VENEZIANO DE CASTRO ARAÚJO

**Dimensão local da inovação no Brasil: determinantes e
efeitos de proximidade**

São Paulo
2014

VENEZIANO DE CASTRO ARAÚJO

Dimensão local da inovação no Brasil: determinantes e efeitos de proximidade

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia.

Área de Concentração: Engenharia de
Produção

Orientador: Prof. Dr. Renato Garcia

São Paulo
2014

Aos meus pais, com carinho.

AGRADECIMENTOS

Esse manuscrito é mais do que uma pesquisa ou um conjunto de ideias. Essa tese concretiza sonhos que não são somente meus. Faz parte de um sonho maior de toda a minha família, especialmente dos meus pais que sempre apoiaram minhas decisões e infundiram em mim o desejo de seguir em frente com meus sonhos. Em especial, esse momento é bastante esperado pela minha mãe que adiou o seu doutorado por vários anos para que eu pudesse fazer o meu. Agradeço também ao apoio e carinho dos meus irmãos Gustavo, Aline e Eduardo. Não é possível medir carinho e amor, mas essas poucas linhas podem “materializar” um pouco do meu amor por vocês.

Muitas pessoas ajudaram para que este trabalho ganhasse forma. Foram de grande ajuda os comentários da professora Gabriela Scur e do professor André Chagas no exame de qualificação e em momentos posteriores. Em especial, devo muito ao acompanhamento e às sugestões nas diversas conversas com o prof. André que permitiram aprimorar a parte empírica desse trabalho.

Tem peso especial o agradecimento ao meu grupo de pesquisa: Suelene, Emerson e Ariana. Além da amizade, vocês ajudaram muito na confecção deste trabalho e foram responsáveis por diversas melhorias.

Agradeço ao prof. Eduardo Albuquerque do CEDEPLAR – UFMG e sua equipe por ter fornecido a base de dados de patentes do INPI. Sem estes dados, a tese não teria saído dos seus fundamentos.

Minha gratidão também se dirige aos amigos da pós-graduação e aos que me ajudaram com a revisão do texto final: Carlos, Fred, Guga, Jorge e Nicolau.

Por fim, e a acima de todos, agradeço ao Prof. Renato Garcia que desde o meu mestrado até o momento atual foi sempre um grande apoio, exercendo um papel que vai além de um orientador. Corrigindo e elogiando, você foi responsável pela minha formação como acadêmico, apostou nas minhas qualidades, mas, acima de tudo, tornou-se um grande amigo.

Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things. Tobler (1970, p. 236)

After all, intellectual breakthroughs must cross hallways and streets more easily than oceans and continents. Glaeser et al. (1992, p. 1127)

In this desert of data, patent statistics loom up as a mirage of wonderful plentitude and objectivity. Griliches (1990, p. 287)

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
Lista de Siglas.....	9
Lista de Tabelas	10
Lista de Figuras	11
Lista de Quadros.....	12
Lista de Gráficos.....	13
Introdução.....	14
1 Inovação e contexto local.....	20
1.1 Propriedades do conhecimento e seus efeitos na inovação	23
1.2 Fluxos locais de conhecimento	26
1.3 Aprendizado e inovação	29
1.4 Diferentes concepções de proximidade.....	33
2 Características locais como determinantes da inovação	38
2.1 Concentração espacial da atividade econômica e inovação	38
2.2 Diferentes vantagens da especialização e diversificação	44
2.2.1 Especialização	45
2.2.2 Diversificação.....	49
2.2.3 Evidências empíricas sobre a especialização e diversificação	53
3 Resultados da inovação: patentes como indicador.....	60
3.1 Patentes como indicador da inovação	60
3.2 Patentes no Brasil	67
3.3 Distribuição geográfica das patentes no Brasil	70
4 Análise Espacial	75
4.1 Análise Espacial e Ciências Regionais.....	75
4.2 Quantificando a localização: formalização da proximidade geográfica.....	78
4.2.1 Diferentes tipos de matrizes	79
4.3 Estatísticas Espaciais: Análises de Autocorrelação Espacial	84
4.4 Modelos de Regressão Espacial	89
4.4.1 Tobit Espacial.....	92
5 Função de Produção de Conhecimento	95
5.1 Outros trabalhos sobre inovação regional	96
5.2 Função de Produção de Conhecimento	98

5.3	A FPC aplicada ao caso brasileiro.....	104
6	Modelo estimado e questões metodológicas	108
6.1	Indicador da inovação: patentes per capita (<i>PatPC</i>)	108
6.2	Capacidade local de P&D Industrial (<i>P&DInd</i>)	111
6.3	Capacidade local de P&D Universitário (<i>P&DUniv</i>)	114
6.4	Indicadores de especialização e diversificação (<i>IED</i>).....	117
6.4.1	Índice de Krugman	121
6.4.2	Índice de Herfindhal-Hirschman	122
6.5	Medida de aglomeração (<i>Aglom</i>)	125
6.6	Controles	127
6.6.1	Participação da Indústria no Emprego (<i>ShrInd</i>)	127
6.6.2	Participação de setores especialmente propensos a patentear (Sec).....	128
6.6.3	Regiões metropolitanas (Metro)	129
6.6.4	<i>Dummy</i> para Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (N).....	129
6.7	Escolha da escala geográfica.....	129
6.8	Matriz de peso espacial	135
7	Resultados	136
7.1	Análise Exploratória de Dados Espaciais.....	137
7.2	Regressão modelo principal	144
7.2.1	Adequação do Modelo	146
7.2.2	Análise dos resultados	148
7.3	Testes Adicionais	152
7.3.1	Diferentes matrizes de peso espacial.....	152
7.3.2	Diferentes variáveis dependentes	154
7.3.3	Diferentes variáveis explicativas e recorte amostral	156
7.3.4	Aglomeração e diversificação	160
	Conclusão	163
	Referências Bibliográficas.....	170
	Apêndice A – Estatísticas descritivas.....	180
	Apêndice B – Resultados LISA.....	182
	Anexo A – Descrição de Ocupações da CBO	186
	Anexo B – Microrregiões com Regiões Metropolitanas	188

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo analisar os determinantes locais da inovação no Brasil e avaliar sua dinâmica espacial. Especificamente, avalia-se como a P&D das empresas locais, a pesquisa universitária da região, o nível de adensamento urbano e a relativa especialização ou diversificação do sistema produtivo local afetam a inovação regional. Para isso, foi realizada uma Análise Exploratória de Dados Espaciais e a estimação de um modelo econométrico utilizando como medida do resultado de inovação o número de patentes por habitante das microrregiões. É possível notar que a inovação está desigualmente distribuída pelo espaço geográfico e se concentra especialmente nas Regiões Sul e Sudeste, onde se encontram os principais *clusters* inovativos. O modelo empírico adotado se baseia na Função de Produção de Conhecimento aplicada às regiões e é estimado por meio de um Tobit Espacial Autorregressivo (SAR-Tobit). O uso de um modelo SAR-Tobit permite lidar de modo mais adequado com um grande número de regiões sem patentes, além disso, foram feitos diversos testes adicionais que buscam assegurar a qualidade dos resultados inferenciais. A estimação do modelo desse trabalho indica que maiores níveis regionais de P&D industrial e da pesquisa universitária implicam em maior inovação, medida pelas patentes. Ao mesmo tempo, as regiões adensadas e diversificadas tendem a apresentar um melhor desempenho inovativo, o que aponta para existência de vantagens de caráter jacobiano no país. Por fim, a inovação local é afetada positivamente pela proximidade de microrregiões mais inovadoras, o que corrobora a existência de transbordamentos de conhecimento inter-regionais da inovação.

Palavra-chave: Inovação. Proximidade Geográfica. Pesquisa e Desenvolvimento. Patentes.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to analyze determinants of local innovation in Brazil and assess their spatial dynamic. Specifically, it evaluates how the R&D of local firms, regional university research, urban density and specialization or diversification of local industrial system affects regional innovation. This purpose is achieved by means of an Exploratory Spatial Data Analysis and the estimation of an econometric model using the number of patents per capita as a measure of local innovative outputs. The results shows that innovation is not homogeneously distributed in the Brazilian geographic area and is especially concentrated in South and Southeast Regions, where the main innovation clusters are located. The empirical model adopted is based on the Knowledge Production Function applied to regions and is estimated using a Tobit Spatial Autoregressive (SAR-Tobit). The use of a SAR-Tobit model allows to deal more appropriately with a large number of regions without patents. Moreover, several additional tests were performed to ensure the quality of inferential results. The estimation of the model of this work indicates that higher levels of regional industrial R&D and university research imply greater innovation, measured by patents. At the same time, denser and diverse regions tend to present a better innovative performance, pointing to the existence of Jacobian advantages. Finally, local innovation is positively affected by the proximity of the most innovative micro-regions, which confirms the existence of interregional knowledge spillovers for innovation.

Keywords: Innovation. Geographical Proximity. Research and Development. Patents.

Lista de Siglas

ACP	Análise dos Componentes Principais
AEDE	Análise Exploratória de Dados Espaciais
APL	Arranjo produtivo local
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBO	Classificação Brasileira de Ocupações
CNAE	Classificação Nacional da Atividade Econômica
EPO	European Patent Office
EU-15	European Union 15
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FPC	Função de Produção de Conhecimento
HC	Horizontal Clustering
HH	Índice Herfindhal-Hirschman
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
ISI	Institute for Scientific Information
KI	Krugman Index - Índice de Krugman
LISA	Local Indicators of Spatial Association
MAR	Marshall-Arrow-Romer
MAUP	Modifiable Areal Unit Problem
MCMC	Markovian-Chain Monte Carlo
ML	Multiplicadores de Lagrange
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
MSA	Metropolitan Statistical Area
MTE	Ministério do Trabalho e do Emprego
NUTS	Nomenclature of territorial units for statistics
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
PIB	Produto Interno Bruto
PINTEC	Pesquisa de Inovação
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
SAC	Spatial Autoregressive Complete Model ou General Spatial Model
SAR	Spatial Autoregressive Model
SBA-IDB	Small Business Administration's Innovation Data Base
SDM	Spatial Durbin Model
SEM	Spatial Error Model
SIC	Standard Industry Classification
SLX	Spatial lag of X Model
SMA	Standard Metropolitan Area
QL	Quociente Locacional
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USPTO	United States Patent and Trademark Office
WIPO	World Intellectual Property Organization

Lista de Tabelas

Tabela 4.1 – Principais tipos de Modelos de Regressão Espacial.....	91
Tabela 6.1 – Vinte microrregiões com maior número de patentes de invenção depositadas por dez mil habitantes em 2005.	109
Tabela 6.2 – Dez microrregiões com mais professores e alunos de pós-graduação.....	116
Tabela 6.3 – Comparação índices de Krugman e HH (2004).....	124
Tabela 6.4 – Dez microrregiões com maior densidade populacional em 2005.....	127
Tabela 6.5 – Ilustração <i>MAUP Problem</i> - Comparação Recife e Fortaleza	131
Tabela 6.6 – Comparação de área das microrregiões (km ²).	134
Tabela 7.1 – Índice de Moran Global de patentes/dez mil hab. para todo Brasil (2001-2005)..	137
Tabela 7.2 – Índice de Moran Global de patentes/dez mil hab. para Sul e Sudeste (2001-2005).	140
Tabela 7.3 – Estatísticas descritivas.	145
Tabela 7.4 – Regressão do modelo principal (POLS, SAR e SAR-Tobit). Patentes por dez mil hab. (2004-2005).....	147
Tabela 7.5 – Regressão do modelo principal (SAR-Tobit) para diferentes tipos de matriz de pesos. Patentes por dez mil hab. (2004-2005).	153
Tabela 7.6 – Regressão de especificações alternativas do modelo principal (SAR-Tobit).....	155
Tabela 7.7 – Regressão de outras especificações alternativas do modelo principal (SAR-Tobit).	157
Tabela 7.8 – Regressão do modelo principal com interação IED-Aglom (SAR-Tobit).....	161

Lista de Figuras

Figura 3.1 – Distribuição das patentes por municípios brasileiros (1990-2000).....	71
Figura 4.1 – Exemplo do gráfico de dispersão de Moran.	87
Figura 6.1 – Distribuição de patentes por dez mil hab. nas microrregiões (2001-2005).....	111
Figura 7.1 – Mapa LISA de <i>clusters</i> tipo alto-alto e baixo-baixo para todo Brasil (2001-2005).	138
Figura 7.2 – Mapa LISA de <i>clusters</i> tipo alto-alto e baixo-baixo para Regiões Sul e Sudeste (2001-2005).	141

Lista de Quadros

Quadro 6.1 – Códigos de famílias ocupacionais relacionadas à atividade de P&D.....	114
Quadro 6.2 – Resultados da Análise dos Componentes Principais (P&D Universitário).	117
Quadro 6.3 – Alguns indicadores de especialização-diversificação.	118
Quadro 6.4 – Emprego total e relativo no Brasil por Divisão CNAE 1.0 em 2004.	123
Quadro 6.5 – Setores industriais mais propensos a patentear.	128
Quadro 7.1 – Variáveis utilizadas no modelo principal.	144
Quadro 7.2 – Variáveis dependentes adicionais utilizadas no modelo.	155
Quadro 7.3 – Variáveis adicionais utilizadas no modelo.	157

Lista de Gráficos

Gráfico 3.1 – Empresas que inovaram (2000-2008).	66
Gráfico 3.2 – Patentes totais e patentes de invenção depositadas no INPI (1998-2011).	68
Gráfico 6.1 – Patentes por habitante x densidade populacional (2005).	126

Introdução

A inovação não ocorre da mesma maneira em todos os lugares. Na verdade, ela costuma ser bastante dependente do entorno onde se localiza a empresa, pois as firmas não inovam apenas com os seus recursos internos, mas dependem também da disponibilidade de um conjunto de fatores locais que podem intensificar o processo inovativo.

Por essa razão, a localização geográfica das atividades econômicas e os seus efeitos na inovação tornaram-se temas frequentes em estudos recentes, ainda que tal pesquisa tenha suas origens há várias décadas, em trabalhos clássicos como o de Marshall (1920).

Recentemente, o tema ganhou relevância, devido à constatação de que algumas regiões se destacam pelo desempenho inovativo bastante superior, concentrando um maior número de empresas inovadoras. Estes casos de sucesso, como o Vale do Silício, nos Estados Unidos, ou a região de Baden-Württemberg, na Alemanha, levaram muitos pesquisadores a estudar quais mecanismos propiciavam vantagens inovativas para as empresas e em que contexto elas surgiam. Ao analisar essas experiências, verificou-se que o melhor desempenho inovativo estava influenciado pela presença de ativos localizados e relativamente imóveis, como conhecimento, capacitações e a própria configuração industrial local.

Assim, de maneira geral, o intuito de avaliar a inovação sob a perspectiva regional parte do pressuposto de que as atividades inovativas são bastante influenciadas pelo contexto local. Em certas circunstâncias, uma localidade pode potencializar ou limitar os resultados inovativos das empresas. Tal fenômeno ocorre porque os conhecimentos e competências necessários para a inovação tornam-se mais facilmente acessíveis nas localidades em que os atores interagem presencialmente e com maior frequência. A proximidade geográfica entre os agentes pode facilitar a assimilação de conhecimentos tácitos e complexos fundamentais para as atividades inovativas, pois a transmissão desse tipo de conhecimento necessita contatos diretos e presenciais, como os contatos face a face.

Outro elemento que reforça a importância de um contexto local adequado para a inovação são os transbordamentos de conhecimento: parcelas importantes do conhecimento gerado nas empresas que ultrapassam os seus limites e tornam-se disponíveis para os demais agentes do seu entorno próximo. Nesse sentido, por meio dos transbordamentos de conhecimento, os esforços de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) das firmas podem acabar beneficiando as atividades inovativas de diversos agentes próximos. De modo similar, os novos conhecimentos gerados pela pesquisa universitária local são mais acessíveis para agentes locais.

Em relação ao contexto local, diversos estudos apontam que a atividade inovativa não está uniformemente distribuída geograficamente, mas se concentra em algumas regiões. Audretsch e Feldman (1996), ao analisarem a inovação nos Estados Unidos, mostraram que essa atividade encontra-se mais concentrada espacialmente do que a produção industrial, ainda que as duas estejam intimamente associadas. Alguns autores, como Carlino, Chatterjee e Hunt (2007), indicam que as atividades inovativas apresentam maiores resultados em áreas urbanas especialmente adensadas. Além disso, Storper e Venables (2004) avaliaram os motivos para este maior desempenho e indicaram que os ganhos da concentração dos agentes para a inovação se devem ao aumento das possibilidades de combinação e trocas de conhecimento, especialmente por meio de contatos face a face.

Outro importante elemento que afeta o desempenho da inovação é a composição local dos setores produtivos. Nesse ponto, há duas visões distintas que indicaram a especialização ou diversificação setorial como elemento benéfico para a inovação. Essas duas configurações geram diferentes vantagens para os agentes e são também chamadas de vantagens marshallianas ou jacobianas, respectivamente.

As vantagens da especialização setorial de uma dada localidade apoiam-se na visão do trabalho seminal de Marshall (1920) e se devem às chamadas externalidades marshallianas e, em alguns casos, externalidades de Marshall-Arrow-Romer (MAR). Essas vantagens têm origem no fato de que regiões especializadas em um determinado setor gozam de benefícios advindos da especialização de fornecedores, da existência de mão de obra qualificada no local e da disponibilidade do conhecimento envolvido no processo inovativo. Dessa maneira, as interações entre os agentes e as competências de fornecedores e trabalhadores permitem às empresas desenvolver suas atividades de

modo mais eficiente, e inclusive realizar melhor as atividades inovativas do que as suas concorrentes de outras localidades.

Já as vantagens da diversificação setorial para a inovação, associadas à visão de Jacobs (1969), partem do pressuposto de que as inovações mais relevantes estão associadas a trocas de conhecimento entre agentes de setores distintos. Dessa maneira, estar situada em regiões diversificadas dá maior capacidade a uma empresa de incorporar rapidamente os avanços advindos de outros setores e de outras áreas de conhecimento.

Nesse contexto, o presente estudo tem por objetivo analisar os fatores locais que influenciam a inovação a partir de um recorte regionalizado. Os fatores locais apontados como relevantes para esta análise são: os esforços industriais de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D), a pesquisa universitária, o nível de adensamento urbano e o perfil especializado ou diversificado dos setores econômicos na região. Além disso, buscou-se avaliar a relação da inovação com a proximidade geográfica.

Para tanto, esse trabalho utilizou técnicas estatísticas de análise espacial e um modelo econométrico para avaliar a relação entre a inovação e alguns fatores locais que podem influenciá-la. O modelo estimado possui como variável dependente o resultado da inovação local, que foi medido pelo número de patentes per capita de cada microrregião brasileira. Além disso, a escolha das variáveis independentes relacionadas à P&D industrial e à pesquisa universitária visou contornar algumas dificuldades relativas à falta de dados específicos sobre dispêndio nas atividades de P&D para o Brasil.

Partindo do reconhecimento da existência de uma concentração das atividades inovativas no Brasil, como demonstrado por Albuquerque et al. (2002), esse trabalho utilizou em primeiro lugar uma técnica de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) para avaliar o padrão de localização de *clusters* de alto e baixo desempenho inovativo no país.

Em segundo lugar, foi estimado um modelo para analisar com maior profundidade a influência de múltiplos elementos na atividade inovativa local. Para tanto, optou-se por um modelo baseado na Função de Produção de Conhecimento (FPC) que relaciona os resultados da inovação, medidos pelo número de patentes por habitante, com os fatores locais apresentados: o P&D industrial local, a pesquisa universitária, o grau de adensamento das regiões e especialização e diversificação setorial.

No modelo da FPC utilizado neste trabalho, a dinâmica espacial da atividade inovativa no Brasil é avaliada por meio de um termo espacial autorregressivo. Tal modelo foi estimado por um SAR-Tobit (Tobit Espacial Autorregressivo) em diferentes especificações e recortes, que conferem segurança aos resultados encontrados.

Os resultados do modelo estimado apontam que a inovação local é diretamente influenciada pelos esforços de P&D industrial e universitário. Também foram encontradas evidências de que as regiões adensadas e diversificadas apresentam desempenho inovativo superior. Além disso, nota-se que a proximidade de regiões de maior desempenho inovativo influencia positivamente o nível local de patentes, o que corrobora a percepção da existência de transbordamentos inter-regionais de conhecimento entre regiões vizinhas.

Por meio desses passos, o presente trabalho busca oferecer algumas contribuições para o estudo da inovação regional no Brasil. Em primeiro lugar, a técnica de estimação por SAR-Tobit utilizada nesse estudo pode ser considerada mais adequada ao estudo de patentes per capita das microrregiões, porque há um número expressivo de localidades sem nenhuma patente. Além disso, o modelo foi testado com diferentes especificações em termos de variáveis, recortes amostrais e matrizes de peso espacial.

Em segundo lugar, o presente trabalho busca aportar uma revisão detalhada do tema, abrangendo pontos como o *MAUP Problem* e uma discussão sobre os diferentes tipos de indicadores de especialização e diversificação setorial. Também é possível citar o esforço por buscar variáveis mais adequadas para a P&D Industrial, medida por profissionais envolvidos nas atividades de P&D segundo a CBO, e para a pesquisa universitária, com uma variável composta pela associação de dois indicadores.

Em termos de estrutura, esse trabalho está composto de oito capítulos além desta introdução. O primeiro capítulo discute como a inovação está inserida em um contexto local. Com base nas características do conhecimento e seus meios de transmissão, relata-se como a proximidade geográfica pode facilitar a obtenção de conhecimentos tácitos importantes para a atividade inovativa. Aborda-se também como o conhecimento “transborda” os limites da empresa de forma não intencional, dando origem a fluxos de conhecimento que beneficiam outras empresas locais. Além disso, o capítulo discute alguns trabalhos que postulam uma noção de proximidade que relativiza o peso da proximidade física em relação a outras formas de proximidade não espacial.

O segundo capítulo aborda como a configuração produtiva da região afeta a inovação local, seja em regiões especializadas ou diversificadas. São revisados alguns trabalhos que avaliam a aglomeração dos agentes e suas vantagens para a inovação. No que se refere à especialização setorial das regiões, são apresentados estudos que apontam características das regiões especializadas e diversificadas que geram benefícios para a inovação. Dessa forma, buscou-se avaliar as vantagens marshallianas e jacobianas para a inovação através da revisão de alguns trabalhos empíricos que trazem evidências em favor dos dois cenários.

No terceiro capítulo, é discutida a validade do uso das patentes como medida do resultado da inovação. Esse capítulo apresenta argumentos que indicam as vantagens e as desvantagens desse tipo de indicador. Além disso, são apresentadas algumas características da atividade de patenteamento no Brasil, junto com uma revisão de trabalhos que descrevem a distribuição das patentes nas regiões brasileiras.

No quarto capítulo, apresentam-se as técnicas de Análise Espacial, detalhando as estatísticas espaciais, a técnica de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) e os principais modelos de regressão espacial. Em especial, é abordada a estimação por Tobit Espacial, que lida de modo apropriado com variáveis dependentes com expressivo número de observações espaciais censuradas em zero.

No quinto capítulo, é apresentado o modelo teórico baseado na Função de Produção de Conhecimento (FPC) aplicado a regiões. Para isso, faz-se uma recuperação dos trabalhos com esse modelo desde a concepção de Griliches (1979), e a sua adequação ao estudo de regiões por Jaffe (1989), até os trabalhos mais recentes. Além disso, são analisados também os trabalhos que aplicam a FPC ao Brasil. Tal percurso possibilita contextualizar melhor o modelo adotado e comparar os resultados obtidos.

No sexto capítulo, o modelo empírico adotado é apresentado em detalhes, com a descrição das variáveis explicativas e dos controles. Também são abordadas algumas opções metodológicas, como a escolha da matriz de pesos espaciais e da escala geográfica adotadas nesta análise.

No sétimo capítulo, são apresentados os principais resultados obtidos. Em primeiro lugar, são descritos os resultados da AEDE, indicando a localização das concentrações de regiões de alto e baixo desempenho no país. Em segundo lugar, a estimativa do modelo principal baseado na FPC é apresentada e os seus resultados gerais são

analisados. Terceiro, são estimados alguns modelos com especificações alternativas com a finalidade de dar maiores garantias de que os resultados encontrados refletem realmente os fenômenos da inovação local no Brasil. Entre os modelos adicionais, inclui-se um que avalia com maior precisão a associação da diversificação setorial com o adensamento urbano.

Por fim, no oitavo capítulo estão as conclusões desse trabalho com algumas possíveis implicações de políticas públicas e sugestões de desdobramentos da pesquisa.

1 Inovação e contexto local

Nas últimas décadas, a inovação tem se tornado um dos principais temas estudados em diversas áreas do conhecimento. Esse destaque está ligado à sua importância para o crescimento econômico e o progresso social.

A inovação está intrinsecamente associada à história econômica da humanidade e à evolução social. Fagerberg (2005) sugere que a inovação está relacionada à própria tendência humana de pensar coisas novas e de aprimorar formas de produzir ou colocar ideias em prática.

Diversos estudos buscam avaliar quais são os efeitos da inovação na economia. Esse esforço está presente em trabalhos pioneiros como o de Joseph Schumpeter (1934 e 1939), que apresenta a inovação como elemento condutor da concorrência dinâmica entre empresas. Para o autor, a inovação tem um papel fundamental no cenário econômico e é realizada tanto por empresas que buscam deliberadamente liderar um novo segmento de mercado, como por aquelas que realizam um processo de imitação das suas semelhantes que já inovaram.

Sob a ótica schumpeteriana, Nelson e Winter (1982) descrevem a inovação como elemento fundamental para os agentes econômicos por ser o principal mecanismo para os ganhos de produtividade, melhoria de qualidade, e para sustentar ou criar assimetrias concorrenciais. Assim, a inovação bem sucedida de uma firma implica em menores custos de produção ou novos produtos que podem ser vendidos a preços superiores. Nesse sentido, a inovação implica normalmente em maior lucratividade, mesmo que temporária, para as firmas inovadoras. Por esse motivo, a inovação está intrinsecamente associada a processos de crescimento ou busca por consolidação de firmas, regiões ou países.

No entanto, a inovação não ocorrerá sem um conjunto de fatores que viabilizem o processo inovativo. Nelson e Winter (1982) afirmam que as firmas necessitam vários atributos para inovar, como a capacidade de produzir novo conhecimento, competências e conhecimento de mercado. Além disso, ao tentar inovar as firmas lidam com uma expressiva dimensão de incerteza.

Dada a importância da inovação e sua complexidade, há um esforço por categorizar os seus diferentes tipos. Schumpeter (1931 e 1934) lista cinco tipos de inovação: novos produtos, novos métodos de produção, novos fornecedores, exploração de novos mercados e novas formas de organizar o negócio.

Algumas categorizações de inovação se tornaram tradicionais à medida que foram feitos esforços por operacionalizar o seu conceito. Isto ocorreu especialmente em convenções que buscaram unificar os *surveys* de inovação como as que geraram o Manual de Frascati (OCDE, 1993) e de Oslo (OCDE, 1997)¹. Entre estas, destaca-se a divisão em inovação de produto e inovação de processo. A categorização entre inovação de produto e inovação de processo permeia muitos trabalhos sobre o tema e, segundo Fagerberg (2005), é o enfoque predominante na literatura. Isto ocorre, em boa medida, porque a maioria das inovações se manifestam em produtos ou processos aprimorados ou inteiramente novos.

Sob essa perspectiva, a contribuição de Schmookler (1966) ajuda distinguir inovação de produto e processo. O autor caracteriza o conhecimento no progresso tecnológico como “tecnologia do produto” e “tecnologia da produção”. O primeiro tipo diz respeito ao conhecimento envolvido em melhorar ou criar novos produtos e, o segundo, ao conhecimento relacionado à forma de produzir esses produtos.

Além da divisão entre inovação de produto e processo, é bastante comum classificar as inovações de acordo com o grau de novidade. Segundo este critério, as inovações podem ser radicais ou incrementais. As inovações radicais correspondem a produtos ou processos totalmente novos. Já as incrementais correspondem a aprimoramentos em produtos ou processos já estabelecidos.

Por fim, outras categorias se baseiam no âmbito em que ocorre a difusão da inovação. Segundo a OCDE (1997) há duas dimensões para essa classificação: o mercado (ou setor econômico) e a região. Nestas categorias os produtos ou processos podem ser inovadores para todos os mercados ou apenas para algum setor, ou inovadores para todos os países ou somente para algum mercado regional específico.

---

¹ Os Manuais de Frascati e Oslo da OCDE (1993 e 1997) tem por intuito definir linhas comuns para a mensuração das atividades científicas e tecnológicas e permitir um mínimo de comparabilidade entre as pesquisa internacionais sobre inovação, especialmente os *surveys*.

Independentemente de suas categorizações, a inovação apresenta-se sempre associada a novos conhecimentos e a competências que permitem transformar esse novo conhecimento em produtos ou processos inovadores.

Ao analisar a inovação das firmas, Nelson e Winter (1982) propõem dois elementos de fundamental importância para a inovação das firmas: os processos de busca e de seleção. Segundo a visão dos autores, o processo de busca refere-se à busca e ao desenvolvimento de técnicas e conhecimentos por parte dos agentes com o intuito de obter vantagens competitivas. O processo de seleção, por sua vez, refere-se ao papel exercido pela competição no mercado, que “seleciona” os melhores resultados técnico-econômicos das inovações levando a diferenciação das firmas. Dessa análise, percebe-se que os autores apontam o conhecimento como elemento central da inovação.

De fato, o conhecimento pode ser visto simultaneamente como insumo fundamental e resultado ou subproduto do processo inovativo². Portanto, o conhecimento encontra-se por trás de uma complexa rede de elementos na inovação. Dessa maneira, lidar com a inovação é lidar em grande medida com o conhecimento.

Outra contribuição importante para estabelecer a inovação como um dos pontos fundamentais para o sistema econômico provém de resultado de alguns estudos sobre o processo de crescimento. Um desses estudos pioneiros é o trabalho de Solow (1956) que, com base na função de produção neoclássica, desenvolveu sua teoria na qual o capital e o trabalho são os fatores de crescimento econômico. Partindo da contribuição de Solow (1956), Arrow (1962) propõe um modelo, que inclui o conhecimento como um fator de produção relevante para a análise econômica.

Arrow (1962) parte do pressuposto de que a aquisição do conhecimento decorre da experiência dos agentes. Nesse sentido, a elevação do nível de produtividade seria resultado da experiência adquirida na elaboração de produtos e processos. Posteriormente, surgiram trabalhos que desenvolveram os "modelos de crescimento endógeno", como os trabalhos de Romer (1990) e Lucas (1988). Na formulação proposta por Romer (1990), o conhecimento é acumulado e seus transbordamentos são base do crescimento endógeno de uma região, portanto, fator relevante para o crescimento. Ainda que haja diferenças expressivas no marco teórico dos trabalhos

---

² Mesmo que não haja transmissão explícita de conhecimento no produto ou processo inovador, alguns autores, como Feldman (1999), defendem que há uma série de conhecimentos incorporados em produtos ou processos inovadores que podem ser apropriados por usuários, fornecedores ou concorrentes. Sob esta visão, o próprio produto ou processo inovador seria um resultado de conhecimento.

sobre o crescimento econômico, é possível notar um processo gradativo de inclusão da tecnologia e do conhecimento como componentes relevantes para o crescimento, ou seja, do processo inovativo como fator indutor do desenvolvimento econômico de longo prazo.

Portanto, de diferentes perspectivas acadêmicas, é possível apontar a inovação como um processo fundamental para a compreensão do crescimento econômico e do desenvolvimento, seja no âmbito nacional, seja no regional. Porém, em todos os casos, o processo inovativo está relacionado à geração e aplicação de conhecimento e, portanto, intrinsecamente ligado a como o novo conhecimento é gerado, desenvolvido, difundido e utilizado.

1.1 Propriedades do conhecimento e seus efeitos na inovação

Em decorrência desse papel fundamental do conhecimento para a inovação, “*muitos autores referem-se ao presente período do capitalismo como a era da economia baseada ‘em conhecimento’ (OCDE, 1996) ou economia ‘do aprendizado’ (Lundvall e Johnson, 1994). Independentemente do rótulo aplicado, a produção, aquisição, reprodução e disseminação do conhecimento são percebidas por muitos como uma característica fundamental da dinâmica competitiva contemporânea*” (GERTLER, 2003, p. 76, tradução própria). Portanto, para um completo entendimento da inovação é necessário aprofundar o estudo do conhecimento, de suas características e de como elas afetam os processos de inovação.

Há inúmeras maneiras de categorizar e estudar o conhecimento. Na literatura da inovação, é muito frequente o uso das classificações para conhecimento propostas por Nonaka e Takeuchi (1995). Os autores, baseados na contribuição seminal de Polanyi (1967), classificam o conhecimento em dois grandes grupos segundo a forma de retê-lo e expressá-lo, a saber: conhecimento codificado (conhecimento articulado explicitamente ou conhecimento explícito) e conhecimento tácito (manifestado implicitamente).

O conhecimento codificado é gerado por dedução lógica, expresso e adquirido por representações formais, e pode ser assimilado sem que o indivíduo participe da sua construção. Por estar expresso formalmente, pode ser livremente distribuído, é

facilmente transferível e pode ficar disponível para as organizações. Dessa forma, está relacionado com um entendimento passivo e conceitual (SCUR, 2006).

Já o conhecimento tácito é aquele que não pode ser articulado ou codificado, está relacionado com o *know-how* e exige participação ativa e vivencial para que haja aprendizado. Esse tipo de conhecimento está enraizado – *embedded*, como definido por Granovetter (1985) – nas habilidades de cada indivíduo e na sua capacidade de perceber, reconhecer e extrapolar padrões. É, portanto, convergente com o conhecimento incorporado em competências de pessoas e organizações, como apresentado por Penrose (1959).

Ao tratar do conhecimento tácito, Dosi (1988) recorre ao estudo de Polanyi (1967), para afirmar que:

A dimensão tácita (*tacitness*) se refere àqueles elementos do conhecimento (...) que os indivíduos possuem que são mal definidos, não codificados, não publicados, os quais eles próprios não podem expressar completamente e que diferem de pessoa para pessoa, mas que podem em certa medida ser compartilhados por colaboradores e colegas que têm uma experiência comum (DOSI, 1988, p. 1126, tradução própria).

Porém, é importante evitar assumir que só existem conhecimentos puramente codificados ou puramente tácitos. Na realidade, os conhecimentos tácito e explícito não são contrapostos ou desconexos.

Fundamentando-se nos procedimentos de aprendizado cognitivo, Scur (2006) aponta que, em muitos casos, os conhecimentos tácito e explícito sobre um mesmo tema são complementares. Ou seja, “*não há dois tipos de conhecimento, mas duas dimensões mutuamente interdependentes, uma vez que se acredita que a dimensão explícita está baseada na dimensão tácita previamente interiorizada*” (SCUR, 2006, p. 55).

Nesse sentido, os elementos tácitos do conhecimento têm maior importância relativa. Mascarini (2012), recorrendo à argumentação de Gertler (2007), aponta que o conhecimento tácito é componente central para a inovação. Isso ocorre porque, ainda que o processo inovativo envolva tanto conhecimento tácito como explícito, a dimensão explícita pode ser acessível a um maior conjunto de agentes. Já a parte tácita é de acesso mais difícil e depende de um contexto local específico. Por isso, segundo Maskell e Malmberg (1999) a componente tácita do conhecimento é uma determinante fundamental da localização da atividade inovativa.

Do ponto de vista da empresa, o conhecimento técnico e o envolvido com processos organizacionais são insumo não material fundamental para as atividades inovativas. Porém, a grande maioria do estoque de conhecimento de uma firma não é adquirida de uma só vez, mas sim fruto da incorporação, desenvolvimento, geração e difusão de novas ideias envolvendo vários agentes e fontes de conhecimento ao longo do tempo. Dessa forma, há um processo constante de aprendizado e inovação.

Como esse tipo de conhecimento está enraizado (*embedded*) em pessoas e rotinas da empresa, o conhecimento tecnológico-organizacional e a acumulação de competências tornam-se parte essencial de uma empresa que deseja desenvolver ou manter sua capacidade inovadora. Portanto, a firma inovadora é necessariamente pautada pela produção e acumulação de conhecimento.

Para que um novo conhecimento seja assimilado e transposto em rotinas, as empresas precisam estar dotadas de capacidade de absorção. Cohen e Levinthal (1990) afirmam que essa capacidade se traduz na habilidade do receptor de assimilar, valorar e usar o conhecimento transferido entre diferentes agentes. Portanto, a transferência de conhecimento só é realmente realizada quando há a devida absorção por parte do ator que o recebe. Porém, a transferência de conhecimento depende do tipo de conhecimento envolvido: codificado ou tácito. A transferência de conhecimento codificado se dá pelo compartilhamento de estruturas padronizadas (modelos, fórmulas, tabelas, gráficos) ou por meios de comunicação formal (correspondência, livros, conferências, reuniões). Já o conhecimento tácito, por envolver vários aspectos vivenciais e experimentais, possui uma série de barreiras que dificultam a sua transmissão. Seu aprendizado é feito quase que exclusivamente de modo presencial, com um prazo de tempo relativamente longo e com custos significativamente mais altos. No dizer de Scur:

Nem todo conhecimento pode ser simplesmente transferido. O conhecimento tácito relacionado com as habilidades, rotinas, *know-how*, ou competências específicas derivadas da experiência, não pode ser codificado e, conseqüentemente, fácil de ser transferido, ao contrário do conhecimento científico, abstrato, relacionado ao entendimento teórico ou a princípios científicos (SCUR, p.60, 2006).

A relevância e intensidade desses fluxos de conhecimento dependem, portanto, de uma série de características das firmas como a diferença dos estoques de conhecimento, a relevância do conhecimento, relações verticais e horizontais entre agentes, regime de apropriabilidade do setor, etc.

Outro elemento importante nesses fluxos de conhecimento é o meio pelo qual o conhecimento de um determinado agente torna-se disponível para os demais. Em alguns casos, esse processo pode ser deliberado e definido formalmente, como na cooperação de pesquisa entre duas empresas e intercâmbio de material desenvolvido. Em certas circunstâncias, ainda que deliberado, esse processo pode ser não formalizado, como no caso de uma colaboração informal entre empresas sem limites e objetivos claramente definidos, mas em que há claramente transferência de conhecimento.

1.2 Fluxos locais de conhecimento

Além dos mecanismos deliberados de troca de conhecimento, há uma série de evidências da existência de fluxos não intencionais de conhecimento que extrapolam o âmbito das empresas. Esse conhecimento ultrapassa os limites das empresas e difunde-se pela região, formando uma base de conhecimento disponível para todos os agentes da localidade. Esse fenômeno é chamado transbordamentos de conhecimento ou, em inglês, *knowledge spillovers*.

Adicionalmente, o valor do conhecimento disponível no contexto local depende também da capacidade de interpretação e decodificação por parte de quem recebe o conhecimento. Por isso, sua utilidade será maior em ambientes que possuem um entendimento comum maior e maiores níveis de interação. Nesses ambientes, o intercâmbio de conhecimento intensifica-se, ou seja, ocorrem mais transbordamentos de conhecimento e há maior propensão à inovação. Compreende-se, portanto, que os transbordamentos de conhecimento enriquecem a base de conhecimento que circula em uma região, o que é de fundamental importância para o desempenho inovativo dos agentes dessa localidade.

No que diz respeito ao relacionamento entre os agentes, quanto maior a complexidade do conhecimento transferido, mais constantes devem ser as interações entre indivíduos e organizações. Interações mais frequentes fazem com que as transferências sejam bem sucedidas. Além disso, devido à existência de altos custos na tarefa de codificação do conhecimento, ao longo dos processos de aprendizagem são criados códigos de comunicação internos à firma, além de canais específicos para o intercâmbio de informações complexas entre os agentes (SCUR, 2006). Esse conjunto de características gera um cenário em que os meios para obtenção de conhecimento estão de tal modo

estabelecidos que outras formas de aprendizado que não aproveitam o conhecimento local tornam-se desvantajosas. Ou nos dizeres de Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007):

A criação, acumulação e difusão de conhecimento dependem também de diferentes tipos de coordenação sustentados pelos contatos face a face (STORPER e VENABLES, 2004). A proximidade então se torna uma condição para a disseminação da informação, que poderia ser impossível ou muito cara de codificar em outras circunstâncias (CHARLOT e DURANTON, 2006) (CRESCENZI; RODRÍGUEZ-POSE; STORPER, 2007, p. 678, tradução própria).

Von Hippel (1994) afirma que, nesse contexto de proximidade, o conhecimento envolvido nos processos de inovação é tácito, possui grande incerteza e é contextualizado. Este tipo de conhecimento é mais facilmente transmitido por contatos frequentes e repetidos, geralmente em interações presenciais. Por sua própria natureza, a transmissão deste tipo de conhecimento torna-se inviável para grandes distâncias ou quando os contatos são esporádicos.

Seguindo a linha de argumentação de Von Hippel (1994), Storper e Venables (2004) defendem que grande parte das vantagens da transmissão de conhecimentos complexos e tácitos dá-se pela ocorrência de contatos face a face entre os agentes de modo frequente e estável. Para os autores, os contatos face a face possuem características específicas que os tornam um excelente meio de troca de conhecimentos de difícil codificação em ambientes com informação imperfeita, rápida mudança e em que estão envolvidas atividades criativas. Essas vantagens tornam esse tipo de comunicação, que possui custos relativamente altos, mais eficiente que outros meios de comunicação.

Storper e Venables (2004) classificam quatro funções específicas dos contatos face a face que os tornam um mecanismo único de transferência de conhecimento. Segundo os autores, o contato face a face é (i) uma tecnologia de comunicação, (ii) um elemento de confiança e incentivo nos relacionamentos, (iii) um meio de suporte de seleção e socialização e (iv) um elemento que possibilita a competição e motivação.

Os contatos face a face possuem a função de uma tecnologia de comunicação particularmente associada ao conhecimento tácito. Nesses casos, de acordo com Storper e Venables (2004), o contato pessoal permite uma eficiente transmissão porque possibilita *feedbacks* rápidos e complexos que não estão disponíveis em outras tecnologias de comunicação e que garantem a compreensão do conhecimento

transferido. Entretanto, as vantagens do contato face a face não se restringem à transmissão do conhecimento tácito. Por serem multidimensionais, ocorrendo em diversos níveis ao mesmo tempo (verbal, físico, contextual, intencional e não-intencional), os contatos dessa natureza podem ser essenciais na transmissão de conhecimentos complexos.

A segunda função apresentada por Storper e Venables (2004) é prover confiança e incentivos. Por um lado, a presença dos atores num mesmo local permite reduzir problemas de incerteza e coordenar as relações econômicas. Isso se deve ao fato de que o contato visual dá garantias adicionais e reduz incertezas inerentes a essas relações. Ou seja, os contatos face a face podem promover de maneira mais eficaz a confiança mútua que depende de efeitos de reputação e da construção de vínculos de relacionamento que seriam dificilmente estabelecidos por meios impessoais.

A terceira função é permitir seleção e socialização. Storper e Venables (2004) indicam que essa função do contato face a face possibilita substituir processos formais de seleção de pessoas e conhecimento. Isso ocorre porque a socialização decorrente dos contatos pessoais faz com que as pessoas identifiquem os conhecimentos disponíveis e quais são as competências dos seus membros, o que acelera a seleção. Em certos campos profissionais em que estão envolvidos muitos conhecimentos tácitos, os processos de seleção por contatos pessoais mostram-se ainda mais importantes. Além disso, pertencer a redes profissionais e sociais depende frequentemente de processos de socialização por vínculos pessoais, o que reforça a relevância dos contatos face a face.

Por fim, a quarta função definida por Storper e Venables (2004) é a competição e motivação oriundas dos contatos face a face. Segundo os autores, isso se deve à característica performativa desses contatos, que não só transmitem, mas produzem conhecimento e estimulam a imitação e a competição. Portanto, como resultado, os contatos face a face produzem estímulo para o aumento da “performance” e da inovação.

Em suma, na visão de Storper e Venables (2004), a importância da dimensão local desses fluxos de conhecimento deve-se essencialmente ao papel desempenhado pelos contatos face a face que ocorrem de modo mais fácil e frequente quando os agentes estão próximos fisicamente e compartilham o mesmo contexto. Isso ocorre porque os contatos face a face são uma forma extremamente eficaz de difundir conhecimentos

tácitos e complexos, método importante para selecionar conhecimentos e competências, além de produzir confiança, incentivos e comparação que conduzem à inovação.

Outro autor que defende o contexto local como importante elemento para transmissão de conhecimento tácito em benefício da inovação local é Gertler (2007). O autor desenvolve três argumentos que associam a proximidade geográfica aos fluxos de conhecimento.

Gertler (2007) aponta em primeiro lugar que a transmissão de conhecimento tácito está condicionada pelas percepções dos agentes envolvidos e demanda demonstrações e outros tipos de comunicação não formalizada ou verbalizada. Portanto, longas distâncias poderiam inviabilizar a aquisição e difusão do conhecimento. Isto é, para o autor, é a colocalização dos agentes que promove formas mais eficientes de comunicação. Um segundo argumento é que o conhecimento tácito é condicionado pelo contexto social. Como o contexto social influencia a geração e difusão de conhecimento, agentes numa mesma localidade teriam a transmissão de conhecimento facilitada. Por fim, o autor aponta que a inovação é um processo de natureza mutável e dependente de um aprendizado social, uma vez que a inovação depende do aumento de interações e fluxo de conhecimentos entre agentes como empresas e universidades, que são potencializados pela proximidade física (MASCARINI, 2012).

1.3 Aprendizado e inovação

O aprendizado consiste num processo de interações, formação de códigos e práticas comuns e compartilhamento de conhecimento. *“Pode ser visto como a capacidade de integrar diferentes tipos de conhecimento numa atividade industrial”* (SCUR, 2006, p. 67). Os processos de aprendizado dependem de agentes e podem estar geograficamente circunscritos. Assim, pode-se afirmar que parte do conhecimento não é geral, nem universalmente disponível, mas extremamente contextualizado e localizado. Há, portanto, um estoque valioso de conhecimento tácito ligado a certas atividades em regiões, instituições ou pessoas.

O processo de aprendizado pode realizar-se por meio de instrumentos formais, como o ministrado em instituições de ensino; ou instrumentos informais, como a experiência adquirida na prática, muitas vezes relacionada também aos conhecimentos disponíveis no contexto local. Em ambos os casos, a proximidade geográfica pode desempenhar um

papel fundamental para o aprendizado, pois ela reduz incertezas e custos das interações recorrentes, e permite acesso a parcelas de conhecimento que só estão disponíveis no contexto local, potencializando o processo inovativo.

Portanto, para aproveitar esse conhecimento disponível localmente, as firmas precisam de competências que demandam recursos e tempo. Ao estudar os padrões de inovação, Dosi (1988) sugere que o comprometimento de recursos inovativos depende da percepção das oportunidades tecnológicas por parte das empresas e da existência de incentivos que permitam que esses agentes extraiam lucros de seus investimentos em inovação.

Porém, o autor afirma que para tirar proveito dessas oportunidades tecnológicas, as empresas precisam compreender que *“as características específicas, cumulativa e tácita de parte do conhecimento tecnológico, implicam que tanto as oportunidades de inovação realizadas como as competências para alcançá-las são em boa medida locais e específicas à firma”* (DOSI, 1988, p. 1137, tradução própria, grifo do original).

Dessa forma, quando um agente de um determinado setor ou em um aglomerado industrial – *cluster* – adota estratégias que o levam a uma trajetória tecnológica, há uma redução das incertezas no processo de inovação, estimulando um maior número de empresas a seguir certas opções tecnológicas. À medida que se empreende um maior esforço inovativo, maior é o corpo de conhecimento disponível e maiores são as oportunidades tecnológicas. Essa dinâmica funciona como um processo de retro-alimentação positiva, ou *positive feedbacks*, como descrito por Arthur (1990), que aumenta o ritmo de inovação em um determinado setor ou *cluster*.

Por esse motivo, Dosi (1988) afirma que *“incentivos específicos, acoplados ao limite do paradigma [tecnológico], a cumulatividade, e a natureza local do aprendizado tecnológico podem explicar particulares taxas e direções do avanço tecnológico”* (DOSI, 1988, p. 1143). Sendo assim, quanto maior a adoção de inovações tecnológicas, maior será o investimento em esforços inovativos e tecnológicos.

No entanto, o conhecimento não é apenas o presente nas rotinas e na experiência dos funcionários de uma empresa, mas também o que subjaz em diversos outros elementos da empresa. Bell e Albu (1999), por exemplo, indicam que a tecnologia é um pacote complexo de conhecimento incorporado numa vasta gama de artefatos, pessoas, procedimentos e arranjos organizacionais. Esse conhecimento incorporado compreende

especificações de produtos e projetos, propriedades de materiais e componentes, juntamente com vários tipos de *know-how* ou procedimentos operacionais disponíveis na localidade.

Para Bell e Albu (1999), a aquisição de uma nova tecnologia pode ser considerada um processo inovativo, porque diversos elementos tecnológicos adquiridos para uso na empresa são uma fonte de aprendizado. Isso se dá porque poucos componentes ou produtos tecnológicos são adquiridos e instalados prontos para o uso: normalmente, é necessário realizar diversas adaptações aos produtos comprados, ou pelo menos reconfigurar as atividades produtivas, o que exige esforços de mudança por parte do comprador. Isso significa que há um processo de aprendizado e não simplesmente a compra de uma nova tecnologia. Assim, não é possível idealizar as empresas como simples compradoras de tecnologia, mas sim como possuidoras de competências que permitem a mudança tecnológica.

Esses mecanismos de aprendizado, portanto, são especialmente importantes para o sucesso inovativo das regiões. O processo de aprendizado nas empresas “*abrange as relações usuário-produtor, colaboração formal e informal, mobilidade dos funcionários qualificados entre as empresas, e o spin-off de novas empresas a partir das empresas existentes, universidades e centros públicos de pesquisa*” (BRESCHI; MALERBA, 2001, p. 819, tradução própria).

Do ponto de vista da empresa, a capacidade de aprendizado local depende da sua habilidade de estabelecer e manter ligações sociais efetivas e linhas de comunicação com as demais entidades presentes no aglomerado. Quanto melhores forem essas ligações sociais, melhor será o aproveitamento por parte da empresa da base de conhecimento local. Do ponto de vista do conjunto dos agentes, a eficácia do compartilhamento de conhecimento é condicionada à existência de normas comuns, convenções e códigos para a troca e interpretação de conhecimento, o que pode ser chamado de uma “cultura local”. Nesses casos, formam-se vínculos mais fortes, derivados ou mediados pela proximidade geográfica. Um exemplo desse fenômeno, descrito por Saxenian (1994) e bastante citado na literatura é a região do Vale do Silício. “*Nessa perspectiva, a proximidade geográfica frequentemente sobrepõe-se e combina-se com a proximidade técnica, organizacional e institucional para promover processos de aprendizado coletivo*” (BRESCHI; MALERBA, 2001, p. 820, tradução própria).

Sob essa perspectiva, é interessante ter em conta o que Rosenberg (1982) apontou sobre o papel dos esforços inovativos das empresas. Segundo o autor, os departamentos de P&D das firmas são propriamente o *locus* da inovação. Isso porque esses departamentos são os locais nos quais os esforços de geração e combinação de novos conhecimentos para geração de produtos ou processos inovadores se concentram.

No entanto, o conhecimento produzido com esses recursos e por esses profissionais não fica restrito ao âmbito da empresa e transborda para o entorno local. Dessa maneira, os esforços locais de P&D industrial beneficiam não apenas a empresa, mas um conjunto mais amplo de atores locais com acesso à parcela de conhecimento que extravasa das empresas.

Nesse sentido, muitos dos trabalhos que buscam avaliar o nível inovativo das regiões incluem medidas do P&D das firmas, não apenas como uma medida agregada dos esforços locais, mas partindo do pressuposto teórico de que esses esforços beneficiariam todos os atores locais. É o caso, por exemplo, do trabalho pioneiro de Jaffe (1989) que aponta que os esforços locais de P&D estão associados a um número maior de patentes nas regiões. De modo semelhante, muitos trabalhos posteriores como os de Acs, Audretsch e Feldman (1994), Feldman e Audretsch (1999) e Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007) encontram a mesma evidência.

Por outro lado, os fluxos de conhecimento locais não se restringem àqueles oriundos de outras firmas. Como aponta Nelson (1996), a pesquisa universitária pode ser uma importante fonte de inovação para o setor industrial e espera-se que localidades com mais conhecimento universitário disponível apresentem maior desempenho inovativo. Essa temática também foi abordada por Jaffe (1989) com o intuito principal de avaliar os efeitos da pesquisa acadêmica sobre a inovação nas firmas, especialmente sobre a forma de *spillovers* mediados pela proximidade. O autor encontrou evidências que regiões que possuem dispêndios mais altos em P&D universitário apresentam maior número de patentes. Novamente, diversos estudos replicaram com sucesso os resultados de Jaffe (1989) em diferentes países e níveis regionais, como os trabalhos de Anselin, Varga e Acs (1997) e Fischer e Varga (2003).

Além disso, Audretsch e Feldman (1996) mostram que, devido aos transbordamentos de conhecimento, a propensão da atividade inovativa aglomerar-se geograficamente é significativamente maior que a atividade produtiva. Esse resultado mostra que a

atividade inovativa (atividades de engenharia, P&D, etc.) está geograficamente mais concentrada que a produção industrial.

Portanto, a difusão de conhecimento e consequentemente os processos inovativos possuem expressiva dimensão local e são mais facilmente transmitidos quando há proximidade geográfica entre agentes. Essa proximidade não só facilita o próprio contato entre os agentes, mas também constitui um contexto específico que muitas vezes acelera e torna mais eficiente a transmissão do conhecimento local.

1.4 Diferentes concepções de proximidade

Sob as circunstâncias descritas, determinadas localidades dispõem de um conjunto de conhecimentos que podem ser aproveitados pelas firmas para inovar, mas que por sua natureza tácita só são acessíveis por mecanismos de interação pessoal e exigem presença física para ocorrer. Portanto, estão acessíveis mais facilmente aos indivíduos da própria localidade ou próximos a ela. Dessa maneira, a noção de proximidade está intimamente relacionada à inovação.

No entanto, a intensidade da proximidade geográfica pode ser um tanto relativa. Uma distância pode ser pequena ou grande de acordo com o referencial e, por isso, a consideração de que os agentes são membros ou não de um mesmo contexto local pode variar muito. Pensando nisso, Breschi e Lissoni (2001), ao analisar fluxos de conhecimento locais, apontam que é muito importante utilizar níveis geográficos que permitam contato face a face frequentes e a existência de elementos culturais comuns que geram confiança e menores custos de transação. Ciente dessa realidade, Jaffe (1989) aponta uma limitação em seu trabalho: *“apesar de conveniente, o uso de estados como unidade de observação é conceitualmente problemático para nossos propósitos. Pensar que transbordamentos geográficos possam ocorrer similarmente em Rhode Island e na Califórnia restringe nossa credibilidade”* (JAFJE, 1989, p. 959, tradução própria).

Ou seja, lidar com áreas como os estados norte-americanos gera dificuldades no pressuposto de que há um contexto local. Para o trabalho de Jaffe (1989), enquanto o diminuto estado de Rhode Island permite essas interações, a Califórnia possui área superior a muitos países europeus e é maior do que se pode esperar de um ambiente local. Portanto, a correta escolha da escala geográfica analisada é bastante importante para a precisão das análises realizadas.

Outro elemento apresenta importantes desdobramentos para a pesquisa: a existência de definições alternativas de proximidade, que podem não estar associada à distância geográfica entre os agentes. Nesse sentido, é importante ter em conta que a maior parte dos trabalhos sobre a inovação local utiliza como definição de proximidade a medida da distância física entre dois pontos. Isto é, a área de até tantos quilômetros de um ponto central ou o limite geográfico de uma divisão territorial. Quando não utilizadas medidas de proximidade geográfica, utilizam-se outras medidas associadas³. É normalmente sobre essa noção de proximidade que se avaliam os estudos realizados.

Entretanto, no período recente, surgiram trabalhos que questionam até que ponto esses fluxos de conhecimento se limitam apenas a espaços geográficos relativamente restritos, ou estão associados a outros tipos de “proximidade” diferentes daqueles limitados por uma distância espacial pequena. Em outras palavras, esses trabalhos questionam o sentido de proximidade atrelado apenas a espaços geográficos reduzidos.

Alguns autores, como Breschi e Lissoni (2001), argumentam que a percepção de que a característica tácita do conhecimento limita sua propagação além do âmbito local decorre de um erro de compreensão dos verdadeiros mecanismos de troca de conhecimento. Para os autores, grande parte do conhecimento tácito pode ser codificado e transferido por diferentes meios de comunicação à distância. Assim, segundo Breschi e Lissoni (2009), o que delimita a propagação do conhecimento é pertencer ou não a grupos que compartilham o mesmo conhecimento, e não características intrínsecas de conhecimento. Esses grupos são comumente chamados de redes epistêmicas (*epistemic networks*) e, segundo a visão dos autores, os fluxos de conhecimento são locais apenas à medida que essas redes epistêmicas também o são.

Essa crítica alinha-se aos esforços da literatura sobre geografia e inovação que buscam avaliar as diferentes dimensões da noção de proximidade. Em vez de tratar a proximidade apenas sob sua dimensão geográfica, essa literatura abriu novas possibilidades de estudo ao classificar distintos tipos de proximidade entre os agentes. Esses diferentes tipos de proximidade, por sua vez, impactam na percepção da dinâmica da inovação. Uma classificação possível para esses diferentes tipos de proximidade é a proposta por Boschma (2005), que define cinco tipos de proximidade: a cognitiva, a organizacional, a social, a institucional e a geográfica.

---

³ Por exemplo, Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007) definem a distância entre localidades pelo tempo de viagem entre as duas regiões.

Segundo o autor, a proximidade cognitiva é aquela relacionada ao conhecimento acumulado por parte das firmas. O conhecimento acumulado é fundamentalmente tácito e gera certas especificidades e idiosincrasias que podem criar barreiras para transferência de conhecimento entre duas empresas com bases cognitivas diferentes. Por exemplo, duas firmas do mesmo setor possuem uma série de processos e trajetórias tecnológicas significativamente similares, o que reduz as barreiras para troca de conhecimento. Dessa forma, quanto mais semelhantes são as bases de conhecimento das empresas, maior é sua proximidade cognitiva.

Já a proximidade organizacional, segundo Boschma (2005), está relacionada aos modos de arranjo e coordenação das empresas. Essa proximidade ocorre em cenários onde há uma coordenação similar entre as empresas, quando os procedimentos de comunicação e troca de conhecimentos são simplificados, o que torna as empresas mais próximas do ponto de vista organizacional.

A proximidade social, por sua vez, deriva de quão enraizada (*embedded*) uma firma está em determinado contexto social. Esse contexto social define uma série de padrões de confiança e reciprocidade entre os agentes, que faz com que agentes e firmas de um mesmo contexto tenham maior proximidade social.

Para Boschma (2005), a proximidade institucional decorre do compartilhamento de princípios como normas e valores, situadas num âmbito social mais macro e amplo, diferentemente da proximidade social associada a uma esfera mais micro e estreita. No entanto, a despeito dos diferentes tipos de proximidades, o próprio autor alerta que as dimensões organizacional, social e institucional da proximidade estão bastante interconectadas e, em alguns casos, sobrepostas, como é possível depreender das definições acima.

Por fim, a proximidade geográfica se dá pela condição de proximidade espacial, medida pela distância ou facilidade de acesso físico entre agentes. Essa seria coincidente com a proximidade física ou espacial entre os agentes e amplamente aplicada na análise da inovação no espaço ou nos fluxos de conhecimento.

Diferentemente da categorização proposta por Boschma (2005), diversos estudos analisaram os processos inovativos sobre outros vínculos de proximidade não regionais, dando origem a uma ampla literatura sobre as “comunidades de práticas” ou “comunidades epistêmicas”. Autant-Bernard et al. (2007), por exemplo, chegaram à

conclusão de que o posicionamento social dos agentes na rede de pesquisa é mais importante que a proximidade geográfica para a colaboração. De modo similar, Breschi e Lissoni (2009) apontaram em estudo sobre as citações de patentes que, após controlar a mobilidade dos inventores e a rede de coinventores, a proximidade espacial apresenta importância reduzida na difusão de conhecimento.

No entanto, outros trabalhos chegam a conclusões de que a proximidade geográfica tem importância superior às proximidades não geográficas quando analisadas em conjunto. Por exemplo, o trabalho de Maggioni, Nosvelli e Uberti (2007) que estudou os papéis da proximidade geográfica *versus* a proximidade não geográfica relacionada à pertença a redes de cooperação de pesquisa. Os autores avaliaram o patenteamento na Europa e suas respectivas colaborações entre grupos e apontaram que a proximidade geográfica possui maior relevância que a proximidade advinda da pertença a uma mesma rede de pesquisa.

Como argumentam Rallet e Torre (1999), ainda que alguns autores apontem para uma acentuada relativização da proximidade espacial devido ao surgimento de novas tecnologias de comunicação e à redução dos custos de transporte, a proximidade geográfica continua tendo grande importância. O próprio Boschma (2005) indica que a proximidade geográfica possui papel chave frente às demais formas de proximidade, porque serve de substrato para elas. Ou seja, as outras formas de proximidade estão intimamente relacionadas e moldadas pela proximidade geográfica. Nesse sentido, ainda é necessário muito trabalho empírico e de caracterização para delimitar em que consiste cada um desses tipos de proximidade não geográfica e qual a sua relevância⁴. Além disso, a proximidade física ou geográfica é habitualmente a dimensão mais utilizada nos estudos sobre o impacto da proximidade na inovação, provavelmente por ser uma medida universal e comparável.

Conforme se depreende dessa discussão, a inovação depende fortemente de uma série de características, como as competências e habilidades internas da firma e seu acesso a fontes de conhecimento. Além disso, essas fontes de conhecimento estão localizadas geograficamente e a dimensão tácita e contextualizada desse conhecimento faz com que ele esteja mais acessível na localidade, onde são mais facilmente transmitidos por mecanismos como os contatos face a face. Nesse cenário, regiões dotadas de maiores

---

⁴ Esse problema não ocorre com a proximidade geográfica, que foi objeto de diversos trabalhos e é um conceito relativamente mais maduro, mensurável e perceptível.

níveis de P&D industrial e pesquisa universitária tendem a possuir um ambiente local com maiores possibilidades de compartilhamento e uso de conhecimentos, importantes insumos para a inovação.

Além desses fatores, outras características locais possuem importante impacto na inovação. Duas dessas características apresentam especial interesse para a literatura sobre inovação regional: o nível de aglomeração de determinada região e a sua relativa especialização ou diversificação setorial. Esses pontos são aprofundados no próximo capítulo.

2 Características locais como determinantes da inovação

O contexto local possui papel determinante no processo inovativo das empresas. Quando inseridas em um contexto propício para a inovação, em que há abundantes conhecimentos e competências, as firmas adquirem maior eficiência em inovar. Em boa medida, essas vantagens estão associadas a mecanismos que ocorrem entre agentes próximos e essa proximidade permite um melhor fluxo de conhecimento tácito e complexo, importante insumo para a inovação.

Contudo, as diversas formas nas quais os agentes podem se configurar numa localidade impactam diretamente nessa dinâmica e possuem efeitos expressivos na inovação. Em especial, dois elementos são o grau de adensamento regional e o nível de especialização ou diversificação setorial das regiões, temas especialmente analisados na literatura da inovação.

Importantes evidências desse papel se depreendem de trabalhos que avaliam a distribuição regional da atividade inovativa. Audretsch e Feldman (1996) indicam que a atividade inovativa encontra-se mais concentrada que a produção nos estados norte-americanos. Já Carlino, Chatterjee e Hunt (2007) mostram que a inovação per capita é superior em regiões metropolitanas mais adensadas dos Estados Unidos.

Adicionalmente, trabalhos como o de Feldman e Audretsch (1999) e Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007) sugerem que a configuração de uma região, seja especializada ou diversificada, implica em diferentes dinâmicas internas que podem favorecer a inovação.

Por isso, nas próximas seções serão avaliados os efeitos da concentração e da especialização ou diversificação setorial na inovação regional.

2.1 Concentração espacial da atividade econômica e inovação

A escolha da localização de agentes econômicos está longe de ser uma atividade trivial. Ela é tema de constantes e importantes debates em diversos campos do conhecimento porque permite gerar benefícios ou reduzir riscos. Em certas circunstâncias, uma

localização privilegiada pode facilitar o acesso a certos mercados ou ativos fundamentais. Essas vantagens ou desvantagens se aplicam aos mais diversos níveis de análise. Trabalhos sobre esse tema abrangem desde estudos sobre a localização das atividades de cadeias produtivas globais, como Ernst e Kim (2002), que estudam a localização dos setores de Tecnologia da Informação e Comunicações, até estudos que avaliam os mecanismos por trás da escolha de uma cidade para morar por parte dos profissionais, como o de Glaeser e Resseger (2010).

A localidade não é um elemento homogêneo. Normalmente, do ponto de vista da análise econômica, a localização é bastante heterogênea e está muitas vezes associada a diversos mecanismos de vantagens e desvantagens. Estas vantagens podem ser de natureza estática ou dinâmica e determinam os benefícios de uma localidade para cada agente.

A decisão da localização ganha especial complexidade quando elementos dinâmicos são levados em conta, mesmo que fatores estáticos, como características topológicas ou físico-naturais, tenham relevância. Uma dada localidade pode ser especialmente vantajosa para uma empresa devido à disponibilidade de fornecedores especializados, à qualificação e produtividade de seus trabalhadores, à existência de um mercado consumidor pujante ou às melhores condições para inovar.

Além disso, uma vez que a distância entre duas localidades impõe limites e custos para a transação de produtos e serviços, a colocalização de agentes apresenta uma vantagem de custos e reforça o benefício da concentração.

Por motivos dessa natureza, as atividades econômicas e inovativas não estão distribuídas por igual no espaço. Nota-se, pelo contrário, a prevalência da concentração de expressivas parcelas das atividades inovativas em poucas localidades onde já se concentra a atividade produtiva. Nos Estados Unidos e Europa, por exemplo, as vinte regiões metropolitanas com maior número de patentes concedidas são responsáveis por cerca de 70% do total de patentes, como indicaram Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007)⁵.

Alguns trabalhos empíricos como os de Jaffe, Trajtenberg e Henderson (1993) e Audretsch e Feldman (1996) retrataram a concentração da atividade inovativa. Partindo

---

⁵ Nesse caso específico, trata-se da EU-15 e as regiões metropolitanas correspondem as MSAs norte-americanas e as regiões NUTS1 para Alemanha e Bélgica, e NUTS2 para os demais membros da EU-15.

das citações feitas em novas patentes a invenções prévias, Jaffe, Trajtenberg e Henderson (1993) analisaram 1.450 inventos norte-americanos que receberam citações de 5.200 patentes dentro do mesmo grupo tecnológico nos anos subsequentes. Ao analisar a distribuição geográfica dessas patentes, os autores confirmam que grande parte das patentes corporativas está localizada em poucas áreas metropolitanas. Além disso, os autores chegam à conclusão que os inventores das patentes estão particularmente colocalizados. Relatam que as citações oriundas das mesmas cidades costumam ser de 5 a 10 vezes maior que o seu grupo de controle.

Outro trabalho que trata da concentração da atividade inovativa é o de Audretsch e Feldman (1996). Partindo da ideia de que a inovação possui distribuição regional desigual, os autores avaliaram em que medida a concentração da inovação está associada à concentração da produção. Os autores chegam à conclusão de que, ainda que associada com a localização da produção, a inovação encontra-se ainda mais concentrada que a atividade produtiva. Segundo Audretsch e Feldman (1996), essa concentração é ainda maior em determinados setores intensivos em conhecimento.

No entanto, há uma longa tradição de estudo sobre a concentração geográfica da atividade econômica que foi importante ponto de partida para pesquisadores, pelo menos desde o trabalho pioneiro de Marshall (1920). O interesse não se deve apenas à aglomeração *per se* de agentes, mas aos diferenciais de produtividade, qualidade ou inovação que empresas localizadas nesses aglomerados percebem em comparação com suas concorrentes em outras localidades.

Embora a ocorrência da concentração dos agentes econômicos não seja um fenômeno recente, chamou especial atenção dos pesquisadores por ter se reforçado nas últimas décadas. Nos dizeres de Krugman, *“Qual é a mais notável evidência da geografia da atividade econômica? A resposta curta é certamente concentração... a produção está notavelmente concentrada no espaço”* (KRUGMAN, 1991, p. 5, tradução própria). Além disso, segundo Asheim e Gertler (2005), essa percepção se reforça nas atividades econômicas intensivas em conhecimento porque elas parecem estar mais concentradas geograficamente.

A discussão da concentração espacial das atividades produtivas e da inovação ganhou especial relevância a partir das décadas de 1970 e 1980, com a emergência de várias regiões concentradas e dinâmicas em diferentes pontos do mundo, como nos Estados Unidos (Vale do Silício, p. ex.) e Europa (Terceira Itália, p. ex.). Esses casos de sucesso

levaram pesquisadores a recolocar em pauta o papel da localização das atividades econômicas. Segundo Breschi e Malerba (2001), em muitos estudos foram encontradas evidências de que o melhor desempenho dessas regiões se devia, em última instância, a recursos relativamente imóveis como conhecimento, capacitações e estruturas produtivas que estavam intimamente relacionados com os agentes da localidade.

Além disso, também chamou a atenção que, apesar dos aumentos de custos de localização em regiões concentradas, os diferenciais de produtividade continuaram sendo mantidos e permitindo um prolongado processo de concentração.

Rodríguez-Pose (2011), por exemplo, apontou que a densidade urbana tem um impacto importante na produtividade. O autor cita os resultados quantitativos de Combes et al. (2009) de que cidades com o dobro da densidade populacional possuem um índice de produtividade, em média, 3 a 10% maior. Portanto, segundo os resultados dos autores, firmas de iguais características em Lyon e Paris teriam uma produtividade média 4% e 9% superior, respectivamente, a uma localizada em Grenoble.

Todo esse esforço analítico partiu de linhas de pesquisa com diferentes referenciais teóricos, pressupostos e áreas do conhecimento que se evidenciam nas diferentes classificações e terminologias utilizadas⁶. Apesar dos resultados diversos, esses trabalhos têm em comum a tentativa de determinar os benefícios que levam as atividades econômicas a se aglomerarem e quais vantagens e desvantagens estão associadas a esse fenômeno.

Como consequência dessas diferentes abordagens, há uma infinidade de formas de enfocar o tema das aglomerações. Essas formas vão desde estudos setoriais e de organização de cadeias produtivas a estudos sobre orientação de políticas públicas regionais. No entanto, de certa forma, todos esses trabalhos se apoiam nos estudos pioneiros de Marshall (1920), que lançou as bases da grande maioria dos esforços para compreender o fenômeno da aglomeração de agentes.

Nessa contribuição fundamental, Marshall (1920), ao estudar a aglomeração de empresas na Inglaterra no século XIX, definiu um conceito central: as economias externas. Foram especial foco de atenção às economias externas, ou externalidades,

---

⁶ Esse tema foi estudado pelas ciências dos transportes, logística, geografia, sociologia e economia. Dentro dos campos de economia, geografia e sociologia, surgiram diferentes escolas de pesquisa que em alguns casos tinham apenas um conjunto referencial comum, mas em outros receberam nomes específicos como New Economics Geographers (NEG), New Neoclassical Urban Economics (NNUE), New Industrial Geography (NIG).

positivas que estão associadas a mecanismos exteriores à firma. As externalidades podem ser definidas como custos ou benefícios decorrentes de uma atividade que afeta terceiros que não optam por incorrer nesses custos ou benefícios. Por isso, embora as externalidades positivas possam se originar de esforços de algumas empresas, elas podem ser apropriadas por grande parte das firmas locais e, em alguns casos, estão relacionadas com a existência da aglomeração de agentes em uma determinada região.

Dessa forma, um exemplo das economias externas seria quando uma determinada firma decide localizar uma planta produtiva em uma região. Neste caso, esta firma pode dotar a localidade de infraestrutura logística necessária para sua atividade como a construção de uma rodovia. Essa melhoria pode se converter em uma externalidade positiva para outras empresas mesmo sem advertência da pioneira, ou mesmo contra a sua vontade. O mesmo acontece quando algumas empresas se envolvem num processo de atração e qualificação de trabalhadores para o seu setor econômico. Essa iniciativa acaba por beneficiar posteriormente todas as firmas da região e não apenas aquelas diretamente envolvidas nesse processo de aprimoramento de profissionais. Por esses motivos, a aglomeração de agentes em determinada localidade pode ser fundamental para a geração de economias externas.

Apesar de serem apenas parte dos fatores que determinam a localização de uma empresa, as externalidades são fundamentais para a aglomeração e têm importante papel na disposição das empresas de se localizarem em determinada região. Segundo Suzigan, Garcia e Furtado (2002, p. 2) essas externalidades “*estão no cerne da discussão sobre clusters porque são elas que determinam a própria existência da aglomeração ao proporcionarem custos reduzidos para as empresas aglomeradas*”.

Assim, a explicação para a existência de aglomerações sob a perspectiva do trabalho pioneiro de Marshall (1920) se dá pelo conjunto de três externalidades. Essas externalidades são decorrentes de (i) acesso a um maior número de fornecedores especializados de matérias-primas, componentes ou serviços e maquinário especializado; (ii) a existência de um denso conjunto de mão de obra qualificada e (iii) a maior disseminação de conhecimentos relacionados à atividade produtiva que levam a processos de aprendizado e inovação mais eficientes, chamadas também de transbordamentos ou *spillovers* de conhecimento. Esses transbordamentos de conhecimento decorrem das interações cotidianas entre produtores, usuários,

fornecedores, competidores, universidades, centros de pesquisa e outros atores locais⁷. É interessante notar que essas vantagens também estão associadas aos retornos crescentes, uma vez que dependem da concentração de agentes. Só um mercado de fornecedores ou de trabalho suficientemente grandes justificam a existência de empresas especializadas ou um conjunto de trabalhadores qualificados em uma dada região.

A explicação do fenômeno de aglomeração também pode ser feita pela existência de retornos crescentes provenientes do processo de concentração espacial de agentes. Ao revisar diversas explicações para as aglomerações, Rosenthal e Strange (2004) apontaram como uma das possibilidades de explicação das aglomerações o “efeito do mercado local” (*home market effect*). Esse efeito estaria relacionado aos retornos crescentes de escala derivados do estabelecimento de empresas maiores e com maior número de empregados em uma cidade ou região. A concentração inicial constitui um mercado potencial que, num cenário com custos de transporte reais e com os benefícios de interações frequentes e recorrentes com usuários e fornecedores, atrai mais firmas para a mesma localidade. Ainda segundo os autores, os ganhos por economias de escala com a colocalização e a redução de custos de transportes gera um ciclo positivo que intensifica o processo de adensamento de uma região.

No entanto, esse processo de adensamento não se mantém indefinidamente uma vez que existe um limite determinado pelos custos de congestão. Os custos de congestão são aqueles associados aos altos preços de alguns ativos relativamente limitados em grandes aglomerações como habitações e serviços básicos como transporte. Sob essa perspectiva, boa parte das vantagens de se ter acesso a um mercado potencial maior com menores custos de transporte é reduzida por aumentos de preços dos imóveis e dos custos associados ao transporte. Dessa maneira, da combinação dos retornos crescentes e dos custos de congestão pode-se apontar a existência de um tamanho ótimo de cidades.

Por fim, é importante apresentar a abordagem de Duranton e Puga (2000 e 2004) que parte de outro referencial para estudar as aglomerações. Esses autores, mais focados nas aglomerações urbanas diversificadas, propõem que as três vantagens apontadas por Marshall (1920) seriam, na prática, formas diferentes de mensurar um mesmo mecanismo. Segundo a visão dos autores, haveria muitas similaridades entre as

---

⁷ Nos dizeres de Marshall “os segredos da profissão deixam de ser segredos e ficam soltos no ar...” (tradução própria).

externalidades marshallianas que funcionam como um mecanismo que se manifestam de formas diferentes. Portanto, os autores propõem analisar as aglomerações sob a ótica de três vantagens: de compartilhamento, de combinação e de aprendizado. Por esses mecanismos, a concentração econômica permitiria alcançar maior nível de produtividade que em regiões menores e isoladas.

Em suma, diversos trabalhos apontam para a existência de profundas vantagens da localização e aglomeração da atividade econômica. Puga (2010) aponta como positivo o fato de que, mesmo com diferentes fundamentações microeconômicas, esses diversos trabalhos chegaram a resultados finais equivalentes em muitos aspectos⁸. Portanto, há evidências de que o conceito de economias da aglomeração é robusto para diferentes especificações e mecanismos microeconômicos. Porém, esse fato gera dificuldades para identificar e separar os diferentes mecanismos que promovem as aglomerações.

No entanto, além de analisar a aglomeração *per se*, é importante ter em conta que diferentes trabalhos apresentam uma interpretação distinta para as vantagens da aglomeração. Essa diferenciação está relacionada com a maneira como os setores produtivos se organizaram nas localidades, especialmente ao contrastar as aglomerações diversificadas e regiões especializadas em determinada atividade econômica. As diferenças na composição setorial das regiões implicam em diferentes benefícios para as firmas ali localizadas e dotam a localidade de características que podem impactar no desempenho inovativo das firmas locais.

2.2 Diferentes vantagens da especialização e diversificação

Ainda que, em termos absolutos, duas regiões possuam dimensões semelhantes, a composição dos seus setores econômicos e a forma como eles interagem geram tipos totalmente distintos de aglomeração. Entre as características que mais têm sido foco de estudos destacam-se a diversificação ou especialização dos setores econômicos de uma dada localidade.

Muitos autores, aplicando diferentes abordagens metodológicas e recortes conceituais, se debruçaram sob a eficiência das aglomerações especializadas ou diversificadas. Como pano de fundo dessa discussão estão diversos tópicos de estudo, pautas para

---

⁸ Duranton e Puga (2004) rotularam esse fato como a “equivalência Marshalliana”.

políticas públicas e um grande legado de trabalho sobre as aglomerações nas óticas das vantagens marshallinas e jacobianas, nomes dados em referência aos trabalhos fundadores de Marshall (1920) e Jacobs (1969) que postulam vantagens oriundas da especialização e diversificação, respectivamente⁹.

2.2.1 Especialização

O estudo das vantagens das aglomerações produtivas especializadas remonta a Marshall (1920). Ele observou no seu estudo sobre o entorno da cidade de Manchester no século XIX não apenas um processo de aglomeração, mas também uma marcada especialização produtiva. Em boa medida, as vantagens observadas por Marshall (1920) estavam relacionadas com uma presença massiva de firmas do setor têxtil. Essa especialização possibilitava a existência de uma série de benefícios como compartilhamento de fornecedores, presença de trabalhadores qualificados no setor e uma ampla circulação de conhecimento relacionado às técnicas e melhorias produtivas. Por isso, as empresas desse ramo naquela localidade se beneficiavam de externalidades positivas que as possibilitam ter diferenciais de produtividade e de custos frente suas concorrentes instaladas em outras regiões.

Essas externalidades foram classificadas por três origens distintas: (i) a existência de um conjunto de fornecedores especializados, (ii) um *pool* de mão de obra qualificada e (iii) a presença de conhecimentos relacionados a atividade econômica que eram transferidos de forma não intencional entre os agentes, que ficaram conhecidos como *knowledge spillovers*, ou transbordamentos de conhecimento. Esses três fatores ficaram conhecidos como externalidades marshallianas ou tríade marshalliana¹⁰.

As três externalidades marshallianas podem ser apresentadas sob diversos prismas. Breschi e Lissoni (2001) classificam a primeira externalidade como uma economia de

---

⁹ Alguns estudos, como Beaudry e Schiffré (2009), além de estudar as aglomerações marshallinas (especializadas) e jacobianas (diversificadas), incluem as aglomerações de Porter (também especializadas). A diferença principal entre as aglomerações especializadas de Porter (1990) e Marshall (1920) se deve ao grau de competição das empresas. Para esse trabalho, não foram abordadas as aglomerações de Porter.

¹⁰ Com base no apresentado por Marshall (1920), Arrow (1962) desenvolveu um processo de formalização de parte desses conceitos para o crescimento. Anos depois, essa formalização foi estendida por Romer (1986) dando especial relevância aos fluxos locais advindos dos transbordamentos de conhecimento. Como decorrência disso, alguns autores como Glaeser et al. (1992) se referem às externalidades marshallianas como externalidades de Marshall-Arrow-Romer, ou simplesmente externalidades MAR.

especialização. Essa externalidade está relacionada com a capacidade de uma localidade industrial dispor de um maior número de fornecedores especializados em bens intermediários ou insumos e serviços específicos. O adensamento de fornecedores ocorre porque muitas empresas se instalam na localidade para atender à demanda por produtos e serviços especializados. Essa concentração permite às empresas contarem com maior variedade de produtos e menores custos de fornecedores em virtude dos ganhos de escala dos fornecedores. Por outro lado, há também menores custos de transporte ou coordenação devido à proximidade. Certamente, esse conjunto de vantagens aumenta a produtividade das empresas localizadas nessas regiões, fazendo com que as firmas forneçam seus produtos finais a preços menores ou com maiores margens de lucro (BRESCHI; LISSONI, 2001).

Já as economias de mercado de trabalho correspondem à segunda externalidade proposta por Marshall (1920). Elas surgem porque empresas fisicamente próximas atraem e formam um conjunto de trabalhadores com habilidades e competências relacionadas às funções do seu setor. Os trabalhadores podem ser formados tanto por instituições de ensino formalmente estabelecidas como pela própria experiência adquirida nas firmas do setor. Além disso, à medida que um maior número de funcionários é formado, mais empresas procuram se instalar nessa região buscando contar com as habilidades desses trabalhadores qualificados (BRESCHI; LISSONI, 2001).

Essa externalidade marshalliana, associada a um amplo contingente de mão de obra qualificada, possibilita duas situações. Por um lado, as firmas do setor especializado podem contar com trabalhadores mais qualificados. Por outro, segundo Beaudry e Schifffareova (2009), os trabalhadores sofrem menos com a incerteza de empresas específicas e choques de demanda, uma vez que há um conjunto maior de firmas da localidade atuando no setor ao qual estão habilitados, aumentando suas possibilidades de emprego.

Por fim, para Breschi e Lissoni (2001), a terceira externalidade diz respeito aos transbordamentos de conhecimento. Estes podem ser definidos como conhecimentos específicos do setor, que fluem mais facilmente, inclusive incidentalmente, em determinadas localidades dotadas de um contexto comum entre os profissionais e da proximidade física entre agentes. Isso se deve ao fato de que o contexto comum e a proximidade propiciam uma maior confiança recíproca e contatos face a face que

facilitam a troca de conhecimentos. Além disso, como esses conhecimentos têm caráter cumulativo, quanto maior a sua ocorrência, maior é a propensão de que novos transbordamentos aconteçam, o que enriquece a “base de conhecimento” da localidade. Por esse motivo, empresas concentradas nessas regiões se beneficiam de maiores oportunidades para inovação do que se estivessem localizadas isoladamente. Em configurações industriais desse tipo, o conhecimento não fica facilmente confinado aos limites das empresas e passa a “circular” entre os agentes.

Como apontaram Breschi e Lissoni (2001), a primeira e a segunda externalidades são pecuniárias ou de renda. Ou seja, são aquelas que, pelo menos teoricamente, podem ser mensuradas monetariamente. A terceira é uma externalidade tecnológica, possuindo natureza distinta das demais.

As externalidades pecuniárias permitem às empresas colocalizadas terem acesso a insumos e mão de obra a preços inferiores aos obtidos por suas rivais em outros locais. Como se tratam de externalidades pecuniárias, as firmas obtêm essas vantagens através do mercado de trabalho e do mercado de produtos ou serviços. Por esse motivo, os benefícios de maior quantidade de produtores e serviços especializados ou a presença de um maior número de trabalhadores qualificados podem ser medidos ou percebidos nos mercados, como os de insumos e de trabalho, respectivamente.

Já os transbordamentos de conhecimento, por serem de origem incidental, manifestam-se por interações extra-mercado. Portanto são, a princípio, igualmente acessíveis a todos os membros da comunidade local, mas, são mais difíceis de quantificar por não serem mediadas pelo mercado. Nesse sentido, as diferenças entre externalidades pecuniárias e tecnológicas se refletem na sua mensuração: enquanto os efeitos das externalidades pecuniárias podem ser medidas pelo menor preço relativo de insumos ou trabalhadores, os transbordamentos de conhecimento não são facilmente mensurados.

Sob a perspectiva marshalliana, as externalidades mais vantajosas para uma firma provêm de seu próprio setor econômico. A especialização maximiza a qualidade e os efeitos das externalidades porque encoraja a transmissão e troca de conhecimento, seja ele tácito ou codificado, sobre produtos e processos. Essa transmissão conduz a diferentes formas de imitação, circulação de pessoal qualificado e outros fluxos não comerciais de conhecimento. Citando o Vale do Silício, Glaeser et al. (1992) afirmam que os benefícios das externalidades marshallianas são absorvidos num ambiente onde *"por meio de espionagem, imitação e a rápida mudança de trabalhadores qualificados,*

as ideias são rapidamente disseminadas entre as empresas vizinhas" (IBID., p. 1127, tradução própria).

Dessa maneira, uma vez que as externalidades marshallianas de conhecimento ocorrem entre firmas do mesmo setor ou, pelo menos, de setores similares, elas são mais intensas em regiões que apresentam uma concentração especializada de firmas.

Boa parte da experiência econômica das últimas décadas apresenta diversos casos de sucesso de regiões nacionais e internacionais nas quais se aglomeram atividades produtivas correlatas. No cenário internacional, os exemplos paradigmáticos que chamaram a atenção dos pesquisadores são muito expressivos como a concentração de atividades de TICs na área que vai de San José a San Francisco, nos Estados Unidos, conhecida popularmente como Vale do Silício, ou as regiões especializadas no setor metal-mecânico de Baden-Wuttemberg, no sul da Alemanha (BRESCHI; MALERBA, 2001)¹¹.

O conjunto das externalidades marshallianas dota empresas situadas em regiões especializadas de vantagens expressivas frente às demais e é uma das explicações para os diferenciais positivos de inovação e produtividade. Contudo, do ponto de vista metodológico, analisar simultaneamente e de modo independente as três externalidades marshallianas não é uma tarefa trivial, pois há uma dificuldade natural de definir a causalidade e a importância relativa das externalidades¹². Além disso, Ellison, Glaeser e Kerr (2010) sugerem uma dificuldade do ponto de vista prático. Em alguns casos, o uso de *proxies* imperfeitas que estão relacionadas a mais de uma externalidade tornam ainda mais difícil distinguir o papel dessas três externalidades. Por exemplo, a concentração em determinada região de firmas de dado setor atrai um maior número de trabalhadores do respectivo setor, porém o contrário também é válido. Por isso, em trabalhos com variáveis inadequadas, o efeito mensurado como de uma dada externalidade pode ser, de fato, motivado por outra.

---

¹¹ No Brasil, diversos trabalhos abordam as regiões especializadas sobre a temática dos sistemas locais de produção ou APLs – Arranjos Produtivos Locais. Ver Cassiolato e Lastres (2001), Suzigan et al. (2004), Fauré e Hasenclever (2007) e Crocco et al. (2006).

¹² Poucos artigos tentam analisar isoladamente cada uma das externalidades. Entre estes se encontra o de Ellison, Glaeser e Kerr (2010) que encontram efeitos positivos para as três externalidades.

2.2.2 Diversificação

No outro espectro da composição setorial das regiões, encontram-se os estudos que apontam para as vantagens da diversificação. Entre os primeiros a aprofundar nesse tema está Jane Jacobs¹³. Para a autora, as cidades grandes e diversificadas são o local mais propício para as empresas inovarem. Isto se deve a que as grandes cidades desfrutam de maiores vantagens por sua diversidade econômica e social. Além disso, a estrutura aglomerada facilita o contato face a face entre pessoas e possibilita ou facilita a circulação de conhecimento e, conseqüentemente, da inovação.

Como aponta Glaeser et al. (1992), ao contrário do sugerido pela perspectiva marshalliana, Jacobs (1969) argumenta que os fluxos de conhecimento mais importantes são aqueles oriundos de setores distintos ao da firma. Portanto, para a autora, as regiões que possuem maior variedade de atividades econômicas têm maiores oportunidades de inovação devido à troca de conhecimentos entre diferentes setores que podem imitar, compartilhar e recombinaar conhecimentos e práticas, num fenômeno chamado de fecundação cruzada (“*cross-fertilization*”).

Esse fenômeno seria fundamental para gerar novo conhecimento, através da aplicação de resultados, métodos e princípios de um setor econômico em outro. Beaudry e Schiffaurova (2009) indicam que a troca de conhecimentos complementares entre agentes diversificados facilita a procura e experimentação na inovação. Esse fenômeno estaria inclusive relacionado ao surgimento de novas áreas do conhecimento. Por exemplo, uma empresa de instrumentação médica pode se beneficiar mais dos fluxos de novos materiais desenvolvidos por empresas químicas ou de pesquisas de ciências dos materiais como a nanotecnologia do que aproveitando conhecimentos e técnicas do próprio setor.

No entanto, como apontam Combes (2000) e Feldman e Audretsch (1999), o benefício de *cross-fertilization* só ocorre de fato quando os setores em questão pertencem a áreas de conhecimento complementares. Nesses casos, o novo conhecimento desenvolvido pode ser incorporado na produção de outra atividade industrial.

Porém, o conhecimento obtido de fontes de diferentes setores é apenas um elemento das vantagens das externalidades da urbanização. Beaudry e Schiffaurova (2009) também

---

¹³ O trabalho de Jane Jacobs (1969) que aborda as vantagens das grandes cidades é citado como um dos primeiros e mais influentes estudos a defender os benefícios da diversidade setorial das cidades.

apontam que “*uma infraestrutura funcional de transportes e comunicação, proximidade dos mercados, e um melhor acesso a serviços especializados são fontes adicionais de externalidades da urbanização que facilitam a operação dessas firmas [localizadas nesse tipo de aglomeração]*” (IBID., p. 319, tradução própria).

Sob o enfoque dessas externalidades, a existência de grandes centros urbanos explica-se pelos diferenciais de produtividade oriundos da inovação (entre setores diferentes) e das outras externalidades da urbanização que superam os tradicionais custos de congestão, característicos dos grandes centros urbanos.

O paradigma, portanto, para as vantagens jacobianas seriam as cidades que concentram uma grande variedade de atividades econômicas como Nova Iorque, Londres, Paris ou Tóquio. Essas cidades estariam dotadas de elementos que geram importantes diferenciais de produtividade.

Sob a perspectiva das grandes cidades, Duranton e Puga (2000 e 2004) apresentam como centrais três fontes de vantagens para as aglomerações: (i) compartilhamento de ativos indivisíveis e os respectivos ganhos de escala com o compartilhamento de produtos e serviços intermediários e finais; (ii) aumento de qualidade pelas maiores possibilidades de combinação de insumos e trabalhadores; e (iii) vantagens de aprendizado que permitem gerar, difundir e acumular conhecimento com maior facilidade.

As vantagens de compartilhamento nas aglomerações se devem à indivisibilidade natural de alguns ativos. Em alguns casos, é necessário incorrer em altos custos fixos para a instalação de um novo recurso, como um aeroporto. Portanto, há uma forte barreira a esse tipo de investimento, mesmo que posteriormente restem apenas os custos marginais de sua utilização. Esses bens podem se tornar viáveis em cenários onde há uma grande concentração de agentes que seriam capazes de compartilhar os custos fixos. Porém, a visão das vantagens por compartilhamento de Duranton e Puga (2000) não se aplicam apenas aos elementos estáticos, mas também à possibilidade de uso mais eficiente de competências e conhecimentos nas localidades. Essa dinâmica funciona como um mecanismo de retroalimentação positiva – como aponta Arthur (1990), *positive feedbacks* - que aumenta o ritmo de aglomeração e gera retornos crescentes.

Porém, à medida que a população local aumenta, também ocorrem congestionamentos de duas formas. Por problemas de capacidade, uma vez que muitos agentes tentam

utilizar ao mesmo tempo diversos bens indivisíveis, ou porque as pessoas passam a estar muito distantes deles. Há, portanto, um *trade-off* entre facilitar o acesso localizando-se perto desses bens indivisíveis na área central dos núcleos urbanos e os custos envolvidos com essa opção. Nesse contexto, segundo Duranton e Puga (2004), as cidades podem ser consideradas clubes espaciais organizados para compartilhar alguns bens públicos.

Duranton e Puga (2004) apontam como segundo elemento as vantagens de combinação, uma vez que uma maior aglomeração de agentes em uma região aumenta as possibilidades de combinação. Sob o termo combinação, os autores englobam uma série de possibilidades de interações e relações entre agentes em atividades econômicas como fornecedor-produtor, produtor-cliente, empresa-empregado, entre outros. Numa região aglomerada, um produtor pode contar com uma gama maior e diferenciada de fornecedores, funcionários, clientes ou meios de distribuição e a possibilidade de contar com diferentes agentes impacta na maior qualidade dos processos.

Por conta disso, produtores podem usufruir de fornecedores especializados em nichos com maior qualidade e produtividade, enquanto esses mesmos fornecedores são beneficiados por um maior mercado para seus produtos e serviços. De modo análogo, ocorre o mecanismo do ponto de vista do mercado de trabalho. Um empregador diante de um mercado de trabalho maior pode selecionar um trabalhador melhor qualificado e, por outro lado, um empregado pode encontrar uma empresa específica em que suas competências serão mais vantajosas e melhor remuneradas. Do ponto de vista de parcerias, o aumento de possíveis combinações reduz os custos de troca de fornecedores e cria, no longo prazo, formas de relacionamento não exclusivamente intermediadas pelo mercado, o que diminuiria os riscos de dependência de um único fornecedor ou de um ativo específico.

Por fim, os autores apontam as vantagens de aprendizado nas aglomerações. O aprendizado em sentido amplo (escolaridade, treinamento ou pesquisa) está intimamente relacionado à maior inovação, produtividade e qualidade. E, como esses mecanismos de aprendizado necessitam de interação, as cidades ou aglomerações catalisarão processos de aprendizado que propiciam melhores e maiores interações entre os agentes. É importante apontar que muitos autores, como Storper e Venables (2004), defendem que os abundantes contatos pessoais “face a face” que ocorrem em cidades levam a um diferencial de produtividade. Além disso, a ocorrência de transbordamentos de

conhecimento de diferentes setores e a difusão de conhecimento mais eficaz nessas localidades gera benefícios para seus agentes.

Do ponto de vista de interlocução com as outras abordagens, Duranton e Puga (2000 e 2004) propõem que as três vantagens marshallianas analisadas em outros trabalhos poderiam ser vistas como expressões diferentes de um ou mais desses três mecanismos: as vantagens de compartilhamento, combinação ou aprendizado. No entanto, é difícil obter variáveis ou *proxies* confiáveis para as vantagens propostas por Duranton e Puga (2000), o que torna difícil operacionalizar esses conceitos¹⁴. Ou, como alertaram Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007, p. 678, tradução própria): “*sob uma perspectiva empírica, é, no entanto, difícil de isolar os componentes de aglomeração devidos ao aprendizado, combinação e compartilhamento*”.

Estudando as grandes cidades diversificadas, Storper e Venables (2004) indicam que o desempenho superior destas se deve a um conjunto de características dos contatos interpessoais, face a face, que ocorrem com maior facilidade e eficiência nas grandes cidades. Essas cidades são rotuladas pelos autores como “*buzz cities*”. Segundo os autores, “*buzz*”¹⁵ seriam exatamente a vantagens das interações face a face como: forma de comunicação extremamente eficiente; meio para resolução de problemas de incerteza e coordenação; importante elemento de socialização que define a pertença a grupos sociais; e motivação psicológica. Nesse cenário, para Storper e Venables (2004), as vantagens da aglomeração estão intimamente relacionadas às externalidades jacobianas. A junção desses elementos num ambiente “*buzz*” dota as grandes cidades de retornos crescentes.

As vantagens da diversificação citadas por Storper e Venables (2004) são extremamente importantes para a maior produtividade dos agentes porque essas cidades permitem a rápida e fácil troca de conhecimentos especializados e de alto valor. Nelas ocorre a interação de redes especializadas em setores específicos do conhecimento. Assim, segundo os autores, essas grandes cidades diversificadas conseguem associar as vantagens da aglomeração com as interações de diferentes setores. Isso torna as cidades palcos privilegiados para alguns setores econômicos como as atividades criativas e

---

¹⁴ Esse pode ser um dos motivos que explicam a carência de artigos que utilizam o referencial de Duranton e Puga (2000 e 2004) para modelos econométricos.

¹⁵ A expressão da língua inglesa *buzz* quer dizer literalmente “barulho, burburinho”, mas se aplica também a “uma atmosfera de excitação e atividade” como uma definição do Dicionário Oxford. O sentido do termo para Storper e Venables (2004) parece ser mais próximo dessa interpretação.

culturais; os serviços financeiros e de negócios; os setores de ciência, tecnologia, alta tecnologia e pesquisa; e serviços associados a poder e influência (governos, sedes corporativas, associações, agências internacionais).

2.2.3 Evidências empíricas sobre a especialização e diversificação

Diversos estudos empreenderam a tarefa de avaliar quais configurações das regiões, especializadas ou diversificadas, apresentam melhores resultados do ponto de vista do crescimento, produtividade ou inovação¹⁶.

No entanto, antes de apontar algumas evidências obtidas na literatura empírica sobre o tema, parece necessário discorrer sobre os elementos comuns e as divergências como forma de delinear um panorama mais rico da relação entre diversificação e especialização econômica das regiões.

Uma primeira consideração é que fatores naturais e acidentes históricos podem explicar apenas parte da especialização ou diversificação das regiões. Henderson (1997), ao estudar as áreas metropolitanas norte-americanas (MSA), indica que, mesmo após controlar os fatores pré-existentes por meio de efeitos fixos localizados, os elementos associados às externalidades continuam sendo importantes para a dinâmica econômica das regiões. Dessa forma, apesar da existência de recursos naturais numa região fornecer vantagens iniciais, ela não determina a permanência dessas vantagens ao longo do tempo, que estão mais associadas a fatores dinâmicos.

Outro fato que deve ser levado em conta ao avaliar o nível de especialização e diversificação é a coexistência de regiões especializadas e diversificadas bem sucedidas. Em um mesmo país, como os Estados Unidos, coexistem casos exemplares de regiões diversificadas como Nova Iorque e especializadas como o Vale do Silício. Ambas as regiões são dotadas de produtividade superior à média nacional e com altos índices de inovação. Essa simples verificação evita riscos de interpretações de que há apenas uma única solução possível.

Por outro lado, adotar uma visão antagônica entre especialização e diversificação das regiões dificultaria a percepção de elementos comuns aos dois fenômenos. Duranton e

---

¹⁶ Para este trabalho, busca-se focar especialmente nos artigos que avaliam o efeito da especialização ou diversificação das regiões na inovação. No entanto, também serão apresentados alguns resultados de trabalhos que avaliam seus efeitos no crescimento e na produtividade.

Puga (2000), por exemplo, apontam para uma convergência de elementos constituintes dos trabalhos que defendem ambos os cenários: “*a maioria das teorias que lidam com questões de tamanho, diversificação ou especialização, tem algo em comum, mesmo que isso nem sempre seja aparente*” (IBID., p. 540, tradução própria). Além disso, é importante notar que, na maioria dos casos práticos, não há apenas paradigmas de total especialização ou diversificação. Como em qualquer ciência prática, observa-se não apenas “o branco e o preto”, mas diferentes níveis de “cinza”.

De fato, alguns estudos apontam que a diversificação é vantajosa quando há uma base comum, enquanto outros indicam que a especialização só é boa se dotada também de alguns setores correlatos. Esse é o caso de alguns estudos que tentam chegar a categorias intermediárias entre especialização ou diversificação. Por exemplo, o trabalho de Ponds, Van Oort e Frenken (2007) evidenciou que as estruturas diversificadas só tem real impacto positivo no desempenho de uma região quando os setores econômicos presentes nas áreas diversificadas são minimamente correlatos.

Nessa mesma linha, o trabalho de Boschma e Iammarino (2009) apontou que a diversificação de uma determinada região é vantajosa apenas quando ocorre o que os autores chamam de “variedade relacionada” (*related variety*). Essa “variedade relacionada” ocorreria entre setores distintos, mas que compartilham um conjunto de competências compartilhadas e seriam um ambiente mais propício para os transbordamentos de conhecimento do que a diversificação não relacionada, ou *unrelated variety*. Na visão de Ponds, Van Oort e Frenken (2007), esses pontos intermediários são importantes para o desempenho das regiões, e, segundo Bathelt, Malmberg e Maskell (2004), evita os conhecidos riscos de *lock-in* em regiões especializadas.

Nessa mesma linha, Feldman e Audretsch (1999) evidenciaram que a especialização em um único setor industrial tem um efeito negativo na inovação. Já a diversidade de setores, desde que com uma base científica comum, apresenta impacto positivo e expressivamente significativo nos resultados da inovação, evidenciando que a inovação ocorre com maior facilidade nestes ambientes diversificados.

A grande maioria desses trabalhos empíricos utiliza regressão de modelos econométricos. Estes testam os pressupostos das duas correntes (marshalliana e jacobiana) e avaliam qual forma de organização da atividade econômica produz maiores benefícios para as regiões aglomeradas.

Um dos primeiros artigos que avaliou o impacto de estrutura diversificada ou especializada das localidades foi o de Glaeser et al. (1992). O modelo dos autores analisa os efeitos da especialização ou diversificação no crescimento do emprego em certos setores da atividade econômica em áreas metropolitanas norte-americanas (setor de equipamentos elétricos em Filadélfia ou têxtil em Nova Iorque, por exemplo). Glaeser et al. (1992) chegaram à conclusão de que os setores crescem mais nas cidades diversificadas, o que indica que as externalidades jacobianas são mais vantajosas para o crescimento nas regiões estudadas.

De modo similar ao realizado por Glaeser et al. (1992), outros estudos econométricos avaliaram a relevância da diversificação e especialização das atividades econômicas para o desempenho das regiões medido por inovações, crescimento ou produtividade.

No campo da inovação, as evidências encontradas por esses trabalhos apontam ora em favor da especialização ora em favor da diversificação setorial. Alguns trabalhos como o de Cabrer-Borrás e Serrano-Domingo (2007) encontraram evidências de que a especialização favorece a inovação das regiões e empresas. Já Feldman e Audretsch (1999) e Fritsch e Slavtchev (2007) apontaram evidências de que a diversificação é mais relevante para o desempenho inovativo das regiões.

Nesse debate, é interessante a contribuição de Greunz (2004) que avalia a inovação em 153 regiões da União Europeia com um recorte de 16 setores. A autora avaliou em que medida a especialização ou diversificação produtiva influencia o nível local de inovação local. Em uma análise agregada, as externalidades marshallianas e jacobianas apresentam-se positivamente associadas à inovação, mas com magnitude mais expressiva para as jacobianas.

Já Fritsch e Slavtchev (2010), em trabalho aplicado à Alemanha, encontraram uma relação quadrática entre a eficiência da inovação e a diversidade. O modelo aplicado apontou que o máximo de eficiência inovativa das regiões se encontra entre dois extremos de alta especialização ou extrema diversificação setorial. Essa evidência leva os autores a indicar que existe um suporte econométrico tanto para as vantagens marshallianas como para as jacobianas. Porém, indicaram que há uma faixa ótima para essas configurações, como apontam:

Nossa resposta para a questão: ‘A especialização regional em certa atividade industrial leva a um melhor desempenho inovativo das regiões?’ é ‘Sim, mas apenas em certo grau’. De fato, a análise sugere que a relação entre especialização e a performance das regiões tem forma de “U” invertido. Isso

significa que quanto mais se especializa uma região, menos um aumento da especialização contribui para sua eficiência. (FRITSCH; SLAVTCHEV, 2010, p. 102-103, tradução própria).

Dessa forma, é possível notar que há uma profunda complexidade na relação entre a diversificação ou especialização de uma região e seu desempenho. Nesse sentido, parece significativo que o trabalho de Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007), que avaliaram comparativamente a atividade inovativa da União Europeia e os Estados Unidos, chega a resultados diferentes para as duas regiões. Enquanto, na análise dos autores, na União Europeia há evidências de que apenas as vantagens da diversificação (jacobianas) tendem a aumentar os resultados inovativos, nos Estados Unidos tanto a especialização como a diversificação geram vantagens para a dinâmica inovativa. Assim, é preciso extrair das características de cada caso as razões para as especificidades desses resultados. Nessa ótica, Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007) sugerem a seguinte argumentação:

No contexto dos Estados Unidos, a maior mobilidade de trabalhadores e a escolha de localização das firmas e indivíduos (por fatores políticos, institucionais e culturais) permitem que cada ator inovativo escolha a localização mais vantajosa de acordo com as suas próprias necessidades tecnológicas ou organizacionais (p.ex. de acordo com o estágio atual do ciclo de vida dos seus produtos, como em Audretsch, 2003 e Duranton e Puga, 2005). Nesse contexto, a geografia dos atores inovativos efetivamente acomoda a possibilidade oferecida por cada região de beneficiar-se de especialização setorial ou diversificação. Graças a esse mecanismo, a especialização deixa de ser um obstáculo à produção de inovação, enquanto a mobilidade interna de fatores permite que áreas especializadas atraiam agentes que possam se beneficiar de externalidades MAR enquanto levam os outros agentes para áreas mais diversificadas. (CRESCENZI; RODRÍGUEZ-POSE; STORPER, p. 702, tradução própria).

Portanto, a diversificação e especialização numa mesma região não são naturalmente opostas *per se*. Nesse sentido, vale a observação de Paci e Usai (1999):

Em nossa opinião, é importante deixar claro que essas duas externalidades [marshallianas e jacobianas] não são necessariamente opostas, uma vez que a especialização é uma característica particular de certo setor num sistema local enquanto a diversidade é uma característica de uma área toda. Portanto, podemos ter um amplo número de combinações entre diferentes níveis de especialização de um setor local e graus de diversidade de uma região. (PACI; USAI, 1999, p. 389, tradução própria).

Para tentar ponderar os achados dessa vasta literatura, dois trabalhos recentes, Beaudry e Schifffareova (2009) e De Groot, Poot e Smit (2009), compilaram os resultados de

modelos empíricos que tratam das vantagens da diversificação ou especialização de uma dada região para a sua performance econômica. Ainda que esses estudos analisem trabalhos com intuits e enfoques distintos, seus resultados apresentam importante relevância metodológica.

Beaudry e Schiffaureova (2009) analisaram 67 artigos publicados sobre o tema, avaliando em quantos e quais casos o desempenho das regiões era afetado de modo positivo ou negativo pela especialização ou diversificação das regiões. Como esperado, os autores encontraram muitas evidências conflitantes entre os trabalhos avaliados e creditaram importante parcela dessas diferenças a aspectos metodológicos como escolhas de variáveis, divisão de setores ou nível de agregação geográfico.

O estudo de Beaudry e Schiffaureova (2009) ainda apontou outra conclusão interessante: entre os trabalhos analisados, o número dos que relatam impactos negativos é maior para as externalidades marshallianas. Os autores sugeriram que tal resultado provavelmente se deve à menor flexibilidade das regiões especializadas. Ou seja, essas regiões teriam menor capacidade de se ajustar às mudanças exógenas no principal setor industrial da região, além do risco de *lock-in* da região a uma trajetória tecnológica específica.

Já De Groot, Poot e Smit (2009) analisaram outro grupo de trabalhos de modo diferente. Os autores fizeram uma meta-análise¹⁷ de 31 artigos quantitativos indexados pelo *ISI Web of Knowledge* que seguiam o modelo de Glaeser et al. (1992). Assim como observado por Beaudry e Schiffaureova (2009), as evidências encontradas variaram significativamente de direção. No entanto, no geral, boa parte dos resultados encontrados reforçam o achado de Glaeser et al. (1992) de que há uma correlação positiva e significativa entre a diversidade produtiva da região e o seu desempenho. Já a especialização não fornece tantos resultados significativos.

Entretanto, do ponto de vista metodológico, ao analisar mais detalhadamente os resultados, De Groot, Poot e Smit (2009) verificaram uma forte heterogeneidade setorial, temporal e espacial dos dados. Além disso, apontam a relevância do recorte geográfico e das variáveis de controle do modelo para um bom resultado.

Nesse sentido, é interessante notar que alguns autores sugerem que os benefícios ou deficiências das externalidades marshallianas ou jacobianas variariam de acordo com

---

¹⁷ Para uma visão geral da Meta-análise, sugere-se Florax et al. (2002).

elementos como o setor da economia, a área de conhecimento e o ciclo de vida dos produtos envolvidos. Henderson (2003), por exemplo, chegou à conclusão de que tanto as externalidades marshallianas como jacobianas geram benefícios para as empresas. Contudo, as jacobianas se apresentam como mais importantes para os setores de alta tecnologia, enquanto as marshallianas para o setor de bens de capital.

Outro trabalho relevante é o de Greunz (2004), para a Europa, que indica que as inovações em setores de alta tecnologia são beneficiadas pelas externalidades jacobianas. Por outro lado, os resultados da autora indicam que as vantagens marshallianas importam para a inovação em setores de menor intensidade tecnológica.

Duranton e Puga (2000) realizaram este tipo de comparação utilizando diferentes estágios do ciclo de vida de produtos. O trabalho dos autores apontou que a maioria das empresas que atuavam com novos produtos estavam localizadas nas cidades grandes e diversificadas, aproveitando externalidades da diversidade setorial. Já empresas que lidavam com produtos maduros tendiam a se localizar em cidades médias especializadas, buscando benefícios de especialização como o aumento de produtividade com redução de custos.

De maneira geral, é possível depreender que são muitos os fatores que influem nas análises sobre as vantagens da aglomeração especializada ou diversificada. Porém, uma avaliação mais profunda sobre uma mesma metodologia poderia comparar cenários similares, delimitando as características de cada tipo de externalidade. Certamente, esse tipo de trabalho não é de fácil execução, uma vez que estão envolvidos referenciais teóricos diferentes e quase-experimentos econométricos que são limitados pelos dados disponíveis.

Talvez uma boa síntese sobre o questionamento venha de Beaudry e Schiffaurova (2009):

Se a diversidade ou a especialização das atividades econômicas promovem melhor mudança tecnológica tem sido objeto de discussões acaloradas. A resposta parece ser “depende”, que provavelmente é a melhor resposta em economia! Depende da forma como é medido, onde é medido, em que setores e em que nível de agregação. (BEAUDRY; SCHIFFAUEROVA, 2009 p. 319, tradução própria)

No entanto, em vez de reduzir a importância desse questionamento, o apontado por Beaudry e Schiffaurova (2009) reforça a necessidade de progressos para uma maior

sistematização das evidências levantadas até o momento sobre a especialização e diversificação das regiões. É preciso determinar em quais circunstâncias essas configurações podem implicar em melhor desempenho para os agentes nas regiões. Essas questões são fundamentais para orientar estudos futuros e a proposição de políticas públicas para cada tipo de região.

Portanto, a discussão apresentada permite inferir que as características locais são importantes condicionantes da inovação. Por um lado, verifica-se que a inovação está mais concentrada espacialmente do que a atividade produtiva e as regiões mais adensadas apresentam melhor desempenho relativo nesse campo. Por outro, percebe-se também que as abordagens marshalliana e jacobiana possuem diferentes sustentações conceituais para a ocorrência das inovações em regiões especializadas e ou diversificadas. Nesse contexto, o presente trabalho busca avaliar como a inovação das localidades brasileiras é afetada por essas características da estrutura industrial, comparando os resultados com os já obtidos na literatura.

3 Resultados da inovação: patentes como indicador

Mensurar os resultados da inovação pode ser considerado uma tarefa difícil. As inovações são bastante heterogêneas no que diz respeito à dimensão da mudança (incremental ou radical), ao objeto (processo ou produto) e seu resultado econômico ou produtivo. Além disso, existem diferentes modos de apropriabilidade para o novo conhecimento gerado e, portanto, diferentes maneiras como a inovação se apresenta como resultado final. Assim, a capacidade de mensuração dos resultados da inovação pode ser considerada limitada.

Nesse horizonte de difíceis indicadores, Griliches (1990) apontou as patentes como um indicador qualificado para os resultados de inovação. Estas estão diretamente associadas à invenção, estão disponíveis, são seguras e baseadas num padrão estável e objetivo. Por essas características, as patentes são facilmente quantificadas, comparáveis e providas de importantes detalhes que a tornam um indicador valioso das inovações. Por isso, as patentes tem sido o indicador mais comumente utilizado como *proxy* dos resultados de inovação.

Assim, esse trabalho optou pelo uso de patentes como indicador dos resultados inovativos das regiões, seguindo como base estudos clássicos sobre inovação nas regiões como os de Jaffe (1989) e Acs, Audretsch e Feldman (1992) e trabalhos mais recentes como os de Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007), Fritsch e Slavtchev (2007) e Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011).

Porém, ainda que a adoção de patentes como indicador dos resultados inovativos seja recorrente, é importante detalhar os motivos que levam a sua utilização e as suas implicações metodológicas. Conjuntamente, sendo a variável chave para a análise dos processos inovativos realizada nesse trabalho, faz-se necessário realizar uma breve descrição das patentes no Brasil, com ênfase na sua distribuição regional.

3.1 Patentes como indicador da inovação

Malerba e Orsenigo (1995 e 1997) apontaram que as atividades inovativas das empresas são diretamente condicionadas pelo regime tecnológico no qual elas estão envolvidas. O

conceito de regime tecnológico remonta ao trabalho de Nelson e Winter (1982) e descreve o ambiente tecnológico no qual as firmas operam e está associado a um conjunto de condições que afetam diretamente os padrões de inovação tecnológica. Malerba e Orsenigo (1997) apontam que o regime tecnológico decorre de uma particular combinação das condições de oportunidade e apropriabilidade da inovação; do grau de cumulatividade do conhecimento tecnológico naquele regime; e das características da base de conhecimento e de sua transmissão.

A importância do regime tecnológico ocorre porque as atividades inovativas são intimamente dependentes da tecnologia e da base de conhecimento envolvido no seu desenvolvimento e no setor econômico ao qual pertence.

Portanto, o padrão das atividades inovativas em um dado setor está claramente definido por um regime tecnológico que delineia características como o tipo de atividade desenvolvido, o grau de concentração dos agentes e a capacidade de inovar de uma empresa. Em concreto, as condições de apropriabilidade definem as possibilidades de proteção de uma inovação e a capacidade de extrair lucros de um novo produto ou processo.

Segundo Albuquerque (2006), os mecanismos de apropriabilidade, delimitados pelo regime tecnológico, são tão importantes que condicionam o processo inovativo das empresas. O autor sugere que havendo a devida base de conhecimento científico e as capacitações necessárias nas firmas, o seu processo inovativo é definido por dois elementos: a existência de oportunidades tecnológicas e as condições de apropriação das inovações. Isto porque os processos inovativos não dependem apenas de que existam as devidas oportunidades tecnológicas e mercado potencial para sua aplicação, mas é preciso que haja uma série de condições de apropriabilidade para que os agentes individuais decidam empreender um processo inovativo.

Albuquerque (2006) aponta os principais meios de apropriabilidade das inovações: as vantagens do pioneiro (*first mover*); as vantagens obtidas pelo inovador na evolução de sua curva de aprendizado; o segredo industrial; os esforços de vendas e prestação de serviços; e, obviamente, os direitos de propriedade intelectual, onde se destacam as patentes. Entretanto, a eficácia desses mecanismos varia muito de acordo com o regime tecnológico do setor ao qual a empresa atua.

Portanto, as inovações são protegidas por diferentes mecanismos, definidos de acordo com as condições de apropriabilidade do regime tecnológico de seu setor. Entre os possíveis mecanismos apresentados, as patentes possuem uma série de características que possibilitam ser um indicador qualificado da inovação. Griliches (1990) aponta que as patentes possuem vantagens como indicador de resultado da inovação por estarem relacionadas diretamente ao processo inventivo, por dependerem de critérios objetivos e estáveis e por serem amplamente disponíveis e com detalhes relevantes para a análise da inovação.

Portanto, ainda que reflita apenas parte das inovações, as patentes possuem condições específicas que a tornam um relevante indicador da inovação. Nesse sentido, Albuquerque et al. (2005) indicam que o fato das patentes serem facilmente quantificáveis e de estarem constitutivamente abertas ao público fazem com que ela seja uma métrica bastante utilizada por trabalhos quantitativos sobre a inovação. Já para Breschi e Lissoni (2004), o fator decisivo para a preponderância das patentes como indicador de inovação está em que o número de patentes é uma medida facilmente disponível para vários países e uma fonte rica em informações técnicas disponíveis na própria classificação das patentes.

Nesse sentido, além da medida de intensidade pela contagem de patentes, Griliches (1990) recorda que há muitas informações disponíveis nas patentes que, se bem utilizadas, podem enriquecer as análises da inovação. Entre estas informações o autor destaca o tipo de patente, sua classe tecnológica e a localização do inventor ou detentor.

Nessa linha, Gonçalves (2007) aponta que as patentes são muito relevantes nos estudos regionais pela capacidade de definir com boa precisão a localidade do responsável pela inovação. Como cada patente depositada precisa informar o município onde está domiciliado o detentor ou inventor, ela possui informação suficiente para que seja georreferenciada com precisão. Essa característica dota as patentes de importante vantagem para estudos espaciais.

Avaliando a relação entre inovação e as patentes, Rogers (1998) sugere que o depósito de uma patente já é um indicador adequado de inovação. Isso ocorre porque, ao fazer o depósito de uma patente, uma empresa considera que criou um novo conhecimento que pode ser protegido e que tem valor comercial. Além disso, o custo dos procedimentos de depósito da patente e os passos prévios de formalizar um pedido fazem com que só

as empresas que considerem que suas inovações tem possibilidade de retorno econômico recorram a este tipo de proteção.

A argumentação de Rogers (1998) dá apoio a uma estratégia interessante. Como as patentes depositadas podem ser consideradas um indicador adequado da inovação, pode-se utilizá-las em substituição das patentes concedidas. A vantagem nessa estratégia é a possibilidade de utilizar um conjunto de dados mais recente, pois há um período de análise das patentes que pode se prolongar por vários anos até a concessão.

Outra característica relevante é que as patentes são mais ou menos utilizadas de acordo com o regime tecnológico. Nesse sentido, Albuquerque (2006) aponta que as patentes tendem a ser um mecanismo de proteção mais eficaz em campos em que a descrição do produto é razoavelmente precisa, porque essa descrição é elemento fundamental para definir a concessão da patente e para defendê-la de violações. A existência de diferentes regimes tecnológicos setoriais levou Cohen e Levin (1989), num estudo baseado num *survey* sobre inovação, a classificar os setores de acordo com sua "propensão a patentear".

Segundo Nelson (1992), há dois grupos de setores mais propensos a patentear: os setores em que um composto químico é central do projeto (farmacêutica, química, plásticos, fibras) e os setores que produzem aparelhos ou dispositivos (compressores, instrumentos científicos, ferramentas).

Entretanto, além dos indicadores de inovação associados a patentes, há trabalhos que adotam outras maneiras de mensurar os resultados da inovação. Entre estas merecem destaque os indicadores associados à adoção ou comercialização de novos produtos, como os trabalhos de Acs, Audretsch e Feldman (1992 e 1994) e Audretsch e Feldman (1996). Esses trabalhos utilizam o que chamam de “contagem de inovações” (*innovation counts*) por meio de uma base de dados norte-americana, a SBA-IDB (*Small Business Administration's Innovation Data Base*). Essa base, com dados de 1982, enumera os novos produtos lançados em revistas setoriais especializadas. Esse indicador tem a vantagem de ser válido para setores não cobertos por patentes. No entanto, essa medida é limitada por não ser facilmente comparável ao longo dos anos e por se aplicar apenas aos Estados Unidos em um ano específico.

Nesse sentido, é importante citar a crítica feita por Fischer e Varga (2003) de que as contagens de inovação são menos úteis para a análise da inovação porque estão mais

associadas à difusão da inovação e a aspectos do impacto econômico dessas atividades do que propriamente aos resultados dos processos inovativos.

Nesse contexto, Acs, Anselin e Varga (2002) desenvolveram uma comparação entre o uso de “contagem de inovação” da SBA-IDB e patentes para as regiões metropolitanas dos Estados Unidos. Esse trabalho confirma que há uma forte correlação entre esses dois indicadores (0,79). Além disso, os autores estimam diferentes modelos espaciais baseados na Função de Produção de Conhecimento (FPC) e não encontram diferenças expressivas entre os seus resultados com os dados de contagem de inovações ou patentes. Os autores concluem sugerindo que ambos os indicadores são apropriados para mensurar a atividade inovativa.

Assim como apontado previamente, diversos trabalhos empíricos avaliam a inovação em níveis regionais utilizando patentes como indicadores. É o caso do trabalho pioneiro de Jaffe (1989) que relaciona o número de patentes per capita dos estados norte-americanos com a P&D industrial e a pesquisa universitária. Essa opção metodológica foi seguida por diversos trabalhos como os de Moreno, Paci e Usai (2005a), Cabrer-Borrás e Serrano-Domingo (2007), Gonçalves e Almeida (2009) e Gonçalves e Fajardo (2011).

Porém, é importante ter em conta que utilizar patentes como indicador do resultado inovativo possui limitações. Griliches (1990) sintetiza essas dificuldades da seguinte maneira: *“Nem todas as invenções são patenteáveis, nem todas as invenções são patenteadas, e as invenções patenteadas diferem ‘grandemente’ em magnitude.”* (GRILICHES, 1990, p. 296).

Albuquerque et al. (2011) reforçam a posição de Griliches (1990) indicando que a limitação na adoção de patentes se deve a que nem todo conhecimento gerado é codificável e nem toda invenção é patenteável pelas restrições legais. Além disto, de acordo com seu regime tecnológico, uma empresa pode optar por outros mecanismos de apropriabilidade. Para contornar essas dificuldades no uso de patentes como indicador da inovação, Griliches (1990) ressalta a importância de controlar nos modelos empíricos as diferenças setoriais para relativizar o impacto dos diferentes regimes tecnológicos.

Já a variabilidade da magnitude do grau de inovação das patentes apontada por Griliches (1990) se deve a que as patentes possuem diferenças expressivas em termos de significância técnica e econômica. Muitas patentes podem refletir pequenas mudanças

técnicas e com pouco valor econômico, enquanto outras se mostram extremamente importantes. Nesse sentido, Albuquerque et al. (2011) afirmam que a contagem numérica das patentes trata de forma igual uma patente de inovação radical e uma invenção incremental. Ainda que não resolva essa questão, Griliches (1990), recorrendo ao trabalho de Scherer (1965), sugere que quando se lida com um número expressivo de patentes esse problema é um pouco mitigado.

Diante dessas características, Albuquerque et al. (2011), apontam que esse indicador deve ser tratado como retrato de uma fração do resultado inovativo das empresas. Este fato leva os autores a se referir a essa medida de inovação como “ponta do iceberg”. Segundo os autores, as patentes podem não expressar em detalhe *“os fenômenos mais profundos ligados a variações estruturais na produção tecnológica”* (IBID., p. 5), mas permitem mensurar esse processo como as “pontas de iceberg”.

Sob essa perspectiva, as inovações patenteadas podem ser vistas como um indicativo de um grande número de outras invenções que não foram patenteadas pelos mais variados motivos como a opção por outros métodos de proteção, a não aplicabilidade das patentes, a inexistência de ineditismo e a incapacidade de descrição precisa da inovação.

Para ilustrar o fenômeno de “ponta de iceberg” é possível verificar os dados de empresas que declararam ter realizado inovação no Brasil, segundo a Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC). No gráfico 3.1, estão apresentados os números absolutos de empresas que realizaram algum tipo de inovação. Ou seja, as empresas que inovaram lançando um produto ou processo novo para o mercado e as que depositaram alguma patente nos anos correspondentes.

Gráfico 3.1 – Empresas que inovaram (2000-2008).

Fonte: PINTEC, IBGE.

Nos períodos analisados, entre 21,9% e 11,8% das empresas que indicaram ter realizado inovação afirmaram ter gerado um novo processo ou produto para o mercado brasileiro. No entanto, apenas uma pequena fração deste total (entre 6,1 e 8,1%) fez depósito de patente. Esse comportamento é condizente com o efeito “ponta de iceberg” e corrobora a relação entre as inovações registradas em patentes e todas as inovações das empresas.

Além da relação entre a atividade patenteadora das empresas e sua inovação como todo, é relevante ter em conta as diferentes categorias das patentes. De maneira geral, as patentes podem ser classificadas em duas grandes categorias: patentes de invenção e modelos de utilidade. Enquanto nas patentes de invenção se inclui novos produtos ou processos que apresentam ineditismo de funcionalidade ou modo, o modelo de utilidade abrange apenas mudanças menores de projeto ou *design* que caracterizam produtos industriais. Assim, é possível apontar que, ainda que haja inovação nas duas categorias de patentes, tende a haver diferença no grau de desenvolvimento tecnológico da inovação nos dois casos. Por esse motivo, alguns autores, consideram que as patentes de invenção são uma medida de inovações mais radicais do que os modelos de utilidade. Essa distinção é o motivo leva a Ying (2008), em seu estudo para a China, estimar dois conjuntos de modelos que utilizam primeiramente as patentes totais (incluindo patentes de invenção e modelos de utilidade) e outro apenas para as patentes de invenção.

Por fim, é importante destacar que as patentes podem ser usadas como indicador de inovação de duas maneiras distintas: em números absolutos (por contagem de patentes) ou números relativos (patentes per capita, patentes por número de pesquisadores, etc.). A escolha da forma mais adequada para cada trabalho depende do fenômeno estudado e das opções metodológicas para estimação dos modelos. Entre os trabalhos que usam número absoluto de patentes é possível citar o de Fischer e Varga (2003), Fritsch e Slavtchev (2007) e Autant-Bernard e LeSage (2011). Já os trabalhos que usam números relativos de patentes estão os de Cabrer-Borrás e Serrano-Domingo (2007), Moreno, Paci e Usai (2005a), Gonçalves e Almeida (2009), Gonçalves e Fajardo (2011) e Mascarini (2012).

Portanto, de modo geral, as patentes podem ser consideradas um indicador adequado dos resultados da inovação. Contam para isso, uma série de características como a sua relação estreita com a inovação, a capacidade de ser quantificadas e o fato de possuir um padrão estável de comparação. Além disso, as patentes tem valor importante para as análises regionais porque podem ser precisamente localizadas. A partir disto, as próximas duas seções irão apresentar um quadro geral das patentes no Brasil e sua distribuição no território brasileiro.

3.2 Patentes no Brasil

No Brasil, como em outros países em desenvolvimento, o número total de patentes é relativamente baixo. Segundo o WIPO (2007), apenas no ano de 2002, enquanto escritórios de maior expressão como o norte-americano (USPTO) e o Europeu (EPO) concederam 163.518 e 47.384 patentes respectivamente, escritórios de países como Brasil, México e Índia concederam 4.623, 6.616 e 1.540 patentes.

A despeito desse baixo número de patentes, diversos estudos como os Gullo e Guerrante (2004) e Albuquerque et al. (2005 e 2011) apontam um aumento no número de patentes depositadas por brasileiros tanto no escritório nacional (INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial) como em escritórios do exterior.

Esta evolução pode ser visualizada no gráfico 3.2 que apresenta o número de patentes totais (patentes de invenção e modelos de utilidade) depositados entre 1998 e 2011 no INPI.

Gráfico 3.2 – Patentes totais e patentes de invenção depositadas no INPI (1998-2011).

Fonte: INPI.

Como é possível verificar, houve um aumento no número de depósitos de patentes totais por residentes no país. Entre 1998 e 2011, o número de depósitos aumentou mais de 60%, passando de 4.737 em 1998 para 7.764 em 2011, o que corresponde a um crescimento de 4,2% a.a.

Esse crescimento é ainda maior se consideradas apenas as patentes de invenção. As patentes de invenção aumentaram o equivalente a 111% em 13 anos, chegando a 4.718, correspondente a um crescimento de 6,2%. a.a.. A título de comparação, nesse mesmo período o crescimento médio do PIB brasileiro foi de 3,1 % a.a. e o da população de 1,2% a.a. (dados do IBGE).

Esse mesmo cenário é apresentado por Albuquerque et al. (2011) para as patentes depositadas por brasileiros em escritórios internacionais. Em um estudo, que abrange o período de 1974 a 2006, os autores apontam que o número absoluto de patentes do Brasil depositadas no USPTO cresceu expressivamente, saindo de 44 em 1974 para 341 em 2006.

Entretanto, segundo os autores, esse aumento é inferior ao de outros países e insuficiente para que o Brasil assuma um *ranking* superior na lista dos países com maior número de patentes. O país ainda possui uma posição modesta em termos de patentes (29ª colocação entre países no ano de 2006) e uma relativa estagnação nessa posição, em contraste com alguns países que cresceram expressivamente como Coréia do Sul e Taiwan entre as décadas de 1970 e 1980 e China e Índia na década de 1990.

Peculiarmente, no caso brasileiro há um número expressivo de patentes é depositado por pessoas físicas. Albuquerque et al. (2011) indicam que entre 1980 e 2005, as pessoas jurídicas depositaram 10.643 patentes no INPI e as pessoas físicas fizeram 25.074 depósitos. Como base de comparação, nos Estados Unidos as pessoas físicas depositaram apenas 14% das patentes no USPTO no ano de 2005.

No entanto, muitas das patentes obtidas por pessoas físicas no Brasil são, na realidade, propriedade de uma pessoa jurídica, mas registrada por motivos de conveniência ou idiossincrático em nome de um dos controladores. Essa explicação deriva do trabalho de Albuquerque et al. (2005) que ilustra essa característica através de um estudo em profundidade das pessoas físicas com grande número de depósitos de patentes no INPI¹⁸.

Albuquerque (2000) sugere que esse padrão de patenteamento de pessoas físicas está relacionado às inovações em micro e pequenas empresas. Além disso, Gullo e Guerrante (2004) indicam que as pessoas físicas possuem menores custos para patentear no escritório nacional, o que torna menos custoso o registro de patentes por uma pessoa física acionista da empresa do que pela equivalente pessoa jurídica.

Segundo Albuquerque et al. (2005) e Gullo e Guerrante (2004) outra característica relevante das patentes no Brasil é a presença expressiva de universidades e agências de fomento entre as pessoas jurídicas que mais depositam patentes no país. Em concreto, Gullo e Guerrante (2004) indicam que entre os dez maiores depositantes brasileiros de patentes no INPI, no período de 1999 a 2003, encontram-se uma agência de fomento (FAPESP), duas instituições de ensino (UFMG e UNICAMP), além de sete empresas do setor industrial¹⁹. O destaque das patentes universitárias é ainda mais forte, pois a UNICAMP figura como a instituição que mais depositou patentes no período.

Contudo, uma característica relevante das patentes universitárias é que mesmo que elas sejam expressivas numa análise dos maiores detentores de patentes do país, em termos absolutos, estas ainda representam um número bastante pequeno. Por exemplo, em 2004 e 2005, apenas 489 patentes foram depositadas por universidades, fundações ou centros de pesquisa. Ou seja, menos de 4% de todas as 14.063 patentes depositadas no período.

---

¹⁸ Segundo Albuquerque et al (2005), um caso exemplar é o da empresa Lorenzetti que é detentora de 50 patentes no período do estudo, mas todas estão registradas em nome do seu controlador, Cláudio Lorenzetti. Se todas as patentes de Cláudio Lorenzetti fossem computadas para sua firma, esta estaria na lista das vinte empresas com mais patentes no Brasil.

¹⁹ As empresas são Petrobrás, Arno, Multibras, Semeato, Vale do Rio Doce, EMBRACO e Dana.

Gullo e Guerrante (2004) destacam ainda uma particularidade das patentes universitárias. Segundo as autoras, as universidades possuem um comportamento distinto das empresas no tipo de patenteamento. Enquanto, quase todas as patentes depositadas pelas empresas são de titularidade exclusiva, há uma parcela expressiva das patentes solicitadas por instituições acadêmicas que são registradas em cotitularidade com outras empresas ou instituições. A partir da análise de Gullo e Guerrante (2004), é possível apontar que seria errôneo dissociar totalmente as patentes universitárias do setor produtivo. Isso ocorre porque, em um número expressivo de casos, as patentes universitárias são desenvolvidas em conjunto com parceiros individuais ou firmas do setor produtivo. Por exemplo, a UFMG depositou 66 patentes ou modelos de utilidade no período estudado. Destas, 11 eram com cotitularidade sendo que cinco envolviam como parceiros empresas privadas ou pessoas físicas.

Assim, após verificar o panorama geral das patentes no Brasil, para que seja possível analisar a atividade inovativa nas regiões brasileiras é necessário avaliar também em detalhe a distribuição das patentes no país, assim como os fatores que conformam essa distribuição.

3.3 Distribuição geográfica das patentes no Brasil

Diversos trabalhos descrevem e analisam a distribuição espacial das patentes no Brasil, como os de Albuquerque et al. (2002, 2005 e 2011) e Gonçalves (2007). Em grande medida, esses trabalhos apresentam uma distribuição pouco uniforme com expressiva disparidade entre o número de patentes de cada localidade. Em geral, as áreas com maior número de patentes estão nas Regiões Sul e Sudeste.

Um dos trabalhos pioneiros sobre a distribuição das patentes no Brasil foi o de Albuquerque et al. (2002). O intuito principal desse estudo foi descrever a distribuição da atividade tecnológica e científica no Brasil e comparar a colocação dessas atividades. Para isso, utilizaram como indicadores os números de artigos científicos, pesquisadores e patentes e apontaram haver uma forte concentração espacial no Brasil em todos esses indicadores.

Ao tratar das patentes, Albuquerque et al. (2002) indicaram que no Brasil haviam poucas localidades com patentes entre o período de 1999 e 2001. Os autores relataram

que apenas 886 dos 5.552 municípios brasileiros haviam registrado patentes. Além disso, dentre as localidades que realizaram registro de patentes há uma marcada concentração. Em conjunto, os dez municípios que mais registraram patentes eram responsáveis por 53,69% do total de patentes depositadas entre 1990 e 2000. Essa distribuição desigual pode ser bem visualizada pela distribuição de patentes por municípios, reproduzida no mapa da figura 3.1.

Figura 3.1 – Distribuição das patentes por municípios brasileiros (1990-2000).

Fonte: Albuquerque et al. (2002).

Visualmente, é possível sugerir que os municípios que registraram patentes são os que concentram a maior parte da atividade industrial no país. Essa sobreposição, entre a atividade inovativa e produtiva, é também tema avaliado por Albuquerque et al. (2002). Os autores realizaram essa comparação por meio do cálculo do Coeficiente de Gini e verificaram que ambas se mostram concentradas no Brasil, mas a concentração da produção tecnológica, medida por patentes, é ainda mais intensa (0,9937 para patentes e 0,8903 para emprego). Nesse sentido, Albuquerque et al. (2002) chegam a um resultado similar ao de Audretsch e Feldman (1996) e indicam que a atividade inovativa apresenta concentração ainda mais expressiva do que a atividade produtiva.

Outra característica clara da distribuição, visível na figura 3.1, é a concentração da atividade inovativa nas regiões Sul e Sudeste. Albuquerque et al. (2011) credita especial

relevância a seis Estados: São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Conjuntamente, eles são responsáveis por 90,4% das patentes, entre os anos de 1980 e 2005, e todas as dez empresas brasileiras que detêm maior número de patentes, seja no INPI ou USPTO, estão sediadas nesses Estados. Além disso, Albuquerque et al. (2011) relatam que esse quadro é bastante estável e que, ao longo dos anos, ocorreram apenas alterações nas posições relativas entre os Estados que mais registram patentes ao longo dos anos, permanecendo imutável a alta concentração nos mesmos.

Outro trabalho que avalia a distribuição das patentes no Brasil é o de Gonçalves (2007). Ao descrever o número absoluto de patentes das microrregiões brasileiras, o autor aponta que as cinco primeiras microrregiões que mais patenteiam coincidem com os centros mais industrializados do país: São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Curitiba e Porto Alegre.

Porém, Gonçalves (2007) indica que a análise de números absolutos de patentes não permite avaliar adequadamente a importância de cada microrregião em termos de inovação. Por isso, o autor realiza essa análise com o número de patentes per capita, no caso uma análise espacial do nível de patentes por dez mil habitantes de cada microrregião brasileira. Por meio da estatística I de Moran, Gonçalves (2007) aponta que não há uma distribuição aleatória da atividade inovadora no Brasil e que há uma autocorrelação espacial positiva²⁰. Isto é, as regiões com níveis mais altos de patentes são vizinhas de outras regiões com altos índices e as regiões de nível baixo são vizinhas de regiões com baixo número de patentes.

Os resultados do trabalho de Gonçalves (2007) apontam para uma especial concentração da atividade inovativa na porção Sul e Sudeste do país. Em sentido contrário, indica que a grande maioria das microrregiões das Regiões Norte, Nordeste e grande parte do Centro-Oeste apresentam homogeneamente uma baixa atividade de patenteamento. Por isso, o autor sugere a existência de uma polarização tecnológica Norte-Sul no país.

Além disso, Gonçalves (2007) aponta que a concentração da inovação em regiões vizinhas pode estar associada aos seus relevantes índices de industrialização, qualificação humana e diversidade tecnológica que auxiliariam esse fenômeno de concentração e tornaria possível a existência de uma grande aglomeração tecnológica.

---

²⁰ A estatística I de Moran e os métodos de análise espacial são apresentados no próximo capítulo.

Já a ausência de vizinhos com bons indicadores e estrutura industrial-tecnológica serve como barreiras que limita a difusão da atividade tecnológica entre as demais microrregiões brasileiras, especialmente nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Ao detalhar a extensão de localidades de alto desempenho inovativo, Gonçalves (2007) aponta que elas se concentram nos Estados de São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e alguns pontos no Paraná. A área de especial importância percorre o eixo que vai da microrregião de São Paulo até São José do Rio Preto, passando por Campinas, Piracicaba e Ribeirão Preto. Na região Sul, se destacaria o eixo Porto Alegre – Caxias do Sul – Passo Fundo e o de Blumenau – Joinville – Itajaí – Florianópolis.

A preponderância de São Paulo na atividade inovadora brasileira, tanto em termos absolutos como relativos, levou diversos trabalhos a analisar em maior profundidade esse Estado.

Albuquerque et al. (2005) descreve a importância do Estado de São Paulo afirmando que este concentra mais atividades inovativas do que sua própria importância para a economia brasileira. Os autores argumentam que a concentração econômica já é bastante relevante, pois 35,5% do Produto Interno Bruto (PIB) do país correspondem a esse Estado, mas a concentração da produção tecnológica é ainda maior. Para ilustrar isso, Albuquerque et al. (2005) apontam que as firmas residentes em São Paulo são titulares de 51% das patentes nacionais depositadas em 2001 no INPI e 49% das patentes brasileiras concedidas em 2002 no USPTO.

Em termos absolutos, dentro do Estado de São Paulo, há uma importante concentração da inovação na capital. Mascarini (2012) ilustra essa situação apontando que, em 2005, a microrregião da capital paulista foi responsável por 48% das patentes depositadas no Estado, seguida por Campinas (9,7%) e Osasco (4,1%). Porém, isto não pode ser entendido como uma pouca relevância nas demais áreas de São Paulo. Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011), que analisaram o número de patentes per capita das microrregiões paulistas no período de 1996-2003, mostraram que embora a cidade de São Paulo possua uma grande concentração em números absolutos de patentes, há um número expressivo de polos de cidades médias, bem dotadas de infraestrutura e sofisticada rede de ensino e pesquisa que são importantes para a dinâmica inovativa do estado.

Com base nessa argumentação, Montenegro (2008) que analisou a inovação nas microrregiões de São Paulo ao longo dos anos de 1997 a 2001, apresenta diferentes *clusters* de regiões de alto desempenho inovativo. Entre estas, destacam-se as microrregiões de Limeira, Piracicaba e Rio Claro. Já Mascarini (2012) realizou uma análise similar com dados de patentes para 2005 e verificou a existência de um eixo mais extenso de áreas de alto desempenho que inclui Campinas, Sorocaba e Ribeirão Preto.

Por fim, outro trabalho sobre o Estado de São Paulo é o de Montenegro e Betarelli Júnior (2009), que estudaram o desempenho inovativo dos 645 municípios paulistas entre os anos de 1999 e 2001. Nesse trabalho, encontraram diversos municípios com alto desempenho que possuíam vizinhos de desempenho semelhante. Em especial, os autores destacaram os municípios de São Paulo, Campinas e Ribeirão Preto.

Portanto, partido de que as patentes são um indicador adequado dos resultados inovativos, por sua distribuição espacial, pode-se apontar que a atividade inovativa brasileira possui um padrão marcadamente concentrado em que se destacam algumas localidades de alto desempenho nas Regiões Sul e Sudeste. Além disso, mostra-se uma expressiva disparidade em termos tecnológicos das porções Norte e Sul do país.

Essa concentração está relacionada à concentração da atividade produtiva. Ao mesmo tempo, desempenham papel importante outros elementos como a base tecnológico-científica local, a composição do parque industrial e a infraestrutura da região. Além disso, nota-se o papel da vizinhança na difusão da atividade inovativa e que, segundo alguns autores, como Gonçalves (2007), permitiram a conformação de grandes aglomerações tecnológicas.

4 Análise Espacial

Há uma extensa tradição nas ciências econômicas de estudos sobre a disposição espacial dos agentes econômicos. Entre estes se destacam trabalhos pioneiros como os de Thunnen (1826), Weber (1929), Hotelling (1929), Lösch (1954) e Isard (1956). No entanto, apenas após alguns desenvolvimentos metodológicos e com a disponibilidade de dados mais detalhados é que trabalhos quantitativos sobre as diferenças do desempenho inovativo regional se tornaram mais frequentes.

Para o escopo desse trabalho, possui particular interesse os estudos que avaliaram as atividades inovativas do ponto de vista da distribuição espacial. Trabalhos desse tipo se tornaram mais numerosos após o estudo seminal de Jaffe (1989) e ganharam complexidade à medida que avanços metodológicos como os sintetizados por Anselin (1988) foram incorporados nos estudos sobre o tema.

De maneira geral, esses trabalhos possuíam o objetivo de definir as características mais relevantes para um melhor desempenho inovativo das regiões e, a partir disso, apontar implicações em políticas públicas. Além disso, buscavam testar empiricamente questões relacionadas ao desempenho da inovação regional.

Assim, o que se propõe nesse capítulo é apresentar alguns conceitos e ferramentas de análise espacial e os principais modelos espaciais utilizados em trabalhos empíricos que analisaram a atividade inovativa regional.

4.1 Análise Espacial e Ciências Regionais

O termo análise espacial se aplica a um vasto conjunto de técnicas que lidam com a dimensão geográfica ou de proximidade dos fenômenos. Diversas dessas técnicas ou ferramentas são utilizadas em diferentes áreas do conhecimento em que o posicionamento relativo e a disposição dos elementos são fatores relevantes. São os casos de análises de padrões de localização de plantas na botânica; estudos de casos de epidemias e fenômenos de contágio na infectologia; dinâmicas das ciências de transporte; ou as ciências regionais que utilizam essas ferramentas para avaliar a distribuição espacial de características produtivas, econômicas ou inovativas.

As ciências regionais ou os estudos regionais compreendem um campo do conhecimento que envolve pesquisadores de distintas origens que fazem uso de técnicas de análise espacial para avaliar a atividade econômica, fluxos comerciais e de pessoas, localização da produção, entre outros temas. Segundo LeSage (1999) o elemento comum dos diversos trabalhos que se encaixam sob o rótulo de Ciências Regionais é o fato de compartilharem uma série de fundamentos. Por isso, LeSage (1999, p. 5, tradução própria) indicou que *“a Ciência Regional é baseada na premissa de que a localização e a distância são forças importantes na geografia humana e na atividade de mercado. Todas essas noções foram formalizadas na teoria da ciência regional que recaem sobre as noções de interação espacial e efeitos de difusão, hierarquia de lugares e spillovers espaciais”*.

No que diz respeito ao conjunto de técnicas aplicadas ao campo das Ciências Regionais, Anselin (1988) define a Econometria Espacial como um conjunto de ferramentas estatísticas que lidam com as peculiaridades causadas pela localização espacial dos agentes. Para esse amplo campo, as técnicas de Análise Espacial são importantes instrumentos de avaliação de fenômenos e auxiliam a compreensão da dimensão espacial dos mesmos. Essas ferramentas espaciais servem para testar hipóteses e fornecer evidências que refutam ou reforçam as suposições sobre comportamento geográfico dos fenômenos

Deve-se destacar que a noção de proximidade e vizinhança é fundamental para a correta utilização da Análise Espacial. Essa noção está ligada ao pressuposto que um fenômeno possui efeitos espaciais que afetam as localidades mais próximas e que esses efeitos se refletem em uma similaridade ou dissimilaridade de uma região com os seus vizinhos²¹.

A compreensão da dinâmica espacial em vários fenômenos e os efeitos de proximidade levou a formulação de uma afirmação um tanto simplória, mas que define em poucas palavras os fenômenos espaciais e ficou conhecida como a primeira lei de Tobler: *“Todos os locais estão relacionados, mas os lugares próximos estão mais relacionados que os distantes”* (TOBLER, 1970, p. 236).

Por esse motivo, entende-se que a disposição das regiões no espaço e sua formalização não é algo trivial. Trata-se de uma questão relevante para esses estudos, pois os padrões de mudanças desses fenômenos ao longo do espaço geográfico possuem importância.

---

²¹ As noções de vizinhança e proximidade são abordadas com maior profundidade na seção 4.2.

LeSage (1999) caracteriza dois elementos chaves que tornam os dados relacionados ao espaço diferentes dos dados não espaciais: a dependência espacial (ou autocorrelação espacial) e a heterogeneidade espacial.

A dependência espacial ocorre quando se observa um padrão específico de similaridade ou dissimilaridade entre regiões vizinhas. Por exemplo, dada uma variável específica, as regiões com valores altos estão cercadas por vizinhos com valores altos ou baixos.

Diante da ocorrência de autocorrelação espacial, as características de uma região podem gerar impactos nos seus vizinhos, aumentando ou diminuindo a ocorrência de certos fenômenos ou fatores. Por exemplo, a ocorrência de maiores crimes violentos em um bairro pode ter impacto negativo não apenas sobre o valor dos imóveis do próprio bairro, mas também de seus vizinhos. De modo contrário, a atração de população para uma região pode ocasionar a atração de mais população também para seus vizinhos por uma série de benefícios obtidos pelo adensamento da região. Tendo isso em conta, LeSage (1999) indica que a dependência espacial pode ser um indicador de que a dimensão da localização e a proximidade da atividade econômica é um aspecto realmente importante na formulação dos modelos.

Outra característica dos estudos espaciais é a existência de heterogeneidade espacial. Ela decorre, em geral, das próprias diferenças entre elementos espaciais como tamanho, formato e limite das unidades espaciais analisadas (regiões, cidades, países, etc.). Ou seja, cada localização possui certo grau de unicidade geométrica. Dependendo da heterogeneidade espacial, os parâmetros estimados para todo o conjunto de regiões podem não ser aplicáveis a uma localização específica.

Deve-se apontar que a existência de autocorrelação ou heterogeneidade espacial implica em que algumas suposições básicas das ferramentas de regressão estatística não são válidas, como, por exemplo, a suposição de independência das observações. Portanto, nestes casos, o uso dos métodos de regressão tradicionais, que não compensam a dependência espacial, levaria a estimar parâmetros viesados e ineficientes.

Dessa forma, para lidar com a dependência espacial foi necessário desenvolver novas ferramentas estatísticas que levassem em conta a autocorrelação espacial. O resultado desses esforços ficou conhecido como modelos de regressão espacial e estão, em grande parte, apresentados no trabalho clássico de Anselin (1988).

Diversas são as ferramentas de Análise Espacial utilizadas nos estudos sobre a dimensão geográfica da atividade econômica, produtiva e inovativa. Para este trabalho serão utilizadas a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) e as regressões espaciais que são apresentados nas próximas seções. Antes disso, para uma melhor compreensão dos métodos de Análise Espacial, é importante aprofundar nos passos de formalização para que a proximidade geográfica seja inserida em estudos quantitativos.

4.2 Quantificando a localização: formalização da proximidade geográfica

Para realizar uma análise de estatística espacial ou estimar um modelo econométrico espacial é fundamental considerar a vizinhança e a proximidade geográfica entre regiões. Os estudos empíricos que incluem a dimensão espacial dependem de um passo de formalização conceitual das relações espaciais que é de importância crucial. Essa formalização se dá com a inserção, de forma exógena, de uma matriz de pesos espaciais (W) que define, como aponta Ertur, Le Gallo e Baumont (2006), a conexão de cada região a um conjunto de vizinhos por um “padrão puramente espacial”.

Define-se essa matriz com dimensão $n \times n$, em que n é o número de áreas geográficas analisadas, e cada elemento w_{ii} de sua diagonal possui valor zero. Já os elementos w_{ij} indicam um peso ou medida para a forma como a região i está espacialmente conectada a j , indo de zero (não conectada) até um valor limite. Pois, como indica Baumont, Ertur e Le Gallo (2004), cada elemento da matriz W é não estocástico, não negativo e finito. Isso se dá, como aponta Anselin (1988) pela necessidade que estimadores e testes tenham propriedades assintóticas atendendo as condições de regularidade.

Em geral, é comum que as matrizes de peso espaciais sejam normalizadas. Isto é, a matriz de pesos é padronizada de forma que os elementos de uma linha somem 1, o que uniformiza o efeito total dos vizinhos.

A notação da matriz W define então um conjunto de pesos que pondera as variáveis dos vizinhos. Por isso, sua multiplicação por uma variável é conhecida como defasagem espacial. Dessa forma, para uma variável y , Wy é chamada a variável defasada espacialmente e é simplesmente a média dessa variável nos vizinhos ponderada por pesos espaciais. Ou seja, numericamente, a variável defasada espacialmente permite quantificar a influência dos vizinhos sobre uma região.

A escolha entre diferentes tipos de matriz de pesos a ser adotado para formalizar essas relações espaciais dependerá das características geográficas da área estudada e especificidades do fenômeno analisado. Habitualmente, as matrizes são construídas com propriedades geográficas entre as unidades espaciais observadas como contiguidade, existência de fronteiras ou distância geográfica. Quanto mais realisticamente são modeladas as interações das regiões no espaço, mais acurados são os resultados dos modelos e análises. Por isso, a escolha do parâmetro para as matrizes de relações espaciais deve refletir como essas relações ocorrem. Porém, em muitos casos, uma modelagem melhor da proximidade pode exigir um expressivo tempo computacional na estimação dos modelos sem ganhos consideráveis nos resultados.

Nesse sentido, diferentes tipos de matrizes de pesos espaciais são utilizados na literatura. Elas adotam critérios distintos para definir como as regiões estão relacionadas entre si e a respectiva intensidade dessa relação. A seguir, são apresentadas algumas matrizes de peso espacial mais comumente adotadas.

4.2.1 Diferentes tipos de matrizes

Segundo LeSage (1999) a forma de quantificar a localização em uma matriz de pesos W costuma ocorrer através de duas características da representação geográfica das unidades: a contiguidade e a distância. As matrizes de contiguidade partem do pressuposto que a posição relativa de duas localidades serve de critério para as relações como ter ou não fronteiras em comum. Já as matrizes de distância estabelecem que a relação entre duas regiões diminui com o aumento da distância.

Em vários casos, a matriz de pesos espaciais define apenas a conectividade entre as regiões, sendo elas conectadas ($w_{ij} = 1$) ou não conectadas ($w_{ij} = 0$). Em outros casos, esse peso é graduado por alguma grandeza associada à relação entre as regiões.

Dentre as matrizes de pesos espaciais, Chagas (2004) recorda que podem ser usados diferentes critérios e em alguns casos, essas matrizes recebem nomes específicos, especialmente as utilizadas com mais frequência como matrizes do tipo Rainha, Torre, inverso da distância e k vizinhos mais próximos (com $k = 5, 10$, etc.). Entre elas, as mais utilizadas, segundo Getis e Aldstadt (2010), são as matrizes de peso de contiguidade (Rainha ou Torre), de inverso da distância, por comprimento de fronteiras

compartilhadas, de k vizinhos mais próximos (ou *k-nearest*) e o de área de influência. As principais delas são apresentadas de modo sintético seguindo a categorização de LeSage (1999) em dois grandes grupos: as baseadas em contiguidade e as baseadas em distância.

a) Matrizes de peso baseadas em contiguidade

A vantagem das matrizes de peso baseadas em contiguidade, ou fronteiras, são bastante simples em termos de formulação. Elas são oportunas quando as fronteiras comuns são uma boa medida de vizinhança e tem a vantagem de serem mais facilmente computadas que as matrizes por distância.

Contiguidade espacial

Definem como vizinhos regiões que possuem fronteiras comuns e não-vizinhos todos os demais. Quando se define vizinhos os que compartilham pelo menos um único ponto, recebem o nome de matriz de tipo Rainha (*Queen*) e quando são vizinhos os que possuem um segmento o nome de Torre (*Rook*).

Dada uma função $bnd(i)$ que define aos pontos limites da unidade i , a matriz tipo Rainha pode ser definida da seguinte maneira.

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & bnd(i) \cap bnd(j) \neq \emptyset \\ 0, & bnd(i) \cap bnd(j) = \emptyset \end{cases} \quad (4.1)$$

Se l_{ij} denota os pontos em comum das fronteiras de i e j , logo sempre que duas regiões possuem pelo menos mais de um ponto, ou seja, um segmento de reta em comum, ela retornará um valor positivo. Assim, define-se a matriz de peso tipo Torre como:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & l_{ij} > 0 \\ 0, & l_{ij} = 0 \end{cases} \quad (4.2)$$

Peso de fronteiras comuns

Como visto, nas matrizes Rainha e Torre, não há diferenças de importância entre vizinhos que compartilham fronteiras maiores ou menores. No entanto, em alguns casos, pode ser relevante modelar um peso maior ou menor de acordo com o tamanho das fronteiras em comum. Esse é o intuito da matriz de pesos por fronteiras comuns. Seja l_i o total de fronteiras com outras áreas então os pesos da matriz se definem por:

$$w_{ij} = \frac{l_{ij}}{l_i} \quad (4.3)$$

b) Matrizes de peso baseadas em distância

As matrizes baseadas em distância utilizam a medida da distância entre duas localidades para definir se as mesmas são ou não vizinhas e, em alguns casos, qual é o peso dessa proximidade. Suas matrizes mais comuns são as de k mais próximos, distância radial, inverso da distância ou exponencial.

Matrizes de k mais próximos (k -nearest)

Seja d_{ij} a distância entre os pares de unidades espaciais i e j . Num grupo de n localidades, dada a unidade i , as demais unidades j (sendo $j \neq i$), são ordenadas de modo que $d_{ij(1)} \leq d_{ij(2)} \leq \dots \leq d_{ij(n-1)}$. Para cada $k = 1, 2, \dots, n$, define-se um conjunto que $N_k = \{j(1), j(2), \dots, j(k)\}$ que contém os k vizinhos mais próximos. Para cada k , a matriz W pode ser representada da seguinte forma:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & j \in N_k(i) \\ 0, & \text{demais casos} \end{cases} \quad (4.4)$$

Assim, a vizinhança é definida por zeros e uns. O termo w_{ij} assume valor 1 quando a região é um dos k vizinhos mais próximos e zero quando não.

Peso por distância radial, zona de influência ou banda

Muitas vezes a própria distância é um critério importante na influência espacial. Então é possível definir uma distância radial do centro de i a partir do qual se define a quais são as regiões vizinhas. As localidades com distância inferior a d são vizinhos e os

superiores não. Dessa forma, todas unidades j com distância inferior ao limite possuem vizinhança com a unidade i . E a matriz W tem a forma:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & 0 \leq d_{ij} \leq d \\ 0, & d_{ij} > d \end{cases} \quad (4.5)$$

Inverso da distância ou exponencial

Nos dois casos anteriores, a distância é apenas critério para definir se uma localidade pertence ou não ao grupo de vizinhos. Em alguns casos, a distância menor pode indicar uma maior proximidade. Para estes casos, costuma-se utilizar o inverso da distância como peso da vizinhança quantificando a relação como mais forte entre regiões próximas. Os dois casos mais tradicionais são inverso da distância e inverso da distância ao quadrado ($\alpha = 1$ e $\alpha = 2$). Além disso, em análises com grande número de unidades espaciais pode-se definir uma distância limite d_{limite} , a partir do qual não se consideram mais vizinhas para evitar o grande peso computacional desta matriz.

$$w_{ij} = \begin{cases} d_{ij}^{-\alpha} & \text{se } d_{ij} \leq d_{limite} \\ 0 & d_{ij} > d_{limite} \end{cases} \quad (4.6)$$

Outra maneira é utilizar a distância, em uma forma exponencial, como na matriz abaixo:

$$w_{ij} = \begin{cases} \exp(-\alpha d_{ij}) & \text{se } d_{ij} \leq d_{limite} \\ 0 & d_{ij} > d_{limite} \end{cases} \quad (4.7)$$

Pelas suas diferenças de formalização, as diferentes matrizes de peso espacial podem ser mais apropriadas para diferentes cenários. Para comparar as propriedades e aplicabilidade dos diferentes tipos de matrizes, pode ser útil verificar o que aponta a documentação de referência de uma empresa fornecedora de softwares do setor²². A Esri (2013) desenvolveu um material de referência que apresenta uma série de diretrizes referentes sobre a formalização e adoção de diferentes tipos de matrizes de peso espacial.

---

²² A Esri é uma empresa líder de softwares para Sistemas Geográficos de Informações (SIG) e produz o ArcGIS, um pacote de software que é referência no setor. O seu material de referência que inclui uma seção especial chamada “*Modeling spatial relationships*” que apresenta os principais conceitos de matrizes de peso e as vantagens e desvantagens da adoção de cada tipo.

Essa documentação aponta que as matrizes de contiguidade de polígonos, como as do tipo Rainha ou Torre, costumam ser mais adequadas quando os polígonos que descrevem as áreas têm tamanhos e distribuição similares.

Já com relação as matrizes de inverso da distância, a Esri (2013) aponta essas matrizes são especialmente boas na modelagem de fenômenos com interações mais intensas em regiões próximas, mas sua formulação computacional exige significativo poder de processamento para grandes volumes de dados. Portanto, para utilizar matrizes de pesos de distância invertida para analisar regiões com grandes números de unidades espaciais é importante definir um limite (*cut-off*) pois esse tipo de matriz exige grande capacidade computacional²³.

Por fim, a Esri (2013) sugere que utilizar matrizes de tipo *k-nearest* em modelo é uma boa opção quando há interesse de que haja um mínimo de vizinhos na análise, porém deve-se tomar cuidado na escolha do valor de *k*, que não pode ser muito reduzido ou elevado e dependerá do número médio de vizinhos.

Como é possível verificar, há uma ampla gama de formas possíveis de modelar a proximidade por matrizes de peso espacial com diferentes formulações. Com as singularidades dessas matrizes em vista, diversos trabalhos buscaram avaliar o quanto um mesmo resultado empírico variava apenas pela mudança da matriz adotada. Ou seja, em que medida as inferências eram sensíveis a especificação dessas matrizes de peso espacial.

Baumont, Ertur e Le Gallo (2004) sugerem testar diferentes matrizes de peso como forma de garantir que há uma boa especificação do modelo e a robustez dos resultados. Porém, alguns trabalhos elevaram essa discussão metodológica ao seu ponto central e passaram a apontá-la como tema especialmente relevante na pesquisa espacial, como o trabalho de Kostov (2010).

Contudo, LeSage e Pace (2010) verificaram um excesso no movimento de tentar definir com exagerada precisão a matriz de pesos mais apropriada para cada modelo estimado. Segundo os autores, a proliferação de trabalhos nesse sentido ocorreu porque alguns pesquisadores partiram do pressuposto errôneo de que as inferências são especialmente

---

²³ A título de ilustração da diferença de custos computacional é interessante comparar o tempo de processamento de dois modelos utilizados neste trabalho. O modelo original de contiguidade tipo *k-nearest* ($k = 15$) levou 2537,69 segundos. Enquanto, o mesmo modelo com matriz de distância (inverso de distâncias) levou 9075,02 segundos. A matriz de distância multiplicou em 3,5 o tempo de processamento.

sensíveis à matriz de peso espacial escolhida. Isto é, para LeSage e Pace (2010) os resultados das estimações não mudariam apenas pela adoção de uma matriz um pouco diferente. Os autores consideram que afirmar que há uma grande sensibilidade dos modelos à matriz de peso escolhida é “*um dos maiores mitos sobre os modelos de regressão espacial*”.

LeSage e Pace (2010) não sugerem que não se realizem testes entre diferentes tipos de matrizes para verificar a sua adequação, mas indicam que o esforço excessivo por fazer um “ajuste fino” na escolha entre diferentes matrizes é uma estratégia equivocada.

Para fundamentar essa argumentação, os autores verificam dois modelos espaciais autorregressivos para um amplo conjunto de dados. Testam diferentes matrizes de pesos do tipo *k-nearest* e seus resultados indicaram que o modelo estimado com a matriz de pesos de 15 vizinhos mais próximos possuía os melhores resultados. Partindo desse ponto, para verificar a sensibilidade dos resultados, os autores compararam os resultados desse modelo estimando-o com onze matrizes diferentes de tipo *k-nearest*, a de 10 até a de 20 vizinhos mais próximos. Nesse teste, os autores mostram resultados similares para todos os modelos tanto para os efeitos diretos como para os indiretos ilustrando assim a tese dos autores que se ganha pouco em qualidade do modelo com excessivos ajustes na matriz de peso.

Dessa maneira, os autores sugerem que uma matriz de pesos espaciais que tenha a devida capacidade de modelar a proximidade geográfica é suficiente para inserir de modo satisfatório essa relação no modelo, atendendo o intuito de tratar a autocorrelação espacial.

Uma vez discutida as especificidades das matrizes de peso proximidade para as análises espaciais, o próximo tópico aprofunda nas ferramentas de análise estatísticas espaciais e nos modelos de Econometria Espacial.

4.3 Estatísticas Espaciais: Análises de Autocorrelação Espacial

As análises de autocorrelação espacial levam em conta medidas estatísticas para o grau de dependência entre observações no espaço, são exemplos o *I* de Moran, definido por Moran (1950) e o *C* de Geary, definido por Geary (1954). Índices dessa natureza têm o intuito de sintetizar, em uma única medida, como um determinado fenômeno é afetado

pela geografia e se esse efeito envolve proximidade de unidades similares ou não similares.

Nesse tipo de análise, tem especial importância a forma como os dados são constituídos. Em concreto, para esses trabalhos, são muito relevantes as matrizes de peso espacial (em geral denotadas pela letra W). Estas matrizes, como já apontado, definem os pesos de proximidade relacionados à geografia ou às relações entre as regiões.

Normalmente, as medidas de autocorrelação espacial comparam os pesos espaciais com a covariância entre os pares de localização. Quando a medida de autocorrelação espacial é maior que o esperado pela matriz de pesos, indica-se que há um processo de aglomeração de valores similares no espaço. Em sentido contrário, quando menor que o esperado, indica que os vizinhos não são similares.

Estatísticas de autocorrelação espacial como o I de Moran e o C de Geary são globais, ou seja, dizem respeito ao universo das regiões estudadas. Isso significa que estimam o grau médio de autocorrelação de um conjunto de dados. No entanto, em cenários reais em que ocorre heterogeneidade espacial, é normal que a autocorrelação varie entre as regiões. Por isso, medidas locais das estatísticas de autocorrelação espacial permitem estimar localmente as relações de dependência no espaço.

Entre as ferramentas de análise de autocorrelação espacial, uma das mais tradicionais é proposta por Anselin (1988). O autor apresenta uma metodologia para lidar com a heterogeneidade espacial de certos fenômenos que se tratados de forma por métodos econométricos padronizados poderiam levar a resultados equivocados. Essa ferramenta é a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) que auxilia a modelagem econométrica espacial. Isto ocorre porque essa ferramenta permite verificar concentração de localidades de um mesmo tipo (*clusters*) e localidade atípicas, ou *outliers* espaciais. Por isso, Montenegro (2008) afirma que:

Os métodos convencionais, como regressões múltiplas, não são formas apropriadas de lidar com dados georeferenciados, visto que não são confiáveis para detectar agrupamentos e padrões espaciais significativos. Dessa forma, a AEDE será a primeira etapa para revelar padrões espaciais, que deverão anteceder quaisquer modelos econométricos espaciais. (MONTENEGRO, 2008, p. 52).

Nesse contexto, as ferramentas de AEDE permitem avaliar as diferentes características espaciais do fenômeno estudado e indicar o padrão espacial de ocorrência de um determinado fenômeno. No caso de estudos de inovação, por exemplo, podem ser

regiões com número expressivamente alto ou baixo de patentes per capita ou o dispêndio em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) das empresas locais.

A partir de uma grandeza analisada e da matriz de pesos escolhida, é possível calcular as medidas de autocorrelação espacial globais (um valor único para todo o conjunto) ou locais (único para cada localidade). No primeiro caso, duas medidas são as mais utilizadas, I de Moran e C de Geary. Ambos indicadores medem, de forma diferente, se a variável analisada está autocorrelacionada espacialmente. Nesse trabalho, será utilizado fundamentalmente o I de Moran²⁴, que é calculado por:

$$I = \left(\frac{n}{S_o} \right) \left(\frac{z'_t W z_t}{z'_t z_t} \right) \forall t = 1, \dots, n \quad (4.8)$$

Em que z_t é o vetor de n observações para o ano t na forma de desvio em relação à média. W é a matriz de pesos espaciais. É importante lembrar que os valores da diagonal principal dessa matriz são iguais a zero, pois nenhuma região é, por definição, sua vizinha. O termo S_o é um escalar igual à soma de todos os elementos de W .

Para simplificar essa equação, costuma-se utilizar W de forma normalizada, reduzindo a equação anterior a:

$$I = \left(\frac{z'_t W z_t}{z'_t z_t} \right) \forall t = 1, \dots, n \quad (4.9)$$

O I de Moran tem por propósito avaliar se a distribuição espacial das variáveis analisadas se deve a um processo aleatório ou a algum processo espacial subjacente. Para confirmar essa hipótese, o I de Moran tem valor esperado $E(I) = -[\frac{1}{n-1}]$. Dessa forma, os valores de I que excederem $-[\frac{1}{n-1}]$ apresentam autocorrelação espacial positiva. Ao contrário, valores abaixo do esperado sinalizam uma autocorrelação negativa.

A ocorrência de autocorrelação espacial positiva ou negativa implica em padrões distintos de distribuição no espaço. A positiva implica na concentração de regiões similares. Isto é, regiões com valores altos de uma determinada variável, como patentes per capita, são vizinhas de regiões de alto valor e de forma similar uma região de baixo número de patentes é vizinha de regiões com baixo número de patentes.

---

²⁴ Diversos trabalhos fazem uma revisão mais detalhada sobre o I de Moran e análise LISA, entre eles é possível citar Montenegro (2008).

No caso da autocorrelação negativa ocorre ao contrário, regiões dissimilares estão concentradas, sendo uma região com alto número de patentes per capita cercada por outras de baixa e vice-versa.

No entanto, as variáveis globais apontam para a tendência geral de toda amostra. Dessa forma, o I de Moran não aponta padrões locais de associação espacial. Para esse propósito é possível utilizar indicadores que medem a associação entre uma região específica e seus vizinhos, chamadas de indicadores de autocorrelação locais. Nesse caso, trata-se do I de Moran local, também conhecido pelo acrônimo de LISA (*Local Indicator of Spatial Association*).

A análise da estatística LISA serve de modo especial para apontar padrões locais de autocorrelação estatisticamente significativos que indicariam *clusters* espaciais (aglomerações de valores altos ou baixos da unidade analisada). O I de Moran local de uma dada variável y é medido por:

$$I_i = \frac{(y_i - \bar{y}) \sum_j w_{ij} (y_j - \bar{y})}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2 / n} \quad (4.10)$$

em que y é a variável analisada na região i e a sequência de todos os seus vizinhos (j). W é a matriz de pesos espaciais adotada em que w_{ij} indica o peso atribuído na matriz à ligação espacial entre a região i e a região j .

Com as medidas de I de Moran local é possível determinar algumas observações que são de especial interesse para a análise, entre eles os *clusters*. Os *clusters* são pontos cercados por vizinhos de valor similar.

Figura 4.1 – Exemplo do gráfico de dispersão de Moran.

Esses pontos podem ser observados no gráfico de dispersão de Moran (figura 4.1). Como visto, o gráfico é composto por dois eixos que representam no eixo vertical a defasagem espacial da variável analisada e no eixo horizontal a variável estudada. Sob esses eixos são plotadas as observações de cada região e uma linha de tendência que indica a média global do I de Moran. Além disso, o diagrama delimita quatro quadrantes que identificam quatro tipos de associações entre as regiões: que permite identificar quatro tipos de associações: alto-alto, baixo-baixo, alto-baixo e baixo-alto.

Pode-se afirmar, portanto, que o diagrama de dispersão de Moran, nada mais é do que assinalar num gráfico com dois eixos a variável analisada x e sua respectiva observação defasada espacialmente Wx como na ilustração. Os quatro quadrantes definem comportamentos especiais. O primeiro e o terceiro quadrantes referem-se respectivamente aos espaços em que são plotados os pontos de alto-alto e baixo-baixo. Esses dois quadrantes apontam as regiões cercadas por vizinhos de valores de x similares. Ou seja, uma região identificada no diagrama na área alto-alto terá um valor de x e Wx superior à média de x e Wx , respectivamente, e, analogamente, em baixo-baixo, valores inferiores à média.

De modo contrário, o segundo e o quarto quadrante do diagrama, representam as áreas de alto-baixo e baixo-alto. Ou seja, regiões de valor de x superior à média, rodeada por vizinhos (Wx) com valor mais baixo que a média (alto-baixo). No caso de baixo-alto, ocorre precisamente o contrário.

Além disso, a linha de tendência *plotada* no diagrama apresentará inclinação positiva quando os pontos de alto-alto e baixo-baixo forem abundantes, indicando uma autocorrelação espacial positiva. Dessa forma, os *outliers* espaciais serão as observações encontradas nos quadrantes contrários à linha de tendência e os pontos de alavancagem alinhados com a linha de tendência. Portanto, num caso de autocorrelação positiva seriam *outliers* as observações alto-baixo e baixo-alto; e de alavancagem as observações alto-alto e baixo-baixo.

Como é possível observar, as ferramentas de Análise de Autocorrelação Espacial como o I de Moran e a análise LISA oferecem uma evidência estatística do comportamento especial de um dado fenômeno. No entanto, essas ferramentas possuem duas limitações. A primeira é que estas ferramentas traçam apenas um cenário estático do fenômeno estudado. E a segunda, é que a análise é realizada apenas para uma ou duas variáveis

por vez. Assim, para análises mais complexas é necessário utilizar modelos de regressão espacial.

4.4 Modelos de Regressão Espacial

Há uma longa tradição do uso de regressões econométricas em estudo dos determinantes da inovação, geralmente medido por patentes, como no caso de Scherer (1965). Contudo, trabalhos sobre inovação envolvendo econometria e elementos espaciais só surgiram posteriormente com o trabalho de Jaffe (1989) que aplicou pela primeira vez a Função de Produção de Conhecimento de Griliches (1979) a recortes geográficos.

Alguns desses primeiros trabalhos sobre elementos regionais da inovação com os de Jaffe (1989) e Acs, Audretsch e Feldman (1992, 1994) foram de extrema importância para o desenvolvimento dos estudos da geografia da inovação. No entanto, eles adotavam apenas o ferramental estatístico tradicional, o que dificultava o estudo de alguns fenômenos espaciais mais complexos.

LeSage (1999) aponta que a limitação da aplicação dos modelos de regressão tradicionais a fenômenos espaciais ocorre porque a dependência espacial entre as observações e a heterogeneidade espacial das relações no modelo violam as hipóteses de Gauss-Markov que pautam a regressão tradicional. Em concreto, o autor indica que a dependência espacial viola a independência das observações e a heterogeneidade espacial viola a relação linear entre observações da amostra. Portanto, se a relação varia ao longo da amostra é necessário modelar essa variação para obter inferências apropriadas.

Foi com a incorporação dos desenvolvimentos da econometria espacial de diversos autores como Cliff e Ord (1981), Upton e Fingleton (1985) e Anselin (1988) nos trabalhos sobre o tema, que os resultados cresceram em qualidade, matiz e profundidade. Isso se deve ao fato de que as regressões espaciais buscam capturar a dependência espacial dos fenômenos, levando em conta a relação espacial e evitando problemas de eficiência ou viés nos parâmetros estimados.

Tradicionalmente, dependendo da técnica específica adotada, a dependência espacial pode ser introduzida no modelo pela inclusão da defasagem espacial da variável

dependente ou de um elemento de erro espacial. Segundo Anselin (1988), os principais modelos espaciais gerais podem ser definidos por:

$$\begin{aligned}
 Y &= \rho WY + X\beta + \varepsilon \\
 \varepsilon &= (I - \lambda W) - 1\mu \\
 \mu &\sim N(0, \Omega) \\
 \Omega_{ii} &= h_i(Z\alpha)
 \end{aligned}
 \tag{4.11}$$

Em que Y é um vetor $n \times 1$ de variáveis dependentes, W a matriz de pesos espaciais, X é a matriz de variáveis independentes e ε é o vetor de erros. Já ρ é o coeficiente da variável espacialmente defasada, β é um vetor $k \times 1$ associado às variáveis independentes, λ é o coeficiente da estrutura espacial autorregressiva dos erros e μ é o vetor $n \times 1$ de erros.

O caso geral apresentado por Anselin (1988) também assume que o erro μ tem distribuição Normal. Sua matriz de covariância diagonal, Ω , permite heterocedasticidade e está associada ao termo α , assim quando $\alpha = 0$ há homocedasticidade.

Como indicado na tabela 4.1, dependendo dos valores dos termos ρ , λ e α , a especificação geral acima recai sobre específicos modelos de econometria espacial. No primeiro caso, em que não há efeitos espaciais, ou seja, todos esses termos são iguais a zero, recai no caso tradicional de regressão linear estimada por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) ou *Ordinary Least Squares* (OLS).

Nos casos em que há efeitos espaciais, as especificações podem ser primeiramente o Modelo de Defasagem Espacial ou Modelo Autorregressivo Espacial (SAR, *Spatial Autoregressive Model*) em que se busca o efeito da vizinhança por um termo de defasagem espacial da própria variável dependente e que ocorre quando $\lambda = 0$ e $\alpha = 0$ e $\rho \neq 0$.

Já o modelo de Modelo de Erro Espacial (SEM, *Spatial Error Model*), em que todos os efeitos espaciais são capturados pelo termo de erro do modelo, ocorre quando $\rho = 0$ e α

$= 0$ e $\lambda \neq 0$. Por fim, o caso mais amplo, o Modelo Espacial Geral, quando apenas $\alpha = 0$ ²⁵.

Tabela 4.1 – Principais tipos de Modelos de Regressão Espacial

Parâmetros	Tipo de modelo
$\rho = 0; \lambda = 0; \alpha = 0$	Modelo de regressão linear por MQO/OLS
$\lambda = 0; \alpha = 0$	Modelo Autorregressivo Espacial – <i>Spatial Autoregressive Model</i> (SAR) ou simplesmente Modelo de Defasagem Espacial
$\rho = 0; \alpha = 0$	Modelo de Erro Espacial – <i>Spatial Error Model</i> (SEM)
$\alpha = 0$	Modelo Espacial Geral – <i>General Spatial Model</i> (SAC)

Fonte: adaptado de Costa (2008).

Além dos modelos autorregressivo (SAR), de erro espacial (SEM) e geral (SAC), são comuns na literatura sobre inovação o uso de alguns outros modelos espaciais específicos. Em concreto, do trabalho de LeSage e Page (2009), pode-se citar o uso de modelos que incluem apenas as variáveis independentes defasadas espaciais (*Spatial lag of X models*, ou simplesmente SLX) e um modelo que associa o SLX e o SAC conhecimento como Spatial Durbin Model (SDM) que inclui erro espacial, autorregressão e a defasagem espacial de variáveis dependentes.

A escolha do melhor modelo espacial específico para cada caso dependerá de dois passos. Primeiramente, verificar se há de dependência espacial. Esse passo é justificável uma vez que com a presença de autocorrelação espacial, a estimação por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) é enviesada e ineficiente. Em geral, essa análise envolve verificar se há correlação espacial dos resíduos após a estimação por MQO por meio de uma estatística específica como o *I* de Moran ou Multiplicadores de Lagrange (ML). No caso dos Multiplicadores de Lagrange, há formulações específicas para verificar a hipótese de ausência de autocorrelação espacial devido a um erro ou defasagem espacial por estatísticas de Multiplicador de Lagrange (ML) para ρ (defasagem espacial) ou λ (erro espacial).

Posteriormente, o segundo passo se fundamenta na escolha de um tipo específico de modelo espacial. Esse passo envolve definir, a partir do fenômeno analisado, qual modelo é mais adequado para modelar a relação espacial estudada²⁶.

²⁵Chagas (2004) e Costa (2008) são exemplos de trabalhos que revisam diferentes modelos de econometria espacial e apresentam critérios para a escolha do mais adequado a cada caso.

No entanto, ainda que os modelos espaciais já apresentados levem em conta na sua formulação as estruturas espaciais, eles ainda podem ser inadequados a alguns casos especiais.

4.4.1 Tobit Espacial

O nível de patentes por habitantes das regiões brasileiras apresenta uma distribuição que assume valores positivos ou nulos. No Brasil, como apontado anteriormente, há uma numero expressivo de microrregiões sem nenhuma patente depositada. Além disso, como já discutido anteriormente, as patentes mostram-se espacialmente concentradas em algumas poucas regiões e vários trabalhos como Gonçalves (2007) apontam para a existência de dependência espacial das patentes.

Uma maneira de analisar esse fenômeno é que a inovação observada, medida por patentes, tem comportamento similar a um indicador censurado, resultando numa distribuição truncada das observações da variável dependente.

Para esses casos, LeSage e Pace (2009) sugerem o uso de um modelo Tobit Espacial. Este modelo é a transposição para o contexto da Econometria Espacial do modelo que lida com censura proposto por Tobin (1958). Por isso, muitas vezes esse modelo é chamado de modelo Tobit. Na visão de LeSage e Pace (2009), fenômenos desse tipo podem ser modelados por um indicador mensurado pela variável observada y . Nesse caso, uma variável latente y^* diferente da medida observada.

Essa argumentação dos autores motiva o uso de técnicas de estimação Tobit. Os modelos Tobit, sejam espaciais ou não, utilizam distribuições normais condicionais multivariadas truncadas para modelar as utilidades latentes não observadas.

Com base na notação apresentada anteriormente e com o exposto por LeSage e Pace (2009), o modelo de regressão espacial de uma variável latente para o caso de uma censura em zero pode assumir a seguinte forma:

$$\begin{aligned} y^* &= \rho W y + X\beta + \epsilon \\ y^* &= y_1^* \text{ se } y^* \leq 0 \end{aligned} \tag{4.12}$$

---

²⁶ Nos casos em que falta uma referência *a priori*, alguns trabalhos sugerem escolher entre os dois modelos mais comuns (SAR e SEM). Nestes casos, Florax et al. (2003) propõe avaliar a significância do ML para defasagem espacial e erro espacial optando pelo modelo do teste que apresente significância estatística. Caso ambos possuam significância utiliza-se o que o ML robusto possuir maior significância.

$$y^* = y_2 \text{ demais casos}$$

Dessa maneira, y^* assume o valor de y_2 (que corresponde ao vetor de observações não censuradas) e nos demais casos assume zero. De toda a amostra n tem-se n_1 observações censuradas e n_2 valores realmente observados. Nesse sentido a técnica de estimação por Tobit espacial dependerá de produzir um y_1^* latente para n_1 observações. Para isso, dada uma matriz de pesos W , são construídas as médias, variâncias e covariâncias para o bloco de n_1 observações censuradas condicionais as n_2 observações não censuradas de y_2 . A partir disso obtém-se uma distribuição normal truncada multivariada que permite por um tratamento Bayesiano de utilidades latentes não observáveis obtendo uma estimação do modelo por simulação tipo de cadeia de Markov (MCMC - Markovian-Chain Monte Carlo) (LESAGE; PACE, 2009).

LeSage e Pace (2009) apontam a vantagem desses modelos para estudos aplicados com alguns casos ilustrativos. Por exemplo, os autores modelam fluxos origem-destino com dados para a França estimando por SAR-Tobit (Tobit Espacial Autorregressivo) com censura em zero e comparando os resultados do modelo SAR tradicional. Segundo os autores, o modelo SAR-Tobit obtém estimativas melhores dos coeficientes porque o modelo SAR não-Tobit acaba introduzindo um viés negativo nas estimativas por ignorar a censura da amostra. Este viés da censura faz com que o SAR tenha estimativas menores para os coeficientes do SAR-Tobit.

Outro exemplo importante é o estudo de Autant-Bernard e LeSage (2011). Neste estudo, os autores avaliam o número de patentes das regiões francesas. Para isso, utilizam um modelo de regressão Bayesiano Tobit Espacial para lidar com as observações que possuem zeros. Os resultados mostram que os esforços de P&D privados e públicos possuem efeitos locais e nos seus vizinhos. Os autores defendem a formulação de uma variável dependente censurada para lidar com as regiões sem patentes. Dessa maneira, a observação de que uma região não apresenta patentes (zero patente) depositadas por habitante obterá um novo valor estimado pela cadeia markoviana.

A variável dependente utilizada nesse trabalho possui características bastante similares ao caso de Autant-Bernard e LeSage (2011) o que indica o modelo Tobit Espacial como o mais apropriado por lidar com o número expressivo de regiões com zero patente.

Após apresentar diferentes tipos de modelos de econometria espacial, é necessário tratar especificamente do caso em que esses métodos serão aplicados. Nesse sentido, o próximo capítulo aborda o modelo teórico a ser estimado nesse trabalho, no caso a Função de Produção de Conhecimento e alguns trabalhos precedentes que o utilizaram.

5 Função de Produção de Conhecimento

Desde o trabalho inicial de Jaffe (1989), diversos estudos analisaram quantitativamente o impacto da proximidade geográfica na geração de novos conhecimentos e sua difusão. Ao longo desse período, diferentes ferramentas analíticas foram utilizadas para essa avaliação com predominância de modelos econométricos. Dentre estes estudos, destacam-se os que utilizam como referencial teórico a Função de Produção de Conhecimento (FPC), que também será utilizada nesse trabalho. Essa função foi inicialmente proposta por Griliches (1979) para a inovação das firmas e posteriormente utilizada por Jaffe (1989) para avaliar a inovação nas regiões.

O intuito deste capítulo é detalhar a Função de Produção de Conhecimento. Para isso, a formulação inicial da FPC de Griliches-Jaffe é apresentada e são revisados diversos trabalhos que realizaram extensões ou adaptações²⁷. Além disso, são avaliados com mais detalhe alguns trabalhos que aplicaram versões da FPC ao Brasil como os de Gonçalves e Almeida (2009) e Gonçalves e Fajardo (2011). Também são avaliados os estudos de Montenegro e Betarelli Júnior (2009), Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) e Mascarini (2012) para o Estado de São Paulo. A análise desses diversos trabalhos permite apresentar evidências que serão importantes elementos de comparação ao final deste trabalho.

Ainda que ocorra extensivo uso da FPC e suas variantes entre os trabalhos que avaliam os determinantes da inovação de regiões, há também um volume expressivo de trabalhos que utilizam outras abordagens. Portanto, é importante apresentar brevemente os resultados de alguns destes trabalhos quantitativos que relacionam proximidade geográfica e inovação, mas não adotam como referência a FPC.

---

²⁷ Devido ao papel fundamental desses dois autores, alguns trabalhos como o de Greunz (2003) e Autant-Bernard e LeSage (2011) se referem a Função Produção de Conhecimento aplicada a recortes regionais como a Função Produção de Conhecimento Griliches-Jaffe.

5.1 Outros trabalhos sobre inovação regional

Dentre os trabalhos que não adotam a Função de Produção de Conhecimento para avaliar a inovação nas regiões, talvez o de maior repercussão seja o de Audretsch e Feldman (1996). Nesse trabalho, os autores avaliaram em que medida a concentração dos resultados inovativos é uma consequência da concentração da atividade produtiva. Para isso, desenvolveram um modelo para 163 setores industriais de 4 dígitos SIC nos Estados Unidos²⁸. Os resultados apontaram que a disposição geográfica da produção industrial explicava apenas uma parcela pequena da localização da inovação. Do ponto de vista do nível da concentração da atividade inovativa, os autores encontraram que ela está inclusive mais aglomerada que a produção. Ao mesmo tempo, os elementos regionais como os gastos em P&D, a qualificação dos trabalhadores e a pesquisa acadêmica eram elementos importantes para o resultado inovativo.

Em um estudo posterior, Feldman e Audretsch (1999) buscaram avaliar os efeitos da especialização ou diversificação das regiões na inovação. Para isso, os autores adaptaram a estrutura e os indicadores do trabalho de Glaeser et al. (1992) para a inovação. O modelo estimado avaliou a inovação em diversos setores econômicos das regiões metropolitanas dos Estados Unidos (MSA) utilizando como medida de resultados da inovação as “contagem de inovações” de 1982. Os resultados do modelo apontaram que apenas a diversificação apresenta efeitos positivos sobre a inovação, o que reforça a percepção da importância das externalidades jacobianas para as atividades inovativas.

Ainda nesse contexto, outro trabalho que pode ser citado é o de Paci e Usai (1999) que, utilizando o número de patentes, avalia os efeitos da especialização ou diversificação das regiões da Itália na inovação. No modelo dos autores não são incluídos os insumos da inovação locais como o nível de P&D regional, eles avaliam apenas os efeitos da especialização e diversificação na inovação. Os resultados do trabalho são diferentes daqueles apresentados por Audretsch e Feldman (1999), uma vez que indicaram que tanto a especialização como a diversificação conduzem a maiores níveis de inovação local. Portanto, apresentam evidência em favor das vantagens marshallianas e jacobianas. Além disso, por meio de um termo autorregressivo no modelo, os autores encontram evidências de que os transbordamentos de conhecimento de localidades

---

²⁸ SIC é o acrônimo de *Standard Industrial Classification* e se trata da categorização de setores industriais criada pelos Estados Unidos e utilizada também por outros países como o Reino Unido.

vizinhas são importantes determinantes da inovação regional. Ou seja, a proximidade de regiões de melhor desempenho afeta positivamente o nível local de patentes.

Outro caso que é o trabalho de Fritsch e Slavtchev (2010 e 2011) que avaliaram a eficiência inovativa das regiões na Alemanha e a sua relação com a estrutura produtiva da localidade²⁹. No primeiro trabalho, Fritsch e Slavtchev (2010) avaliaram como a composição setorial afeta a eficiência inovativa das regiões. Seus resultados apontaram que os sistemas regionais de inovação são beneficiados tanto pela especialização como pela diversificação industrial. No entanto, verificam que a relação entre o grau de especialização e a eficiência do sistema regional de inovação apresenta forma de “U invertido”. Ou seja, utilizando um indicador de especialização-diversificação, os valores extremos relativos às regiões mais especializadas ou mais diversificadas possuem desempenho pior que uma região com níveis intermediários de especialização-diversificação. Nessas localidades estaria o ponto de máxima eficiência inovativa.

No segundo trabalho, Fritsch e Slavtchev (2011) encontraram que os esforços de P&D privado e público reforçam o desempenho da inovação local, mas esse efeito é mais forte quando campos tecnológicos da pesquisa pública são os mesmos da inovação realizada pelo setor privado. Ao mesmo tempo, encontram evidências que regiões mais adensadas populacionalmente apresentam maior eficiência inovativa.

Além disso, é interessante citar os trabalhos de Carlino, Chatterjee e Hunt (2007) e Moreno, Paci e Usai (2005b). Carlino, Chatterjee e Hunt (2007) avaliaram os efeitos da aglomeração espacial na inovação para as regiões metropolitanas dos Estados Unidos (MSA). Os autores encontram evidências de que entre duas localidades idênticas, mas uma com o dobro da densidade da outra, a maior terá 20% a mais patentes per capita do que região menos densa. Portanto, Carlino, Chatterjee e Hunt (2007) defendem que regiões mais adensadas urbanamente tendem a ser mais inovadoras.

Já Moreno, Paci e Usai (2005b), avaliando a inovação das regiões europeias, indicaram que a especialização das atividades inovativas está associada à especialização da atividade produtiva local. Além disso, os autores encontram evidências de uma dependência espacial da especialização da inovação local com a especialização das regiões vizinhas. Portanto, os autores indicaram que os transbordamentos tecnológicos

---

²⁹ Os trabalhos de Fritsch e Slavtchev (2010 e 2011) não adotam a Função de Produção de Conhecimento. No entanto, utilizam-na como passo conceitual prévio para avaliar a eficiência da inovação regional.

inter-regionais possuem um papel de conformação do padrão de especialização da inovação.

Outros trabalhos que não abordam diretamente o resultado da inovação nas regiões merecem ser destacados pela implicação de seus resultados na inovação local. Entre esses estudos se destacam os que avaliam o impacto da distância na colaboração de processos inovativos, especialmente a formação de redes de colaboração entre grupos universitários e empresas. São os casos dos estudos de Laursen, Reichstein e Salter (2010), D'Este e Iammarino (2010) e Ponds, Van Oort e Frenken (2007). Destacam-se também os trabalhos que buscam mensurar os fluxos informais de conhecimento medidos por citações de patentes como os de Jaffe, Trajtenberg e Henderson (1993), Thompson e Fox-Kean (2005) e Balconi, Breschi e Lissoni (2004).

5.2 Função de Produção de Conhecimento

A formulação inicial da Função de Produção de Conhecimento (FPC) foi realizada por Griliches (1979) em um trabalho teórico sobre estudos econométricos para o campo da mudança tecnológica. Neste artigo, Griliches (1979) estudou a atividade de P&D e propôs a FPC para estudos de inovação no nível da firma. A Função de Produção de Conhecimento recebeu esse nome por ser uma adaptação da função de produção. Segundo a especificação do autor, os resultados da inovação eram determinados por insumos inovativos, como os dispêndios em P&D. A implementação da Função de Produção de Conhecimento se deu em trabalhos posteriores como o de Pakes e Griliches (1984) que estudaram as patentes de 121 grandes empresas norte-americanas e seus esforços de P&D e encontraram uma associação clara e positiva entre os dispêndios em P&D e a inovação.

Além da formulação econométrica geral, Griliches (1979) apresentou um elemento importante que seria utilizado em muitas das versões da FPC aplicada ao nível regional: a necessidade de incluir uma defasagem temporal entre os esforços de P&D e seus resultados. Esse *lag* temporal da variável que mede a capacidade ou esforço de P&D se deve ao fato de que os esforços inovativos desenvolvidos demoram um “tempo de maturação” para que possam gerar resultado. Além disso, quando a medida do resultado da inovação é feito por patentes leva-se certo tempo entre os primeiros resultados de

uma inovação e a sua necessária formalização desse avanço para que se possa realizar um pedido de patente.

Posteriormente, o modelo de Griliches (1979) foi aplicado a unidades espaciais por Jaffe (1989) que buscou avaliar o impacto da pesquisa universitária na atividade de patenteamento das empresas. Para isso, fez a transposição da Função de Produção de Conhecimento para o estudo de áreas geográficas utilizando como unidades observacionais 29 dos Estados norte-americanos. A variável dependente no modelo aplicado era o número de patentes de cada Estado e os insumos inovativos eram os esforços de P&D industrial e a pesquisa acadêmica das localidades. O modelo também incluiu um termo de coincidência geográfica desses dois elementos. Os resultados do modelo estimado indicaram que tanto o dispêndio industrial em P&D, como em pesquisa acadêmica das universidades implicam em um maior número de patentes concedidas às empresas dos Estados.

Além disso, Jaffe (1989) apontou para a evidência da existência de transbordamentos de conhecimento nas localidades em que havia maiores dispêndios em pesquisa universitária, proporcionando benefícios para a inovação na região. Dessa forma, o trabalho de Jaffe (1989) foi um dos primeiros a dar respaldo quantitativo aos transbordamentos locais de conhecimento, atraindo grande atenção da literatura. O mesmo modelo, com algumas alterações, como a adoção de uma contagem de inovações, foi adotado por trabalhos sucessivos como Acs, Audretsch e Feldman (1992 e 1994).

Um ponto de destaque na formulação de Jaffe (1989) é a inclusão de um termo para os esforços locais da pesquisa universitária. Essa variável permite à FPC avaliar a contribuição da pesquisa acadêmica local para os resultados da inovação. Devido à relevância da pesquisa acadêmica para a inovação, muitos trabalhos posteriores que utilizaram a FPC seguiram a opção de incluir um termo para o P&D privado e outro termo para a pesquisa universitária. Como exemplo, pode-se citar os trabalhos de Anselin, Varga e Acs (1997 e 2000a) e Fischer e Varga (2003).

Com o artigo de Jaffe (1989), a Função de Produção de Conhecimento ganhou tal repercussão que se tornou uma referência para os estudos do contexto geográfico ou espacial da inovação. A linha definida pelo autor foi seguida por inúmeros outros estudos, entre os quais é possível citar Varga (2000), Acs, Anselin e Varga (2002), Fritsch (2002) e Fritsch e Slavtchev (2007) e também trabalhos aplicados ao Brasil

como os de Gonçalves e Almeida (2009), Gonçalves e Fajardo (2011) e Mascarini (2012).

A Função de Produção de Conhecimento aplicada a regiões ou unidades geográficas tem por base um princípio bastante intuitivo: regiões geram novo conhecimento, ou inovações, a partir de um conjunto de insumos de conhecimento. Os resultados da inovação (ou *outputs*) de cada região observada dependem diretamente dos insumos de inovação (*inputs*). A Função de Produção de Conhecimento pode ser representada por:

$$I_{it} = f(PD_{it-1}, Z_{it}) \quad (5.1)$$

Em que I_{it} são os resultados da inovação da região i no tempo t (número de patentes concedidas a empresa da região, p.ex.); PD_{it-1} , são os insumos de conhecimento da região no período precedente e Z_{it} outros determinantes relevantes, como características da qualificação dos trabalhadores, infraestrutura de CI&T e diferenças sócio-econômicas.

No que diz respeito à medida de resultado da inovação, grande parte dos trabalhos que adotam a Função de Produção de Conhecimento, e inclusive o trabalho pioneiro de Jaffe (1989), utiliza as patentes depositadas ou concedidas às firmas da região observada.

Por sua vez, os insumos de conhecimento são medidos de diferentes formas, mas geralmente pelos gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) do setor privado e, em alguns casos, também o do setor público. Quando há falta de dados de gastos de P&D utilizam-se *proxies*, como o capital humano da localidade. A esses insumos, adicionam-se controles das diferenças socioeconômicas das regiões, assim como os efeitos de proximidades entre as regiões de acordo com o modelo econométrico adotado como, por exemplo, a defasagem espacial das variáveis.

Assim como proposto no trabalho original de Griliches (1979), grande parte dos trabalhos utiliza um *lag* temporal entre os insumos de inovação e os resultados. Em geral, ele é relativamente curto, de apenas um ano, como os trabalhos de Fischer e Varga (2003), Cabrer-Borrás e Serrano-Domingo (2007) e Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011).

Dentre os trabalhos que seguiram a linha pioneira de Jaffe (1989) é possível destacar alguns mais expressivos do ponto de vista de melhorias metodológicas ou de relevância de seus resultados.

Entre os trabalhos que realizaram melhorias na abordagem de Jaffe (1989) encontra-se o de Anselin, Varga e Acs (1997). Esse trabalho gerou duas contribuições importantes: (i) aplicou o modelo da FPC a um nível geográfico menos agregado e (ii) estendeu o modelo introduzindo elementos de econometria espacial. No que diz respeito ao nível geográfico, Anselin, Varga e Acs (1997) aplicaram a FPC às regiões metropolitanas norte-americanas (MSA), uma unidade de observação mais adequada ao estudo do que áreas tão agregadas como os estados que eram utilizados na grande maioria dos trabalhos precedentes. Essa necessidade já era apontada no trabalho original Jaffe (1989) que sugeria a aplicação de seu modelo em unidades geográficas menores. Essas áreas seriam “unidades econômicas mais compreensíveis” e permitiriam a melhor interpretação dos resultados, especialmente na interpretação dos *spillovers* locais de conhecimento.

Outro ponto de especial interesse no trabalho de Anselin, Varga e Acs (1997) foi a extensão do modelo da FPC que substituiu o termo de coincidência geográfica de Jaffe (1989) por variáveis defasadas espacialmente. As variáveis defasadas espacialmente eram medidas de círculos concêntricos em torno da MSA, com raios de 50 ou 75 milhas. Como resultado desse trabalho, os autores encontraram evidências de que os esforços de P&D universitário, num entorno de 50 milhas tinham um impacto positivo no resultado da inovação nas regiões. Em trabalhos posteriores Anselin, Varga e Acs (2000a e 2000b), os autores executaram uma estratégia similar, no entanto separando quatro setores econômicos para avaliar especificidades do padrão de inovação de cada setor.

Seguindo essas principais contribuições, diversos trabalhos foram desenvolvidos como os de Varga (2000), Acs, Anselin e Varga (2002) e Fischer e Varga (2003). A partir da referência dos modelos anteriores, esses estudos buscaram ampliar a compreensão da dinâmica inovativa das regiões, adotando novos níveis regionais de estudo, com dados de países ainda não estudados, ampliando o horizonte temporal das regressões ou testando diferentes formas de mensurar variáveis ou adicionar controles. É possível citar, entre esses trabalhos os de Greunz (2003), Cabrer-Borrás & Serrano-Domingo (2007) e Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007).

Utilizando como referência a FPC, Greunz (2003) analisou a inovação na Europa de 153 sub-regiões europeias entre os anos de 1989 e 1996. Os resultados do modelo apontaram que tanto as atividades de P&D das empresas como a pesquisa universitária

estão positivamente relacionadas ao número de patentes locais. Além disso, a autora encontrou efeitos positivos dos transbordamentos de conhecimento dos esforços inovativos de vizinhos, porém apontou evidências que as fronteiras nacionais limitam de forma significativa os efeitos destes transbordamentos.

O trabalho de Cabrer-Borrás e Serrano-Domingo (2007), por sua vez, busca avaliar com uma FPC os determinantes da inovação local das regiões espanholas e seus efeitos de *spillover* inter-regionais. Porém, em vez de utilizar os dados em *cross section* como os trabalhos anteriores, adotou uma abordagem em painel que permitiu explorar melhor as dimensões espaciais e temporais dos dados. Os autores analisaram o número de patentes relativo das 17 regiões espanholas no período de 1989 a 2000. Os resultados obtidos reforçaram a percepção de que tanto os esforços locais de P&D, como as inovações dos vizinhos auxiliam o nível médio da inovação regional.

Já o trabalho de Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007) avaliou as diferenças dos níveis de inovação dos Estados Unidos e Europa. Para isso, os autores estimaram uma FPC com dados norte-americanos e europeus separadamente e compararam os resultados obtidos em cada uma. Este trabalho confirmou que elementos como o nível local de P&D e a aglomeração apresentam benefícios para a inovação nos dois continentes. Porém, Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007) encontraram evidências distintas em um campo importante: o nível de especialização, medido pelo índice de Krugman. Enquanto nos Estados Unidos os resultados do modelo apontaram para as vantagens da especialização e da diversificação, na Europa só há uma relação positiva para regiões diversificadas. Os autores creditaram isso aos distintos níveis de integração regional e mobilidade de trabalhadores nos Estados Unidos e na Europa.

Dos trabalhos mais recentes é interessante destacar o de Autant-Bernard e LeSage (2011). Os autores analisaram os efeitos do P&D público e privado sobre a inovação de 94 regiões francesas, utilizando dados de patentes e despesas em P&D entre os anos de 1992 e 2000. A modelagem da FPC realizada pelos autores permitiu avaliar os efeitos dos dispêndios em P&D privado e público sobre o nível de patentes, separando seus os efeitos em intra e inter-regionais e intra e intersetoriais.

Do ponto de vista local, os principais resultados do trabalho de Autant-Bernard e LeSage (2011) são que tanto a pesquisa total (privada e pública) têm efeitos positivos sobre o número de patentes do setor analisado na região. O mesmo ocorre com seus efeitos de transbordamento intra e intersetoriais. Nesse sentido, os autores conseguem

evidências claras de que a atividade de P&D transborda os limites setoriais, o dá que mais suporte empírico as externalidade jacobianas. Do ponto de vista dos efeitos geográficos, Autant-Bernard e LeSage (2011) indicaram que há impactos positivos dos esforços inovativos sobre os vizinhos, mas esses efeitos tem dinâmicas espaciais diferentes para as vantagens inter ou intrasetoriais. Os autores indicaram que, por um lado as vantagens jacobianas (intersectoriais) possuem efeitos relativos mais altos sob os vizinhos imediatos do que as vantagens marshallianas (intrasectoriais). Porém, os transbordamentos geográficos jacobianos atingem apenas os vizinhos mais diretos, enquanto os transbordamentos marshallianos tem um maior alcance geográfico, atingindo setores em regiões mais distantes.

Do ponto de vista metodológico, é interessante apontar que o trabalho de Autant-Bernard e LeSage (2011) faz uso de um Tobit Espacial para estimar o número de patentes. Como já apontando anteriormente, essa opção é uma forma de lidar com um número expressivo de observações sem patentes (zero patente) e que, para os autores, pode ser bem modelado por um Tobit Espacial, no caso particular, expressa por uma variável censurada em zero.

Por fim, outro acréscimo à Função de Produção de Conhecimento habitualmente utilizada que pode ser citado é a tentativa de abranger os diferentes tipos de proximidade não espaciais, como as estudadas por Boschma (2005). Um desses casos é o artigo de Ponds, Van Oort e Frenken (2010) que incluem, além da tradicional matriz de pesos espaciais W , uma matriz de pesos de colaboração acadêmica (W') associada ao dispêndio de P&D acadêmico. Essa matriz W' é construída pelo peso do número de colaborações universidade-empresa entre firmas de uma região e universidades de outras. Dessa maneira, buscam contabilizar em seu modelo os vínculos associados às frequentes interações entre universidades e empresas para a transferência do conhecimento entre as regiões. Os autores consideram ser esta uma medida da proximidade institucional. Os resultados levaram os autores à conclusão de que a proximidade geográfica e proximidade institucional, medida pelas interações universidade-empresa, são importantes para a transmissão de conhecimento e tem impacto positivo nas atividades inovativas das regiões.

Porém, o fato de ser amplamente adotada não significa que a Função de Produção de Conhecimento não apresente limitações e algumas de suas características metodológicas precisam ser pontuadas. Assim como proposta por Jaffe (1989), a Função de Produção

de Conhecimento trata de unidades espaciais de observação, o que implica em que os dados analisados precisam ser agregados em unidades espaciais, somando suas observações como o número de patentes de todas as empresas de uma microrregião, ou o total de professores de um Estado.

Uma consequência dessa característica, apontada por Autant-Bernard, Mairesse e Massard (2007), é que as medidas agregadas regionalmente podem mascarar mecanismos importantes de inovação e difusão de conhecimento. Para evitar esses problemas, esses autores defendem a adoção mais frequente de modelos que apliquem diretamente os microdados disponíveis sobre empresas e pesquisadores. Por esse motivo, o nível de agregação espacial escolhido para a pesquisa (estados, meso ou microrregiões, por exemplo) pode impactar de forma diferente na estimação das variáveis, como apontam Beaudry e Schifffareova (2009). Além disso, Moreno, Paci e Usai (2005a) apontaram que a modelagem da FPC permite mensurar os transbordamentos inter-regionais, mas não permite distinguir quais mecanismos estão associados a esses efeitos.

Porém, por outro lado, a Função de Produção de Conhecimento apresenta uma grande vantagem: a sua capacidade de comparação e compreensão dos fenômenos inovativos. Nos dizeres de Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007) *“as deficiências da abordagem da Função de Produção de Conhecimento — baseada na representação simplificada da geração da inovação e se apoiando em proxies gerais para insumos e resultados — são compensadas aqui pela sua capacidade de fornecer uma compreensão nítida do ponto de vista comparativo”* (IBID., p. 680, tradução própria).

Essa capacidade de comparação mostra-se especialmente importante ao lidar com um país com dimensões continentais como o Brasil e que possui diferentes perfis econômicos regionais, que incluem tanto áreas agrárias como robustos parques industriais diversificados. Nesses casos a capacidade de comparação pode ser um elemento especialmente importante.

5.3 A FPC aplicada ao caso brasileiro

Os trabalhos que utilizaram a Função de Produção de Conhecimento para o Brasil são os de Montenegro e Betarelli Júnior (2009), Gonçalves e Almeida (2009), Gonçalves e Fajardo (2011), Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) e Mascarini (2012).

Um dos primeiros trabalhos a utilizar a FPC para o caso brasileiro foi o de Montenegro e Betarelli Júnior (2009). Os autores abordaram a inovação dos municípios paulistas utilizando dados de patentes e avaliando como o papel da pesquisa universitária, a estrutura produtiva local e algumas características urbanas afetavam a inovação. Os resultados do modelo apontaram que as regiões com maior estrutura de pesquisa universitária e com maior nível de aglomeração urbana tendem a inovar mais. Além disso, do ponto de vista espacial, indicaram que a inovação local se relaciona diretamente com as atividades inovativas dos municípios vizinhos. Isto levou os autores a indicar que os transbordamentos de conhecimento tecnológico são importantes determinantes da atividade inovativa.

O trabalho de Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) estimou a Função de Produção de Conhecimento por um painel, com efeitos fixos, aplicado às microrregiões paulistas. Foi utilizado como indicador da inovação o número de patentes per capita. Esse trabalho apresentou a vantagem de realizar uma análise para diversos anos. Do ponto de vista dos resultados, o modelo estimado indicou a importância de alguns elementos nos processos inovativos como a qualificação dos trabalhadores e as vantagens da especialização e da diversificação da estrutura produtiva. No entanto, apesar da análise descritiva apontar *clusters* de alta performance inovativa no estado, os autores não encontraram evidências de que os níveis de P&D locais teriam influência no nível de patentes das regiões no Estado de São Paulo.

Esse resultado é diferente do obtido por Mascarini (2012), que também avaliou a inovação no Estado de São Paulo estimando uma versão da Função de Produção de Conhecimento inspirada na utilizada por Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007). A autora estimou modelos com diferentes medidas para inovações e, entre seus resultados, apontou que os níveis locais de P&D e os de seus vizinhos apresentaram efeito positivo sobre a inovação para grande parte das regressões realizadas. Além disso, indicou que as regiões mais diversificadas e aglomeradas tendem a apresentar maior número de inovações. Outro resultado importante é que as interações entre empresas e universidade afetavam positivamente a inovação regional, indicando a importância da pesquisa universitária para as atividades inovativas das empresas.

Já o trabalho de Gonçalves e Almeida (2009) envolveu todas as 558 microrregiões brasileiras, avaliando o número de patentes per capita das regiões. Os autores utilizaram uma versão da Função de Produção de Conhecimento (FPC) em um modelo espacial

autorregressivo (SAR). Entre os resultados deste trabalho, é possível destacar a importância da estrutura industrial e a pesquisa acadêmica local para o nível de inovação local. Em concreto, os autores indicaram que a aglomeração urbana, o grau de industrialização das regiões e a capacidade de pesquisa acadêmica estão associados positivamente com o número de patentes por habitante nas microrregiões brasileiras. Além disso, os resultados apontaram diferenças expressivas entre as porções sul e norte do país. Do ponto de vista espacial, seu resultado mais importante é que o componente autorregressivo do modelo apresenta coeficiente positivo e significativo, indicando que a proximidade de microrregiões com melhor desempenho inovativo exerce um efeito positivo no número de patentes locais.

Por fim, o trabalho de Gonçalves e Fajardo (2011) avaliou a inovação nas mesorregiões brasileiras. Os autores também apontaram que o nível de aglomeração (nesse caso medido pela densidade do emprego), a capacidade de pesquisa universitária e a P&D industrial possuem efeitos positivos na inovação. Os autores também chegaram aos mesmos resultados espaciais de Gonçalves e Almeida (2009): diferenças entre norte e sul do Brasil e efeitos de proximidade geográfica para o processo inovativo. Além disso, apontaram efeitos positivos da similaridade tecnológica entre regiões, para os níveis de inovação medidos por patentes.

Para finalizar, parece interessante apontar alguns elementos comuns dos trabalhos que adotaram como referência a FPC aplicados ao caso brasileiro. Em primeiro lugar, nota-se que, de modo geral, esses trabalhos apontam para efeitos positivos tanto dos esforços de P&D das empresas, como da pesquisa universitária. Também indicam que a inovação está associada a regiões mais adensadas e industrializadas.

Três destes trabalhos avaliaram os efeitos de especialização ou diversificação regional na inovação. O modelo de Gonçalves e Almeida (2009) não permitiu inferir nenhuma relação, o de Mascarini (2012) apontou para benefícios da diversificação, e o de Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) indicou que tanto a especialização como a diversificação possuíam efeitos positivos sobre a inovação. Portanto, os resultados dos estudos que aplicaram a FPC ao Brasil apresentam evidências favoráveis tanto às vantagens marshallianas, como às vantagens jacobianas. Outro elemento importante é que esses trabalhos encontraram efeitos espaciais positivos em que as localidades se beneficiam da inovação realizada em seus vizinhos por meio de transbordamentos de conhecimento.

Uma vez que a Função de Produção de Conhecimento foi apresentada e os principais trabalhos que a utilizam revisados, inclusive os casos aplicados ao Brasil, a versão da FPC utilizada neste trabalho pode ser apresentada. No próximo capítulo, são descritas a FPC utilizada no trabalho, os detalhes das variáveis e *proxies* adotadas, juntamente com as opções metodológicas.

6 Modelo estimado e questões metodológicas

Uma vez descritos os métodos de análise espacial e definida a adoção da Função de Produção de Conhecimento, é preciso especificar as opções realizadas para o modelo empírico. O presente capítulo busca detalhar o modelo adotado indicando as variáveis escolhidas. Em concreto, apresenta-se a motivação na literatura para a inclusão de cada variável e como estas refletem as especificidades do caso brasileiro. Também são descritas as variáveis e os controles adotados.

A Função de Produção de Conhecimento (FPC), apresentada no capítulo precedente, caracteriza-se por estimar a relação entre uma variável de resultado inovativo e alguns insumos de conhecimento. No caso das aplicações regionais dessa função costumam-se incluir como fatores explicativos elementos da estrutura produtiva local e alguns controles.

Nesse trabalho, adotou-se a seguinte versão da Função de Produção de Conhecimento:

$$PatPC_t = P\&DInd_{t-1} + P\&DUniv_{t-1} + IED + Aglom + Controles \quad (6.1)$$

Em que $PatPC_t$ é a medida do resultado da inovação; $P\&DInd_{t-1}$ e $P\&DUniv_{t-1}$ representam os principais insumos de conhecimento do período precedente, no caso a capacidade local de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) industrial e universitária. Já IED e $Aglom$ correspondem ao nível de especialização ou diversificação da estrutura produtiva local e seu nível aglomeração, além de alguns controles.

Nas seções a seguir, cada um desses fatores é apresentado com maior profundidade e incluindo algumas considerações metodológicas.

6.1 Indicador da inovação: patentes per capita ($PatPC_t$)

Conforme apontando no terceiro capítulo, pode-se considerar que as patentes são um indicador adequado dos resultados inovativos das regiões. Para esse trabalho, foi

utilizada uma base de dados com informações sobre as patentes depositadas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) entre os anos de 2001 e 2005³⁰.

Nesse intervalo de tempo, foram depositadas 17.847 patentes industriais ou modelos de utilidade. Em 16.748 desses casos é possível determinar o município do detentor dessas patentes, ou seja, em 93,8% do total. A partir dos dados do INPI, as patentes de cada município foram agregadas em microrregiões, para obter o número de patentes per capita de cada localidade. Na tabela 6.1, apresenta-se a distribuição das patentes de invenção no ano de 2005.

Tabela 6.1 – Vinte microrregiões com maior número de patentes de invenção depositadas por dez mil habitantes em 2005.

Microrregião	Número de patentes	Patentes por dez mil hab.
1 São Carlos	40	13,88
2 Marília	44	13,62
3 Passo Fundo	33	10,46
4 Joinville	69	9,22
5 Caxias do Sul	62	8,85
6 São Bento do Sul	9	7,32
7 Campinas	173	7,19
8 Curitiba	192	6,51
9 Blumenau	39	6,46
10 São Paulo	786	5,94
11 Florianópolis	46	5,84
12 Bragança Paulista	25	5,62
13 Criciúma	19	5,53
14 Tatuí	12	5,24
15 Viçosa	11	5,01
16 Piracicaba	26	4,98
17 Batatais	5	4,97
18 Jundiaí	28	4,95
19 Maringá	24	4,92
20 Belo Horizonte	221	4,73
Média	6,41	1,52
Total nacional	3.577	-

Fonte: INPI e IBGE, 2005. Elaboração própria.

Como é possível verificar, as vinte localidades com maiores índices de patentes de invenção per capita (por dez mil habitantes) estão nas Regiões Sul e Sudeste. Nota-se que nesta lista estão presentes regiões industriais e aglomeradas como as de São Paulo, Curitiba e Belo Horizonte; bem como regiões com parques industriais relativamente menores, mas relevantes no âmbito nacional, como o de Caxias do Sul, Joinville e Blumenau.

³⁰ Os dados de patentes depositadas no INPI no período de 2001 a 2005 utilizados nesse trabalho foram gentilmente fornecidos pelo Prof. Eduardo Albuquerque do CEDEPLAR-UFMG e sua equipe.

Além disso, algumas das microrregiões listadas possuem importantes centros acadêmicos que desenvolvem pesquisas, especialmente universidades estaduais ou federais. Em alguns casos em que a estrutura industrial não é especialmente relevante, como em Viçosa, por exemplo, a presença da pesquisa universitária pode ser a explicação para um índice per capita bastante superior à média nacional.

Portanto, é possível apontar para uma possível relação entre o nível de patentes per capita e a atividade industrial e de pesquisa acadêmica na localidade.

Do ponto de vista das regiões brasileiras, pode-se extrair desses dados que o registro de inovações por patentes não se distribui uniformemente no Brasil, algo que também ocorre na atividade produtiva. Como apontado por Albuquerque et al. (2002) há um grande número de regiões sem patentes. Em 2005, 295 das 558 microrregiões não realizaram nenhum depósito de patente, ou seja, pouco menos da metade das microrregiões registraram patentes.

É possível ainda evidenciar um desnível entre os registros inovativos por patentes das porções sul e norte do país, já que 238 das 295 microrregiões que não apresentaram patentes encontram-se nos estados das Regiões Norte, Nordeste ou Centro-Oeste. Excluindo o caso de Brasília, até mesmo as regiões mais dinâmicas dessas Regiões possuem índice de patente per capita bem inferior aos centros mais inovadores do Sul e Sudeste. Nessas Regiões, as duas microrregiões que possuem índices mais altos são as de Goiânia e Natal com 2,63 e 2,44 patentes por dez mil habitantes, respectivamente, e a 52ª e 63ª posições entre as microrregiões com maior número relativo de patentes em 2005.

Para uma melhor visualização, o mapa da figura 6.1 mostra a distribuição espacial das patentes por habitante nas microrregiões do território brasileiro.

Figura 6.1 – Distribuição de patentes por dez mil hab. nas microrregiões (2001-2005).

No mapa da figura 6.1, é possível constatar que há uma área expressiva de localidades nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste que não depositaram patentes entre 2001 e 2005. Já no Sul e Sudeste é possível verificar uma ampla área com níveis mais altos de patentes que se estende do centro de Minas Gerais até a região central do Rio Grande do Sul. Dentre essas áreas, merece destaque algumas microrregiões com maiores índices per capita de patentes que se concentram nos Estados de São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Uma vez apresentada a distribuição das patentes como indicador de inovação, variável chave para o presente trabalho, as próximas seções detalham as variáveis independentes do modelo estimado.

6.2 Capacidade local de P&D Industrial ($P\&DInd_{t-1}$)

Todos os trabalhos que adotam como referência a Função de Produção de Conhecimento (FPC) aplicada às regiões utilizam como principal variável explicativa uma medida dos esforços inovativos locais. Em geral, essa medida é associada aos esforços de P&D industrial como o dispêndio agregado ou o número de pessoas empregadas em atividades de pesquisa na indústria. A inclusão dessa variável

fundamenta-se no papel primordial dos esforços de P&D das empresas para as inovações em produtos ou processos.

Nos casos internacionais, costuma-se utilizar como medida do esforço e capacidade de P&D o nível regional de dispêndio em atividades de P&D das firmas industriais. Isso ocorre no trabalho de Jaffe (1989), bem como nos mais recentes como os de Fischer e Varga (2003), Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007) e Cabrer-Borrás e Serrano-Domingo (2007). A preponderância do dispêndio como indicador nos trabalhos internacionais justifica-se pela sua fácil mensuração, a sua direta associação com o esforço realizado pelas firmas para inovar e a simplicidade para comparação.

No entanto, a despeito das qualidades do dispêndio local em P&D como medida do esforço inovativo das empresas, ele é um indicador pouco usado em trabalhos empíricos sobre a inovação regional no Brasil.

A razão para tal fenômeno, como apontado por Simões et al. (2005), é a grande dificuldade de obter esses dados regionalizados. As informações sobre dispêndio em P&D na indústria só estão disponíveis na Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica do IBGE (PINTEC), porém esses dados não estão disponíveis para unidades geográficas menos agregadas³¹.

Para suprir essa deficiência, os trabalhos quantitativos sobre o tema costumam utilizar duas medidas indiretas da atividade de P&D como indicadores: (i) a participação regional de alguns setores mais propensos a inovar ou (ii) o número de trabalhadores em algumas funções associadas às atividades de P&D.

A estratégia de utilizar a participação de setores que mais inovam na região foi a adotada nos trabalhos de Gonçalves e Almeida (2009) e Gonçalves e Fajardo (2011). Nestes estudos, os autores argumentaram que, na ausência de uma medida de dispêndios em P&D, a melhor maneira de conseguir uma *proxy* adequada é utilização da participação de certas empresas inovadoras na economia local. Para tanto, os autores recorreram a uma classificação das empresas brasileiras elaborada por Lemos et al. (2005), que definiram uma categoria de empresas mais inovadoras aquelas que

---

³¹ Parte das dificuldades de obter dados regionais menos desagregados se deve a que, desde a sua concepção, a PINTEC não teve o intuito de realizar um estudo estatístico da inovação regional mais aprofundado. No caso para o Brasil, a PINTEC só dispõe de dados para alguns Estados e para as Regiões. O trabalho de Mascariini (2012) é um dos poucos trabalhos quantitativos sobre inovação de recorte regional que consegue utilizar os dados de dispêndio em P&D da PINTEC. No entanto, isso só ocorre porque o trabalho abrange apenas o estado de São Paulo e exigiu a agregação de algumas regiões.

desenvolveram um novo produto e exportaram. A partir dessa categoria, adotaram como medida de intensidade de P&D Industrial das localidades o valor adicionado por esta categoria de firmas. No entanto, é importante ter presente que um indicador desse tipo pode ser uma *proxy* restrita, pois nem todos os dispêndios de P&D são cobertos por essa medida e nem sempre a atividade inovativa se reflete em exportações.

Por sua vez, a estratégia de utilizar como *proxy* o número trabalhadores em funções associadas à P&D é adotada pelo trabalho de Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011). Nesse trabalho, os autores utilizaram a base de dados de emprego formal da RAIS para selecionar apenas os empregados ocupados em atividades da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) que estão, segundo os autores, mais vinculadas às atividades inovativas. Em concreto, Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) selecionaram os Físicos, Químicos, Engenheiros, Analistas de Sistemas e Programadores. O número desses profissionais dividido pelo número total de empregados das regiões serve de *proxy* para a capacidade de realização de P&D. Nesse segundo tipo de indicador, opta-se por utilizar uma medida que não está condicionada ao fato das empresas já terem chegado a um produto ou processo novo para o mercado, mas que realizem esforços para inovar.

O presente trabalho adota um indicador relacionado à segunda estratégia, associado ao número de profissionais em atividades tecnológicas. No entanto, a suposição de que os empregados em áreas tão amplas como Físicos e Químicos estejam associados à atividade inovativa pode ser considerada um pouco irrestrita. Por esse motivo, utiliza-se um indicador mais focado, assim como fazem Fritsch e Slavtchev (2007) que utilizam como *proxy* para o dispêndio em P&D na Alemanha o número de profissionais diretamente associados as atividades de inovação.

No Brasil, o nível mais detalhado de ocupação profissional relacionada às atividades de P&D está disponível na nova classificação da CBO publicada em 2002. A partir dessa edição, foram disponibilizadas nove famílias de ocupações profissionais diretamente associadas à atividade de P&D³². Para esse trabalho, consideraram-se oito desses subgrupos que incluem os pesquisadores e gestores de P&D, excluindo apenas os técnicos em P&D, como apontado no quadro 6.1. Ressalta-se que não foram

---

³² A descrição fornecida pelo MTE para as ocupações associadas às atividades de P&D estão listadas no Anexo A.

contabilizados os profissionais dessas famílias da CBO que atuavam na divisão Educação da CNAE, pois se utiliza uma medida específica para a pesquisa universitária.

Quadro 6.1 – Códigos de famílias ocupacionais relacionadas à atividade de P&D.

Código CBO	Família de ocupações profissionais
2030	Pesquisadores das Ciências Biológicas
2031	Pesquisadores das Ciências Naturais e Exatas
2032	Pesquisadores de Engenharia e Tecnologia
2033	Pesquisadores das Ciências da Saúde
2034	Pesquisadores das Ciências da Agricultura
2035	Pesquisadores das Ciências Sociais e Humanas
1237	Diretores de Pesquisa e Desenvolvimento
1426	Gerentes de Pesquisa e Desenvolvimento e afins

Fonte: CBO 2002, MTE.

Em razão dessas atividades profissionais estarem suficientemente associadas às tarefas de P&D nas empresas, é possível construir um indicador relativo da capacidade regional de P&D Industrial a partir da razão do número desses profissionais sobre o total de empregados na região. Além disso, é importante ter presente que, como especificado no modelo, utiliza-se um *lag* temporal de um ano, relacionado ao intuito de modelar o tempo necessário para uma inovação maturar em uma patente.

6.3 Capacidade local de P&D Universitário ($P\&DUniv_{t-1}$)

Além do esforço de P&D das empresas, muitos trabalhos que utilizam a FPC avaliam separadamente o efeito da pesquisa acadêmica na inovação local. Isso se deve a percepção de que não incluir a pesquisa universitária nessa análise seria ignorar a contribuição da academia para a inovação local, relatada em muitos trabalhos³³. Entre estes, Klevorick et al. (1995) e Cohen, Nelson e Walsh (2002) apontaram que os desenvolvimentos científicos e tecnológicos no âmbito acadêmico e a formação pelas universidades de profissionais capacitados são fundamentais para os processos inovativos das empresas.

Por isso, diversos trabalhos seguem a linha de Jaffe (1989) e incluem separadamente na Função de Produção de Conhecimento medidas da P&D Industrial e da pesquisa universitária. São os casos dos trabalhos de Fischer e Varga (2003), de Fritsch e Slavtchev (2007), de Gonçalves e Almeida (2009) e de Gonçalves e Fajardo (2011).

³³ Nesse trabalho, assim como em outros estudos, utiliza-se a expressão P&D Universitário para englobar toda a pesquisa universitária e, não apenas as atividades diretamente relacionadas ao desenvolvimento de novos produtos e processos similares às atividades industriais de P&D,

Assim, com o intuito de avaliar o papel do esforço acadêmico no resultado inovativo local, adicionou-se ao modelo uma variável específica para os esforços de P&D Universitário. No entanto, há grande dificuldade em obter uma *proxy* adequada para a capacidade local de pesquisa nas universidades no Brasil. Alguns trabalhos, como os de Gonçalves e Almeida (2009) e de Gonçalves e Fajardo (2011), utilizaram como *proxy* o número de professores em cada localidade. Para isso, consideraram os professores ligados a programas de pós-graduação listados na CAPES como uma medida adequada da pesquisa. Outra medida possível seria o uso do número de alunos vinculados aos programas de pós-graduação. Tais medidas podem ser consideradas mais próximas da atividade de pesquisa universitária porque é nesse ambiente que costuma se desenvolver grande parcela da pesquisa acadêmica brasileira. No entanto, essas variáveis apresentam uma importante restrição, já que contabiliza apenas como profissionais capazes de desenvolver atividades inovativas na academia as pessoas ligadas aos programas formais de pós-graduação que são relativamente restritos no país. Portanto, essa medida pode subestimar a pesquisa universitária nacional porque há diversos profissionais não ligados a um programa de pós-graduação reconhecido pela CAPES que realizam atividades importantes para o progresso tecnológico.

Outra variável alternativa disponível, e que está relacionada à pesquisa acadêmica, é o número de professores universitários com doutorado, listados no Censo do Ensino Superior do INEP. Esse indicador aponta o número de professores dedicados exclusivamente às atividades acadêmicas e que possuem qualificação para desenvolver pesquisas. Partindo desse pressuposto, Montenegro e Betarelli Júnior (2009) utilizaram uma medida desse tipo que evita contabilizar apenas os profissionais vinculados a um programa de pós-graduação formalmente estabelecido. Entretanto, adotar apenas esse indicador como *proxy* para a Pesquisa Acadêmica poderia superestimar a quantidade de esforços de pesquisa, uma vez que muitos professores nas condições acima indicadas estão apenas dedicados às funções de docência na graduação.

Para contornar a ausência de uma boa *proxy* e as limitações dos indicadores apresentados, optou-se por utilizar duas variáveis associadas à pesquisa universitária em conjunto, extraíndo delas uma *proxy* única. A primeira é a quantidade de professores com doutorado e dedicação plena por cada dez mil habitantes na localidade, disponível no Censo do Ensino Superior do INEP; e a segunda é o número de alunos dos

programas de Pós-Graduação credenciados junto a CAPES, informação disponível no portal GeoCAPES, também por dez mil habitantes.

Na tabela 6.2 estão listadas as dez primeiras microrregiões em números relativos de alunos de pós-graduação e professores doutores com dedicação plena. Como é possível verificar, há importantes similaridades entre as duas listas como a presença de São Carlos, Viçosa, Lavras, Florianópolis e Santa Maria nos dois *rankings*.

Tabela 6.2 – Dez microrregiões com mais professores e alunos de pós-graduação.

Microrregião	Prof. dout. por dez mil hab.	Microrregião	Alunos pós-grad. por dez mil hab.
1 Viçosa	23,81	1 São Carlos	109,45
2 Florianópolis	17,12	2 Viçosa	59,96
3 Lavras	17,10	3 Botucatu	57,90
4 São Carlos	16,84	4 Florianópolis	50,31
5 Itaguaí	15,08	5 Lavras	49,78
6 Santa Maria	15,07	6 Piracicaba	32,33
7 Ouro Preto	14,29	7 Santa Maria	30,29
8 Maringá	14,08	8 Campinas	28,22
9 Londrina	10,14	9 Itaguaí	27,90
10 Litoral Lagunar	8,98	10 Rio Claro	26,71
Média geral	0,75	Média geral	1,87

Fonte: INEP, 2005.

Fonte: CAPES, 2005.

A estratégia de combinar esse dois indicadores permite mitigar as imperfeições das duas variáveis como *proxies* para a pesquisa universitária e obter uma melhor medida da capacidade de realização de pesquisa acadêmica de cada localidade. Para isso, foi utilizada a Análise dos Componentes Principais (ACP) que possibilita associar as duas variáveis discutidas anteriormente em um indicador único e preservar, em grande medida, a variabilidade dos dados originais. Essa técnica é adotada em alguns trabalhos como o de Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007).

No quadro 6.2 são apresentados os resultados da Análise dos Componentes Principais.

Quadro 6.2 – Resultados da Análise dos Componentes Principais (P&D Universitário).

Componente	Autovalor	Diferença	Proporção	Acumulado
Comp 1	1,764	1,529	0,882	0,802
Comp 2	0,236	0,000	0,118	0,974

Variável	Comp 1	Comp 2
Número de alunos de pós-graduação por dez mil hab. (CAPES)	0,7071	0,7071
Número de prof. dout. e dedicação integral por dez mil hab. (INEP)	0,7071	-0,7071

Variável	Média	Desv. padrão	Mínimo	Máximo
Alunos de pós-graduação	1,830	7,727	0,000	111,155
Professores doutores	0,711	2,342	0,000	23,811

Fonte: Elaboração própria com dados do INEP e CAPES, 2005.

A ACP converte um conjunto de variáveis correlacionadas em um ou mais componentes. O primeiro desses componentes explica a maior variância dos dados originais e, no caso concreto do trabalho corresponde a 88% do poder explicativo das duas variáveis. Portanto, pode-se considerar o componente gerado pelo PCA uma boa *proxy* para a atividade de P&D das universidades, um vez que representa com maior fidelidade o esforço de pesquisa sem as possíveis fragilidades das variáveis individuais.

6.4 Indicadores de especialização e diversificação (IED)

Há uma extensa discussão sobre os efeitos da relativa especialização ou diversificação das regiões no seu desempenho inovativo. Em boa medida, essa discussão está associada às externalidades marshallianas ou jacobianas.

Na visão marshalliana, o fato de uma região estar especializada setorialmente permite trocas mais intensas e proveitosas de conhecimento entre os agentes e um melhor aproveitamento de firmas e profissionais qualificados. Portanto, nestas condições as empresas locais teriam um melhor desempenho para inovar. Alguns trabalhos empíricos evidenciam vantagens para a inovação em localidade especializadas como os de Paci e Usai (1999) e Cabrer-Borrás e Serrano-Domingo (2007).

Já sob a ótica jacobiana, seriam as regiões com maior diversidade setorial que propiciariam melhores condições para as firmas locais inovarem. Isso ocorreria em razão de que a troca de conhecimentos entre agentes de setores distintos levariam a inovações radicais com maior facilidade do que quando as atividades econômicas se encontram presas a alguns setores específicos. O argumento de que regiões diversificadas criam condições mais favoráveis à inovação devido às vantagens jacobianas é corroborado por trabalhos empíricos, como os de Audretsch e Feldman (1999) e Fritsch e Slavtchev (2007).

A avaliação por meio de modelos econométricos de qual cenário (especialização ou diversificação produtiva) gera mais benefícios para as regiões depende da inclusão, entre as variáveis explicativas do modelo, de um indicador que mensure o grau de especialização ou diversificação local. Esse é o caso de diversos dos trabalhos baseados na Função de Produção de Conhecimento como os estudos de Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007) e Gonçalves e Almeida (2009)³⁴.

Cada trabalho, no entanto, pode utilizar distintos indicadores de especialização ou diversificação das localidades e ainda não há um consenso sobre em que cenário cada indicador é mais adequado. Os trabalhos desenvolvidos ao longo das duas últimas décadas usam uma ampla gama de indicadores que são escolhidos por variados motivos. No quadro 6.3 apresenta-se uma lista de diferentes indicadores com alguns exemplos de trabalhos que os utilizaram.

Quadro 6.3 – Alguns indicadores de especialização-diversificação.

Indicador	Trabalhos que utilizam o indicador
Gini locacional	Fritsch e Slavtchev, (2007); Greunz (2004)
HH ou Herfindahl-Hirschman	Henderson (1997); Cabrer-Borrás e Serrano-Domingo (2007); Gonçalves e Almeida (2009)
Índice de Krugman	Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007); Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011)
Índice de Ellison-Glaeser	Ellison e Glaeser (1997); Rosenthal e Strange (2001); Henderson (2003)
Quociente Locacional (QL)	Suzigan et al. (2003 e 2004)
Horizontal Clustering (HC)	Fingleton, Iglioni e Moore (2003, 2004 e 2005)

Fonte: elaboração própria.

³⁴ Esses indicadores de especialização ou diversificação também foram utilizados em estudos que avaliavam a inovação local, mas não adotavam a FPC. São exemplos os trabalhos de Feldman e Audresch (1999) e Fritsch e Slavtchev (2010).

Ao avaliar diferentes indicadores é relevante ter presente que muitos deles foram desenvolvidos primariamente para a literatura de desigualdade ou concentração de mercado e depois foram reinterpretados para classificar regiões em diversos graus de especialização ou diversificação³⁵. Para selecionar corretamente o indicador mais adequado para cada trabalho, é especialmente importante ter em conta suas diferenças e limitações.

Nesse sentido, o trabalho de Palan (2010) é especialmente útil, pois busca justamente subsidiar a escolha desses indicadores avaliando-os com rigor metodológico. A autora avalia nove indicadores de especialização comuns na literatura e discute as suas propriedades, vantagens e desvantagens e classifica esses indicadores em dois grandes grupos³⁶. O primeiro grupo é o de indicadores de especialização absoluta (ou simplesmente “índice de especialização”) que categorizam as regiões como mais especializadas quando um pequeno número de setores industriais apresenta grandes porcentagens do emprego total dessa região. Nesse caso, a especialização não é relativa, pois não depende da estrutura das demais localidades. No segundo grupo estão os indicadores de especialização relativa (ou de heterogeneidade), que medem quanto a estrutura de uma região se desvia de uma referência composta pelo total das regiões avaliadas e, portanto, apresenta a especialização comparativa de uma região.

As diferenças desses indicadores permite entender porque algumas regiões podem apresentar-se classificadas como especializadas do ponto de vista absoluto, mas não do ponto de vista relativo e vice versa. Por exemplo, um indicador absoluto pode qualificar um grande número de regiões brasileiras como especializadas devido ao setor de “Alimentos e Bebidas”. No entanto, do ponto de vista relativo, isso não representa uma especialização se comparado às demais regiões porque em quase todas as regiões esse setor possui participação expressiva no emprego. Nesse caso, a medida de um indicador absoluto apenas refletirá que esse setor é mais intensivo em mão de obra e logo possui uma participação maior no emprego total das regiões.

Em sentido contrário, um setor como o Aeroespacial, que se concentra em São José dos Campos, dificilmente seria especializado com o uso de um indicador absoluto, uma vez

---

³⁵ Por exemplo, o índice Herfindahl-Hirschman foi inicialmente utilizado para avaliar concentração de mercado e os índices de Gini e Theil para avaliar desigualdade.

³⁶ Palan (2010) avalia cinco indicadores absolutos (Hirschman-Herfindahl-Index, Shannon Entropy Index, Índice ogival, Índice de diversificação, Índice de Gini Absoluto) e quatro de especialização relativa (Índice de Krugman, Index of Inequality in Productive Structure, Índice de Gini Relativo, Índice de Theil).

que o total de empregados nesse setor é relativamente menor. No entanto, um indicador de especialização relativo poderia apontar esta região como bastante especializada.

Segundo Palan (2010), a medida relativa ou absoluta também pode ser explicada pela sua referência (*benchmark*). Para os índices absolutos, o nível de referência é quando o emprego de uma localidade é igualmente distribuído entre os setores econômicos. Já os índices de especialização relativa possuem como referência a média das regiões e o seu valor expressa o quanto a composição setorial produtiva de uma região específica difere da média das outras.

Outra constatação interessante é que um índice relativo pode mudar sem que haja uma real mudança na estrutura interna de uma localidade. Isso se deve ao fato que a referência desse indicador é a estrutura média das demais regiões e basta que essa referência se altere para que essa região se torne mais ou menos especializada. Portanto, nesse caso concreto, um indicador relativo não estaria medindo uma maior especialização dessa região, mas apenas uma alteração em suas vantagens comparativas.

Como esperado pela sua distinção conceitual, Palan (2010) indicou que os resultados de trabalhos empíricos são habitualmente distintos quando se utilizam índices relativos ou absolutos de especialização. Por isso, a autora recomenda definir *ex ante* qual tipo de indicador é mais adequado ao problema estudado e selecionar um dentro dessa grupo. Para cada categoria, Palan (2010) realizou uma comparação adicional, avaliando os diferentes indicadores a partir de um conjunto de atributos relevantes e apontou o índice de Herfindahl-Hirschman como o melhor indicador absoluto e o índice de especialização de Krugman como o melhor indicador relativo³⁷. São apresentados a seguir o modo de cálculo desses dois indicadores.

---

³⁷ Palan (2010) define os seguintes critérios de qualidade para um indicador: o Axioma do Anonimato (a ordem dos setores não altera os índices), Axioma das Transferências Progressivas (a transferência de uma unidade de uma região pouco especializada para uma especializada aumenta o índice), Limites (só tendo limites é possível definir o que é muito ou pouco especializado), Decomposição (um bom índice é capaz de separar a dimensão inter e intraregiões e inter e intra-setores), Classificações industriais (o quanto um indicador é afetado pelo agregamento ou desagregamento do setor industrial), Número de setores (a introdução de um pequeno setor ter um efeito global pequeno).

6.4.1 Índice de Krugman

O Índice de Krugman é um indicador proposto por Krugman (1991) com o intuito de ter uma medida que não expressasse apenas a diversificação ou especialização de uma região, mas que incorporasse em um único indicador essas duas dimensões. Esse indicador é conhecido como índice de Krugman, ou simplesmente K-Index e se trata de um indicador de especialização relativa segundo a categorização de Palan (2010). Ele é definido por uma comparação da participação de empregados de cada setor em uma dada localidade com a média geral. Sua formulação é expressa por:

$$k_i = \sum_k abs(v_{it}^k - v_{it}^{-k}) \quad (6.2)$$

Com

$$v_{it}^k = \frac{e_{it}^{kt}}{\sum_k e_{it}^k} \quad (6.3)$$

$$v_{it}^{-k} = \frac{e_{jt}^{kt}}{\sum_k \sum_{j \neq i} e_{jt}^k} \quad (6.4)$$

Em que e_{it}^k representa o emprego do setor k na região i e v_{it}^k representa por sua vez a participação do setor k frente todos os setores na região i , de modo similar ao Quociente Locacional (QL) e v_{it}^{-k} representa a média de participação desse setor nas demais regiões. Dessa forma, k_i assume o valor próximo de 0 quando a região i possuir estrutura produtiva muito similar a média global, sendo mais diversificada. Se assumir um valor próximo de 2, indica ser mais distinta da base de comparação, apontando maior especialização industrial.

Midelfart-Knarvick et al. (2000) utilizam esse indicador para estudar a mudança de localização dos setores industriais na Europa ao longo das décadas de 1970 a 1990. Esses mesmos resultados são recuperados por Combes e Overman (2004) para discutir a distribuição espacial das atividades econômicas na União Europeia. Além disso, alguns trabalhos sobre inovação utilizaram-no como os estudos de Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007) e Mascarini (2012). Variantes desse indicador também foram utilizados em trabalhos como os de Cabrer-Borrás e Serrano-Domingo (2007) e Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011).

6.4.2 Índice de Herfindhal-Hirschman

O índice de Herfindhal-Hirschman (HH) recebe esse nome pelos trabalhos de Herfindahl (1950) e Hirschman (1964). Esse indicador, quando aplicado à relativa especialização ou diversificação de uma localidade, busca mensurar quanto a composição de atividades econômicas de uma região é distribuída homogeneamente. Palan (2010) indica que “implicitamente” o índice HH tem a proporção equitativa como referência, pois assume o seu menor valor quando todos os setores possuem a mesma participação no emprego regional. Esse índice é calculado pela soma das participações quadráticas dos setores econômicos presentes em cada localidade, de acordo com a equação abaixo.

$$HH(i) = \sum \frac{e_{ij}}{e_i} \quad (6.5)$$

Como se depreende da sua definição, o índice HH varia entre 0 e 1, sendo mais próximo de 1 na medida em que todo o emprego de uma região se deva a um único setor econômico e, próximo de 0, quando a região possui parcelas similares de cada setor.

Em razão da sua simplicidade, esse índice é amplamente utilizado para medir a especialização produtiva das regiões. Cabrer-Borrás e Serrano-Domingo (2007), Gonçalves e Almeida (2009) e Henderson (1997) são exemplos de trabalhos que o utilizam.

Tendo em conta a formulação dos do Índice de Krugman e o HH, é importante definir qual tipo de indicador (absoluto ou relativo) é mais apropriado para o problema estudado nesse trabalho. Portanto, é importante avaliar a composição dos setores econômicos que serão usados no cálculo desse índice. No caso, são utilizadas as divisões das Indústrias Extrativas e de Transformação cuja composição de emprego no Brasil está indicado no quadro 6.4 obtidos pelos dados da RAIS.

Quadro 6.4 – Emprego total e relativo no Brasil por Divisão CNAE 1.0 em 2004.

Divisão CNAE – Código e Nome	Total empregados	%
15 - Fabricação de produtos alimentícios e bebidas	1.149.708	19,37
18 - Confeção de artigos do vestuário e acessórios	495.727	8,35
19 - Preparação e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	394.606	6,65
28 - Fabricação de produtos de metal exceto máquinas e equipamentos	363.908	6,13
34 - Fabricação e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias	325.714	5,49
25 - Fabricação de artigos de borracha e plástico	322.770	5,44
29 - Fabricação de máquinas e equipamentos	321.091	5,41
24 - Fabricação de produtos químicos	307.674	5,18
17 - Fabricação de produtos têxteis	299.595	5,05
26 - Fabricação de produtos de minerais não metálicos	292.265	4,92
36 - Fabricação de móveis e indústrias diversas	290.884	4,90
20 - Fabricação de produtos de madeira	252.280	4,25
27 - Metalurgia básica	219.323	3,69
22 - Edição, impressão e reprodução de gravações	192.553	3,24
21 - Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	136.844	2,30
31 - Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	135.881	2,29
32 - Fabricação de mat. eletrônico e de aparelhos e equip. de comunicações	75.087	1,26
23 - Fabr. de coque, refino de petróleo, elabor. comb. nucleares e prod. de álcool	74.820	1,26
14 - Extração de minerais não metálicos	71.848	1,21
35 - Fabricação de outros equipamentos de transporte	59.591	1,00
33 - Fabr. de equip. de instrum. médico-hospitalares, instrum. de precisão, etc.	43.779	0,74
13 - Extração de minerais metálicos	37.939	0,64
30 - Fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática	27.114	0,46
11 - Extração de petróleo e serviços relacionados	25.676	0,43
16 - Fabricação de produtos do fumo	15.219	0,26
10 - Extração de carvão mineral	5.056	0,09
Total	5.936.952	100,00

Fonte: RAIS-MTE (2004).

Do quadro 6.4, nota-se uma composição bastante heterogênea dos grupos, no que diz respeito ao total de empregados. Alguns setores intensivos em mão de obra como “Alimentos e Bebidas”, “Confeções”, “Couro e calçados” correspondem a percentuais expressivos do emprego. Já outros, como algumas atividades extrativas e Fabricação médico-hospitalar possuem baixa participação no emprego total.

Os valores dos dois índices (Índice de Krugman e HH) para o Brasil em 2004 podem ser comparados na tabela 6.3, em que são apresentados os dois indicadores em ordem crescente com algumas das microrregiões mais diversificadas.

Tabela 6.3 – Comparação índices de Krugman e HH (2004).

Posição	Microrregião	K-Index	Posição	Microrregião	HH
1	Londrina	0,479	1	Sorocaba	0,072
2	Tatuí	0,495	2	Moji das Cruzes	0,074
3	Florianópolis	0,501	3	Osasco	0,077
4	Amparo	0,536	4	Belo Horizonte	0,079
5	Bragança Paulista	0,542	5	São Paulo	0,079
6	Aracaju	0,543	6	Guarulhos	0,081
7	Salvador	0,546	7	Rio de Janeiro	0,081
8	Recife	0,554	8	Campinas	0,083
9	Belo Horizonte	0,556	9	Curitiba	0,083
10	Feira de Santana	0,568	10	Florianópolis	0,087
26	Sorocaba	0,641	13	Bragança Paulista	0,094
65	Moji das Cruzes	0,757	27	Tatuí	0,118
113	Osasco	0,848	29	Londrina	0,125
119	São Paulo	0,858	37	Aracaju	0,130
151	Guarulhos	0,892	62	Amparo	0,147
-	Média	1,101	-	Média	0,367

Fonte: elaboração própria com dados da RAIS-MTE (2004).

Vale lembrar que o K-Index varia de 0 a 2 e o HH de 0 a 1, sendo que nos dois casos os valores mais próximos de zero indicam uma maior diversificação. Como é possível verificar, ainda que a ordem das microrregiões esteja bastante distinta, dificilmente uma região é apresentada como diversificada em um índice e especializada em outro. O que pode ser significativamente alterado é o grau de especialização e a sua ordem relativa na tabela. Talvez por isso, ao avaliar conjuntamente o Herfindahl-Hirschman e o índice de Krugman nota-se que, ainda que sejam indicadores de categorias distintas os dois são bastante correlacionados³⁸.

Entretanto, como os índices absolutos são mais afetados pela composição heterogênea do emprego total das divisões no Brasil, optou-se por usar indicadores de especialização relativa, no caso o índice de Krugman (ou K-Index). Dessa maneira, garante-se que o indicador aponta para a especialização a partir da diferença de uma região para a média nacional e não pela concentração absoluta de um setor³⁹.

³⁸ A correlação de Spearman para o ano de 2004 entre HH e índice de Krugman é de 0,78. Portanto, ainda que sejam indicadores de especialização de categorias diferentes apresentam expressiva associação.

³⁹ Mesmo que o índice de Krugman seja o mais adequado e utilizado em quase todos os modelos estimados nesse trabalho, um teste adicional será feito com o HH.

6.5 Medida de aglomeração (*Aglom*)

Entre os modelos econométricos utilizados para avaliar a inovação nas regiões, é recorrente o uso de variáveis que meçam as economias da aglomeração como níveis de emprego, adotado no trabalho de Anselin, Varga e Acs (1997), ou densidade populacional, utilizado por Moreno, Paci e Usai (2005a). Isso se deve ao fato de que regiões mais adensadas podem prover melhores oportunidades para contatos e cooperação entre agentes e um melhor aproveitamento da infraestrutura e dos insumos da inovação, como apontado em trabalhos como os de Storper e Venables (2004) e Puga (2010).

Como visto anteriormente, um dos trabalhos que avalia diretamente essa relação é o de Carlino, Chatterjee e Hunt (2007). Nesse trabalho, os autores indicaram que o número de patentes per capita é positivamente correlacionada com a densidade do emprego nas áreas metropolitanas (MSA) mais urbanizadas dos Estados Unidos. Os resultados apontaram que, tudo mais constante, uma região com o dobro do emprego terá 20% a mais de patentes per capita do que regiões menos densas. Os autores também relataram que as regiões mais adensadas possuem papel importante na criação de fluxos de conhecimento associados à inovação.

Outro trabalho que encontra efeitos positivos da aglomeração na inovação é o de Fritsch e Slavtchev (2010). Os autores estudaram a eficiência dos sistemas regionais de inovação da Alemanha e encontraram um efeito positivo e significativo da densidade populacional na eficiência medida pelo número de patentes das firmas da localidade. De modo similar, Moreno, Paci e Usai (2005a), num trabalho para a Europa, também encontraram efeitos positivos da densidade populacional na atividade inovativa das regiões, medida pelo número de patentes por habitantes.

No Brasil, a relação entre a aglomeração de agentes e o desempenho inovativo foi abordado por alguns trabalhos. Estudos analíticos como os de Albuquerque et al. (2000 e 2005) apontaram para uma concentração da atividade inovativa. Já o de Gonçalves (2007) relatou uma associação entre adensamento urbano e maior inovação.

Além disso, modelos econométricos aplicados ao Brasil apontaram um efeito positivo e significativo da aglomeração no número de inovações em diversos recortes geográficos como os trabalhos de Gonçalves e Almeida (2009), Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011), Gonçalves e Fajardo (2011) e Mascarini (2012).

Nesse trabalho, utiliza-se a densidade populacional de maneira similar a outros estudos que adotam a Função de Produção de Conhecimento com os de Moreno, Paci e Usai (2005a) e Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007). Essa medida permite avaliar o efeito da urbanização e concentração total das regiões, verificando sua relação com a inovação.

Gráfico 6.1 – Patentes por habitante x densidade populacional (2005).

Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE e INPI.

Como é possível verificar no gráfico 6.1, a densidade populacional em forma logarítmica apresenta uma dispersão que aponta para uma correlação positiva com o índice de patentes por habitante. Para melhor visualizar essa relação, destacam-se as dez microrregiões com maior densidade populacional e o seu respectivo número de patentes depositadas em 2005 no INPI.

Tabela 6.4 – Dez microrregiões com maior densidade populacional em 2005.

Microrregião	Patentes/dez mil hab.	Densidade pop. (hab./km²)
São Paulo	10,89	5.566,01
Recife	2,15	2.516,53
Osasco	6,99	2.467,28
Rio de Janeiro	4,19	2.366,73
Natal	2,93	2.093,22
Guarulhos	5,01	1.631,43
Salvador	1,91	1.092,08
Santos	3,69	1.017,09
Vitória	4,04	990,29
Fortaleza	2,13	909,68
Média	1,53	93,62

Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE e INPI (2005)

Na tabela 6.4, nota-se que todas as microrregiões possuem nível per capita superiores à média nacional e em alguns casos, como São Paulo, Osasco e Guarulhos, os níveis são mais de 3 vezes superiores à média nacional. Essa evidência aponta uma possível relação entre concentração espacial dos agentes e a inovação local no Brasil e corrobora a inclusão dessa variável no modelo.

6.6 Controles

Além das variáveis explicativas principais que são objeto de estudo deste trabalho, faz-se necessário apresentar alguns controles que foram adicionados ao modelo estimado. Em concreto, foram incluídas quatro variáveis que controlam alguns fatores que podem influenciar o nível per capita de patentes: a participação da indústria no emprego da região (*ShrInd*), a participação relativa de alguns setores mais propensos a patentear (*Sec*), uma *dummy* para as regiões metropolitanas (*Metro*) e uma *dummy* para as Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (*N*). Cada uma dessas variáveis são apresentadas.

6.6.1 Participação da Indústria no Emprego (*ShrInd*)

Uma variável da participação da Indústria no emprego de uma região foi adicionada ao modelo para controlar o efeito de regiões com forte presença da indústria. Isso se deve ao fato de que a indústria está mais diretamente associada ao patenteamento do que outras atividades econômicas. Além disso, Carlino, Chatterjee e Hunt (2007) relataram

que, em todas as regressões estimadas em seu trabalho para os Estados Unidos, a participação da manufatura no emprego total das regiões metropolitanas afeta positivamente o número de patentes das localidades.

6.6.2 Participação de setores especialmente propensos a patentear (Sec)

Devido às especificidades do regime tecnológico, os setores podem apresentar diferentes propensões a patentear. Por essa razão, além de um controle para a dimensão da atividade industrial na região, é relevante incluir um controle para a presença de alguns setores específicos que tendem a patentear mais. De modo similar a Gonçalves e Almeida (2009), optou-se por controlar a presença desses setores mais propensos a patentear com base no trabalho de Albuquerque (2000). Em seu trabalho sobre as patentes no Brasil, Albuquerque (2000) apontou quais setores mais realizaram depósitos de patentes no período de 1980 a 1995. Dentre os dez setores que mais patentearam, oito fazem parte da Indústria da Transformação e Extrativa e estão listados no quadro 6.5.

Quadro 6.5 – Setores industriais mais propensos a patentear.

Setor industrial*	Div CNAE 1.0
Extração de Petróleo e serviços relacionados	11
Fabricação de produtos químicos	24
Fabricação de artigos de borracha e plástico	25
Metalurgia Básica	27
Fabricação de máquinas e equipamentos	29
Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	31
Fabricação e montagem de veíc. autom., reboques e carrocerias	34
Fabricação de móveis e Indústrias diversas	36

* Seleção a partir de Albuquerque (2000). Fonte: CNAE 1.0.

A inclusão de uma variável que expresse a presença desses setores como controle no modelo busca garantir que os coeficientes estimados entre o nível de patentes nas regiões expressem sua dinâmica inovativa local e não seja mero reflexo de uma composição setorial mais propensa a patentear. Portanto, a inclusão desse controle no modelo limita um possível viés setorial da maior aplicabilidade de patentes a determinados setores industriais. A variável de controle adotada é a medida da participação desses setores no emprego das Indústrias de Transformação e Extrativas das microrregiões, medida pela razão do emprego nesses setores sobre o total de emprego na localidade.

6.6.3 Regiões metropolitanas (Metro)

Também foi acrescentado ao modelo um controle para as regiões metropolitanas, de modo similar a Gonçalves & Almeida (2009). Mesmo que a densidade populacional já esteja listada nas suas variáveis independentes. Isso se deve ao fato de que diversos trabalhos, como Albuquerque et al. (2002 e 2005), indicaram a existência de uma concentração das atividades inovativas nessas regiões, o que pode significar um perfil distinto das demais localidades.

O Brasil conta com 26 microrregiões que incluem cidades centrais de regiões metropolitanas⁴⁰. A concentração nessas regiões pode ser percebida pelo fato de que, em conjunto, essas 26 localidades detém 64,2% das patentes depositadas em 2005.

6.6.4 Dummy para Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (N)

Devido às expressivas diferenças entre as Regiões do Brasil, optou-se por incluir uma *dummy* para as microrregiões localizadas nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Isso se deve ao fato de que essas Regiões foram responsáveis pelo depósito de apenas 623 patentes em 2005, o que corresponde a 9,7% das 6.389 depositadas no INPI nesse ano. A desproporção entre a inovação e a estrutura econômica e social fica evidente ao verificar que essas Regiões correspondem a 42,9% da população e 30,3% do emprego nacional no mesmo ano. Portanto, como apontam os trabalhos de Albuquerque et al. (2002, 2005 e 2011) e Gonçalves (2007), pode-se afirmar que as diferenças regionais já conhecidas se acentuam quando se analisa a inovação.

6.7 Escolha da escala geográfica

Até o momento foram apresentadas a variável dependente, as variáveis explicativas e os controles. Antes de iniciar com a etapa de estimação dos modelos é importante tecer alguns comentários sobre aspectos metodológicos.

---

⁴⁰ As 26 microrregiões das cidades centrais de regiões metropolitanas estão listadas no Anexo B.

Os resultados e métodos aplicados para estudos espaciais são influenciados pela forma como a dimensão geográfica é inserida. De maneira geral, estudos de fenômenos espaciais utilizam áreas geográficas como estados ou municípios como suas unidades de análise.

Porém, como indica Openshaw (1984), é importante ter em conta que essas unidades regionais são, muitas vezes, geradas a partir de critérios distintos dos utilizados em avaliações empíricas e refletem mais as necessidades operacionais de censos, considerações políticas locais ou necessidades administrativas. Portanto, em alguns casos, essas divisões regionais podem ser inadequadas para a análise de um determinado fenômeno.

Essas dificuldades estão associadas ao que ficou conhecido como *MAUP Problem* (*Modifiable Areal Unit Problem*, ou Problema de Unidades de Área Modificáveis). Como aponta Openshaw (1984), esse problema se trata na verdade de uma conjunção de dois fatores diferentes, mas muito próximos: o problema de escala e o problema de agregação.

O problema de escala se deve à variação de um fenômeno pela agregação de mais áreas espaciais. Por exemplo, a evidência de uma alta densidade populacional em uma análise em nível municipal pode não se confirmar quando a análise é feita no nível microrregional. Isto pode ocorrer porque os altos índices de densidade populacional daquela localidade podem ser expressivamente reduzidos pela adição de mais municípios menos densamente povoados.

O segundo problema, o de agregação, deve-se aos diferentes resultados obtidos quando se avalia um mesmo fenômeno com diferentes possibilidades de agregação. Um mesmo estudo pode ter resultados bastante diversos de acordo com os critérios utilizados para agregar os dados regionais, mesmo que haja grandezas geográficas finais similares. Por exemplo, estudos regionais de fenômeno de criminalidade podem variar expressivamente quando se utilizam como nível de análise as áreas dos distritos policiais ou as divisões de bairros. A rigor, os mesmos dados pontuais de crimes foram usados, mas a agregação de forma diferente pode gerar resultados expressivamente distintos.

Pode ser ilustrativa para a compreensão desse problema uma análise comparativa entre os aglomerados urbanos de Recife e Fortaleza, apresentada na tabela 6.5.

Tabela 6.5 – Ilustração *MAUP Problem* - Comparação Recife e Fortaleza

	Indicador	Recife (A)	Fortaleza (B)	Diferença A/B
Nível	População	2.942.405	2.787.295	+5,56%
Microrregional	PIB per capita	R\$ 4.829,51	R\$ 4.910,07	-1,64%
Nível	População	1.422.905	2.141.402	-33,55%
Municipal	PIB per capita	R\$ 6.895,52	R\$ 5.205,23	+32,47%

Fonte: IBGE (2000)

As regiões metropolitanas de Recife e Fortaleza possuem características similares se analisadas em um nível microrregional. Como indica a tabela 6.5, as microrregiões desses municípios possuem mais ou menos o mesmo PIB per capita e a população tem diferença inferior a seis pontos percentuais. No entanto, quando se analisam esses mesmos dados, considerando apenas os municípios de Recife e Fortaleza, os mesmos indicadores passam a apresentar grande discrepância, sendo a população de Recife cerca de um terço menor, porém com um PIB per capita um terço superior.

Portanto, sob esses indicadores apresentados, as duas cidades apresentam-se semelhantes ou bastante díspares quando analisadas sobre níveis geográficos distintos. Isso se deve fundamentalmente aos limites geográficos dos municípios. Ainda que a aglomeração urbana de Recife tenha a dimensão total similar, o município do Recife possui dimensões bem menores do que o de Fortaleza, que tem área quase 50% maior. Por esse motivo, alguns bairros periféricos da grande Recife estão situados em outros municípios vizinhos, porém significativamente populosos como Jaboatão dos Guararapes (581.556 hab.), Olinda (367.902 hab.) e Paulista (262.237 hab.). O mesmo não ocorre em Fortaleza, que detém quase 75% da população de toda sua microrregião, e cujo segundo município em população é Caucaia (250.479 hab.) que tem população bem menor do que os vizinhos de Recife. O desmembramento do município do Recife e o não desmembramento do município de Fortaleza se devem a idiossincrasias histórico-políticas que ilustram que as unidades de agregação possuem particularidades que precisam ser consideradas.

Portanto, o *MAUP Problem* e seus possíveis efeitos devem ser levados em consideração nos trabalhos com estatísticas espaciais. Nesse sentido, pode ser útil escolher adequadamente o nível regional para o fenômeno analisado e selecionar formas de agregação mais universalmente aceitas, o que permite uma melhor comparação de resultados em relação ao uso de divisões *ad hoc*.

Essa preocupação está em linha com os resultados do trabalho de Beaudry e Schiffaureova (2009). Os autores indicaram que muito das diferenças nos resultados de estudos que analisam as vantagens e desvantagens de estruturas regionais especializadas ou diversificadas se deve ao uso de diferentes escalas geográficas de agregação.

Assim, tendo em conta que o fenômeno estudado é o da inovação regional, tem-se como pressuposto inicial que cada região inovadora surge no entorno de um mesmo polo econômico e de trabalhadores qualificados. Isso é o que apontam Breschi e Lissoni (2001) ao indicar que as colaborações formais de empresas e outros mecanismos não formalizados de fluxos de conhecimento (como a mobilidade de trabalhadores e transbordamentos locais de conhecimento) ocorrem preferencialmente em níveis regionais urbanos. Portanto, pode-se supor que o nível geográfico mais adequado para a análise da inovação seja o que não fragmenta as grandes cidades em mais de uma unidade de observação.

Nesse sentido, para o estudo da inovação regional seria particularmente adequado o uso de um recorte geográfico oficial que abrangesse as áreas urbanas e industriais brasileiras de forma similar às áreas metropolitanas estatísticas dos Estados Unidos (*Metropolitan Statistical Areas – MSA*). Isso restringiria possíveis problemas *MAUP* porque permitiria uma análise de elementos geográficos mais homogêneos e facilitaria a comparação de resultados de estudos quantitativos. Ao mesmo tempo, um recorte com essas características possibilitaria avaliar como uma única unidade espacial alguns aglomerados urbanos que ultrapassam os limites dos municípios e microrregiões. No entanto, tal recorte geográfico específico não está disponível atualmente para o caso brasileiro.

No Brasil, os dados necessários para o presente estudo (patentes, profissionais de P&D, estrutura industrial, etc.) estão disponíveis em diferentes níveis de agregação regional. O nível mais desagregado é o municipal, passando para as microrregiões, mesorregiões, unidades da federação e Regiões⁴¹.

É importante ter em conta que, ao escolher um nível geográfico de análise sempre se incorre em arbitrariedades, mas a escolha do nível regional deste trabalho se deve a alguns motivos. Primeiramente, foram descartados os níveis municipais, de unidade da federação e Regiões. Um estudo regional para as unidades da federação ou regiões

---

⁴¹ A título de ilustração, o Brasil estava composto em 2005 por 5.564 municípios, 558 microrregiões, 137 mesorregiões, 27 unidades federativas e 5 Regiões.

apresentaria diversas dificuldades: pequeno espaço amostral; grandes áreas heterogêneas e desconexas economicamente, especialmente nos grandes estados da federação, com áreas espaciais muito dispare.

Já a exclusão do uso do nível municipal para a análise se deve a que, muitas vezes, a atividade econômica não respeita os limites municipais, especialmente no caso de algumas metrópoles brasileiras que são compostas por dezenas de municípios que interagem como uma única unidade econômica. Gonçalves (2007) fundamenta sua opção pelo nível microrregional indicando que realizar uma análise para a inovação no nível municipal poderia incorrer em um erro ao separar Contagem e Betim de Belo Horizonte.

Resta ainda dois níveis: o microrregional e mesorregional⁴². Tendo em conta que, como apontado anteriormente, o estudo da inovação no âmbito regional exige a existência de uma integração econômica interna ao nível regional e um fluxo estável de trabalhadores dentro dessas áreas, optou-se pelo uso dos dados microrregionais.

Essa opção parece adequada do ponto de vista da avaliação da estrutura produtiva local, como apontaram os resultados de Beaudry e Schifffareova (2009). Ainda que seja difícil definir *a priori* um nível geográfico para análise, os autores comparam diferentes resultados de trabalhos sobre o desempenho das regiões especializadas e diversificadas de acordo com o nível geográfico de análise.

No que diz respeito aos níveis de agregação espacial, os autores indicam que medidas muito desagregadas ou muito estritas podem superestimar ou subestimar o papel da especialização ou diversificação produtiva, por isso sugerem a adoção de níveis intermediários. Em concreto, os autores apontam que:

A escolha da unidade geográfica, portanto, possui importância. Os estudos que usam unidades geográficas mais amplas como Estados ou Províncias e dados setoriais mais agregados geralmente detectam mais externalidades do tipo MAR do que do tipo Jacobs, enquanto estudos baseados no nível das cidades (SMA ou MSA nos Estados Unidos) que usam dados setoriais detalhados encontram mais comumente evidências de efeitos jacobianos a um menor grau efeitos de especialização. Isso confirma a existência de um limiar no meio do nível de classificação e sugere um limite entre os níveis

---

⁴² Quatro dos trabalhos sobre o Brasil que adotam a Função de Produção de Conhecimento utilizam como referência principal as microrregiões ou as mesorregiões: Gonçalves e Almeida (2009), Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) e Mascarini (2012) utilizam microrregiões e Gonçalves e Fajardo (2011) mesorregiões.

geográficos de Classe 2 e 3⁴³. (BEAUDRY; SCHIFFAUREOVA, 2009, p. 327, tradução própria).

Os resultados de Beaudry e Schiffaureova (2009) sugerem, portanto, o uso de níveis geográficos que englobem um mesmo mercado de trabalho, o que reforça a escolha do nível microrregional.

Ainda que se apresente como o nível geográfico mais adequado, as microrregiões brasileiras estão longe de ser homogêneas e apresentam enorme disparidade de dimensões, sendo especialmente grande nas Regiões Norte, Centro-Oeste e em algumas microrregiões do Nordeste e como pode ser visto nas estatísticas descritivas da tabela 6.6.

Tabela 6.6 – Comparação de área das microrregiões (km²).

Estatística	Todas microrregiões (558)	Apenas Sul- Sudeste (254)
Média	15.324,3	5.886,3
Desvio-padrão	29.746,0	5.203,3
Mínimo	19,1	602,2
Máximo	334.625,6	35.185,2
Razão máx./mín.	17.552,3	58,4

Fonte: Cálculo próprio com Malha Digital do IBGE.

Como é possível verificar, quando se analisa todo o país, a Área Geográfica das microrregiões apresenta desvio-padrão superior a 29 mil km², o que equivale a áreas de Estados como Sergipe e Alagoas. Quando se avaliam apenas as Regiões Sul e Sudeste, com microrregiões mais homogêneas, o desvio padrão quase é seis vezes menor (5,2 mil km²). A amostra de todo o país, inclui tanto a pequena microrregião de Fernando de Noronha (com apenas 19 km²) como a microrregião de Rio Negro no Amazonas maior que a Itália (330 mil km²). Basta considerar que apenas essa última microrregião possui dimensão superior a todo o Estado de São Paulo.

Por esse motivo, além de estimar o modelo para todas as 558 microrregiões, foi realizada também uma análise adicional para as 254 microrregiões das Regiões Sul e Sudeste. Dois motivos fundamentam esta opção: mitigar as expressivas heterogeneidades da dinâmica inovativa entre as porções norte e sul do país e reduzir

⁴³ Beaudry e Schiffaureova (2009) delimitaram cinco classes de agregação geográfica sendo: Classes 1 e 2 unidades administrativas; Classe 3 recortes de um único mercado de trabalho (grupos de municípios); Classe 4 códigos postais e Classe 5 apenas abrangendo as áreas mais densamente povoadas e cidades.

possíveis problemas oriundos da falta de homogeneidade espacial, além de potenciais problemas de *MAUP*.

6.8 Matriz de peso espacial

Ainda sob o ponto de vista metodológico, é importante apresentar algumas considerações relativas às matrizes de peso espacial utilizadas nesse trabalho. Entre as diversas matrizes de proximidade geográfica mais frequentemente adotadas, escolheu-se como referência a matriz tipo “*k* vizinhos mais próximos” (*k-nearest*)⁴⁴.

A matriz tipo *k-nearest* possui algumas características que a tornam propícia para o presente estudo. Primeiramente, ela é de fácil compreensão e formulação. Além disso, possui maior simplicidade computacional do que matrizes mais sofisticadas como a matriz de inverso da distância que demanda mais tempo computacional. Ao mesmo tempo, ela é adotada em trabalhos como os de Gonçalves (2007) e Gonçalves e Almeida (2009) o que simplifica a comparação dos resultados.

Dentro da categoria “*k* vizinhos mais próximos” (*k-nearest*), é necessário definir o número de regiões mais próximas que serão consideradas vizinhas. Nesse sentido, é importante ter em conta que as microrregiões brasileiras possuem em média 5,56 vizinhos por critério de contiguidade (pelo menos um ponto comum em seus limites). Além disso, as duas microrregiões brasileiras com maior número de localidades limítrofes (Juazeiro, na Bahia, e Frutal, em Minas Gerais) possuem onze regiões contíguas. Nesse sentido, a adoção de um número de vizinhos inferior a 11 faria com que localidades com limites geográficos comuns não fossem consideradas vizinhas. Portanto, como referência, optou-se pela matriz de pesos espaciais dos 15 vizinhos mais próximos.

Essa matriz é utilizada tanto na etapa de AEDE quanto na estimação do modelo espacial principal, apresentados no próximo capítulo. Na seção de estimções adicionais foram testadas outras possibilidades de matrizes de peso espacial para verificar a robustez dos resultados a essa especificação⁴⁵.

---

⁴⁴ As diferentes matrizes de pesos espaciais ou de proximidade são apresentadas no item 4.2.1.

⁴⁵ Foram estimados modelos adicionais com matrizes do tipo Rainha, Inverso da distância e 20 vizinhos mais próximos.

7 Resultados

Há um amplo debate sobre quais elementos locais colaboram para um melhor desempenho inovativo das regiões. O presente trabalho situa-se no contexto dessa discussão e busca analisar os determinantes locais da inovação e avaliar o papel de proximidade na dinâmica inovativa.

Nesse sentido, o presente capítulo tem o intuito de apresentar os resultados obtidos da análise da inovação nas microrregiões brasileiras. Tendo como base os fundamentos teóricos e as opções metodológicas apresentadas, essa análise foi realizada em três etapas.

Em primeiro lugar, buscou-se avaliar os padrões de localização de áreas de alto ou baixo desempenho inovativo no Brasil. Para isso, utilizou-se uma Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) para descrever a distribuição da atividade inovativa nas microrregiões brasileiras, medida pelo número de patentes por dez mil habitantes. Esta análise permitiu apontar que há uma associação clara entre o nível de inovação local e o nível das regiões vizinhas e que estas localidades se configuram em concentrações de regiões de alto ou baixo desempenho inovativo. Além disso, foi possível comparar o padrão da inovação obtido com os resultados de outros trabalhos para o Brasil.

Em segundo lugar, foi estimado o modelo empírico que relaciona os resultados da atividade inovativa com o nível de P&D industrial local, a pesquisa universitária, o nível de aglomeração local e a especialização ou diversificação da estrutura produtiva das regiões. Os resultados das regressões espaciais do modelo detalhado no capítulo sexto permitiu confirmar o impacto positivo dos esforços locais de P&D e da pesquisa acadêmica no número de patentes locais. Além disso, o modelo apontou a existência de efeitos da inovação das regiões vizinhas sobre o nível de inovação local.

Por fim, para assegurar a qualidade dos resultados obtidos na estimação do modelo principal, foram realizadas estimações de especificações alternativas do modelo. Os testes adicionais procuram dar garantias que os resultados obtidos são suficientemente robustos às especificações das variáveis, da matriz espacial adotada e do recorte geográfico escolhido.

7.1 Análise Exploratória de Dados Espaciais

A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) serve de primeira etapa de uma análise espacial e possibilita revelar padrões geográficos por meio da autocorrelação espacial, determinando localidades de perfis específicos. Em concreto, essa análise permite apontar localidades de perfis de localização de tipo alto-alto e baixo-baixo. As concentrações alto-alto são as regiões com altos níveis de uma dada variável com vizinhos de perfil similar. Já as de perfil baixo-baixo ocorrem no sentido contrário, regiões com valores baixos da variável cercadas por localidades semelhantes.

Nesse trabalho, a variável analisada é a variável dependente do modelo empírico, ou seja, o número total de patentes por dez mil habitantes das microrregiões brasileiras depositadas no INPI.

Utilizando uma matriz de pesos espaciais tipo *k-nearest* para os 15 vizinhos mais próximos, computou-se a estatística de I de Moran para determinar a presença ou não de autocorrelação espacial global⁴⁶. A estatística calculada para as patentes por dez mil habitantes nas microrregiões para os anos de 2001 a 2005 é apresentada na tabela 7.1.

Tabela 7.1– Índice de Moran Global de patentes/dez mil hab. para todo Brasil (2001-2005).

Ano	Índice de Moran	Estatística t	Desvio padrão	Prob. Marginal
2005	0,3869	17,3	0,0224	0,000
2004	0,4136	18,4	0,0255	0,000
2003	0,4014	17,9	0,0224	0,000
2002	0,2885	13,5	0,0213	0,000
2001	0,3514	16,0	0,0220	0,000

Fonte: elaboração própria com o Geoda 1.4.3, Matriz 15-nearest.

Como é possível verificar, a estatística I de Moran possui significância estatística no nível de 0,1% para todos os anos, o que permite rejeitar a hipótese de não dependência espacial e evidenciar uma autocorrelação positiva. Isso significa que a distribuição espacial da inovação não é aleatória e que as regiões de perfil similar estão agregadas em *clusters* de tipo alto-alto e baixo-baixo. Além disso, esse fenômeno é bastante estável ao longo do tempo o que pode ser verificado pelo fato da magnitude desse

⁴⁶ Os tipos de matrizes de pesos espaciais são apresentados na seção 4.2. A tipo *k-nearest* ou k vizinhos mais próximos consideram como vizinhos as k regiões mais próximas de uma dada localidade.

indicador ser, em quatro dos cinco anos, próxima de 0,4, e a correspondente estatística t ser bastante elevada.

Para verificar a localização das concentrações geográficas das localidades de alto e baixo desempenho inovativo no Brasil, realizou-se uma análise de *clusters* LISA (*Local Indicator of Spatial Association*) com os indicadores I de Moran Locais. Essa técnica permite definir pontos de alto-alto e baixo-baixo para cada ano da amostra (2001-2005). Para evitar as flutuações anuais e sumarizar os resultados, as análises LISA para cada ano foram integradas em um único mapa que apresenta apenas as microrregiões de perfil alto-alto ou baixo-baixo em pelo menos quatro dos cinco anos⁴⁷.

Figura 7.1 – Mapa LISA de *clusters* tipo alto-alto e baixo-baixo para todo Brasil (2001-2005).

Fonte: Elaboração própria. Computado no Geoda 1.4.3 e preparado no ArcMap.

De maneira geral, a partir dos níveis de patentes per capita apontados no mapa da Figura 7.1 é possível notar dois conjuntos de microrregiões bastante distintos. Um primeiro conjunto concentra localidades tipo baixo-baixo especialmente nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil. Um segundo é composto por microrregiões de padrão alto-alto na

⁴⁷ Os resultados detalhados da análise LISA para cada ano estão apresentados no Apêndice B.

porção Sul do país, especialmente nos Estados de São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul⁴⁸.

O primeiro conjunto de microrregiões tipo baixo-baixo compreende localidades com baixa participação na atividade econômica nacional e reduzida atividade industrial. No entanto, há relevantes exceções a esse perfil especialmente em algumas microrregiões das capitais estaduais, como Natal, Recife e Fortaleza.

O segundo grupo é do tipo alto-alto e situa-se na porção Sul-Sudeste do país. Dentre essas regiões, destaca-se uma grande faixa no Estado de São Paulo cujo centro é a capital e que se ramifica para o litoral em direção a São José dos Campos e Santos e para o interior passando por Campinas, Sorocaba e Ribeirão Preto. Essa área abrange inclusive a microrregião de Uberaba, no Triângulo Mineiro. Já nos Estados da Região Sul, há dois grupos de microrregiões de tipo alto-alto. Um que se estende de Curitiba a Criciúma passando por Joinville, Blumenau e Florianópolis e outro que inclui um longo trecho de Chapecó, no oeste de Santa Catarina, até Porto Alegre, passando por Passo Fundo, Caxias do Sul e Gramado-Canela.

Separando essas duas grandes áreas de alto e baixo nível, há um extenso conjunto de localidades na parte central do país em que os índices não apresentam significância. Nesse sentido, ainda que haja regiões importantes do ponto de vista industrial como os polos industriais no entorno do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte, não é possível apontar a existência de um padrão espacial para os níveis de inovação local.

Destaca-se que uma análise para todo o âmbito nacional pode apresentar algumas limitações. Para tentar contorná-las e oferecer maior segurança do padrão espacial encontrado para a inovação, realizou-se uma nova análise AEDE apenas para as Regiões Sul e Sudeste.

Três motivos justificam esta análise adicional. O primeiro é a presença de muitas microrregiões nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste sem registros de patente. Isto faz com que o nível médio nacional de patentes por habitante seja relativamente baixo. Dessa maneira, algumas localidades que teriam desempenho inovativo apenas mediano entre as microrregiões das Regiões Sul e Sudeste podem aparecer como de alto desempenho em uma análise nacional. Por exemplo, a média para todo o Brasil é de

---

⁴⁸ A lista de regiões de tipo alto-alto e baixo-baixo em pelo menos quatro dos anos analisados pode ser vista no Apêndice B.

1,31 patentes por dez mil habitantes, nos anos de 2001 a 2005, e de 2,61 para o recorte com as Regiões Sul e Sudeste, isto é, o nível médio de patentes das Regiões Sul e Sudeste é praticamente o dobro do Brasil como um todo.

Um segundo motivo é a possibilidade de um *MAUP Problem* que afetaria a análise devido à falta de homogeneidade entre as áreas das microrregiões da porção Norte do país⁴⁹. Como apontado anteriormente, as microrregiões das Regiões Norte e Centro-Oeste possuem em média dimensões bastante superiores às demais. Assim, a adoção de um recorte que incluía apenas as microrregiões das Regiões Sul e Sudeste permitiria uma análise de regiões com dimensões mais homogêneas.

Por fim, o terceiro motivo para utilizar esse recorte geográfico deve-se à percepção da existência de um padrão inovativo distinto para essas duas regiões. Isto é evidenciado em trabalhos como o de Albuquerque et al. (2002) e que Gonçalves (2007) chama de disparidade Norte-Sul.

Na tabela 7.2 são apresentados os Índices de Moran Global para o número de patentes por dez mil habitantes das microrregiões do Sul e Sudeste nos anos de 2001 a 2005.

Tabela 7.2 – Índice de Moran Global de patentes/dez mil hab. para Sul e Sudeste (2001-2005).

Ano	Índice de Moran	Estatística t	Desvio padrão	Prob. marginal
2005	0,2135	7,64	0,0279	0,000
2004	0,2290	8,16	0,0281	0,000
2003	0,2291	8,16	0,0281	0,000
2002	0,1501	5,79	0,0259	0,000
2001	0,1708	6,61	0,0258	0,000

Fonte: elaboração própria com base no Geoda 1.4.3, Matriz 15-nearest.

Ao analisar os índices de Moran globais para os anos de 2001 a 2005 de patentes por dez mil habitantes apenas das microrregiões das Regiões Sul e Sudeste, nota-se novamente a presença de dependência espacial. Assim como para todo o Brasil, a autocorrelação espacial é positiva e com significância estatística em todos os anos. No entanto, nota-se uma pequena redução da magnitude do índice de Moran. Essa redução pode estar associada à exclusão de uma parcela relevante de regiões sem patentes, rodeadas por outras similares.

⁴⁹ Vale lembrar que o Problema de Unidades de Área Modificáveis, ou *MAUP Problem*, ocorre devido aos critérios de agregação de unidades geográficas como foi tratado na seção 6.7.

Também de maneira similar para todo o Brasil, realizou-se a análise de *clusters* LISA com os índices I de Moran Locais para o recorte Sul-Sudeste. No mapa da figura 7.2 são apresentadas as microrregiões que mantiveram a mesma classificação de perfil alto-alto ou baixo-baixo em pelo menos quatro dos cinco anos analisados.

Figura 7.2 – Mapa LISA de *clusters* tipo alto-alto e baixo-baixo para Regiões Sul e Sudeste (2001-2005).

Fonte: Elaboração própria. Computado no Geoda 1.4.3 e preparado no ArcMap.

Ao realizar essa análise para um recorte mais homogêneo como o Sul e Sudeste, é possível notar que a extensão de áreas de *clusters* de tipo alto-alto é menor do que ao utilizar todas as microrregiões brasileiras. Esse fato é condizente com o novo recorte, uma vez que este não inclui boa parte das localidades sem patentes. Dessa forma, algumas áreas que antes, quando comparadas com o nível médio brasileiro, apresentavam nível de inovação alto, quando analisadas frente à média do Sul e Sudeste, não apresentam um desempenho inovativo relativamente alto.

Por outro lado, é possível verificar que todas as concentrações de tipo alto-alto na análise para o Sul e Sudeste já estavam presentes na análise LISA para todo o Brasil. Essas áreas compreendem trechos dos Estados de São Paulo e Santa Catarina e um ponto no Rio Grande do Sul.

No Estado de São Paulo dezesseis microrregiões apresentam padrão alto-alto. Nelas estão incluídas as que compõem a Grande São Paulo e uma faixa que se estende do entorno de Campinas e Sorocaba até Ribeirão Preto⁵⁰. O segundo conjunto de regiões de tipo alto-alto, que na análise nacional incluía várias localidades gaúchas e Curitiba, passa a ser mais restrito e é composto por oito microrregiões em sua maioria próximas ao litoral catarinense. Elas englobam Gramado-Canela no Rio Grande do Sul e uma área que se estende de Criciúma até Joinville e Blumenau⁵¹.

Já no que diz respeito às regiões que apresentam perfil baixo-baixo, destacam-se 51 microrregiões localizadas no norte de Minas Gerais, em quase todo o Espírito Santo e no norte fluminense⁵². A maioria dessa extensão não apresentava significância na análise para todo o país. Isto pode ocorrer porque seu nível de patenteamento não se apresenta particularmente baixo se comparado à média nacional e especialmente a algumas microrregiões do Nordeste que são vizinhas na análise do recorte geográfico nacional. Nesse caso, algumas das localidades analisadas também são descritas por Gonçalves (2007) como de padrão baixo-baixo, especialmente no norte de Minas Gerais.

Se comparados a estudos precedentes, os resultados aqui apresentados possuem algumas similaridades e divergências que podem ser destacadas. A ampla região descrita como de perfil alto-alto no Estado de São Paulo coincide em boa medida com o encontrado em trabalhos como os de Montenegro (2008), Montenegro e Betarelli Júnior (2009) e Mascarini (2012). Além disso, a concentração de dezesseis microrregiões no entorno de São Paulo com desempenho inovativo alto apresenta um reforço para o papel central desse Estado na dinâmica inovativa nacional.

As regiões de tipo alto-alto que foram apontadas por Gonçalves (2007) são bastante similares às encontradas na análise para o Brasil. Há uma relativa coincidência na ampla faixa do Estado de São Paulo avançando para a região do Triângulo Mineiro. De modo semelhante, algumas microrregiões no eixo de Porto Alegre a Passo Fundo e no litoral e oeste catarinense são relatadas também por Gonçalves (2007) como de tipo alto-alto.

---

⁵⁰ As dezesseis microrregiões de São Paulo com perfil alto-alto são: São Paulo, Osasco, Guarulhos e Itapeirica, Bragança, Jundiaí, Sorocaba, Campinas, Amparo, Moji Mirim, Tatuí, Piracicaba, Limeira, Rio Claro, São Carlos e Ribeirão Preto.

⁵¹ Essa área de Santa Catarina inclui as microrregiões de Rio do Sul, Joinville, Blumenau, Itajaí, Florianópolis, Tubarão e Criciúma.

⁵² A lista completa das microrregiões de tipo alto-alto e baixo-baixo em pelo menos quatro dos anos analisados das Regiões Sul e Sudeste pode ser encontrada no Apêndice B.

Porém, quando são comparados os resultados da AEDE do recorte Sul-Sudeste e o estudo de Gonçalves (2007) surgem algumas discrepâncias. Em boa medida, as divergências são semelhantes às encontradas entre o recorte nacional e Sul-Sudeste deste trabalho. Porém, é possível apontar uma diferença mais significativa nas regiões de perfil alto-alto da região Sul. Gonçalves (2007) indica um número expressivo de microrregiões como alto-alto que não estão listadas entre as regiões do tipo alto-alto na análise do recorte Sul-Sudeste deste trabalho. Em concreto, algumas microrregiões do Paraná, do Rio Grande do Sul e do oeste de Santa Catarina.

Assim, desta análise descritiva dos dados espaciais, é possível apontar a existência de uma concentração espacial da atividade inovativa nas microrregiões brasileiras. Em concreto, há uma aglomeração da atividade inovativa em algumas poucas regiões da porção Sul-Sudeste, das quais se destacam os eixos em São Paulo e Santa Catarina. Enquanto isso, parte expressiva das Regiões Norte e Nordeste possui baixos índices de inovação, afora algumas exceções nas capitais. Além disso, os índices I de Moran sugerem indícios de efeitos de proximidade geográfica na inovação e justificam o uso de regressões econométricas espaciais.

Além disso, a análise AEDE aponta que uma parcela expressiva da atividade inovativa está concentrada em regiões industrializadas e indica uma provável relação entre a atividade industrial e a inovação medida por patentes. Por fim, o claro desnível geral entre o nível de patentes das porções Sul e Norte do país reforça a opção de incluir no modelo econométrico um controle para essa diferença.

7.2 Regressão modelo principal

Após os resultados encontrados com a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), foi realizada uma análise inferencial por meio da estimação de modelos espaciais. Para isso, é importante retomar as variáveis utilizadas nesse trabalho, juntamente com o detalhamento do modelo principal estimado. O modelo adotado é definido da seguinte forma:

$$PatPC_t = WPatPC_t + P\&DInd_{t-1} + P\&DUniv_{t-1} + Aglom + IED + ShrInd + Sec + Metro + N \quad (7.1)$$

As variáveis utilizadas estão descritas no quadro 7.1.

Quadro 7.1 – Variáveis utilizadas no modelo principal.

Variável	Detalhamento	Fonte
$PatPC_t$	Resultado da Inovação – Razão entre patentes totais depositadas por dez mil habitantes na microrregião.	INPI e IBGE, 2004-2005.
$WPatPC_t$	Efeitos espaciais do resultado da Inovação - Patentes totais depositadas por dez mil habitantes na microrregião defasadas espacialmente por uma matriz de pesos espaciais.	Elab. Própria
$P\&DInd_{t-1}$	Capacidade local de P&D Industrial – Profissionais em ocupações de P&D por dez mil empregados na Indústria de Transformação e Extrativa na microrregião.	RAIS, 2003-2004.
$P\&DUniv_{t-1}$	Capacidade local de P&D Universitário – Variável gerada por análise de componentes principais de duas medidas: 1) total de professores doutores em tempo integral por dez mil hab. e 2) total de alunos de pós-graduação por dez mil habitantes.	Elab. Própria com dados do INEP e CAPES, 2003-2004.
$Aglom$	Medida de aglomeração – Densidade populacional da microrregião em forma logarítmica.	IBGE, 2004-2005.
IED	Indicador de especialização e diversificação - Índice de Krugman calculado com o emprego das divisões CNAE 1.0 da Indústria de Transformação e Extrativa.	Elab. Própria com dados da RAIS, 2003-2004.
$ShrInd$	Participação da Indústria no Emprego – Razão entre o total de empregados na Indústria de Transformação e Extrativa e o total de empregados na microrregião.	RAIS, 2004-2005.
Sec	Participação de setores especialmente propensos a patentear – Razão do número de empregados em oito divisões mais propensas a patentear sobre o total do emprego na Indústria de Transformação e Extrativa na microrregião. ⁵³	RAIS, 2004-2005.
$Metro$	Regiões metropolitanas – <i>Dummy</i> igual a 1 para microrregiões com sedes de regiões metropolitanas. ⁵⁴	Elab. Própria.
N	<i>Dummy</i> macrorregional – igual a 1 para microrregiões das Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste	Elab. Própria.

⁵³ Os setores considerados mais propensos a patentear de acordo com Albuquerque (2000) são as seguintes divisões da CNAE 1.0: Extração de Petróleo e serviços relacionados, Fabricação de produtos químicos, Fabricação de artigos de borracha e plástico, Metalurgia Básica, Fabricação de máquinas e equipamentos, Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos, Fabricação e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias e Fabricação de móveis e Indústrias diversas

⁵⁴ A lista de microrregiões com municípios centrais de regiões metropolitanas pode ser vista no Anexo B.

Como indicado na seção metodológica deste trabalho, a amostra do modelo principal refere-se às patentes de 2004 e 2005 e todos os dados correspondem ao mesmo período⁵⁵. Nesse sentido, contabilizando as 558 microrregiões brasileiras em dois anos, obtêm-se uma amostra de 1.116 observações cujas estatísticas descritivas são apresentadas na tabela 7.3.

Tabela 7.3 – Estatísticas descritivas.

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
<i>PatPC_t</i>	1,513	2,959	0	25,108
<i>P&DInd_{t-1}</i>	1,397	3,207	0	45,163
<i>P&DUniv_{t-1}</i>	0,0438	1,394	-0,359	15,523
<i>Aglom</i>	94,211	339,653	0,258	5603,957
<i>IED - K Ind.</i>	1,148	0,321	0,465	1,980
<i>ShrInd</i>	0,179	0,132	0	0,718
<i>Sec</i>	0,1713	0,174	0	0,875
<i>Metro</i>	0,047	0,211	0	1
<i>N</i>	0,545	0,498	0	1

Fonte: elaboração própria com dados do INPI, IBGE, RAIS, INEP e CAPES.

Como se observa na tabela 7.3, o número médio de patentes de uma microrregião brasileira no período de 2004 e 2005 é de 1,5 patente para cada dez mil habitantes. Porém há uma ampla variação com diversas localidades sem patentes e outras com mais de 25 patentes por dez mil habitantes.

No que diz respeito aos esforços de P&D Industrial, a média é de 1,4 profissionais de P&D para cada dez mil empregados da Indústria de Transformação e Extrativa no período anterior. Já o indicador de P&D universitário possui uma grande variação que pode ser observada pela diferença entre o máximo e a média⁵⁶.

Essa ampla variação mantém-se na medida de aglomeração, pois nota-se que há regiões muito pouco densamente povoadas com menos de um habitante por quilômetro quadrado até outras com mais de 5 mil hab./km².

⁵⁵ É importante recordar que os insumos inovativos (P&DInd e P&DUniv) possuem um *lag* temporal de 1 ano das variável dependente (PatPC) e portanto correspondem aos anos de 2003 e 2004.

⁵⁶ Como apontado na seção 6.3, a variável P&DUniv é composta por dois indicadores associados por uma Análise de Componentes Principais.

Quanto à especialização relativa, verifica-se pelo índice de Krugman que a média é de 1,14, próximo do ponto médio, como esperado de um índice que varia de 0 a 2, sendo mais próximo de zero nas regiões diversificadas, e de 2 nas especializadas.

Por fim, as variáveis de controle indicam que 4,6% das microrregiões são sede de regiões metropolitanas e 54,4% estão nas Regiões Norte, Nordeste ou Centro-Oeste. Em média, as microrregiões possuem 17,9% do emprego formal alocado na Indústria de Transformação e Extrativa e, dentro dessa categoria, 17,3% estão nas divisões CNAE mais propensas a patentear (o que equivale a 3,1% do emprego total).

7.2.1 Adequação do Modelo

Com base nos dados de patentes das microrregiões e os demais fatores locais selecionados, realizou-se a estimação do modelo principal especificado. No entanto, ainda que já apresentado anteriormente, fazem-se aqui algumas considerações sobre o uso do modelo SAR-Tobit.

Devido à presença de extensas áreas sem patentes, optou-se metodologicamente por utilizar um modelo Tobit Espacial em linha com o sugerido por LeSage e Pace (2009) e semelhante ao realizado por Autant-Bernard e LeSage (2011). Ao mesmo tempo, como há o intuito de avaliar as relações de transbordamentos inter-regionais da inovação optou-se por um SAR-Tobit que inclui um termo autorregressivo para capturar esse tipo de efeito.

Tendo em vista que estão disponíveis dados para diversos anos, optou-se por utilizar os dados dos diferentes anos por meio de empilhamento (*pooled*)⁵⁷ incluindo *dummies* anuais que permite aproveitar um conjunto de dados mais amplo do que apenas estimando uma *cross section*⁵⁸.

Portanto, o modelo de referência para esse trabalho é o estimado por SAR-Tobit. Contudo, para assegurar que as opções metodológicas para esse modelo estavam corretas, foi realizada a estimação do mesmo modelo principal de três maneiras distintas: uma regressão *pooled* OLS (métodos dos mínimos quadrados empilhados) que

---

⁵⁷ Até o período de conclusão do trabalho não foram feitos os devidos avanços econométricos necessários para que fosse possível estimar por um método Bayesiano um Painel Spatial Tobit.

⁵⁸ Ao utilizar vários anos empilhados (*pooled*) utilizam-se, em uma mesma estimação, vários dados anuais da mesma observação incluindo uma *dummy* para cada ano da amostra. Isso possibilita utilizar um maior número de informações num modelo.

não inclui elemento espacial, uma regressão SAR (que já inclui o termo autorregressivo) e uma terceira SAR-Tobit (que inclui o termo autorregressivo e trata do problema de censura nos dados).

Com isso, busca-se avaliar o comportamento geral dos dados, apresentando as justificativas de adequação de cada modelo e indicando as mudanças nos coeficientes e significâncias das variáveis. A comparação desses resultados permite apontar empiricamente se o SAR-Tobit é a melhor maneira de estimar o modelo deste trabalho.

Na tabela 7.4 são apresentados os resultados da estimação do modelo principal por POLS, SAR e SAR-Tobit.

Tabela 7.4 – Regressão do modelo principal (POLS, SAR e SAR-Tobit). Patentes por dez mil hab. (2004-2005).

<i>n</i> = 1116	POLS	SAR	SAR-Tobit
<i>WPatPC_t</i>		0,52*** [105,979]	0,295*** [5,258]
<i>P&DInd_{t-1}</i>	0,138*** [6,25]	0,118*** [5,764]	0,144*** [3,991]
<i>P&DUniv_{t-1}</i>	0,432*** [8,477]	0,401*** [8,477]	0,477*** [6,298]
<i>Aglom</i>	0,123** [2,781]	-0,008 [-0,194]	0,226** [2,631]
<i>IED(KI)</i>	-0,321* [-2,09]	-0,569*** [-3,993]	-3,082*** [-9,911]
<i>ShrInd</i>	5,993*** [10,906]	3,941*** [7,737]	9,531*** [9,265]
<i>Sec</i>	2,899*** [7,05]	2,193*** [5,749]	3,498*** [4,701]
<i>Metro</i>	2,214*** [6,125]	2,494*** [7,438]	2,551*** [4,547]
<i>N</i>	-0,922*** [-5,737]	-0,004 [-0,027]	-1,152** [-3,455]
<i>Adj-R²</i>	0,4664	0,4899	-
<i>LM-SAR</i>	180,48***		

*** $p < 0.1\%$; ** $p < 1\%$; * $p < 5\%$; estatística t em colchetes.

Fonte: elaboração própria. Estimação em MATLAB⁵⁹.

De forma geral, nota-se que a estimação do modelo principal por POLS apresenta os coeficientes de *P&DInd_{t-1}*, *P&DUniv_{t-1}* e *Aglom* positivos e significantes, e o de *IED(KI)* negativo e significativo. Os coeficientes dos controles mostram-se de acordo

⁵⁹ Todas as estimações foram feitas em MATLAB utilizando o toolbox Econometrics versão 7 (3/2010) de James LeSage disponível em www.spatial-econometrics.com. Os parâmetros utilizados para estimar o SAR-Tobit foram de *ndraws* = 5.000 e *nomit* = 1.000.

com o esperado: positivo para *ShrInd*, *Sec* e *Metro*, e negativo para *N*. Além disso, o valor de R^2 da estimação POLS indica que o modelo possui bom poder explicativo.

Porém, percebe-se pela estatística LM-SAR que há autocorrelação espacial nos resíduos. Esse indicador sugere o uso de um modelo SAR. O uso de um modelo SAR também é importante do ponto de vista da análise porque permite avaliar os efeitos espaciais inter-regionais dos resultados da inovação.

O modelo SAR envolve a inclusão do termo autorregressivo ($WPatPC_t$) que se mostra positivo e significativo. Esse termo indica um efeito positivo das inovações dos vizinhos sobre o nível de inovações locais. Esse comportamento é condizente com a AEDE, pois o I de Moran Global apresentou uma relação positiva entre a inovação na região e a dos seus vizinhos. Além disso, após a inclusão desse termo, há uma alteração sensível nos níveis dos coeficientes se comparados com o OLS, porém os resultados inferenciais se mantêm.

No entanto, o modelo SAR ainda não é o mais adequado, pois não lida com a censura da variável dependente em zero. Deste modo, é necessário estimar o modelo como um SAR-Tobit. O modelo SAR-Tobit estimado apresenta todos os coeficientes estatisticamente significantes. De modo geral, a magnitude dos coeficientes aumenta e em alguns casos torna-se superior ao estimado por POLS. O aumento dos coeficientes de modelos estimados na comparação do SAR com o SAR-Tobit é esperado quando há uma censura em zero. LeSage e Pace (2009) explicam-no afirmando que os dados censurados em zero levam a estimativa SAR a ter os coeficientes subestimados pela existência de um viés para baixo. Portanto, os valores dos coeficientes do SAR-Tobit seriam uma medida mais adequada do efeito real.

7.2.2 Análise dos resultados

Uma vez apresentados os resultados gerais e apontada a estimação por SAR-Tobit como a opção mais adequada para o modelo principal, resta desenvolver uma discussão sobre os resultados das variáveis independentes com mais profundidade.

Em primeiro lugar, a Capacidade de P&D Industrial Local ($P\&DInd_{t-1}$) apresenta sinal positivo e significativo nas três estimações. Como esperado, o coeficiente estimado indica que o nível agregado dos esforços locais das empresas por inovar afeta positivamente o resultado da inovação medido por patentes. Isso significa que regiões

com empresas dotadas de maiores competências e capacitações de P&D apresentam resultados inovativos superiores. Esse resultado corrobora a percepção de que a infraestrutura de P&D industrial local apresenta impacto direto nos resultados de inovação na região. Esse resultado está em linha com trabalhos na literatura como os de Jaffe (1989), Moreno, Paci e Usai (2005a) e Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007).

Ainda que seja um resultado em linha com os obtidos por trabalhos internacionais, é importante ter em conta as especificidades dos trabalhos anteriores para o Brasil e como o estudo atual pretende avançar em alguns pontos. Quatro dos cinco trabalhos que analisaram a inovação regional no Brasil por meio da FPC adotaram alguma medida dos esforços de P&D das empresas. Três deles, Gonçalves e Almeida (2009), Gonçalves e Fajardo (2011) e Mascarini (2012), indicaram relação positiva entre o P&D das empresas e a inovação local. Já o de Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) não confirmou haver uma relação entre o P&D das empresas e a inovação local.

Das variáveis utilizadas para a medida de P&D das empresas é interessante notar que apenas Mascarini (2012) utilizou uma medida direta de P&D das empresas extraída da PINTEC, entretanto seu estudo abrange apenas o Estado de São Paulo e não há dados disponíveis para todo o Brasil no nível microrregional. Já Gonçalves e Almeida (2009) e Gonçalves e Fajardo (2011) utilizaram a participação de algumas firmas categorizadas como inovadoras em cada localidade, uma *proxy* um tanto indireta dos esforços de P&D das firmas.

Essas dificuldades tentam ser minoradas utilizando uma *proxy* mais associada às atividades de P&D e que possibilitou verificar com maior segurança a relação entre os esforços de P&D e os resultados da inovação. O dispêndio e a capacidade de realizar atividades de P&D das empresas locais estão diretamente associados ao número de profissionais em atividades de P&D. Além disso, essa estratégia também é utilizada na literatura internacional, como no caso de Fritsch e Slavtchev (2007) para a Alemanha. Portanto, no que diz respeito à relação entre P&D industrial e inovação, foi obtido um resultado similar ao de outros trabalhos que utilizam a FPC para o Brasil, porém com uma variável que procura capturar melhor os esforços de P&D realizados pelas empresas nas microrregiões.

Além disso, ressalta-se que os resultados do trabalho mostram-se diferentes dos obtidos por Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011), uma vez os autores que não encontraram

significância do P&D local na inovação quando analisam as microrregiões do Estado de São Paulo. A diferença do resultado de Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) pode ser explicada pelo fato de que a *proxy* utilizada pelos autores para P&D é relativamente ampla e inclui profissionais em diversos campos técnicos não associados diretamente ao P&D como matemático, físicos e estatísticos. Dessa forma, a ausência de significância da relação entre os níveis locais de P&D e a inovação pode estar associada a *proxy* utilizada.

De modo semelhante, a Capacidade de P&D Universitário Local ($P\&DUniv_{t-1}$) apresenta coeficiente positivo e significativo em todos os modelos. Esse resultado aponta que os conhecimentos desenvolvidos pela universidade dotam as empresas da região de maior capacidade de inovar e isto se reflete num efeito positivo no nível de patentes. Além disso, tal fato pode ser uma evidência de que a pesquisa acadêmica local gera conhecimentos e capacitações que ficam disponíveis na localidade. Da literatura e de outros trabalhos empíricos depreende-se que este efeito se dá por meio de diferentes mecanismos como a formação de profissionais qualificados, cooperação formal entre o P&D das empresas e grupos de pesquisa acadêmica e por transbordamentos locais de conhecimento. Portanto, o resultado encontrado pode evidenciar a importância dos transbordamentos locais de conhecimento, como o fazem diversos trabalhos, no entanto, a FPC não permite analisar a contribuição individual de cada mecanismo para a inovação local.

Os resultados são similares aos encontrados em diversos estudos como os de Jaffe (1989), Acs, Anselin e Varga (2002) e Fischer e Varga (2003). No caso brasileiro, todos os trabalhos que utilizaram a FPC encontraram uma associação positiva entre a pesquisa universitária local e o nível de patentes. Entre estes, Gonçalves e Almeida (2009) indicaram que a infraestrutura de pesquisa acadêmica local impacta positivamente no desempenho inovativo das microrregiões brasileiras, medido por patentes per capita.

No tocante à configuração da atividade econômica nas regiões, nota-se que o nível de aglomeração das regiões (*Aglom*) apresenta efeito positivo significativo no modelo SAR-Tobit e no POLS. A partir desses resultados, pode-se apontar que existem evidências de que a aglomeração gera efeitos positivos sobre a inovação local. Este resultado é condizente com o obtido por Carlino, Chatterjee e Hunt (2007) que encontraram evidências de ser a aglomeração populacional um elemento que impulsiona a inovação local. Além disso, o resultado está alinhando com o obtido por estudos que

utilizam a FPC para o Brasil. Em concreto, Gonçalves e Fajardo (2011) encontraram resultados de que a inovação é afetada positivamente pelo nível de aglomeração medido pela densidade populacional das mesorregiões brasileiras. Além disso, Montenegro e Betarelli Júnior (2009) e Mascarini (2012) encontraram resultados semelhantes para o Estado de São Paulo. Porém, como o coeficiente do modelo SAR não apresenta significância, é importante realizar alguns testes adicionais para verificar se o achado se mantém em outros cenários.

Ainda no que diz respeito à estrutura produtiva local, sob o aspecto da diversificação ou especialização das regiões, nota-se que o índice de Krugman ($IED(KI)$) apresenta efeito negativo e significativo nas inovações locais. Esse indicador varia entre 0 a 2, sendo maior para regiões especializadas e menor para as regiões diversificadas. Portanto, pode-se supor que regiões mais diversificadas apresentam maiores vantagens para o processo inovativo. Por isso, é possível indicar as vantagens jacobianas como importante fator para inovação.

No âmbito da literatura internacional, esse resultado corrobora os achados de Feldman e Audretsch (1999) e Fritsch e Slavtchev (2007) que encontraram apoio empírico para as vantagens jacobianas para a inovação. O mesmo ocorre com estudos nacionais, como os de Gonçalves e Almeida (2009) e Mascarini (2012) que indicaram para o Estado de São Paulo que a diversificação setorial é mais vantajosa para a inovação no nível microrregional. Já Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) encontraram evidências de que tanto a diversificação como a especialização apresentam efeitos positivos na inovação.

No que diz respeito aos efeitos espaciais, nota-se que tanto o modelo SAR como o SAR-Tobit apresentam efeitos especiais medidos pelo termo autorregressivo ($WPatPC_t$) que tem coeficiente positivo e significativo nos dois casos. Isto indica que os resultados de inovação de uma região apresentam efeitos positivos sobre os vizinhos. Este padrão está dentro do esperado uma vez que a análise AEDE apresenta uma expressiva relação positiva pela estatística I de Moran, que indica autocorrelação espacial positiva. Além disso, este resultado é similar aos de Montenegro e Betarelli Júnior (2009), Gonçalves e Almeida (2009) e Gonçalves e Fajardo (2011).

Em um contexto de proximidade geográfica, a inovação difunde-se com maior facilidade e as regiões próximas de importantes polos inovadores podem se aproveitar

de rápido acesso a novos conhecimentos gerados. Isto está associado ao fato de que a proximidade possibilita a ocorrência de contatos pessoais mais frequentes que são mecanismos eficientes de troca de conhecimento, permitindo aproveitar melhor os fluxos de conhecimento locais. Além disso, a própria difusão da inovação e das atividades que a precederam permite gerar mecanismos de imitação, comparação e geração de novos conhecimentos que beneficiam o processo inovativo de vizinhos.

No que diz respeito aos controles, todos apresentam coeficientes no sentido esperado e com significância estatística. A participação da indústria no emprego total da região (*ShrInd*), a maior presença de setores propensos a patentear (*Sec*) e a *dummy* para regiões metropolitanas (*Metro*) são positivos. Já a *dummy* para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (*N*) é negativa. Nesse sentido, os coeficientes dos controles confirmam alguns fenômenos. Do ponto de vista dos setores econômicos, atestam a estreita relação entre a atividade de patenteamento e o setor industrial, especialmente com alguns setores mais propensos a patentear. No que diz respeito à dinâmica regional da inovação no Brasil, apontam a importância das principais regiões urbanas e a forte disparidade tecnológica entre as porções norte e sul do país.

Em suma, a estimação do modelo principal evidencia a relevância de quatro fatores locais para o resultado da inovação: os esforços de P&D industrial, a pesquisa universitária, o grau de adensamento das regiões e a diversificação da estrutura produtiva das regiões. Ao mesmo tempo, o modelo aponta efeitos positivos da proximidade de regiões especialmente inovadoras para a inovação regional, que sinalizam a existência de transbordamentos inter-regionais da inovação.

7.3 Testes Adicionais

Nas subseções seguintes, são apresentados os resultados das estimações de algumas especificações alternativas do modelo principal. Estes testes adicionais buscam dar maior segurança para os resultados estimados na seção anterior e avaliar em maior profundidade alguns pontos específicos.

7.3.1 Diferentes matrizes de peso espacial

Como apontando anteriormente, há uma discussão na literatura sobre em que medida as especificidades das matrizes de peso espacial podem afetar os resultados dos modelos. Portanto, para garantir que as especificações da matriz de peso estão adequadas ao fenômeno estudado e que os resultados não são especialmente sensíveis a forma adotada na matriz de pesos, foram estimados três modelos: um com uma matriz de contiguidade tipo Rainha (*Queen*), um com uma matriz de distância invertida e um com uma matriz *k-nearest* com 20 vizinhos mais próximos em vez de 15 do modelo principal⁶⁰. Segundo a visão de LeSage e Pace (2010) espera-se que haja pequena mudança nos resultados, mesmo com matrizes tão distintas. Os resultados destas estimações, além do modelo principal já apresentado, estão na tabela 7.5.

Tabela 7.5 – Regressão do modelo principal (SAR-Tobit) para diferentes tipos de matriz de pesos.
Patentes por dez mil hab. (2004-2005).

<i>n</i> = 1116	Modelo principal (15-nearest)	20-nearest (A)	Inverso da distância (B)	Rainha (C)
<i>WPatPC_t</i>	0,295*** [5,258]	0,102*** [2,578]	0,281*** [4,995]	0,154*** [3,569]
<i>P&DInd_{t-1}</i>	0,144*** [3,991]	0,153*** [4,368]	0,144*** [3,889]	0,145*** [3,958]
<i>P&DUniv_{t-1}</i>	0,477*** [6,298]	0,492*** [6,534]	0,488*** [6,417]	0,506*** [6,620]
<i>Aglom</i>	0,226** [2,631]	0,266** [3,115]	0,242** [2,819]	0,256** [3,033]
<i>IED(KI)</i>	-3,082*** [-9,911]	-3,192*** [-10,629]	-3,189*** [-10,314]	-3,066*** [-10,083]
<i>ShrInd</i>	9,531*** [9,265]	10,886*** [10,504]	9,599*** [9,195]	10,193*** [9,850]
<i>Sec</i>	3,498*** [4,701]	3,710*** [4,986]	3,604*** [4,723]	3,578*** [4,671]
<i>Metro</i>	2,551*** [4,547]	2,365*** [4,325]	2,35*** [4,232]	2,381*** [4,311]
<i>N</i>	-1,152** [-3,455]	-1,934*** [-6,156]	-1,183*** [-3,44]	-1,812*** [-5,880]

*** $p < 0.1\%$; ** $p < 1\%$; * $p < 5\%$; estatística t em colchetes.

Fonte: elaboração própria. Estimação em MATLAB

Como é possível verificar, os resultados permanecem basicamente os mesmos com coeficientes no sentido original e com significância. Além disso, a magnitude dos coeficientes é bastante similar.

⁶⁰ As diferentes matrizes de peso são tratadas na seção 4.2.1.

A única mudança expressiva é a magnitude do coeficiente do termo autorregressivo ($WPatPC_t$). Enquanto o modelo com matriz de distância inversa (modelo B) apresenta resultado bastante similar ao modelo principal com a matriz de peso “15 vizinhos mais próximos”, os modelos “20 mais próximos” e Rainha (modelo A e C, respectivamente) apresentam coeficientes menores, mas com mesmo sinal e significância.

De acordo com LeSage e Pace (2010), um modelo bem especificado possui derivadas parciais relativamente constantes. Portanto, quando há mudanças na matriz de peso faz-se necessário que o termo autorregressivo e os demais coeficientes tenham mudanças como “resposta à alteração da matriz de pesos”. Seria errôneo interpretar os valores deste coeficientes como a medida das respostas *ceteris paribus* da variável dependente a mudanças na variável independente correspondente. Na verdade, esses efeitos estariam relacionados com a derivada parcial que está associada tanto aos coeficientes como ao termo autorregressivo. Na visão de LeSage e Pace (2010), a compreensão errada desse fenômeno levou muitos pesquisadores a indicar que as estimações seriam excessivamente sensíveis à especificação das matrizes de peso.

Portanto, uma vez verificado que os resultados permanecem praticamente os mesmos para as quatro especificações de matrizes de peso, pode-se apontar que o modelo adotado neste trabalho é robusto a especificação da matriz de pesos utilizada.

Como indicado anteriormente, também se fará a estimação de variantes do modelo principal para outros recortes amostrais e com especificações alternativas de algumas variáveis, como forma de assegurar a robustez dos resultados dos modelos precedentes.

7.3.2 Diferentes variáveis dependentes

Nesta seção são testadas duas especificações do modelo com alterações na variável dependente. Em primeiro lugar, o número de patentes total per capita será substituído pelo número de patentes de invenção per capita.

Isso se deve ao intuito de que, ainda que as patentes totais sejam consideradas um adequado indicador da atividade inovativa, elas embutem propriedade intelectual de diferentes níveis. Dessa forma, de modo similar a Ying (2008), estimou-se um modelo em que os resultados da inovação são mensurados apenas pelas patentes de invenção, partindo do pressuposto de que as patentes de invenção significam inovações mais relevantes.

Em segundo lugar, estimou-se um modelo com as patentes totais, mas excluindo as patentes universitárias. Mesmo que em número totais as patentes universitárias sejam pouco expressivas, é importante verificar se o impacto positivo do P&D Universitário sobre o nível total de patentes permanece em um recorte em que elas são excluídas. As variáveis adotadas são listadas no quadro 7.2 e os resultados das estimações dos modelos na tabela 7.6.

Quadro 7.2 – Variáveis dependentes adicionais utilizadas no modelo.

Variável	Detalhamento	Fonte
$PatIndPC_t$	Resultado da Inovação - Patentes de invenção depositadas por dez mil habitantes na microrregião.	INPI e IBGE.
$PatnUnvPC_t$	Resultado da Inovação - Patentes totais, com exceção das patentes acadêmicas, por dez mil habitantes na microrregião.	INPI e IBGE.

Tabela 7.6 – Regressão de especificações alternativas do modelo principal (SAR-Tobit).

	Modelo Principal PatPC	PatInvPC	PatnUnivPC
$WPatPC_t$	0,295*** [5,258]	0,18** [2,856]	0,301*** [5,480]
$P\&DInd_{t-1}$	0,144*** [3,991]	0,099*** [4,407]	0,136*** [3,698]
$P\&DUniv_{t-1}$	0,477*** [6,298]	0,384*** [7,765]	0,373*** [4,845]
<i>Aglom</i>	0,226** [2,631]	0,154** [2,793]	0,246** [2,921]
<i>IED(KI)</i>	-3,082*** [-9,911]	-2,042*** [-9,818]	-3,150*** [-10,120]
<i>ShrInd</i>	9,531*** [9,265]	5,167*** [7,697]	9,498*** [9,065]
<i>Sec</i>	3,498*** [4,701]	1,753*** [3,657]	3,502*** [4,529]
<i>Metro</i>	2,551*** [4,547]	1,331*** [3,763]	2,487*** [4,476]
<i>N</i>	-1,152** [-3,455]	-0,84*** [-3,875]	-1,138*** [-3,424]

*** p < 0.1%; ** p < 1%; * p < 5%; estatística t em colchetes

Fonte: elaboração própria. Estimação em MATLAB

De forma geral, dos resultados das estimações é possível notar que os sinais de todos os coeficientes e seus níveis de significância são mantidos nos modelos quando as variáveis dependentes são alteradas. Há mudanças apenas na magnitude dos coeficientes.

No que diz respeito ao modelo que substitui a variável dependente apenas por patentes de invenção (PatInvPC), verifica-se a manutenção dos resultados do modelo principal. Nesse sentido, pode-se afirmar que os resultados sobre a inovação local no Brasil obtidos no modelo principal mostram-se válidos tanto quando se utilizam como indicador o número de patentes e modelos de utilidades, como quando se computam apenas as patentes de invenções.

Já os resultados da estimação do segundo modelo (PatnUnivPC) mostram que, mesmo após a exclusão das patentes universitárias do indicador de inovação, os efeitos permanecem os mesmos. Esse resultado é interessante no que diz respeito ao efeito da pesquisa universitária sobre a inovação, uma vez que as patentes universitárias não foram contabilizadas, pode-se afirmar com mais segurança que o efeito positivo da pesquisa universitária se dá na inovação como um todo e não apenas no patenteamento universitário. Dessa forma, a pesquisa acadêmica configura um apoio expressivo para a atividade inovativa das empresas.

Ainda que não seja possível distinguir claramente por quais mecanismos esse efeito ocorre, é possível supor, em linha com diversos estudos, como o de Jaffe (1989), a existência de expressivos efeitos positivos dos transbordamentos de conhecimento da pesquisa universitária que elevariam o nível inovativo das empresas.

7.3.3 Diferentes variáveis explicativas e recorte amostral

Nesta seção são testadas alterações nas especificações do modelo. Em concreto são realizadas mudanças em duas variáveis: a substituição do indicador de especialização ou diversificação do índice de Krugman pelo índice de Herfindahl-Hirschman (HH) e a substituição da *proxy* de P&D Universitário. Além disso, estima-se um modelo apenas para o recorte geográfico das Regiões Sul e Sudeste e outro para todas as microrregiões brasileiras, porém para um período mais longo de tempo, entre 2001 a 2005.

A primeira alteração teve o intuito de verificar se os efeitos encontrados para a especialização ou diversificação das regiões com o índice de Krugman se mantêm quando são utilizados índices de especialização absolutos, como o HH.

A segunda alteração é justificada porque, ainda que a variável *proxy* da pesquisa universitária seja especialmente adequada, ela é composta pela associação de dois indicadores e portanto de difícil interpretação. O teste com um indicador mais direto,

como o número de professores doutores em tempo integral por habitante, pode ajudar a verificar a robustez dos resultados e validá-lo como indicador da pesquisa universitária.

O recorte apenas para Sul e Sudeste justifica-se da mesma maneira que na AEDE, pois há uma extensa região de “vazios de inovação” na porção Norte do Brasil e há bastante heterogeneidade nas dimensões espaciais das regiões e no seu grau de industrialização. Um modelo estimado apenas para Sul e Sudeste permite analisar se os resultados gerais se aplicam da mesma maneira às regiões mais inovadoras.

Por fim, estimar o modelo para todos os cinco anos de patentes (2001-2005) permite dar mais garantias de que os resultados encontrados não se restringem a fatores específicos à curta janela temporal de dois anos (2004-2005), mas também se mantêm ao longo de um período maior. No entanto, para realizar essa estimação é necessário contar com outra variável independente para o nível de P&D industrial local, pois a *proxy* original não está disponível para períodos anteriores a 2003. Para tal, utiliza-se como substituto o número de engenheiros sobre o total de empregados na região que é uma *proxy* mais fraca, mas que está disponível para esses anos⁶¹.

A descrição dessas variáveis alternativas está apresentada no quadro 7.3 e os resultados das estimações SAR-Tobit dos modelos com especificações alternativas, na tabela 7.7.

Quadro 7.3 – Variáveis adicionais utilizadas no modelo.

Variável	Detalhamento	Fonte
<i>Eng</i>	Capacidade local de P&D Industrial – Engenheiros por dez mil empregados na microrregião.	RAIS.
<i>Prof</i>	Capacidade de P&D Universitário – Professores doutores em tempo integral por dez mil hab.	INEP e IBGE.
<i>HH</i>	Indicador de especialização e diversificação – Índice Herfindhal-Hirschman calculado com o emprego das divisões CNAE 1.0 da Indústria de Transformação e Extrativa.	RAIS.

Tabela 7.7 – Regressão de outras especificações alternativas do modelo principal (SAR-Tobit).

	Modelo Principal	HH (I)	Prof (II)	Sul e Sudeste (III)	2001-2005 (IV)
<i>WPatPC_t</i>	0,295*** [5,258]	0,333*** [6,142]	0,275*** [4,940]	0,298*** [4,055]	0,258*** [6,992]
<i>P&DInd_{t-1}</i>	0,144*** [3,991]	0,114** [3,111]	0,137*** [3,707]	0,107** [2,742]	-

⁶¹ Como indicado na seção 6.2, não é possível utilizar a medida da capacidade local de P&D industrial original para os anos anteriores a 2003. Para utilizar todo o horizonte temporal optou-se por uma *proxy* de maior abrangência temporal: o número de engenheiros que estão mais vinculados à atividade industrial, uma estratégia similar a de Montenegro, Gonçalves e Almeida (2011) que usa profissionais em funções tecnológicas.

<i>Eng</i>	-	-	-	0,009**
				[3,000]
<i>P&DUniv_{t-1}</i>	0,477***	0,517***	-	0,440***
	[6,298]	[6,669]		[5,528]
<i>Prof</i>	-	-	0,074***	-
			[5,425]	
<i>Aglom</i>	0,226**	0,03	0,257**	0,249
	[2,631]	[0,358]	[3,044]	[1,829]
<i>IED(KI)</i>	-3,082***	-	-3,197***	-3,436***
	[-9,911]		[-10,261]	[-8,309]
<i>IED(HH)</i>	-	-5,678***	-	-
		[-7,190]		
<i>ShrInd</i>	9,531***	8,302***	9,441***	12,026***
	[9,265]	[7,598]	[9,007]	[8,272]
<i>Sec</i>	3,498***	1,869*	3,394***	3,049**
	[4,701]	[2,375]	[4,369]	[3,053]
<i>Metro</i>	2,551***	3,481***	2,806***	2,92***
	[4,547]	[6,431]	[5,064]	[4,028]
<i>N</i>	-1,152**	-1,641***	-1,286***	-1,205***
	[-3,455]	[-5,073]	[-3,844]	[-5,730]

*** p < 0.1%; ** p < 1%; * p < 5%; estatística t em colchetes.

Fonte: elaboração própria. Estimação em MATLAB

De maneira geral, os modelos adicionais estimados apresentaram resultados similares aos do modelo principal: *P&DInd*, *P&DUniv* e o termo autorregressivo (*WPatPC*) positivos e significantes e o *IED* negativo e significativo. Além disso, os controles mantiveram seu sinal e significância. A única exceção foi o nível de Aglomeração (*Aglom*) que apresenta sinal positivo e significativo em dois modelos adicionais, mas não em outros dois (modelos I e III).

Ao analisar detalhadamente cada modelo, é possível observar algumas especificidades. No modelo em que o indicador de especialização e diversificação é substituído pelo HH (modelo I) os resultados gerais se mantêm, porém o nível de aglomeração (*Aglom*) medido pela densidade populacional não apresenta mais significância. Ou seja, os resultados gerais não se alteram: a dinâmica espacial (*WPatPC*) e os esforços locais de P&D (*P&DInd* e *P&DUniv*) apresentam efeitos positivos e significantes. Porém, há algumas diferenças no que diz respeito às características locais. Isto ocorre porque o coeficiente de *IED(HH)* é negativo e significativo, o que continua apontando para vantagens da diversificação regional na inovação, mas não se percebem as vantagens da concentração.

O segundo modelo adicional, que substitui a variável de P&D Universitário pelo número de professores (*Prof*) (modelo II), apresenta um comportamento similar ao

modelo principal em todas as variáveis e controles. Esse resultado ajuda a verificar que os resultados para o efeito positivo do P&D Universitário são válidos também para outras especificações desta *proxy*.

O modelo que adota apenas o recorte geográfico do Sul e Sudeste brasileiro (modelo III) apresenta um comportamento similar ao modelo principal e novamente reforça a percepção de que os resultados obtidos anteriormente refletem o esperado. Além disso, aponta com uma análise específica para as localidades mais inovadoras do país o mesmo comportamento geral, em que os esforços locais de P&D industrial e da pesquisa universitária são relevantes para a inovação local, que regiões mais diversificadas apresentam desempenho inovativo superior e que há efeitos positivos de proximidade.

No entanto, assim como no modelo I, a densidade não apresenta significância, indicando a necessidade de uma análise mais aprofundada. Tal fato pode estar relacionado a que a maioria das regiões com menor densidade populacional não está mais na amostra devido à exclusão das regiões Centro-Oeste e Norte. Contudo, para se afirmar qualquer relação é necessário realizar uma avaliação mais detalhada.

Por último, o modelo que utiliza os dados dos anos de 2001-2005 (modelo IV) apresenta comportamento bastante similar ao modelo principal e ao modelo I com resultados com sentido e significância iguais aos anteriores. Deve-se apontar que mesmo que a nova *proxy* da atividade local de P&D Industrial seja menos específica que a anterior (porque está associada a uma atividade mais geral como o número de engenheiros) o resultado permanece positivo e significativo a 1%. Ou seja, mesmo com uma *proxy* menos apropriada, a P&D Industrial local apresenta efeitos positivos na inovação local. Isso pode sugerir que o número de engenheiros pode ser um indicador útil para a atividade de P&D industrial, mesmo quando não houver uma medida mais precisa disponível.

7.3.4 Aglomeração e diversificação

No que diz respeito à estrutura industrial local, os resultados apresentados indicam duas linhas gerais. Primeiramente, regiões diversificadas possuem resultados inovativos mais expressivos que as regiões especializadas. Em segundo lugar, grande parte dos modelos apresenta que o nível de aglomeração das regiões está positivamente relacionado com a inovação. Porém, em alguns casos, a aglomeração não apresentou significância.

Diversos estudos afirmam que o grau de diversificação está bastante associado à aglomeração. Ao mesmo tempo, pode-se apontar que regiões com pouca presença industrial apresentam índices relativos mais especializados os valores do K-Index e do HH pela própria composição destes índices. Isso ocorre porque quando uma fábrica de dimensões expressivas se instala em uma dada região com pouco emprego, a região torna-se automaticamente mais especializada na divisão CNAE daquela empresa. Ao mesmo tempo, para que uma região seja considerada diversificada, seria necessário ter ao menos alguns empregados em cada divisão CNAE analisada, o que dificulta que uma região com pouco emprego seja apontada como diversificada por esses indicadores.

Por motivos como estes, é relevante verificar de modo detalhado os casos em que a diversificação e a aglomeração ocorrem ao mesmo tempo. Isso pode ser realizado com a inclusão de uma simples interação de variáveis no modelo. Dessa forma, a interação permitiria distinguir o efeito da diversificação e aglomeração em conjunto, do efeito da diversificação e aglomeração *per se*. Porém, para que possa ser realizada uma variável que associe a diversificação e a aglomeração, é mais intuitivo utilizar o indicador de especialização em sentido contrário, como medida de diversificação.

Para realizar o teste adicional, inverteu-se o índice de Krugman multiplicando-o por -1. Dessa maneira, este novo indicador rotulado aqui de “-KI” varia entre -2 a 0. O que significa que as regiões mais especializadas assumem valor mais próximo de -2 e as diversificadas próximo de 0. Os resultados da estimação desses modelos encontram-se na tabela 7.8.

Tabela 7.8 – Regressão do modelo principal com interação IED-Aglom (SAR-Tobit).

	Principal	-KI	Interação
$WPatPC_t$	0,295*** [5,258]	0,294*** [4,956]	0,275*** [4,956]
$P\&DInd_{t-1}$	0,144*** [3,991]	0,142*** [3,874]	0,152*** [4,287]
$P\&DUniv_{t-1}$	0,477*** [6,298]	0,478*** [6,354]	0,472*** [6,251]
<i>Aglom</i>	0,226** [2,631]	0,227** [2,608]	0,050 [0,478]
<i>IED(KI)</i>	-3,082*** [-9,911]	-	-
<i>IED(-KI)</i>	-	3,083*** [9,928]	0,468 [0,466]
<i>-KI * Aglom</i>	-	-	1,622** [2,677]
<i>ShrInd</i>	9,531*** [9,265]	9,533*** [9,240]	9,531*** [9,257]
<i>Sec</i>	3,498*** [4,701]	3,476*** [4,571]	3,055*** [3,923]
<i>Metro</i>	2,551*** [4,547]	2,563*** [4,531]	2,897*** [5,253]
<i>N</i>	-1,152** [-3,455]	-1,156*** [-3,475]	-1,273*** [-3,818]

*** p < 0.1%; ** p < 1%; * p < 5%; estatística t em colchetes

Fonte: elaboração própria. Estimação em MATLAB

Como esperado, a inversão do KI causa a inversão do sinal do índice de especialização ou diversificação. Os demais coeficientes do modelo ($-KI$) são bastante similares aos do modelo principal.

A inclusão do termo de interação entre a densidade populacional e o $-KI$ ($-KI * Aglom$) leva a que o indicador de diversificação $IED(-KI)$ e aglomeração (*Aglom*) *per se* percam significância, ainda que mantenham o seu sinal inicial. Já a interação apresenta sinal positivo e significativo, sugerindo que o adensamento das regiões e a diversificação apresentam efeitos positivos e significantes na inovação apenas quando ocorrem concomitantemente. Todos os demais resultados permanecem iguais.

Esses resultados relativizam o achado nos modelos precedentes, uma vez que tiram a importância da aglomeração e da diversificação *per se*. Por outro lado, reforçam a percepção de que as vantagens jacobianas estão especialmente ligadas aos grandes centros urbanos diversificados, como sugere o trabalho de Storper e Venables (2004). Dessa forma, pode-se apontar que a diversificação e o adensamento das regiões em

conjunto dotam essas localidades de especiais condições que propiciam maiores resultados da inovação.

Conclusão

A inovação depende de um amplo conjunto de fatores que possibilitam que esse processo seja bem sucedido. Em concreto, quando se analisa este fenômeno sob o ponto de vista da localização, é possível notar diversos elementos que podem beneficiar os resultados regionais da inovação. Por este motivo, muitos trabalhos vêm buscando aprofundar como e por que diferentes fatores locais podem propiciar um melhor desempenho do processo inovativo.

Nesse contexto, o presente estudo analisou como a inovação nas microrregiões no Brasil é afetada pelos níveis locais de esforços de P&D industrial e da pesquisa universitária, pelo nível de adensamento urbano e pela relativa especialização ou diversificação da estrutura produtiva local. Também avaliou os efeitos da proximidade geográfica na dinâmica da inovação, constatando que regiões vizinhas de localidades especialmente inovadoras obtêm benefícios nas suas atividades inovativas.

Vários trabalhos abordaram empiricamente a relação entre os fatores locais e o desempenho inovativo das regiões. São abundantes os resultados que relatam a importância local dos esforços de P&D industrial e da pesquisa universitária, ou que regiões mais adensadas tendem a ter desempenho inovativo superior às demais regiões. No que diz respeito à dinâmica espacial da inovação, muitos trabalhos encontram efeitos positivos de proximidade de regiões inovadoras e relacionam esse fenômeno aos transbordamentos de conhecimento associados à inovação.

No entanto, o amplo número de trabalhos não significa que o tema esteja suficientemente estabelecido. Na verdade, há importantes questões em aberto que precisam ser examinadas em profundidade, o que gera um amplo espaço para aprimoramento. Uma importante questão é qual configuração setorial, a especialização ou a diversificação, seria mais benéfica à inovação. Na literatura, há evidências empíricas para diferentes soluções dessa questão e, no caso brasileiro, o tema ainda foi pouco explorado.

Para a análise empírica deste trabalho, foi utilizado como indicador do resultado da inovação o número de patentes per capita em cada microrregião. Griliches (1990)

afirma a dificuldade de obter um indicador adequado da atividade inovativa e, nesse cenário, o autor defende o uso de estatísticas associadas a patentes. Algumas características tornam as patentes um indicador mais qualificado da inovação: estão diretamente relacionadas ao processo inovativo, são dados disponíveis e baseados num padrão estável e objetivo.

No desenvolvimento deste trabalho, o primeiro passo da análise empírica foi avaliar o perfil da distribuição da atividade inovativa no país. Para tanto, realizou-se uma Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) das patentes por habitante de cada microrregião, indicador utilizado para mensurar o resultado da inovação. A análise AEDE justifica-se pelas evidências de que a atividade inovativa está distribuída de maneira não uniforme no espaço geográfico brasileiro, com especial concentração nas Regiões Sul e Sudeste.

Os resultados da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) para todo o Brasil apontaram para a existência de autocorrelação espacial positiva para o número de patentes nas microrregiões brasileiras, o que resulta na formação de *clusters* de diferentes níveis de inovação no país. Verificou-se uma extensa área com baixo desempenho inovativo, englobando diversas microrregiões do Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Em contrapartida, os resultados mostraram que há algumas regiões de alto desempenho inovativo nas regiões Sul e Sudeste, especialmente nos Estados de São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Essas evidências reforçaram a percepção apontada por Gonçalves (2007), de que há uma disparidade Norte-Sul do ponto de vista tecnológico no Brasil, além de destacar a relevância dos *clusters* inovativos.

Para analisar em profundidade a inovação nas Regiões Sul e Sudeste, foi realizada uma análise AEDE apenas para este recorte geográfico, o que permitiu delinear com maior precisão as áreas de alto desempenho inovativo. Essas áreas concentram-se em duas principais faixas. A primeira, mais extensa, abrange o entorno da cidade de São Paulo e estende-se em direção ao interior até Ribeirão Preto. Já a segunda faixa concentra-se especialmente no litoral catarinense, incluindo o eixo de Joinville a Criciúma.

O segundo passo da análise empírica envolveu a estimação de um modelo baseado na Função de Produção de Conhecimento (FPC) de Jaffe-Griliches. A FPC é um importante instrumento analítico que, por meio de um modelo econométrico, permite relacionar os insumos inovativos com os resultados da inovação em cada localidade. Desde o estudo pioneiro de Jaffe (1989), há um grande número de trabalhos que adotam

a FPC para analisar a inovação regional. Crescenzi, Rodríguez-Pose e Storper (2007) destacaram entre as qualidades da FPC a capacidade de comparação e de compreensão dos fenômenos inovativos.

A formulação da FPC permite avaliar os efeitos de alguns insumos de conhecimento e elementos da configuração produtiva local na inovação local. Na formulação utilizada, as principais variáveis são: os esforços de P&D industrial e a pesquisa universitária, o nível de adensamento das regiões e a relativa especialização ou diversificação das regiões. Também foram incluídos controles para a participação da indústria na atividade econômica local, para a presença de alguns setores especialmente propensos a patentear e *dummies* para as regiões metropolitanas e para as localidades nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Do ponto de vista da técnica de estimação, foi utilizado um Tobit Espacial Autorregressivo (SAR-Tobit). Esta opção, similar a feita por Autant-Bernard e LeSage (2011), justifica-se pelo expressivo número de microrregiões que não registraram nenhuma patente no período analisado. Um Tobit Espacial permite tratar adequadamente as observações de regiões sem patentes. Dessa maneira, consegue-se chegar à estimativa de resultados mais acertados, sem o viés para baixo que normalmente ocorreria em uma estimação com uma amostra censurada em zero. Além disso, estimar um SAR-Tobit Espacial permitiu analisar a dinâmica espacial avaliando os efeitos de transbordamentos inter-regionais da inovação.

No que diz respeito aos resultados do modelo estimado, é possível destacar que o nível local de P&D das empresas mostra-se positivamente relacionado com a inovação na região. Tal constatação aponta para a relevância dos esforços internos às firmas, como principal componente que determina a inovação local. Devido à dificuldade de conseguir dados regionalizados de dispêndio em P&D pelas empresas no Brasil, esse resultado ganha maior relevância por utilizar um indicador para a P&D Industrial mais diretamente relacionado a essas atividades do que as *proxies* habitualmente utilizadas em trabalhos precedentes para o tema no Brasil.

Verificou-se também a existência de uma associação positiva entre a pesquisa universitária e o número de patentes por habitante. Esse resultado corrobora diversos estudos que relatam a pesquisa acadêmica como origem de importantes resultados inovativos. Além disso, ainda que não seja possível distinguir os mecanismos internos pelos quais o conhecimento gerado na academia é transferido às empresas, pode-se

apontar esse resultado como uma evidência em favor dos transbordamentos de conhecimento da universidade para a indústria.

No que diz respeito à configuração local, grande parte dos modelos estimados apontam que o adensamento urbano e a diversificação produtiva impactam positivamente nas atividades inovativas. O primeiro resultado pode ser um indicativo de que as vantagens da aglomeração, apontada por trabalhos como o de Carlino, Chatterjee e Hunt (2007) também são importantes no caso brasileiro. E o fato de que regiões diversificadas tendem a apresentar maior número de patentes pode ser uma evidência a favor da existência de vantagens jacobianas para a inovação no Brasil.

No entanto, a não significância do coeficiente do nível de aglomeração medido pela densidade populacional em alguns resultados tornou necessária à estimação de um modelo adicional, com um termo da interação entre densidade e diversificação. A estimação desse modelo adicional apontou que a aglomeração urbana e a diversificação são benéficas para a inovação somente quando ocorrem ao mesmo tempo. Portanto, não é a aglomeração e a diversificação *per se* que geram benefícios para as empresas inovarem, mas apenas a conjunção desses dois fatores. Tal resultado aponta que os grandes centros urbanos diversificados geram relevantes benefícios para a inovação, corroborando a visão de Storper e Venables (2004) de que as empresas em localidades com essas características teriam condições amplamente vantajosas para inovar.

Por fim, o termo autorregressivo permitiu indicar a presença de efeitos positivos da proximidade de regiões especialmente inovadoras. Esse resultado apresentou expressiva robustez, pois ocorreu em todas as especificações de modelos adicionais, inclusive com matrizes de pesos espaciais e recortes geográficos distintos. Esse achado permite apontar para a ocorrência de transbordamentos inter-regionais da atividade inovativa, indicando que empresas de uma região podem se beneficiar, por efeitos de proximidade, das inovações de uma localidade vizinha. Por sinal, esse resultado é similar ao encontrado em diferentes trabalhos para o Brasil, como os de Gonçalves e Almeida (2009) e Gonçalves e Fajardo (2011).

Além dos resultados empíricos, o presente trabalho incorpora alguns avanços metodológicos. Os testes com especificações adicionais do modelo permitiram ilustrar que os resultados são pouco sensíveis à matriz de pesos espaciais utilizadas. Isto está em linha com o sugerido por LeSage e Pace (2010), no sentido de que não é necessário desprender esforços excessivos na procura da matriz de pesos espaciais mais adequada

para cada modelo, mas apenas é preciso que elas sejam uma representação adequada da proximidade geográfica das unidades estudadas. Ao mesmo tempo, os modelos estimados para todo o Brasil e o modelo apenas para Sul e Sudeste apresentam resultados gerais relativamente semelhantes. Porém, as diferenças nos coeficientes sugerem que a magnitude dos efeitos analisados é influenciada pelo recorte geográfico adotado.

Os resultados encontrados nesse trabalho também contribuem para a avaliação da inovação regional no Brasil em outros pontos. Primeiro, na presente análise buscou-se utilizar indicadores elaborados que contornavam certas imperfeições de *proxies* adotadas em trabalhos anteriores.

Em segundo lugar, a estimação de um Tobit Espacial Autorregressivo (SAR-Tobit) proporciona garantias adicionais a respeito da precisão da estimativa da relação entre os diferentes fatores locais e a inovação. Isso ocorre porque o Tobit Espacial possibilita lidar melhor com um número expressivo de regiões brasileiras sem patentes, como sugerido por LeSage e Pace (2009) e realizado por Autant-Bernard e LeSage (2011) para a França.

Dos resultados obtidos também podem se desdobrar algumas sugestões metodológicas e implicações de políticas. Do ponto de vista metodológico, nota-se que os níveis de geográficos de agregação disponíveis no Brasil ainda são pouco adequados para a pesquisa da inovação regional e que essa limitação pode afetar os resultados de trabalhos empíricos. Nesse sentido, seria bastante positivo contar no Brasil com um recorte oficial para fins estatísticos que abrangesse as áreas urbanas e industriais brasileiras de forma análoga às *Metropolitan Statistical Areas* (MSA) norte-americanas. Um passo nessa direção tornaria os estudos estatísticos para inovação mais facilmente comparáveis, pois englobariam apenas centros urbanos e industriais, e auxiliaria a mitigar o *MAUP Problem* originário da falta de homogeneidade dos recortes geográficos atualmente disponíveis.

Em relação às políticas públicas, a existência de relevantes diferenças regionais de padrões de inovação sugere a necessidade de tratar de modo diferenciado os aglomerados de regiões de perfil alto e baixo desempenho, no que diz respeito às políticas relacionadas à inovação. Para tal finalidade, a avaliação das características comuns das localidades contidas em *clusters* pode indicar políticas para a inovação adequadas a cada tipo de localidade.

Nesse contexto, propõe-se dar especial atenção a dois fatores na formulação de políticas para inovação: o P&D Industrial e a pesquisa universitária. Em relação à P&D industrial, nota-se pelos modelos estimados uma estreita relação entre os esforços de P&D das empresas e a inovação local, mesmo quando controlada a presença da indústria e dos setores mais propensos a patentear. Tal fato mostra que as políticas voltadas para o aprimoramento técnico da indústria e para a formação de capacitações locais dos trabalhadores tendem a ter um resultado expressivo na inovação.

Os resultados do modelo também indicam que a pesquisa universitária gera benefícios para a inovação das empresas, apontando para a necessidade de incluir a academia como elemento importante nas políticas regionais de inovação. Especificamente, pode-se sugerir o estímulo de mecanismos que facilitem o aproveitamento por parte da indústria do conhecimento gerado nas universidades como forma de fomentar as inovações. Entre estes mecanismos, possui papel de destaque as interações entre as empresas e a academia que podem amplificar os efeitos da pesquisa acadêmica na inovação local.

Ao mesmo tempo, esses resultados reforçam a percepção de que as políticas públicas para a inovação precisam estar alinhadas com as políticas para a capacitação e formação de mão de obra. Isso ocorre porque as atividades das universidades beneficiam os resultados da inovação na região de duas maneiras: pelos efeitos dos resultados da pesquisa universitária na inovação industrial e ao formar e capacitar tecnicamente profissionais qualificados que irão desenvolver atividades de P&D nas empresas. Dessa forma, dotar uma região de estruturas universitárias de relevo pode gerar capacitações e competências locais que tem um papel relevante na dinâmica inovativa local.

Além disso, a evidência de que as regiões adensadas e diversificadas geram vantagens expressivas para as atividades inovativas sugere que a inovação está especialmente atrelada aos grandes centros urbanos. Segundo a visão de autores como Duranton e Puga (2001) e Storper e Venables (2004), o adensamento de capacitações em grandes centros urbanos dota as empresas localizadas nessas regiões de tal vantagem frente às empresas em outras localidades que a inovação radical costuma ser realizada nas grandes cidades.

A constatação de dinâmicas particularmente distintas entre as regiões diversificadas e densas e as demais regiões sugere a necessidade de adotar políticas específicas para cada um desses cenários com características próprias. No caso dos grandes centros diversificados, os formuladores de políticas podem elaborar medidas que aproveitem

essas condições mais vantajosas para inovar. Ao mesmo tempo, para as regiões especializadas e menos adensadas é necessária uma agenda diferenciada, pois essas localidades não detêm as mesmas condições vantajosas de adensamento e diversificação para a inovação e, por isso, dependem especialmente da formação de competências e capacitações locais voltadas para a inovação.

Por fim, em relação aos desdobramentos de pesquisa futura, podem-se apontar alguns encaminhamentos. Em primeiro lugar, seria conveniente realizar novamente as estimativas deste trabalho com dados de patentes mais precisos do INPI. Também seria interessante contar com dados de anos mais recentes e de patentes concedidas, e não apenas as depositadas. Essas informações permitiriam enriquecer a análise e aprofundar na dinâmica inovativa recente.

Referências Bibliográficas

- ACS, Z. A.; ANSELIN, L.; VARGA, A. Patents and innovation counts as measures of regional production of new knowledge. *Research Policy* 31, 2002, p. 1069–1085.
- ACS, Z. A., AUDRETSCH, D.B.; FELDMAN, M. P. Real effects of academic research, *American Economic Review*, 82, pp. 363-367, 2002.
- _____. R&D Spillovers and Receipt Firm Size. *Review of Economics and Statistics*, 76 (2), pp. 336-40, 1994.
- ALBUQUERQUE E. M. (2000) Domestic patents and developing countries: arguments for their study and data from Brazil (1980–1995), *Research Policy* 29, 1047–1060.
- _____. 2006, A Apropriabilidade dos Frutos do Progresso Técnico. In: PELAEZ, V.; SZMERCSÁNYI, T. *Economia da Inovação Tecnológica*. Editora Hucitec, São Paulo.
- ALBUQUERQUE E. M.; SIMÕES, R.; BAEZA, A.; CAMPOLINA, C.; SILVA, L., “A distribuição espacial da produção científica e tecnológica brasileira: uma descrição de estatísticas de produção local de patentes e artigos científicos” in *Revista Brasileira de Inovação*, 1 (2), p.225-251, jul.-dez., 2002.
- ALBUQUERQUE E. M.; BAESSA, A.R.; SILVA, L.A.; RIBEIRO, L.C. Capítulo 5 – Análise da Produção Científica a partir de Indicadores Bibliométricos. In: LANDI, F. R. (Org.). *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2004*. FAPESP, São Paulo, 2005.
- ALBUQUERQUE E. M.; BAESSA, A.R.; SILVA, L.A. Capítulo 5 – Atividade de Patentamento no Brasil e no exterior. . In: BRENTANI, R.R.; CRUZ, C.H.B. (Org.). *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2010*. FAPESP, São Paulo, 2011.
- ANSELIN, L. (1988), *Spatial econometrics: methods and models*. Dordrecht: Studies in Operational Regional Science, Kluwer Academic, Boston, 1988. 307p.
- 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.
- _____. Geographic and sectoral characteristics of academic knowledge externalities. *Papers Reg. Sci.* 79, 435–443, 2000a.
- _____. Geographical Spillovers and University Research: A spatial econometric perspective. *Growth and Change*, Vol. 31 – Fall, pp. 501-515, 2000b.
- ARROW, K. J. “The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies*, v. 29, p. 155–172, 1962.
- ARTHUR. W. B.. Positive feedbacks in the economy. *Scientific American*, 262, February: 92-99, 1990.
- ASHEIM, B.J.; GERTLER, M.S. The geography of innovation: regional innovation systems, in FAGERBERGER, J.; MOWERY, D. & NELSON, R. (Eds). *The Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, 2005.

- AUDRETSCH, D. B. Innovation and spatial externalities. *International Regional Science Review*, 26: 167–174, 2003.
- AUDRETSCH, D. B.; FELDMAN, M. R&D spillovers and the geography of innovation and production, *American Economic Review* 86(4), p. 253-273, 1996.
- AUTANT-BERNARD, C.; BILLAND, P.; FRACHISSE, D.; MASSARD, N. Social distance versus spatial distance in R&D cooperation: Empirical evidence from European collaboration choices in micro and nanotechnologies. *Papers in Regional Science*, Volume 86 Number 3 August 2007.
- AUTANT-BERNARD, C.; LESAGE, J.P. Quantifying Knowledge Spillovers Using Spatial Econometric Models. *Journal of Regional Science*, vol. 51, no. 3, 2011, pp. 471–496, 2011.
- AUTANT-BERNARD, C.; MAIRESSE, J., MASSARD, N. Spatial knowledge diffusion through collaborative networks. Introduction, *Papers in Regional Science*, Vol 86 N 3 August 2007.
- BALCONI, M., BRESCHI, S.; LISSONI, F. Networks of inventors and the role of academia: an exploration of Italian patent data. *Research Policy* 33, 127–145, 2004.
- BATHELT, H.; MALMBERG, A.; AND MASKELL, P. Clusters and knowledge: Local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation. *Progress in Human Geography* 28:31–56, 2004.
- BAUMONT, C., ERTUR, C., LE GALLO, J. Spatial Analysis of Employment and Population Density: The Case of the Agglomeration of Dijon 1999. *Geographical Analysis*, Vol. 36, No. 2 (April 2004) The Ohio State University, 2004.
- BELL, M.; ALBU, M. Knowledge Systems and Technological Dynamism in Industrial Clusters in Developing Countries. *World Development*, Vol. 27, no.9, pp. 1713-1734. Elsevier, 1999.
- BEAUDRY, C., SCHIFFAUEROVA, A. Who's right, Marshall or Jacobs? The localization versus urbanization debate. *Research Policy* 38, p. 318–337, 2009.
- BOSCHMA, R. Proximity and innovation - a critical assessment, *Regional Studies*, vol. 39, no. 1, p. 61-74, 2005.
- BOSCHMA, R.; IAMMARINO, S. Related Variety, Trade Linkages, and Regional Growth in Italy. *Economic Geography*, vol. 85, n. 3 pp. 289-311, 2009.
- BRESCHI, S.; MALEBRA, F. The Geography of Innovation and Economic Clustering: Some Introductory Notes. *Industrial and Corporate Change*, Vol. 10, Number 4. Oxford Press 2001.
- BRESCHI, S.; LISSONI, F. Knowledge spillovers and local innovation systems: a critical survey, *Industrial and Corporate Change* 10, p. 975–1005, 2001.
- _____. Knowledge Networks from Patent Data: Methodological Issues and Research Targets. CESPRI Working Papers, WP 150, 2004.
- _____. Mobility of skilled workers and co-invention networks: an anatomy of localized knowledge flows. *Journal of Economic Geography* 9 pp. 439–468, 2009.
- CABRER-BORRÁS, B., SERRANO-DOMINGO, G., Innovation and R&D spillover effects in Spanish regions: A spatial approach. *Research Policy*, v. 36, p. 1357-1371, jun 2007.

- CARLINO, G.A.; CHATTERJEE, S.; HUNT, R.M. Urban density and the rate of invention. *Journal of Urban Economics* 61, 2007, 389–419, 2007.
- CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. Arranjos e Sistemas Produtivos Locais na Indústria Brasileira. *Revista de Economia Contemporânea*, 2001.
- CHAGAS, A.L.S. Externalidades da Aglomeração: Microfundamentação e Evidências Empíricas. Dissertação de Mestrado em Economia, FEA-USP, São Paulo, 2004.
- CHARLOT S.; DURANTON, G. Cities and Workplace communication: some quantitative French evidence, *Urban Studies*, 43, 1365-1394, 2006.
- CLIFF, A; ORD, J.K. *Spatial processes: Models and applications* (Pion, London), 1981.
- COHEN, W.; LEVIN, R. Empirical Studies of Innovation and Market Structure. In: SCMALENSSEE, R. & WILLING, R.D. (ed.). *Handbook of Industrial Organization*. Amsterdam: Elsevier Science, vol. 2. p. 1059-1070, 1989.
- COHEN, W.; LEVINTHAL, A Absorptive Capacity a new perspective in Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, vol 35, no. 1, pp. 128-152, 1990.
- COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J. Links and impacts: the influence of public R&D on industrial research. *Management Science* 48: 01–23; 2002.
- COMBES, P.P. Economic Structure and Local Growth: France, 1984–1993, *Journal of Urban Economics*, Volume 47, Issue 3, May 2000, Pages 329-355, 2000.
- COMBES, P.P. DURANTON, G., GOBILLON, L., PUGA, D., ROUX, S. The productivity advantages of large cities: distinguishing agglomeration from firm selection. Discussion Paper 7191. Centre for Economic Policy Research, 2009.
- COMBES, P.P.; OVERMAN, H.G. The Spatial Distribution of Economic Activities in the European Union in Henderson, J.V. & Thisse, J., ed. *Handbook of Urban and Regional Economics*, Volume 4. North Holland Publishing, 2004.
- COSTA, R. B. Concentração Espacial do Capital Humano: Uma análise empírica para o Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, FEA-USP, 2008.
- CRESCENZI, R.; RODRÍGUEZ-POSE, A.; STORPER, M. The territorial dynamics of innovation: a Europe-United States comparative analysis. *Journal of Economic Geography* 7, p. 673-709. Oxford University Press, 2007.
- CROCCO M. A., GALINARI R., SANTOS F., LEMOS. M. B., SIMÕES R. Metodologia de identificação de aglomerações produtivas locais. *Nova Economia_Belo Horizonte_16 (2)_211-241_maio-agosto de 2006*.
- DE GROOT, H.L.F., POOT, J. , SMIT, M. J. Agglomeration externalities, innovation and regional growth: theoretical perspectives and meta-analysis. In CAPELLO, R; NIJKAMP, J. *Handbook of Regional Growth and Development Theories*. Edward Elgar Pub, 2009.
- DE NEGRI J. A.; SALERMO M. S. Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras. IPEA, Brasília, 2005.
- DESTE, P.; IAMARINO, S. The spatial profile of university-business research partnerships. *Papers in Regional Science*, v. 89, n. 2, p. 336-350, 2010.
- DIEGUES, A. C.; ROSELINO, J. E. Interação, Aprendizado Tecnológico e Inovativo no Pólo de TIC da Região de Campinas. *Revista Brasileira de Inovação Vol 5, N.2*, 2006.

- DOSI, G. Sources, Procedures and Microeconomics Effects of Innovation. *Journal of Economic Literature*. Vol XXVI (September 1988), pp. 1120-1171, 1988.
- DURANTON, G.; PUGA, D. Diversity and Specialisation in Cities: Why. Where and When Does it Matter? *Urban Studies*, v. 37, n. 3, p. 533-555, 2000.
- DURANTON, G.; PUGA, D. Nursery Cities: Urban Diversity, Process Innovation, and the Life Cycle of Products. *The American Economic Review*, Vol. 91, No. 5 (Dec., 2001), pp. 1454-1477, 2001.
- _____. Micro-Foundations of Urban Agglomeration Economies in Henderson, J.V. & Thisse, J., ed. *Handbook of Urban and Regional Economics*, Volume 4. North Holland Publishing, 2004.
- _____. Diversity and specialisation in cities: Why, where and when does it matter? *Urban Studies*, 37: 533–555, 2005.
- ELLISON, G.; GLAESER, E. Geographic Concentration in U.S. Manufacturing Industries: A Dartboard Approach. *Journal of Political Economy*, Oct. 1997, 105 (5) pp. 889-927, 1997.
- ELLISON, G.; GLAESER, E., KERR, W. What Causes Industry Agglomeration? Evidence from Coagglomeration Patterns. *American Economic Review* 100 (June 2010): 1195–1213, 2010.
- ERNST, D. & KIM, L. Global production networks, knowledge diffusion, and local capability formation. *Research Policy* 31 1417–1429, 2002.
- ERTUR, C.; LE GALLO, J.; BAUMONT, C. The European Regional Convergence Process, 1980-1995: Do Spatial Regimes and Spatial Dependence Matter? *International Regional Science Review* 2006 29: 3, 2006.
- ESRI. Modeling Spatial Relations. *ArcGIS 9.3 Manual*. Disponível em: resources.esri.com/help/9.3/arcgisengine/java/Gp_ToolRef/spatial_statistics_toolbox/modeling_spatial_relationships.htm, 2013, Acesso em 21/05/2013.
- FAGERBERG, J. Innovation: a guide to the Literature. , in FAGERBERGER, J.; MOWERY, D. & NELSON, R. (Eds). *The Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, 2005.
- FAURÉ, Y.A.; HASENCLEVER, L. *Caleidoscópio do Desenvolvimento Local no Brasil: diversidade das abordagens e das experiências*. Rio de Janriso: E-Papers, 2007.
- FELDMAN, M.P. The new economics of innovation, spillovers and agglomeration: a review on empirical studies, *Economics of Innovation and Technology* 8, pp. 5-25, 1999.
- FELDMAN M.; AUDRETSCH, D. Innovation in cities: science-based diversity, specialization and localized competition, *European Economic Review*, 43, pp. 409-429, 1999.
- FINGLETON, B., IGLIORI, D.; MOORE, B. “Employment Growth of Small Computing Services Firms and the Role of Horizontal Clusters: Evidence from Great Britain 1991–2000,” in B. Fingleton (ed.), *European Regional Growth*. Berlin: Springer Verlag, pp. 267–291, 2003.
- _____. Employment Growth of Small High-technology Firms and the Role of Horizontal Clustering: Evidence from Computing Services and R&D in Great Britain, 1991–2000. *Urban Studies*, Vol. 41, No. 4, 773–799, April 2004.

_____. Cluster Dynamics: New Evidence and Projections for Computing Services in Great Britain. *Journal of Regional Science*, V. 45, N. 2, pp. 283–311, 2005.

FISCHER, M.M.; VARGA, A. Spatial knowledge spillovers and university research: Evidence from Austria. *Ann Reg Sci* (2003) 37:303–322, 2003.

FLORAX, R.J.G.M., de GROOT, H.L.F.; de MOOIJ, R.A.. Meta-analysis: A Tool for Upgrading Inputs of Macroeconomic Policy Models, Tinbergen Institute Discussion Paper, no. TI-2002-041/3, Amsterdam-Rotterdam, 2002.

FLORAX, R.J.G.M.; FOLMER, H, REY, S.J. “Specification searches in spatial econometrics: The relevance of Hendry’s methodology.” *Regional Science and Urban economics*, v. 33, n.5, p. 557–79, 2003.

FRITSCH, M. Measuring The Quality Of Regional Innovation Systems: A Knowledge Production Function Approach. *International Regional Science Review*, 25: 86, 2002.

FRITSCH, M.; SLAVTCHEV V Universities and innovation in Space. *Ind Innov* 14:201–218, 2007.

_____. How does industry specialization affect the efficiency of regional innovation systems? *Annals in Regional Science* 45:87–108, 2010.

_____. Determinants of the Efficiency of Regional Innovation Systems, *Regional Studies*, 45:7, 905-918, 2011.

GEARY, R. C. "The Contiguity Ratio and Statistical Mapping". *The Incorporated Statistician (The Incorporated Statistician)* 5 (3): 115–145, 1954.

GERTLER, M.S. Tacit knowledge and the economic geography context, or The undefinable tacitness of being (there). *Journal of Economic Geography*, 3, pp. 75-99, 2003.

_____. Tacit knowledge in production systems: how important is geography. *The Economic Geography of Innovation*, pages 87–111, 2007.

GETIS, A.; ALDSTADT J. Constructing the Spatial Weights Matrix Using a Local Statistic. *Geographical Analysis*, Vol. 36, No. 2, May 2004.

GLAESER, E., KALLAL, H., SCHEINKMAN, J., SHLEIFER, A. Growth in cities. *Journal of Political Economy* 100, 1126–1152, 1992.

GLAESER, E.; RESSEGER, M.G. The Complementarity Between Cities And Skills. *Journal of regional science*, vol. 50, no. 1, 2010, pp. 221–244, 2010.

GONÇALVES, E. “A distribuição espacial da atividade inovadora brasileira: uma análise exploratória”. *Estudos Econômicos*, São Paulo, 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, mai. 2009.

GONÇALVES, E.; FAJARDO B. A. G. A influência da proximidade Tecnológica e geográfica sobre a Inovação regional no Brasil. *Rev. Econ. Contemp.*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 112-142, jan-abr/2011.

GRANOVETTER, M. Economic action and social structure: the problem of 'embeddedness.' *American Journal of Sociology* 91 (3), 481-510, 1985.

GREUNZ, L. “Geographically and technologically mediated knowledge spillovers between European regions”. *Annals of Regional Science*. v. 37, p. 657-680, 2003.

_____. Industrial Structure and innovation – evidence from European regions. *J Evol Econ* 14: 563–592, 2004.

GRILICHES, Z. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *Bell Journal of Economics*, v. 10, p. 92-116, 1979.

_____. “Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey”, *Journal of Economic Literature* XXVIII, pp.1661-1707, 1990.

GULLO, L.M.G.; GUERRANTE, R.D.S. Maiores depositantes de pedidos de patente no brasil, com prioridade brasileira. INPI, 2004.

HENDERSON, J. V. Externalities and industrial development. *Journal of Urban Economics*, 42, pp. 449-470, 1997.

_____. Marshall’s scale economies. *Journal of Urban Economics* 53 (1), 1–28, 2003.

HERFINDAHL, O. C. Concentration in the steel industry. Diss. Columbia University., 1950.

HIRSCHMAN, A. O. "The paternity of an index." *The American Economic Review* 54.5, 761-762, 1964.

HOTELLING, H. “Stability in Competition.” *Economic Journal* 39:41–57, 1929.

ISARD, W. Location and space-economy; a general theory relating to industrial location, market areas, land use, trade, and urban structure. Cambridge: MIT Press and Wiley, 1956.

JACOBS, J.. The Economies of Cities. Random House, New York, 1969.

JAFFE, A. B. Real effects of academic research, *American Economic Review* 79(5): 957-970, 1989.

JAFFE, A. B.; TRAJTENBERG, M., HENDERSON, R. Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations, *Quarterly Journal of Economics* 63, p. 577- 598, 1993.

KLEVORICK, A.; LEVIN, R.; NELSON, R.; WINTER, S. On the sources and significance of inter-industry differences in technological opportunities. *Research Policy* 24: 185–205, 1995.

KOSTOV, P. Model boosting for spatial weighting matrix selection in spatial lag models, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37:3, 533-549, 2010.

KRUGMAN, P. Geography and Trade, MIT Press, 1991.

LAURSEN, K.; REICHSTEIN, T.; SALTER, A. Exploring the effect of Geographical Proximity and University Quality on University-Industry Collaboration in the United Kingdom. *Regional Studies*, p. 1-17, 2010.

LEMOES, M.B., MORO S., DOMINGUES, E.P., RUIZ R. M. A Organização territorial da indústria no Brasil, in Negre J.A. & Salerno, M. (Eds). *Inovação, Padrões Tecnológicos e Desempenhos das Firms Industriais Brasileiras*, IPEA, Brasília, 2005.

LESAGE, J. P. Spatial Econometrics. Regional research institute, West Virginia Univ., 1999.

LESAGE, J. P. PACE, R. K. Introduction To Spatial Econometrics. Chapman and Hall/CRC. Press, Taylor & Francis Group, 2009.

_____. "The biggest myth in spatial econometrics." available at SSRN 1725503, 2010.

- LÖSCH, AUGUST. *The Economics of Location*. Vol. 1940. New Haven: Yale University Press, 1954.
- LUCAS, R. E. On the Mechanisms of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*. V. 22, P. 3-42, 1988.
- LUNDVALL, B-A, JOHNSON, B. The learning economy. *Journal of Industry Studies*. 1:23-42, 1994.
- MAGGIONI M, NOSVELLI M, UBERTI E Space vs. networks in the geography of innovation: A European analysis. *Papers in Regional Science* 86(3), 2007.
- MALERBA, F.; L ORSENIGO 'Schumpeterian Patterns of Innovation,' *Cambridge Journal of Economia*, 19, 47-65, 1995.
- _____. Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities. *Industrial and Corporate Change*. Vol. 6. Number 1, 83-117, 1997.
- MANSFIELD E, LEE J-Y. The modern university: Contributor to industrial innovation and recipient of industrial R&D support. *Research Policy* 25: 1047–1058, 1996.
- MARSHALL, A. *Principles in Economics*, Macmillan, London. 1920.
- MARSCARINI, S. Fatores Territoriais Da Inovação: Uma análise empírica das relações entre os insumos inovativos e os resultados da inovação aplicada às Microrregiões Paulistas. Dissertação de Mestrado apresentada ao IGE – UNICAMP, 2012.
- MASKELL, P.; MALMBERG. A. Localised learning and industrial competitiveness. *Cambridge Journal of Economics*. 23. 167-185, 1999.
- MIDELFART-KNARVIK, K.H., OVERMAN, H.G., REDDING, S.J., VENABLES, A.J.. The location of European industry. Report prepared for the Directorate General for Economic and Financial Affairs. European Commission, Brussels, 2000.
- MONTENEGRO, R. L. G.; BETARELLI JR, A. A. Análise e Investigação dos Fatores Determinantes da Inovação nos Municípios de São Paulo. *Revista da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, 2, 2, 2009.
- MONTENEGRO R.L., GONÇALVES E., ALMEIDA E. Dinâmica Espacial e Temporal da Inovação no Estado de São Paulo: Uma Análise das Externalidades de Diversificação e Especialização. *Estudos Econômicos* 41(4) outubro/dezembro de 2011. 743-776, 2011.
- MORAN, P. A. P. "Notes on Continuous Stochastic Phenomena". *Biometrika* 37 (1): 17–23, 1950.
- MORENO, R., PACI, R; USAI, S. Spatial spillovers and innovation activity in European regions. *Environment and Planning A*, volume 37, pages 1793 – 1812, 2005a.
- _____. Geographical and sectoral clusters of innovation in Europe. *Ann Reg Sci* 39:715–739, 2005b.
- NELSON, R. What is 'commercial' and what is 'public' about technology; and what should be? In: ROSENBERG, N.; LANDAU, R. & MOWERY, D. (eds.). *Technology and the Wealth of Nations*. Stanford: Stanford University, 1992.
- _____. *Sources of economic growth*. Harvard University, Cambridge, Mass, 1996.

- NELSON, R.; WINTER, S. An evolutionary theory of economic change. Cambridge, Massachusetts, and London, England: The Belknap Press of Harvard University Press, 1982.
- NONAKA, I; TAKEUCHI, H. The Knowledge-creating Company. Oxford University Press: New York, 1995.
- OCDE. Frascati Manual. Paris, 1993.
- OCDE, The knowledge-based economy. Science, Technology and Industry Outlook, 229-256, Paris, 1996.
- OCDE. The Oslo Manual: Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data, Paris. 1997.
- OPENSHAW, S. 'The modifiable areal unit problem', Concepts and Techniques in Modern Geography 38: 41, 1984.
- PACI, R; USAI, S. Externalities, knowledge spillovers and the spatial distribution of innovation. GeoJournal 49: 381–390, 1999.
- PAKES, A.; GRILICHES, Z. “Patents and R&D at the Firm Level: A First Look,” in Griliches, ed., pp. 55-72, 1984.
- PALAN, N. Measurement of Specialization – The Choice of Indices. FIW Working Paper N° 62, December 2010
- PENROSE, E. The Theory of the Growth of the Firm. Oxford: Basil Blackwell. 1959.
- POLANYI, M. The tacit dimension. Garden City, NY. Doubleday Anchor, 1967.
- PONDS, R.; VAN OORT, R.; FRENKEN, K. The geographical and institutional proximity of research collaboration. Papers in Regional Science, Volume 86 Number 3 August 2007.
- _____. Innovation, spillovers and university–industry collaboration: an extended knowledge production function approach. Journal of Economic Geography 10 pp. 231–255, 2010.
- PORTER, M. The Competitive Advantage of Nations. Macmillan, London, 1990.
- PUGA, D. The Magnitude and Causes of Agglomeration Economies. Journal of regional science, vol. 50, no. 1, pp. 203–219, 2010.
- RALLET, A. & TORRE, T. Is geographical proximity necessary in the innovation networks in the era of global economy? GeoJournal. Vol 49, N 4, 373-380, 1999.
- RODRÍGUEZ-POSE, A. Economists as geographers and geographers as something else: on the changing conception of distance in geography and economics .Journal of Economic Geography 11 pp. 347–356, 2011
- ROGERS, M. The definition and measurement of innovation. Melbourne: Melbourne Institute of Applied Economic and Social Research, 1998.
- ROSENBERG, N. Inside the Black Box: Technology and Economics. Cambridge University Press, 1982.
- ROSENTHAL, S.; STRANGE, W. The Determinants of Agglomeration. Journal of Urban Economics 50, 191-229, 2001.

_____. Evidence on the Nature and Sources of Agglomeration Economies. in Henderson, J.V. & Thisse, J., ed. Handbook of Urban and Regional Economics, Volume 4. North Holland Publishing, 2004.

ROMER, P. Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy* 94, 1002–1037, 1986.

_____. “Endogenous technological change”. *Journal of Political Economy*. v. 98, p. 71-102, 1990.

SAXENIAN, A. *Regional Advantage*, Harvard University Press, Cambridge, 1994.

SCUR, G. *Geração e Difusão de Conhecimento em Sistemas Locais de Produção*. Tese de Doutorado apresentada a Escola Politécnica da USP, 2006.

SCHERER, M. Firm Size, Market Structure, Opportunity, and the Output of Patented Inventions. *The American Economic Review*, Vol. 55, No. 5, Part 1, pp. 1097-1125, 1965.

SCHMOOKLER, J. *Invention and Economic Growth*, Cambridge Mass.: Harvard University Press, 1966.

SCHUMPETER, J. *The Theory of Economic Development*, Cambridge, Mass. Harvard Univ. Press, 1934.

_____. *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of Capitalist Process*, 1939.

SIMÕES R., OLIVEIRA A., GITIRANA A., CUNHA J., CAMPOS M. e CRUZ W. A Geografia da Inovação: uma Metodologia de Regionalização das Informações de Gastos em P&D no Brasil. *Revista Brasileira de Inovação* Vol 4 Número 1 Janeiro / Junho 157-185, 2005.

SOLOW, R. M. “A contribution to the theory of economic growth”. *Quarterly Journal of Economics*, v. 70, p. 65-94, 1956.

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

SUZIGAN, W.; GARCIA, R.; FURTADO J. "Clusters ou sistemas locais de produção e inovação: identificação, caracterização e medidas de apoio." São Paulo: IEDI, 12-19, 2002.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J.; GARCIA, R., SAMPAIO, S... "Coeficientes de Gini locais—GL: aplicação à indústria de calçados do Estado de São Paulo." *Nova Economia* 13.2 39-60, 2003.

_____. *Clusters ou Sistemas Locais de Produção: mapeamento, tipologia e sugestões de políticas*. *Revista de Economia Política*, v. 24, n. 4, p. 543-562, out-dez., 2004.

THUNEN, J. H.V. *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und National Okonomie*. Dusseldorf: Wirtschaft & Finan, 1986. [1826.]

THOMPSON, P.; FOX-KEAN, M. Patent Citations and the Geography of Knowledge Spillovers: A Reassessment. *The American Economic Review* vol. 95 no. 1, 2005.

TOBIN, J. "Estimation of relationships for limited dependent variables". *Econometrica* 26 (1): 24–36, 1958.

TOBLER W. "A computer movie simulating urban growth in the Detroit region". *Economic Geography*, 46(2): 234-240, 1970.

UPTON, G; FINGLETON, B. *Spatial data analysis by example*, Wiley, 1985.

VARGA, A. Local academic knowledge transfers and the concentration of economic activity. *Journal of Regional Science* 40(2), p. 289-309, 2000.

VON HIPPLE, E. Sticky information and the locus of problem solving: implications for innovation, *Management Science* 40: 429-439, 1994.

WEBER, A. *Theory of the location of industries*. Chicago, Ill., The University of Chicago Press, 1929.

WIPO. World Intellectual Property Organization. *Industrial Property Statistics. Patents Granted by Origin (1995 to 2005)*, 2007.

YING, L. G. The Shape of Ideas Production Function in Transition and Developing Economies: Evidence from China. *Economies: Evidence from China. International Regional Science Review* 31: 185, 2008.

Apêndice A – Estatísticas descritivas

Tabela A.1 – Estatísticas descritivas Brasil – 2004 a 2005 (n = 1116)

Variável	Média	Desvio-padrão	Mín.	Máx.
$PatPC_t$	1,513	2,959	0,000	25,109
$P\&DInd_{t-1}$	1,397	3,207	0,000	45,164
$P\&DUniv_{t-1}$	0,044	1,394	-0,359	15,523
$Aglom$	3,248	1,514	-1,355	8,631
$IED (KI)$	1,148	0,321	0,465	1,980
$ShrInd$	0,179	0,132	0,000	0,718
Sec	0,171	0,174	0,000	0,875
$Metro$	0,047	0,211	0,000	1,000
N	0,545	0,498	0,000	1,000
$PatInvPC_t$	0,766	1,589	0,000	15,688
$PatUnvPC_t$	1,486	2,904	0,000	24,823
Eng	22,321	23,945	0,000	253,028
$Prof$	1,830	7,727	0,000	111,155
HH	0,335	0,209	0,000	1,000

Tabela A.2 – Estatísticas descritivas Brasil – 2001 a 2005 (n = 2790)

Variável	Média	Desvio-padrão	Mín.	Máx.
$PatPC_t$	1,311	2,653	0,000	29,480
$P\&DInd_{t-1}$	0,559	2,140	0,000	45,164
$P\&DUniv_{t-1}$	0,000	1,328	-0,359	15,523
$Aglom$	3,234	1,515	-1,465	8,631
$IED (KI)$	1,152	0,329	0,390	1,983
$ShrInd$	0,177	0,132	0,000	0,720
Sec	0,173	0,180	0,000	1,000
$Metro$	0,047	0,211	0,000	1,000
N	0,545	0,498	0,000	1,000
$PatInvPC_t$	0,589	1,404	0,000	22,933
HH	0,342	0,210	0,000	1,000
Eng	23,319	25,521	0,000	365,353

Tabela A.3 – Estatísticas descritivas Sul e Sudeste – 2004 a 2005 (n = 508)

Variável	Média	Desvio-padrão	Mín.	Máx.
$PatPC_t$	3,026	3,804	0,000	25,109
$P\&DInd_{t-1}$	2,230	4,103	0,000	45,164
$P\&DUniv_{t-1}$	0,362	1,944	-0,359	15,523
<i>Agglom</i>	3,823	1,112	1,514	8,631
<i>IED (KI)</i>	1,021	0,275	0,386	1,834
<i>ShrInd</i>	0,236	0,121	0,019	0,627
<i>Sec</i>	0,241	0,178	0,000	0,875
<i>Metro</i>	0,063	0,243	0,000	1,000
$PatInvPC_t$	1,501	2,081	0,000	15,688
<i>HH</i>	0,247	0,135	0,012	0,849

Tabela A.4 – Matriz de Correlação Brasil 2004 a 2005 (n = 1.116)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 WPatPC	1,000											
2 PDInd	0,384	1,000										
3 PDUUniv	0,386	0,214	1,000									
4 Dens	0,394	0,241	0,285	1,000								
5 KI	-0,426	-0,198	-0,289	-0,513	1,000							
6 S hrInd	0,393	0,174	0,022	0,267	-0,127	1,000						
7 Sec	0,413	0,290	0,198	0,345	-0,392	0,194	1,000					
8 Metro	0,344	0,273	0,324	0,437	-0,286	0,006	0,190	1,000				
9 N	-0,468	-0,237	-0,209	-0,348	0,440	-0,397	-0,367	-0,071	1,000			
10 Eng	0,279	0,296	0,247	0,195	-0,188	0,193	0,412	0,228	-0,273	1,000		
11 Prof	0,385	0,228	0,933	0,249	-0,245	0,042	0,203	0,253	-0,198	0,223	1,000	
12 HH	-0,309	-0,224	-0,202	-0,352	0,719	-0,056	-0,466	-0,190	0,388	-0,244	-0,175	1,000

Apêndice B – Resultados LISA

Figura B.1 - Resultados LISA 2001 a 2005 para todas as microrregiões brasileiras

Quadro B.1 Análise LISA Brasil – Microrregiões com perfil Alto-Alto

Microrregião	UF	Microrregião	UF	Microrregião	UF	Microrregião	UF
Uberaba	MG	Osasco	SP	Barretos	SP	Chapecó	SC
Pouso alegre	MG	Mogi Cruzes	SP	Araraquara	SP	Blumenau	SC
P. de Caldas	MG	Moji mirim	SP	Araçatuba	SP	S Cruz do Sul	RS
Votuporanga	SP	Limeira	SP	Amparo	SP	Porto Alegre	RS
Tatuí	SP	Jundiaí	SP	Adamantina	SP	Passo Fundo	RS
Sorocaba	SP	Jaboticabal	SP	Curitiba	PR	Não-me-toque	RS
São Paulo	SP	Ituverava	SP	Xanxerê	SC	Montenegro	RS
S. J. Campos	SP	Itapecerica	SP	Tubarão	SC	Ijuí	RS
S. J. Rio preto	SP	Guarulhos	SP	S. Bento Sul	SC	Guaporé	RS
S. J. Boa vista	SP	Franca	SP	Rio do Sul	SC	Gramado-Canela	RS
São Carlos	SP	Catanduva	SP	Joinville	SC	Erechim	RS
Santos	SP	Campinas	SP	Joaçaba	SC	Cruz Alta	RS
Rio Claro	SP	Bragança pt	SP	Itajaí	SC	Caxias do Sul	RS
Rib. Preto	SP	Birigui	SP	Florianópolis	SC		
P. Prudente	SP	Bauru	SP	Criciúma	SC		
Piracicaba	SP	Batatais	SP	Concórdia	SC		

Quadro B.2 Análise LISA Brasil – Microrregiões com perfil Baixo-Baixo

Microrregião	UF	Microrregião	UF	Microrregião	UF	Microrregião	UF
Porto velho	RO	Porto Franco	MA	Caririação	CE	Traipu	AL
Ji-Paraná	RO	Pindaré	MA	Cariri	CE	S. Quilom	AL
Alv. D'oeste	RO	Médio Mearim	MA	Canindé	CE	S. Sert alag	AL
Tarauacã	AC	Lit. Oc. Maranh.	MA	Brejo santo	CE	S. M. Campo	AL
Rio branco	AC	Lençóis Maranh.	MA	Baturité	CE	St do Ipanema	AL
Cruz. do Sul	AC	Itapec. Mirim	MA	Barro	CE	Penedo	AL
Brasiléia	AC	Imperatriz	MA	B. Jaguaribe	CE	Palm. Índios	AL
Tefé	AM	Gurupi	TO	Baixo curu	CE	Mata alag	AL
R. P. da Eva	AM	G. De balsas	MA	Vale do açu	RN	Batalha	AL
Rio Negro	AM	Coelho Neto	MA	Umarizal	RN	Al. srt S. Fco	AL
Purus	AM	Codó	MA	S. S. Miguel	RN	Tob. Barreto	SE
Parintins	AM	Chapadinha	MA	S. Santana	RN	S. Sert S Fco	SE
Madeira	AM	Chap Itapec.	MA	Seridó ori	RN	Propriá	SE
Juruí	AM	Chap Mangab	MA	Seridó ocid	RN	Nsra d Dores	SE
Japurí	AM	Caxias	MA	Pau ferros	RN	Japaratuba	SE
Itacoatiara	AM	B parn Maranh	MA	Médio Oeste	RN	Estância	SE
Coari	AM	B. Maranhense	MA	Macau	RN	Carira	SE
Boca acre	AM	A. Mearim e gr	MA	Macaíba	RN	B. Cotinguiba	SE
A. Solimões	AM	Agl urb S. Luís	MA	Lit. Nord	RN	Agr de itab.	SE
Sud. Roraima	RR	Valença do pi	PI	Litoral sul	RN	Vit conquista	BA
Ndt de ror	RR	Teresina	PI	Chp do apodi	RN	Valença	BA
Caracarái	RR	S Raim Non	PI	Baixa Verde	RN	Serrinha	BA
Tucuruí	PA	Pio ix	PI	Angicos	RN	Sr do bonfim	BA
Tomé-açu	PA	Picos	PI	Agr Potiguar	RN	Seabra	BA
S flx Xingu	PA	Md Parn Piauí	PI	Umbuzeiro	PB	Rib. Pombal	BA
Santarem	PA	Lit piauiense	PI	Sousa	PB	Paulo afonso	BA
Salgado	PA	Florianópolis	PI	S. Teixeira	PB	Liv brumado	BA
Redenção	PA	Chap sul Piauí	PI	Seridó or PB	PB	Juazeiro	BA
Portel	PA	Campo maior	PI	Seridó oc PB	PB	Jeremoabo	BA
Parauapebas	PA	Bertolândia	PI	Sapé	PB	Jequié	BA
Paragominas	PA	B Barnaíba PI	PI	Piancó	PB	Jacobina	BA
Óbidos	PA	Al Parnaíba PI	PI	Patos	PB	Itapetinga	BA
Marabá	PA	A m Gurguéia	PI	Lit. Norte	PB	Itaberaba	BA
Itaituba	PA	Al md Canindé	PI	Itaporanga	PB	Irecê	BA
Guamá	PA	Ipu	CE	Itabaiana	PB	Ilhéus-itab	BA
Furos Breves	PA	Várzea Alegre	CE	Guarabira	PB	Guanambi	BA
C Araguaia	PA	Uruburetama	CE	Espança	PB	F de santana	BA
Castanhal	PA	Sobral	CE	Curim ocid	PB	Euclides da c	BA
Cametá	PA	St Sen Pompeu	CE	Catolé Rocha	PB	Entre rios	BA
Bragantina	PA	St Quixeramob	CE	Cariri Ccid	PB	Cotegipe	BA
Belém	PA	St de Inhamuns	CE	Cajazeiras	PB	Catu	BA
Arari	PA	St de Cratéus	CE	Brejo Paraib	PB	Brumado	BA
Altamira	PA	S do Pereiro	CE	Vl ipojuca	PE	Boquira	BA
Almeirim	PA	Santa Quitéria	CE	Vl Ipanema	PE	B Jesus da l	BA
Oiapoque	AP	Pacajus	CE	Suape	PE	Barreiras	BA
Mazagão	AP	Meruoca	CE	St moxotó	PE	Barra	BA
Macapá	AP	Médio curu	CE	Salgueiro	PE	Alagoinhas	BA
Amapá	AP	Lit cam e ac	CE	Petrolina	PE	Teófilo otoni	MG
Porto Nacional	TO	Lavr da Mang	CE	Pajeú	PE	Salinas	MG
Miracema	TO	Itapipoca	CE	M capibaribe	PE	Pedra azul	MG
Jalapão	TO	Iguatu	CE	M merid pe	PE	Nanuque	MG
Gurupi	TO	Ibiapaba	CE	Itaparica	PE	Araçuaí	MG
Bico papag	TO	Coreaú	CE	Garanhuns	PE	Almenara	MG
Araguaína	TO	Chorozinho	CE	F noronha	PE	Colíder	MT
Rosário	MA	Chap Araripe	CE	Brejo pern	PE		
Presid Dutra	MA	Cascavel	CE	A capibaribe	PE		

Figura B.2 - Resultados LISA 2001 a 2005 para todas as microrregiões do Sul e Sudeste

Quadro B.3 Análise LISA Sul Sudeste – Microrregiões com perfil Alto-Alto

Microrregião	UF	Microrregião	UF	Microrregião	UF	Microrregião	UF
Rib. Preto	SP	Campinas	SP	Osasco	SP	Blumenau	SC
São Carlos	SP	Amparo	SP	Guarulhos	SP	Itajaí	SC
Rio Claro	SP	Tatuí	SP	Itapecerica	SP	Florianópolis	SC
Limeira	SP	Sorocaba	SP	São Paulo	SP	Tubarão	SC
Piracicaba	SP	Jundiaí	SP	Joinville	SC	Criciúma	SC
Moji Mirim	SP	Bragança Pta	SP	Rio do Sul	SC	Gramado-Canela	RS

Quadro B.4 Análise LISA Sul Sudeste – Microrregiões com perfil Baixo-Baixo

Microrregião	UF	Microrregião	UF	Microrregião	UF	Microrregião	UF
Unaí	MG	Pedra azul	MG	Aimorés	MG	Santa Teresa	ES
Paracatu	MG	Almenara	MG	Campo belo	MG	Alegre	ES
Januária	MG	Teóf. Otoni	MG	Manhuaçu	MG	C. Itapemirim	ES
Janaúba	MG	Nanuque	MG	Muriaé	MG	Itaperuna	RJ
Salinas	MG	Curvelo	MG	Barra S. Fco	ES	S Ant. de Pádua	RJ
Mtes claros	MG	C mdentro	MG	N. Venécia	ES	Campos goyt	RJ
Grão Mogol	MG	Guanhães	MG	Colatina	ES	Macaé	RJ
Bocaiúva	MG	Peçanha	MG	Montanha	ES	Cantag-Cordeiro	RJ
Diamantina	MG	G.Valadares	MG	São Mateus	ES	S m madalena	RJ
Capelinha	MG	Mantena	MG	Linhares	ES	Lagos	RJ
Araçuaí	MG	Caratinga	MG	Af. Cláudio	ES		

Anexo A – Descrição de Ocupações da CBO

Descrição Sumária das ocupações das Famílias vinculadas a P&D e Pesquisa na CBO 2002 (Obs. as famílias apresentadas não incluem Professores das respectivas áreas que pertencem a outras famílias).

Cód. 1237 - Diretores de Pesquisa e Desenvolvimento: Participam do planejamento estratégico, traçam diretrizes científicas e tecnológicas, estabelecem políticas de gestão de P&D, promovem a inovação tecnológica e científica e coordenam a política de comunicação e divulgação na área de P&D, para dar suporte à empresa, instituto de pesquisa ou organização no cumprimento de sua missão. Orientam e dirigem equipes de P&D na execução do planejamento estratégico da instituição.

Cód. 1426 - Gerentes de Pesquisa e Desenvolvimento e afins: Responsabilizam-se por prover soluções tecnológicas para produtos, processos e serviços e promover a transferência dos mesmos para o setor produtivo. Participam das decisões da diretoria de pesquisa e desenvolvimento e operacionalizam-nas; desenvolvem novos produtos/otimizam o desempenho da área de pesquisa e desenvolvimento, disseminam resultados e atividades, captam recursos e monitoram a proteção da propriedade intelectual da instituição.

Cód. 2030 - Pesquisadores das Ciências Biológicas: Os profissionais desta família desenvolvem atividades de pesquisa em ciências biológicas, elaboram projetos, coordenam equipes, coletam, tratam e analisam material biológico, dados e informações, geram conhecimentos, métodos e técnicas e divulgam resultados de pesquisa. Podem prestar serviços de assessoria e consultoria técnica e científica, como também podem dar aulas, planejar cursos e eventos científicos.

Cód. 2031 - Pesquisadores das Ciências Naturais e Exatas: Desenvolvem pesquisas científicas em ciências naturais e exatas tais como, computação e informática, meio ambiente, química, física e matemática, coletando, analisando e tratando dados físicos, químicos, biológicos, culturais e de fontes secundárias. Criam metodologias, técnicas, equipamentos e ferramentas para pesquisa com a realização de experimentos e a construção de modelos e teorias. Elaboram projetos e coordenam atividades de pesquisa, formam recursos humanos, disseminam conhecimentos científicos. Podem prestar serviços de consultoria, realizar avaliações em p&d, bem como dar aulas.

Cód. 2032 - Pesquisadores de Engenharia e Tecnologia: Desenvolvem materiais, produtos, processos e métodos relacionados à engenharia e tecnologia, projetando e especificando equipamentos, protótipos e plantas-piloto e testando protótipos, materiais, processos e parâmetros de operação de plantas-piloto. Participam da qualificação, certificação e homologação de laboratórios e produtos. Planejam e executam pesquisas, gerenciam informações de C&T. Podem também prestar serviços de consultoria técnica, bem como dar aulas.

Cód. 2033 - Pesquisadores das Ciências da Saúde: Os profissionais desta família desenvolvem pesquisas em ciências da saúde, nas áreas de clínica médica, medicina básica, medicina veterinária e em saúde coletiva e, para tanto, elaboram e planejam projetos de pesquisa, formam recursos humanos em pesquisa e divulgam resultados e informações. Podem prestar assistência comunitária, orientar políticas públicas e prestar assessorias na área das ciências da saúde. Podem também ministrar aulas.

Cód. 2034 - Pesquisadores das Ciências da Agricultura: Executam projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico em agricultura, pesca, aquicultura, zootecnia e ciências florestais, implantando experimentos e unidades de observação, acompanhando a execução das atividades, realizando medições, pesagens, contagens e diagnósticos. Organizam e analisam os dados coletados. Elaboram e planejam projetos de pesquisa e divulgam informações. Formam recursos humanos, podem prestar serviços de assessoria, de consultoria e ministrar aulas.

Cód. 2035 - Pesquisadores das Ciências Sociais e Humanas: Formulam objeto de estudo e pesquisa sobre relações humanas e sociais nas áreas das ciências sociais e humanas. Realizam procedimentos para coleta, tratamento, análise de dados e informações e disseminam resultados de pesquisa. Planejam e coordenam atividades de pesquisa. Podem dar aulas.

Anexo B – Microrregiões com Regiões Metropolitanas

Quadro B.1 Microrregiões com cidades sede de regiões metropolitanas

Cod.	Microrregião
13007	Manaus
15007	Belém
21002	Aglomeración Urbana de São Luís
23016	Fortaleza
24018	Natal
26017	Recife
27011	Maceió
29021	Salvador
31030	Belo Horizonte
31039	Ipatinga
32009	Vitoria
33018	Rio de Janeiro
35032	Campinas
35061	São Paulo
35063	Santos
41009	Maringá
41011	Londrina
41037	Curitiba
42008	Joinville
42012	Blumenau
42013	Itajaí
42016	Florianópolis
42019	Criciúma
43026	Porto Alegre
52010	Goiânia
53001	Brasília