*** (0,565)	4,277* (2,360)
Patentes região $i$ ( $\ln Pi$ )	0,683*** (0,022)	0,772*** (0,016)	0,681*** (0,021)
Patentes região $j$ ( $\ln Pj$ )	0,822*** (0,022)	0,914*** (0,015)	0,827*** (0,022)
Proximidade Econômica	1,154*** (0,095)	0,898*** (0,052)	1,402*** (0,063)
Proximidade Cultural	0,031 (0,031)	-0,142*** (0,023)	-0,402*** (0,044)
Distância < 50 km	3,189*** (0,144)	2,385*** (0,165)	2,304*** (0,260)
Distância $\geq$ 50 km < 100 km	2,551*** (0,108)	2,185*** (0,090)	2,456*** (0,165)
Distância $\geq$ 100 km < 150 km	1,977*** (0,100)	1,535*** (0,085)	1,725*** (0,130)
Distância $\geq$ 150 km < 325 km	1,440*** (0,074)	1,140*** (0,055)	1,285*** (0,089)
Distância $\geq$ 325 km < 650 km	1,093*** (0,061)	0,819*** (0,046)	0,993*** (0,077)
Distância $\geq$ 650 km < 1225 km	0,601*** (0,062)	0,463*** (0,052)	0,633*** (0,075)
Distância $\geq$ 1225 km < 2500 km	0,131* (0,069)	0,195*** (0,051)	0,337*** (0,079)
Distância $\geq$ 2500 km < 5000 km	0,313*** (0,081)	0,395*** (0,077)	0,951*** (0,156)
Distância $\geq$ 5000 km < 10000 km	0,449*** (0,057)	0,279*** (0,042)	0,686*** (0,058)
Constante	-15,317*** (0,250)	-16,248*** (0,213)	-13,751*** (0,429)
Observações	416.025	416.025	416.025
R <sup>2</sup>	0,641	0,741	0,293
Pseudo log-likelihood	-544.169,48	-205.967,61	-664.277,58

Erro padrão robusto entre parênteses.

Nível de significância: \*\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*  $p < 0,1$ .

As estimativas para as variáveis de distância indicam que os fluxos de conhecimento são maiores quando as regiões de origem e de destino estão próximas geograficamente, sendo que o aumento da distância reduz gradualmente o número de citações. Os resultados também apontam, para as faixas de distância mais próximas, efeito de redução da barreira da distância às citações de patentes ao longo das três últimas décadas. Para as demais variáveis, a inserção das variáveis que captam as diferentes faixas de distância, não houve mudança de seus efeitos sobre o nível de transbordamentos.

A Tabela 6 também aponta que, para o período da década de 1990-1999 todas as variáveis foram significativas em explicar os transbordamentos de conhecimento, exceto a proximidade cultural, assim como no resultado encontrado para a regressão da Tabela 5. A proximidade cultural assume relevância nos subperíodos mais recentes, com coeficientes negativos e significativos.

A proximidade tecnológica assumiu valor positivo e mostrou ser uma variável determinante para a ocorrência de transbordamentos de conhecimento, assim como a especialização tecnológica medida pelo  $\ln H_j$ . O nível de capacidade inventiva das regiões, dados por  $\ln P_i$  e  $\ln P_j$ , obtiveram resultados análogos aos observados anteriormente, sendo estas variáveis relacionadas positivamente com os fluxos de transbordamentos de conhecimento. A variável proximidade econômica entre as regiões também demonstrou ter um efeito positivo sobre os fluxos. Contudo, ao investigar os efeitos da distância mais detalhadamente, mediante seus aumentos sucessivos, verifica-se que em distâncias geográficas menores há uma maior influência sobre os fluxos de conhecimento, conforme ideia exposta por Jaffe *et al.* (1986) e Singh *et al.* (2010).

## 6. Conclusões

O artigo aborda o efeito das diferentes dimensões de proximidade sobre os fluxos de conhecimento inter-regionais de 645 regiões de 44 países, usando modelo gravitacional, estimado por *Poisson Pseudo-Maximum-Likelihood*. O artigo usa citações de patentes, depositadas na *Patent Cooperation Treaty* (PCT), entre pares de regiões das bases da OECD, no período 1990-2015. Além da abrangência geográfica e temporal, o artigo contempla diferentes dimensões de proximidade, a saber, geográfica, tecnológica, cultural e econômica.

A distância geográfica se mostrou negativamente relacionada aos fluxos de conhecimento. Isso revela que, quando maior a proximidade geográfica, mais provável é a ocorrência de uma região citar patentes de outra região. A literatura sempre enfatizou a distância geográfica como a grande responsável por limitar os níveis dos transbordamentos. Isso ocorre porque o conhecimento não consegue ultrapassar longas distâncias, sem que haja perdas relevantes de informações ou absorção. Por meio de testes de efeitos de decaimento, este artigo constatou também que distâncias menores possuem maiores efeitos, em termos de magnitude dos coeficientes estimados, sobre transbordamentos de conhecimento. Por outro lado, a influência da distância tem se reduzido ao longo dos anos, desde 1990.

No entanto, a distância geográfica não é a única barreira aos transbordamentos de conhecimento. A proximidade tecnológica afeta positivamente a ocorrência de citações entre regiões. Produzir conhecimento em áreas tecnológicas similares viabiliza o transbordamento. A proximidade cultural, representada pela língua em comum existente nos pares de regiões, também parece facilitar a comunicação, embora tal evidência seja menos robusta. Em termos de proximidade econômica, constatou-se que níveis de desenvolvimento similar dos países facilita a troca de conhecimento.

O fluxo de conhecimento inter-regional também é positivamente afetado pelo estoque de invenções de duas regiões, tanto de origem quanto de destino das patentes. Em termos de modelo gravitacional, isso revela que o padrão de interação entre duas regiões (trocas de informações) está diretamente atrelado à escala de conhecimento regional criado em ambas.

Em termos de padrão de especialização ou diversificação tecnológica, há evidências de que os níveis de transbordamentos estão diretamente relacionados à especialização da região que origina

a patente citada. Isso significa que novos conhecimentos criados pelos inventores parecem se basear prioritariamente, em regiões que aprofundaram sua vocação em determinada tecnologia.

Em termos de extensão do trabalho, pode-se verificar no futuro de que forma países em desenvolvimento se beneficiam dos transbordamentos de conhecimento, identificando as fontes regionais principais do conhecimento criado nestas nações.

## Referências

- ACS, Zoltan J., and David B. AUDRETSCH. "Patents as a measure of innovative activity." *Kyklos* 42.2 (1989): 171-180.
- ACS, Zoltan J., Luc ANSELIN, and Attila VARGA. "Patents and innovation counts as measures of regional production of new knowledge." *Research policy* 31.7 (2002): 1069-1085.
- ALCÁCER, Juan, and Michelle GITTELMAN. "Patent citations as a measure of knowledge flows: The influence of examiner citations." *The Review of Economics and Statistics* 88.4 (2006): 774-779.
- ALCÁCER, Juan, Michelle GITTELMAN, and Bhaven SAMPAT. "Applicant and examiner citations in US patents: An overview and analysis." *Research Policy* 38.2 (2009): 415-427.
- ALDIERI, L. 2011. Technological and geographical proximity effects on knowledge spillovers: evidence from the US patent citations, *Economics of Innovation and New Technology*, 20:6, 597-607.
- ALDIERI, Luigi, and Michele CINCERA. "Geographic and technological R&D spillovers within the triad: Micro evidence from US patents." *The Journal of Technology Transfer* 34.2 (2009): 196-211.
- ARROW, Kenneth. "Economic welfare and the allocation of resources for invention." *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors*. Princeton University Press, 1962. 609-626.
- AUDRETSCH, David B., and Maryann P. FELDMAN. "Innovative clusters and the industry life cycle." *Review of industrial organization* 11.2 (1996): 253-273.
- AZAGRA-CARO, Joaquín, et al. "What do patent examiner inserted citations indicate for a region with low absorptive capacity?." *Scientometrics* 80.2 (2009): 441-455.
- BEAUDRY, Catherine, and Andrea SCHIFFAUEROVA. "Who's right, Marshall or Jacobs? The localization versus urbanization debate." *Research policy* 38.2 (2009): 318-337.
- BOSCHMA, Ron. "Proximity and innovation: a critical assessment." *Regional studies* 39.1 (2005): 61-74.
- CAPPELLI, R.; MONTOBBIO, F. (2016). European Integration and Knowledge Flows across European Regions. *Regional Studies*, 50(4), 709-727.
- CARLINO, Gerald A., Satyajit CHATTERJEE, and Robert M. HUNT. *Knowledge spillovers and the new economy of cities*. Economic Research Division, Federal Reserve Bank of Philadelphia, 2001.
- CARLINO, G., and KERR, W. R. (2015). "Agglomeration and Innovation". Handbook of Regional and Urban Economics, 349-404.
- COTROPIA, Christopher A.; LEMLEY, Mark A.; SAMPAT, Bhaven. Do applicant patent citations matter?. *Research Policy*, v. 42, n. 4, p. 844-854, 2013.
- CRISCUOLO, P.; VERSPAGEN, B. (2008). Does it matter where patent citations come from? Inventor vs. examiner citations in European patents. *Research Policy*, 37(10), 1892-1908.

- DUGUET, Emmanuel, and Megan MACGARVIE. "How well do patent citations measure flows of technology? Evidence from French innovation surveys." *Economics of Innovation and New Technology* 14.5 (2005): 375-393.
- FELDMAN, Maryann P., and David B. AUDRETSCH. "Innovation in cities:: Science-based diversity, specialization and localized competition." *European economic review* 43.2 (1999): 409-429.
- FIGUEIREDO, Octávio, Paulo GUIMARÃES, and Douglas WOODWARD. "Industry localization, distance decay, and knowledge spillovers: Following the patent paper trail." *Journal of Urban Economics* 89 (2015): 21-31.
- FISCHER, Manfred M., and Daniel A. GRIFFITH. "Modeling spatial autocorrelation in spatial interaction data: an application to patent citation data in the European Union." *Journal of Regional Science* 48.5 (2008): 969-989.
- FISCHER, M. M., and VARGA, A.. "Production of knowledge and geographically mediated spillovers from universities." *The Annals of Regional Science* 37.2 (2003a): 303-323.
- FISCHER, M. M., and VARGA, A. "Spatial knowledge spillovers and university research: evidence from Austria." *The Annals of Regional Science* 37.2 (2003b): 303-322.
- FISCHER, Manfred M., Thomas SCHERNGELL, and Eva JANSENBERGER. "Geographic localisation of knowledge spillovers: evidence from high-tech patent citations in Europe." *The Annals of Regional Science* 43.4 (2009): 839-858.
- GAY, Claudine, et al. "The determinants of patent citations: an empirical analysis of French and British patents in the US." *Economics of Innovation and New Technology* 14.5 (2005): 339-350.
- GERTLER, Meric S. "Tacit knowledge and the economic geography of context, or the undefinable tacitness of being (there)." *Journal of economic geography* 3.1 (2003): 75-99.
- GLAESER, Edward L., JoséA SCHEINKMAN, and Andrei SHLEIFER. "Economic growth in a cross-section of cities." *Journal of monetary economics* 36.1 (1995): 117-143.
- GONÇALVES, E. e FAJARDO, B. A. G. "A Influência da proximidade tecnológica e geográfica sobre a inovação regional no Brasil." *Revista Econômica Contemporânea* 15.1 (2011): 112-142.
- GRILICHES, Zvi. "Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth." *The bell journal of economics* (1979): 92-116.
- GRILICHES, Z. The Search for R&D Spillovers, National Bureau of Economic Research, 1991, Working Paper No. 3768
- HEGDE, Deepak, and Bhaven SAMPAT. "Examiner citations, applicant citations, and the private value of patents." *Economics Letters* 105.3 (2009): 287-289.
- HU, Albert GZ, and Adam B. JAFFE. "Patent citations and international knowledge flow: the cases of Korea and Taiwan." *International journal of industrial organization* 21.6 (2003): 849-880.
- JACOBS, Jane (1969), *The Economy of Cities*, New York: Vintage Books.
- JAFFE, Adam B., and Manuel TRAJTENBERG. "International knowledge flows: evidence from patent citations." *Economics of Innovation and New Technology* 8.1-2 (1999): 105-136.
- JAFFE, Adam B., Manuel TRAJTENBERG, and Michael S. FOGARTY. *The meaning of patent citations: Report on the NBER/Case-Western Reserve survey of patentees*. No. w7631. National bureau of economic research, 2000.



- JAFFE, A. B., TRAJTENBERG, M.; HENDERSON, R. (1993). Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. *The Quarterly journal of Economics*, 577-598.
- JAFFE, A.B. *Technological opportunity and spillovers of R&D: Evidence from firms' patents, profits and market value*. *American Economic Review* 76, no. 5: 984–1001. 1986.
- KELLER, Wolfgang (2002), "Trade and the Transmission of Technology" *Journal of Economic Growth*, 2002, Volume 7.
- KOO, Jun. "Technology spillovers, agglomeration, and regional economic development." *Journal of Planning Literature* 20.2 (2005): 99-115.
- KRUGMAN, Paul (1991a), "Increasing Returns and Economic Geography," *Journal of Political Economy*, June.
- KRUGMAN, Paul (1991b), 'Cities in Space: Three Simple Models,' Mimeo, MIT.
- LI, Yao Amber. "Borders and distance in knowledge spillovers: Dying over time or dying with age?—Evidence from patent citations." *European Economic Review* 71 (2014): 152-172.
- MACGARVIE, Megan. "The determinants of international knowledge diffusion as measured by patent citations." *Economics Letters* 87.1 (2005): 121-126.
- MADSEN, Jakob B. "Technology spillover through trade and TFP convergence: 135 years of evidence for the OECD countries." *Journal of International Economics* 72.2 (2007): 464-480.
- MARAUT S., H. Dernis, C. Webb, V. Spiezia and D. Guellec (2008), "The OECD REGPAT database: a presentation", *STI Working Paper 2008/2*, OECD, Paris.
- MARSHALL, Alfred, et al. "Principles of economics: an introductory volume." (1920).
- MARSHALL, Alfred. *Princípios de economia: tratado introdutório*. São Paulo: Abril cultural, 1982. (Os Economistas).
- MAURSETH, Per Botolf, and Bart VERSPAGEN. "Knowledge spillovers in Europe: a patent citations analysis." *The Scandinavian journal of economics* 104.4 (2002): 531-545.
- MCCULLAGH, Peter, and John A. NELDER. *Generalized linear models*. Vol. 37. CRC press, 1989.
- MIGUELEZ, Ernest, and Rosina MORENO. "Do labour mobility and technological collaborations foster geographical knowledge diffusion? The case of European regions." *Growth and Change* 44.2 (2013): 321-354.
- MORENO R., PACI R. and USAI S. (2005) Spatial spillovers and innovation activity in European Regions, *Environment and Planning A* 37, 1793–1812.
- NAGAOKA, Sadao, Kazuyuki MOTOHASHI, and Akira GOTO. "Patent statistics as an innovation indicator." *Handbook of the Economics of Innovation* 2 (2010): 1083-1127.
- NAGAOKA, S. and Walsh, J. (2009) *Commercialization and other uses of patents in Japan and the U.S.: Major findings from the RIETI-Georgia Tech inventor survey*, *RIETI Working Paper 09E011*.  
OECD, *Patents Dataset*, February 2016.
- ORLANDO, Michael J. "On the importance of geographic and technological proximity for R&D spillovers: An empirical investigation." *FRB of Kansas City Research Working Paper No. 00-02* (2000).
- PERI, Giovanni. "Determinants of knowledge flows and their effect on innovation." *Review of Economics and Statistics* 87.2 (2005): 308-322.
- POLANYI, Michael. "The tacit dimension." (1967).

- RALLET, Alain, and André TORRE. "Is geographical proximity necessary in the innovation networks in the era of global economy?" *GeoJournal* 49.4 (1999): 373-380.
- ROMER, Paul M. "Increasing returns and long-run growth." *The journal of political economy* (1986): 1002-1037.
- SANTOS SILVA, J.; TENREYRO, S. The log of Gravity. CEP discussion paper n° 701, 2005.
- SANTOS SILVA, J.M.C. and TENREYRO, S., 2010, On the Existence of the Maximum Likelihood Estimates in Poisson Regression, *Economics Letters*, 107(2), pp. 310-312.
- SINGH, Jasjit, and Matt MARX. "Geographic constraints on knowledge spillovers: Political borders vs. spatial proximity." *Management Science* 59.9 (2013): 2056-2078.
- SINGH, Jasjit, Matt MARX, and Lee FLEMING. "Patent citations and the geography of knowledge spillovers: disentangling the role of state borders, metropolitan boundaries and distance." *Fontainebleau, France: Insead* (2010).
- SCHMOCH, Ulrich. "Concept of a technology classification for country comparisons." *Final report to the world intellectual property organisation (wipo), WIPO* (2008).
- SONN, J. W., and STORPER, M. "The Increasing Importance of Geographical Proximity in Technological Innovation." *What Do we Know about Innovation? in Honour of Keith Pavitt, Sussex, 13-15 November 2003*(2003).
- TORRE A. and RALLETT A. (2005) Proximity and localization, *Regional Studies* 39, 47–59.
- USAI, Stefano. "The geography of inventive activity in OECD regions." *Regional Studies* 45.6 (2011): 711-731.
- WEBB, Colin, *et al.* "Analysing European and International Patent Citations." (2005).
- WESTERLUND, Joakim, and WILHELMSSON, F. "Estimating the gravity model without gravity using panel data." *Applied Economics* 43.6 (2011): 641-649.
- WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO) (2007) Statistics on Worldwide Patent Activities. Patent Report. WIPO, Geneva.

## Apêndice A

**Tabela A.1.** Regionalização dos países membros da OCDE

País	Sigla	Classificação	Regiões
Austrália	AT	TL 2	8
Áustria	AU	NUTS 2	9
Bélgica	BE	NUTS 2	11
Brasil	BR	TL 2	27
Bulgária	BG	NUTS 2	6
Canadá	CA	TL 2	13
Chile	CL	TL 2	15
China	CN	TL 2	34
Croácia	HR	NUTS 2	2
República Tcheca	CZ	NUTS 2	8
Dinamarca	DK	NUTS 2	5
Estônia	EE	NUTS 2	1
Finlândia	FI	NUTS 2	5
França	FR	NUTS 2	26
Alemanha	DE	NUTS 2	38
Grécia	GR	NUTS 2	13
Hungria	HU	NUTS 2	7
Islândia	IS	NUTS 2	2
Índia	IN	TL 2	35
Irlanda	IE	NUTS	2
Israel	IL	TL 2	6
Itália	IT	NUTS 2	21
Japão	JP	TL 2	10
Coréia	KR	TL 2	7
Letônia	LV	NUTS 2	1
Luxemburgo	LU	NUTS1	1
Malta	MT	NUTS 2	1
México	ME	TL 2	32
Holanda	NL	NUTS 2	12
Nova Zelândia	NZ	TL 2	2
Noruega	NO	NUTS 2	7
Polônia	PL	NUTS 2	16
Portugal	PT	NUTS 2	7
Romênia	RO	NUTS 2	8
Federação Russa	RU	TL 2	83
República Eslovaca	SK	NUTS 2	4
Eslovênia	SL	NUTS 2	2
África do Sul	ZA	TL 2	9
Espanha	ES	NUTS 2	19
Suécia	SE	NUTS 2	8
Suíça	CH	NUTS 2	7
Turquia	TR	NUTS 2	26
Reino Unido	UK	NUTS 2	37
Estados Unidos	US	TL 2	52
Total			645

QUADRO A.1. Estudos que utilizaram as dinâmicas de proximidade como variáveis explicativas aos fluxos de conhecimento.

<b>Autor (ano)</b>	<b>Método</b>	<b>Abrangência</b>	<b>Variáveis de proximidade</b>	<b>Resultados</b>
Alcácer e Gittelman (2006)	Probalidade linear com efeitos fixos	Firmas US [2001-2003]	Proximidade tecnológica, geográfica, e econômica; Barreira país, estado;	A dissimilaridade tecnológica possui impacto negativo sobre os fluxos, conhecimento entre as firmas ultrapassam barreiras locais e a proximidade geográfica não foi significativa.
Aldieri (2011)	Gravitacional Poisson	Firmas (US, Japão e EU) [1975-2002]	Proximidade Tecnológica e Geográfica; Especialização Tecnológica;	Distância geográfica e especialização tecnológica impactam negativamente nos fluxos entre firmas internacionais, e a proximidade tecnológica positivamente.
Criscuolo e Verspagen (2008)	Logit	Inventores Europa [1985-2000]	Proximidade Geográfica e Tecnológica.	Ambas proximidades se relacionam positivamente com os fluxos de citações.
Fischer e Griffith (2008)	Poisson Espacial	Firmas EU [1990-2002]	Distância Geográfica e Tecnológica; Barreira país.	Tanto a distância geográfica quanto a tecnológica impactam negativamente nos fluxos. Verifica-se também uma barreira de fluxos entre países.
Fischer <i>et al.</i> (2009)	Poisson Espacial	Firmas Europa [1985-2002]	Distância Geográfica; Proximidade Tecnológica e Cultural; Barreira país.	A distância geográfica é o fator mais prejudicial aos fluxos entre as firmas, no entanto, a língua e fronteira entre os países também barram os fluxos. Já a proximidade tecnológica se mostra favorável aos níveis de transbordamento.
Jaffe e Trajtenberg (1999)	OLS não linear	Inventores. US, EU, França, Alemanha e Japão [1963-1993]	Proximidade Tecnológica; Barreira local;	A proximidade tecnológica é uma variável positivamente relacionada aos fluxos e a colocação dos agentes também.
Li (2014)	Gravitacional	Inventores do US e 38 países [1980-1997]	Distância Geográfica; Proximidade Tecnológica; Barreira país, estado e metrópole.	As distâncias geográficas e as barreiras locais são negativamente relacionadas aos fluxos, enquanto a proximidade tecnológica impacta positivamente.
Maurseth e Verspagen (2002)	Tobit e Binomial negativo	inventores Europa [1979-1996]	Distância Geográfica; Especialização tecnológica; Barreira Cultural e país	A distância geográfica se relaciona negativamente com os fluxos de conhecimento, já as economias de especialização impactam positivamente assim como a similaridade da língua. E há tendência de citações intranacionais.
Peri (2005)	Painel Binomial negativo	Inventores US, Canada, Alemanha, França, Itália, UK, Espanha e Holanda. [1975-1996]	Barreira cultural, regional e país; Proximidade geográfica; Distância tecnológica;	Verifica-se uma barreira regional, cultural e de país, havendo menores citações entre países não pertencentes ao mesmo limite geográfico e que não falam a mesma língua. Verifica-se uma queda nas citações entre agentes a mais de 1000 km. E a diferença tecnológica impacta negativamente nos fluxos.
Singh <i>et al.</i> (2010)	Logit	Inventores US [1980-1986]	Barreira nacional, estadual; metrópole; Proximidade geográfica e tecnológica.	Há maiores níveis de citação intranacional e intraestadual e entre regiões vizinhas. A proximidade geográfica é positivamente relacionada aos fluxos, porém decai a maiores distâncias. A proximidade tecnológica também é um fator positivo aos fluxos de conhecimento assim como a tecnologia relacionada.
Singh e Marx (2013)	Logit	Inventores US [1975-2009]	Barreira país, estado e metrópole; Proximidade geográfica e tecnológica.	Fluxos dentro dos mesmos limites geográficos e políticos (estado, país e metrópoles) são maiores. A proximidade tecnológica é favorável aos fluxos assim como a geográfica, contudo esta é decadente a maiores distâncias.