

ESTRUTURA URBANA E ATIVIDADE TECNOLÓGICA: O CASO DE MINAS GERAIS

Eduardo Gonçalves
UFJF

RESUMO

Este trabalho utiliza uma base de dados de patentes do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), com o objetivo de preencher algumas lacunas na literatura sobre o tema que relaciona inovação e desenvolvimento regional, em Minas Gerais. Estes objetivos são os seguintes: 1) identificar os principais fatores determinantes da inovação nos municípios mineiros a partir dos fatores considerados relevantes pela literatura internacional; 2) determinar a relação que existe entre a estrutura urbana do estado e a inovação; 3) revelar padrões de associação espaciais e identificar agrupamentos espaciais significativos de produção tecnológica; 4) verificar se ocorrem transbordamentos tecnológicos intermunicipais. O trabalho constatou que a atividade tecnológica é concentrada espacialmente e que tende a ocorrer, principalmente, ao redor da área metropolitana de Belo Horizonte. A estrutura urbana do estado é, em parte, causadora desta distribuição espacial da atividade tecnológica, porque a maior parte das cidades não possui escala urbana e requisitos exigidos pela inovação.

Palavras-chave: Atividade Tecnológica; Patentes; Estrutura Urbana; Minas Gerais.

ABSTRACT

This paper uses a database of patent applications from the Brazilian Patent Office (INPI) to throw some light on the relationship between innovation and regional development in the state of Minas Gerais. The objectives are described as follows: 1) to identify the main determinants of innovation in the municipalities of Minas Gerais considering the variables emphasized by the international literature; 2) to determine the relation existing between the urban structure of the state of Minas Gerais and its innovative performance; 3) to reveal the patterns of spatial associations and to identify significant spatial clustering of technological activity; 4) to verify the occurrence of interregional knowledge spillovers. The results showed that the innovative activity is spatially concentrated and presents a major tendency to take place around the metropolitan area of Belo Horizonte. The urban structure of the state is pointed out as a cause of this spatial distribution of the technological activity because great part of its municipalities do not have urban scale and minimum conditions required by the innovative process.

Keywords: Technological Activity; Patents; Urban Structure; Minas Gerais.

1. Introdução

A literatura internacional apresenta argumentos variados para explicar o caráter urbano da inovação. Segundo Simmie (2001), a introdução de novos produtos no mercado é altamente dependente de externalidades. O conceito de economias de aglomeração compreende diversos tipos de externalidades, que são importantes tanto para explicar a aglomeração espacial da produção quanto da inovação, tendo em vista que as concentrações espaciais de produção e inovação são fortemente correlacionadas (Audretsch e Feldman, 1996).

Para explicar a inovação, alguns autores destacam as economias de localização, realçando a especialização setorial da indústria de uma região. Quanto maior fosse a concentração industrial naquele setor específico, mais facilmente ocorreriam transbordamentos de conhecimento tecnológico de uma firma para outra, fomentando a inovação regional. O desenvolvimento pioneiro deste raciocínio se deve a Marshall (1982), mas também recebeu contribuições de Arrow (1962) e Romer (1986). Por isso, Glaeser *et al.* (1992) denominam tal externalidade de Marshall-Arrow-Romer.

Outros autores dão mais ênfase à diversidade do ambiente regional e urbano, representada pelo conceito de economias de urbanização. O reconhecimento da importância da dimensão urbana para inovar remonta ao trabalho de Jacobs (1969). A tese de que a diversidade promove inovação é confirmada por trabalhos empíricos, como o de Feldman e Audretsch (1999). Além de afirmarem que a especialização diminuía a inovação nas cidades, o trabalho sugeriu que a inovação tendia a ocorrer mais à medida que o tamanho urbano crescia.

Simmie (2001) afirma que as áreas urbanas, ao concentrarem economias de aglomeração, permitiriam atingir maior eficiência estática e reduzir incerteza e risco do processo inovador. A escala urbana também seria importante por outras duas razões. Primeiro, porque grandes cidades são capazes de atrair inventores e de dar condições de desenvolvimento às suas idéias (Wood, 2001). Segundo, porque quanto maior é o tamanho urbano maiores são as chances de interações locais lucrativas, devido à lei dos grandes números e ao mecanismo de seleção natural dos negócios que se beneficiam das múltiplas oportunidades oferecidas (Simmie, 2001).

Outras evidências são discutidas por Wood (2001), que destaca tipos particulares de ativos urbanos, que se baseiam em conhecimentos específicos que transbordam de outras características da dimensão urbana e que favorecem as grandes cidades. Daí, a força inovadora das metrópoles. Grandes cidades ofereceriam vantagens relacionadas a múltiplos agrupamentos de atividades, envolvendo vários tipos de mercados, tecnologias e empresas. As cidades menores, por outro lado, seriam mais dependentes de um ou alguns setores chave ou de investimentos de uma grande empresa. Dessa forma, “diferentes escalas urbanas suportam diferentes tipos de inovação”.

Os ativos urbanos podem ser vistos também como requisitos para compartilhar transbordamentos de conhecimento tecnológico que fluem do espaço geográfico imediato (Jaffe *et al.*, 1993; Varga, 1998; Fischer e Varga, 2003). Esta constatação explica a necessidade de as firmas estarem próximas entre si para aproveitar estes transbordamentos.

Avaliar os determinantes da inovação em Minas Gerais é o objetivo deste artigo, especialmente quando se leva em consideração a sua marcante heterogeneidade social e econômica. Diversos autores já destacaram a concentração da produção e da atividade inovadora no estado (Silva, 1997; Albuquerque, 2001).

Ainda que tenham grande relevância ao fazer um mapeamento inicial da atividade tecnológica, sobretudo através de indicadores de patentes, os trabalhos existentes sobre inovação em Minas Gerais não esgotaram o tema. Além disso, é preciso

fazer uso de técnicas econométricas espaciais para tentar preencher algumas lacunas na literatura empírica que relaciona inovação e desenvolvimento regional e urbano no estado, como: 1) identificar os principais fatores determinantes da inovação nos municípios mineiros a partir dos fatores considerados relevantes pela literatura internacional e nacional; 2) determinar a relação que existe entre a estrutura urbana do estado e a inovação; 3) revelar padrões de associação espaciais e identificar agrupamentos espaciais significativos de produção tecnológica; 4) verificar se ocorrem transbordamentos tecnológicos intermunicipais.

Para atingir estes objetivos, o artigo é dividido em mais quatro seções. Na próxima, há uma breve descrição do sistema regional de inovação de Minas Gerais. Na terceira, detalhes dos procedimentos metodológicos são apresentados, como a forma pela qual as variáveis foram construídas, as fontes de dados usadas para sua construção e as técnicas exploratórias (Análise Exploratória de Dados Espaciais e Análise Fatorial) e econométricas utilizadas. Na quarta seção, os resultados da aplicação destas técnicas são expostos, sendo que, na última seção, são apresentadas as principais conclusões e recomendações de políticas públicas.

2. Sistema Regional de Inovação em Minas Gerais

Lemos e Diniz (1999) descreveram as características elementares do sistema de inovação de Minas Gerais. As inovações são vinculadas à especialização produtiva do estado, com destaque para as áreas mineiro-metalúrgica, automobilística, mecânica, eletroeletrônica e de serviços de telecomunicação, além da tradicional base agropecuária. Há predomínio das instituições públicas, em detrimento das instituições privadas de P&D, o que faz a pesquisa básica ser preponderante em relação à aplicada. Outros elementos do sistema precisam de investimentos públicos para superação de gargalos, como a educação fundamental, média e superior. O setor empresarial foi considerado como o elo mais fraco do sistema estadual de inovação, o que replicava a característica do sistema nacional de inovação brasileiro. Além disso, algumas instituições de fomento à ciência e tecnologia, como a FAPEMIG, passam por fases críticas de redução de orçamento, refletindo o quadro fiscal do estado.

Albuquerque (2001) acrescentou que o estado de Minas Gerais está abaixo da média nacional tanto em termos de produção científica, medida por artigos per capita publicados, quanto em relação à atividade tecnológica, medida por patentes por milhão de habitantes. Como virtude do sistema de inovação mineiro, é destacada a articulação existente entre algumas especializações econômicas e industriais (indústria extrativa mineral, metalúrgica, siderúrgica e agropecuária), especializações científicas (ciências agrárias e biológicas e subáreas de zootecnia, agronomia, engenharia metalúrgica e de materiais, farmacologia e biologia geral) e tecnológicas (metalurgia básica e extração de minerais). O descompasso existente entre o crescimento da produção científica e da tecnológica foi visto como ponto negativo, pois revelava potenciais de capacitação científica inexplorados. Em parte, tal descompasso era devido à concentração da produção tecnológica em setores de baixa tecnologia.

A concentração espacial da produção científica e tecnológica era outro traço marcante do estado de Minas Gerais. Quatro microrregiões líderes detinham 87% dos artigos e 86% das patentes.

Nas próximas seções procuraremos verificar até que ponto algumas características deste sistema regional de inovação em Minas Gerais são resultantes do sistema urbano que prevalece no estado, o que pode ajudar a explicar o quadro regional da atividade tecnológica.

3. Procedimentos Metodológicos

3.1. Definição de Variáveis e Construção da Base de Dados

Neste trabalho usaremos patentes como medida de atividade tecnológica. Os dados de patentes utilizados neste trabalho são oriundos do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) e referem-se ao período 1999-2001. O número de patentes de cada município será normalizado pelo seu número de habitantes, seguindo a literatura da área (Moreno *et al.*, 2004; Carlino *et al.*, 2001).

Muitos determinantes da atividade tecnológica são considerados pela literatura internacional. Dentre eles, podem ser citados: densidade e escala urbana, capacidade de pesquisa universitária, mercado de trabalho qualificado, grau de industrialização, diversidade industrial, P&D empresarial, mercado consumidor, grau de competição da economia local, amenidades culturais e transbordamentos de conhecimento.

Para testar a influência de cada um destes fatores sobre a inovação em Minas Gerais, utilizaremos os seguintes indicadores:

População: refere-se ao número de residentes do município, segundo o Censo de 2000 (IBGE, 2002a). Este indicador tem a finalidade de medir o tamanho da cidade, sendo usado tradicionalmente para medir economias de urbanização (Moreno *et al.*, 2004);

Densidade de Emprego: é resultante da divisão do número de pessoas ocupadas pela área do município, em km². Benko (1999) afirma que “a fertilização cruzada só é possível num meio denso”. Tal como em Carlino *et al.* (2001), este indicador foi usado para captar a influência da grande concentração espacial de empregados de funções semelhantes e/ou diferentes.

Renda: corresponde à soma dos rendimentos provenientes do trabalho, de transferências governamentais e de outras fontes, conforme estimativa do Atlas do Desenvolvimento Humano – 2000, do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), disponível no sítio do IPEA (IPEA, 2004a). Este indicador possui o objetivo de medir a magnitude do mercado consumidor local.

Amenidades Culturais: são representadas pelo número de cinemas, teatros e museus. Embora reflitam apenas parte dos componentes para a existência de boas condições de vida num centro urbano, acreditamos que haja forte relação entre ambos e, por conseguinte, indique o grau de atração do centro urbano. Vários trabalhos já argumentaram a favor das amenidades urbanas e culturais no desenvolvimento tecnológico (Markusen *et al.*, 1986; Benko, 1999).

Qualificação da População: é medida pela porcentagem de pessoas com 25 anos de idade ou mais que possuíam mais de onze anos de estudo no município, segundo dados do IPEA (2004b). Esperamos que, quanto maior for o nível educacional da população, maior será sua capacidade para criar e aplicar novos conhecimentos para fins econômicos (Carlino *et al.*, 2001; Sternberg e Arndt, 2001).

Grau de Industrialização: corresponde à relação entre o número total de pessoas ocupadas na indústria de transformação e o número total de pessoas ocupadas no município. Esta variável é usada por Sternberg e Arndt (2001) e Carlino *et al.* (2001) porque tem a função de controlar o fato de que a indústria, em relação a outros setores da economia, é o setor em que mais provavelmente pode surgir uma patente. Os dados são referentes ao Cadastro Central de Empresas do IBGE de 1998 (IBGE, 2002a).

Grau de Especialização Industrial: é avaliado por meio do índice de Herfindahl, que é calculado através de soma dos quadrados da participação de cada setor no emprego industrial do município. Como este índice varia entre 0 e 1, a especialização máxima

possível, ou especialização num único setor industrial, seria representada pelo seu valor unitário. Quanto mais próximo de zero, maior é o grau de diversidade industrial existente no município. Utilizamos dados de emprego da Relação Anual de Informações Sociais – RAIS – de 1998, desagregados em 22 setores industriais da Classificação Nacional de Atividades Econômicas a dois dígitos do IBGE (RAIS, 2000). A inclusão deste indicador seguiu sugestão de Carlino *et al.* (2001).

Grau de Concentração Econômica: medido pelo percentual de pessoas ocupadas, que eram assalariadas, nas quatro maiores empresas atuantes da unidade territorial. Este indicador também é conhecido como razão de concentração, sendo obtido junto ao Cadastro Central de Empresas – 1998, do IBGE (IBGE, 2002a). Por isso, o valor da razão de concentração tenderá a ser menor. Este indicador é usado para avaliar o papel do grau de monopólio local e do nível de competição sobre a inovação (Glaser *et al.*, 1992; Carlino *et al.*, 1998).

Capacidade de Realização de P&D Universitário: medida pela quantidade de doutores em cursos de pós-graduação que possuem relevância em termos de possibilidade de criação e transferência de novas técnicas para o setor produtivo, devido à ausência de informações sobre gastos de P&D realizados por universidades e instituições de pesquisa. Dessa forma, foram considerados os docentes permanentes dos cursos de mestrado e doutorado das áreas de formação tecnológica, como Engenharias, Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias, Ciências Biológicas e da Saúde e Computação e Informática. Essa variável foi obtida por tabulação especial da CAPES, referente a 1999, e normalizada pela população de cada município. A motivação para inclusão deste indicador está vinculada ao fato de haver fortes evidências de que a pesquisa universitária não só possui efeito positivo sobre as inovações, como é também um importante determinante da distribuição espacial das atividades de pesquisa empresariais (Varga, 1998). Além disso, Jaffe (1989) destaca o efeito indireto da pesquisa universitária, a qual atrai P&D industrial e aumenta sua produtividade.

Capacidade de Realização de P&D Industrial: os gastos de P&D estão disponíveis na Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC) do IBGE. Entretanto, a PINTEC não possui representatividade amostral ao nível municipal, exceto para grandes empresas (mais que 500 empregados). Por isso, como fonte de evidência da realização de P&D no tecido industrial de um município, serão utilizados o valor adicionado e o valor bruto da produção industrial de empresas que possuem duas características fundamentais: ter inovado em produto que fosse novo para o mercado nacional e ser exportadora com preço-prêmio de 30%. Este valor adicionado é oriundo da regionalização da PINTEC, cujos detalhes metodológicos podem ser obtidos em Negri *et al.* (2004) e Lemos *et al.* (2005). Segundo estes autores, essas empresas “inovam, diferenciam produtos e possuem maior capacitação tecnológica”, sendo a “ponta mais dinâmica da indústria e que tende a capturar parcela maior da renda gerada pela indústria”. Dessa forma, não restam dúvidas de que a presença deste tipo de firma no município revela grande capacidade de realizar P&D industrial. A segunda vantagem de usar esta *proxy* vincula-se a outra característica das firmas desta amostra: ser exportadora. Esta vantagem será explicada abaixo.

Inserção Externa: as exportações podem ser um valioso mecanismo de estímulo à inovação (Fransman, 1985), porque permitem que pressões competitivas estimulem a melhoria da qualidade de produtos e a redução de custos; criam oportunidades para aprendizado internacional interfirmas; ampliam o mercado da firma, propiciando o aproveitamento de economias de escala e crescente divisão do trabalho; e geram maior

capacidade de importação de melhores insumos, que aumentam a produtividade total da economia.

Força de Trabalho com Formação Tecnológica: este indicador é geralmente usado nos trabalhos que avaliam a intensidade tecnológica da indústria, ao lado de outros indicadores como a intensidade do gasto em P&D ou o grau de sofisticação técnica do produto (Malecki, 1997; Benko, 1999). Entretanto, Markusen *et al.* (1986) optam pela percentagem de profissionais ligados às áreas tecnológicas como o melhor indicador. Para construir este indicador, foram utilizados dados da RAIS de 1998 relativos aos empregados com formação em Física, Química, Engenharias, Análise de Sistemas e Programação de Computadores, os quais foram divididos pelo total de empregados do município naquele ano (RAIS, 2000).

A maior parte destas variáveis foi construída com dados de 1998 e 1999 para evitar problema de simultaneidade e amenizar as questões relativas à direção de causalidade, tendo em vista que as patentes são referentes ao período de 1999-2001. Este procedimento é empregado de forma generalizada na literatura (Carlino *et al.*, 2001; Pamukcu, 2003).

4. Análise dos Resultados

As seções seguintes terão como objetivo: 1) realizar uma análise exploratória espacial da variável que é objeto de explicação nas regressões, ou seja, patentes per capita; 2) tratar as variáveis independentes do estudo através de técnica multivariada (análise fatorial), a fim de condensar o conjunto de indicadores selecionados a partir da revisão da literatura e estabelecer padrões de relação entre eles; 3) modelar a atividade tecnológica do estado de Minas Gerais, a partir dos dois resultados obtidos anteriormente.

4.1. Análise Exploratória de Dados Espaciais

O propósito desta seção é explorar as características espaciais da variável dependente deste estudo, que é patente per capita. Com essa técnica podemos detectar a existência de padrões de associações espaciais (clusters espaciais significativos) no estado de Minas Gerais.

A Tabela 1 mostra os valores das estatísticas I de Moran com base em dois conceitos de vizinhança.¹ Embora possuam valores baixos, todos os coeficientes são significativos estatisticamente, o que indica existência de autocorrelação espacial positiva. Isso significa que municípios com valores elevados de patentes per capita são vizinhos de outros municípios com valores semelhantes para esta variável (e vice-versa).

Na Figura 1 temos o diagrama de dispersão de Moran, que é a forma de visualizar o indicador global de autocorrelação espacial.² O mapa fornece uma visão geral da taxa de patenteamento por municípios em Minas Gerais e indica o sinal da associação espacial em diferentes áreas.

¹ Usaremos dois conceitos de vizinhança. No primeiro, esta é definida a partir do conceito de contigüidade binária. Neste, são consideradas as interações espaciais existentes apenas entre os municípios que apresentam fronteira comum (critério *Queen*). O segundo é o conceito dos *k* vizinhos mais próximos, em que a matriz de pesos espaciais é construída a partir da distância do grande círculo entre os centróides dos municípios. Construímos 4 matrizes baseadas neste conceito, estabelecendo *k* igual a 5, 10, 15 e 20 (Anselin, 1992).

² Os dois mapas apresentados (Figuras 1 e 2) utilizaram a matriz de pesos com base no critério *Queen*. Os mapas produzidos com os outros critérios da Tabela 1 são similares.

É possível observar que associações de municípios de alta atividade tecnológica que são vizinhos de municípios com desempenho similar (classificação Alto-Alto) ocorrem nas regiões mais desenvolvidas do estado, a citar, região metropolitana de Belo Horizonte, sul do Estado, Triângulo Mineiro e Zona da Mata, em detrimento das regiões ao Norte do estado. Isso sugere a existência de um regime de desenvolvimento tecnológico do tipo Norte-Sul no estado de Minas Gerais. Entretanto, este diagrama não permite inferência estatística sobre o processo de patenteamento no estado. É preciso calcular estatísticas de autocorrelação espacial locais (LISA) que indiquem a significância estatística dos agrupamentos espaciais vistos neste mapa. Elas irão dizer se o agrupamento existente é estatisticamente significativo ou não.

A Figura 2 é conhecida como Mapa de Significância de Moran, o qual permite visualizar os regimes espaciais da atividade tecnológica de Minas Gerais que são estatisticamente significativos. As evidências apontam existência de agrupamento espacial do tipo Alto-Alto apenas na região central do estado, ao redor da área metropolitana de Belo Horizonte. A região formada por estes municípios possui condições para compartilhar e internalizar possíveis transbordamentos tecnológicos.

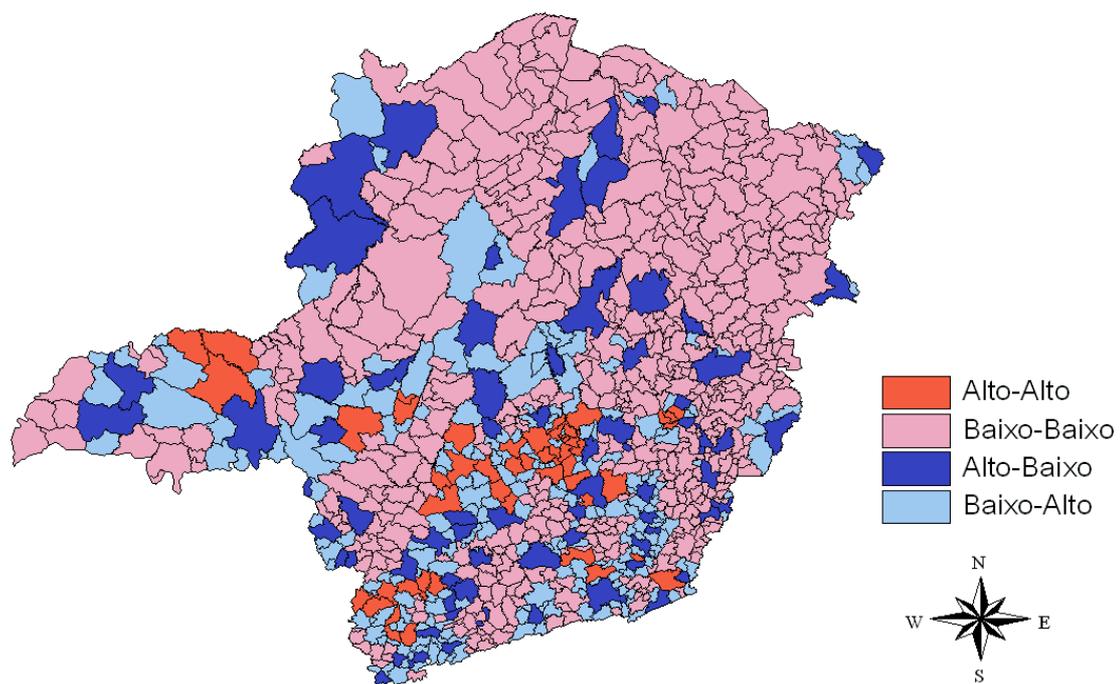
Tabela 1: Indicador Global de Autocorrelação Espacial para Patentes per Capita por Municípios de Minas Gerais

Matriz de Pesos	I de Moran	Média	Desvio-Padrão	Probabilidade*
Queen	0,0458	-0,0012	0,0206	0,0254
5 vizinhos mais próximos	0,0530	-0,0010	0,0203	0,0155
10 vizinhos mais próximos	0,0486	-0,0010	0,0144	0,0025
15 vizinhos mais próximos	0,0485	-0,0010	0,0117	0,0007
20 vizinhos mais próximos	0,0372	-0,0010	0,0101	0,0016

*Pseudo-significância empírica baseada em 10.000 permutações.

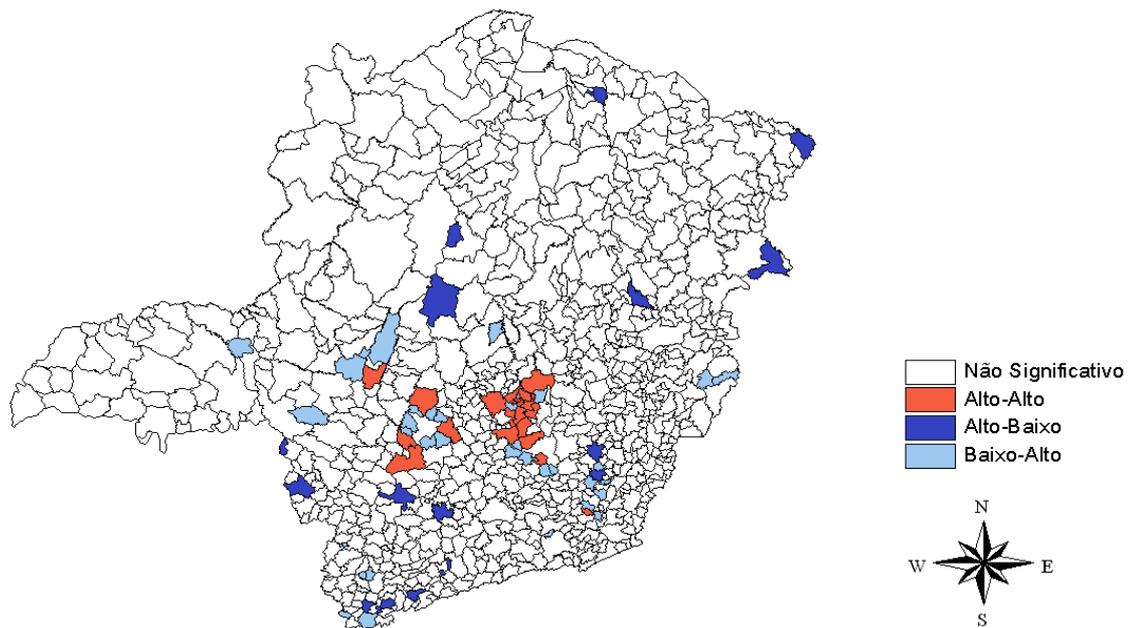
Fonte: elaboração própria com base no programa SpaceStat.

Figura 1: Mapa do Diagrama de Dispersão de Moran para Patentes Per Capita



Fonte: elaboração própria com base no programa ArcView-GIS.

Figura 2: Mapa de Significância de Moran para Minas Gerais – Patentes Per Capita



Fonte: elaboração própria com base no programa ArcView-GIS.

Além de mostrar o grau de desigualdade da atividade tecnológica do estado, o mapa de significância de Moran reforça a importância dos atributos urbanos (metropolitanos) para o desenvolvimento tecnológico, especialmente no caso de Minas Gerais que possui uma estrutura urbana não integrada e caracterizada pelo elevado número de pequenas cidades, que não possuem infra-estruturas urbana e tecnológica favoráveis ao desenvolvimento tecnológico mais equilibrado. A preponderância da região metropolitana de Belo Horizonte é coerente com o desequilíbrio da estrutura urbana dos estados brasileiros, mais polarizada que no caso norte-americano (Ruiz, 2004).

Como se pode notar, outras áreas do estado, classificadas como agrupamentos espaciais Alto-Baixo, estão dispersas geograficamente, refletindo a fragilidade do sistema estadual de inovação. Além disso, algumas delas apenas se destacam, como regiões do tipo Alto-Baixo, em função da ausência de atividade tecnológica dos seus vizinhos contíguos. A maior parte do estado possui atividade tecnológica não significativa estatisticamente ou não possui nenhum registro de patente (área branca do mapa).

A próxima seção tem o objetivo de tratar e preparar as variáveis independentes para a seção que tenta modelar os determinantes da atividade inovadora.

4.2. Análise Fatorial³

As Tabelas 2, 3 e 4 mostram os resultados da análise fatorial aplicada sobre as 11 variáveis descritas na seção 2.1, abrangendo 853 municípios mineiros. A medida de adequação geral da amostra (KMO) situa-se em torno de 0,70, indicando um bom grau de ajuste entre as variáveis e o método. O teste de Bartlett rejeita a hipótese nula de que a nossa matriz de correlação entre as variáveis seja uma matriz identidade (Tabela 2).

A partir do uso do método de rotação ortogonal varimax, foi possível extrair quatro fatores que possuem raízes características superiores à unidade. Eles explicam 81% da variabilidade total dos 14 indicadores selecionados (Tabela 3). Isso significa que a perda de informação é de apenas 19%, ao mesmo tempo em que a complexidade do banco de dados é reduzida substancialmente, pois, ao invés de 14 variáveis, poderemos trabalhar com quatro.

A Tabela 4 mostra as comunalidades, que descrevem a quantidade de variância levada em consideração por cada variável. Quando são altas, como na maioria mostrada, indicam que os componentes extraídos representam bem a variável. A pior representação ocorre para a variável “Força de Trabalho com Formação Tecnológica”. Em seguida, temos a variável “Grau de Industrialização” com comunalidade de 0,55. Neste caso, porém, mais da metade de sua variância é reproduzida pelos fatores comuns.

Tabela 2: Testes de Adequação da Amostra à Análise Fatorial

Medida de Adequação da Amostra de Kaiser-Meyer-Olkin	0,7000
Teste de Esfericidade de Bartlett	
Estatística χ^2	18.537,61
Graus de liberdade	91
Probabilidade	0,000

Fonte: elaboração própria com base no programa SPSS 11.5.

Tabela 3: Raízes Características e Percentual de Variância Explicada pelos Fatores

Fatores Extraídos	Raízes Características	Variância (%)	Variância Acumulada (%)
1	4,758	33,98	33,98
2	3,362	24,02	58,00
3	2,154	15,39	73,39
4	1,052	7,52	80,90

Fonte: elaboração própria com base no programa SPSS 11.5.

³ Os procedimentos metodológicos desta seção seguem Johnson e Wichern (2002).

Tabela 4: Comunalidades dos Indicadores Selecionados

Variáveis	Comunalidades
Amenidades Culturais	0,8098
Capacidade de Pesquisa Universitária	0,7299
Densidade de Emprego	0,9198
Escolaridade da População Adulta	0,7458
Especialização Industrial (Índice de Herfindahl)	0,6450
Exportações de Empresas Dinâmicas	0,9828
Força de Trabalho com Formação Tecnológica	0,3177
Grau de Concentração Econômica (CR4)	0,7390
Grau de Industrialização	0,5492
Importações de Empresas Dinâmicas	0,9660
População	0,9649
Renda	0,9794
Valor Adicionado por Empresas Dinâmicas	0,9808
Valor Bruto da Produção de Empresas Dinâmicas	0,9965

Fonte: elaboração própria com base no programa SPSS 11.5.

A Tabela 5 apresenta as cargas fatoriais. O valor de cada coeficiente da tabela resume a relação existente entre cada uma das variáveis e os respectivos fatores. É importante notar que a rotação dos fatores foi bem sucedida, pois cada variável apresenta forte relação com apenas um fator, o que facilita sua interpretação. Apenas foram apresentados os coeficientes com valor acima de 0,50, para facilitar a visualização e a interpretação dos resultados.

Tabela 5: Matriz de Componentes após Rotação Varimax

Variáveis	Fatores			
	1	2	3	4
Amenidades Culturais		0,8500		
Capacidade de Pesquisa Universitária				0,8320
Densidade de Emprego		0,9570		
Escolaridade da População Adulta			0,7520	
Especialização Industrial (Índice de Herfindahl)			-0,8020	
Exportações de Empresas Dinâmicas	0,9900			
Força de Trabalho com Formação Tecnológica				
Grau de Concentração Econômica (CR4)			-0,8390	
Grau de Industrialização			0,6770	
Importações de Empresas Dinâmicas	0,9800			
População		0,9650		
Renda		0,9870		
Valor Adicionado por Empresas Dinâmicas	0,9950			
Valor Bruto da Produção de Empresas Dinâmicas	0,9800			

Fonte: elaboração própria com base no programa SPSS 11.5.

O primeiro fator, que leva em consideração cerca de 34% da variância de todas as variáveis (Tabela 3), é mais altamente correlacionado com as variáveis vinculadas às “Empresas Dinâmicas” (Tabela 5). Dessa forma, poderemos dar ao primeiro fator este nome (Fator 1: “Empresas Dinâmicas”).

O segundo fator, que explica cerca de 24% da variabilidade total dos dados (Tabela 3), apresenta coeficientes de elevada magnitude e positivos. Pode-se denominar tal fator de “Escala Urbana” (Fator 2: “Escala Urbana”), porque todas as quatro variáveis, renda, população, densidade de emprego e amenidades culturais, são características de cidades de grande porte.

O terceiro fator, que representa 15% da variância total, opõe municípios com alto grau de concentração econômica e especialização industrial a outros que possuem alto grau de industrialização e percentual elevado de pessoas adultas com mais de 11 anos de estudo (Tabela 5). Em outras palavras, os municípios muito industrializados apresentam diversificação setorial e população qualificada. O *trade-off* apresentado acima e o sinal negativo das variáveis com maior relação com este fator (CR4 e Índice de Herfindahl) permitem que ele seja denominado por “diversidade industrial e ausência de concentração econômica” (Fator 3: “Diversidade Industrial”).

O quarto fator, que explica 7,5% da variância (Tabela 2), possui forte relação com uma única variável, que é a quantidade de doutores per capita, *proxy* da capacidade de realizar pesquisa universitária (Tabela 4). Assim, este será o nome deste fator (Fator 4: “P&D Universitário”).

Na análise fatorial a ordem de importância dos fatores, em termos de capacidade de explicação da variância total, fornece informações relevantes, porque o primeiro fator é o que melhor explica a variabilidade do conjunto total de indicadores. Portanto, a presença de “Empresas Dinâmicas” é o principal fator em termos de caracterização e diferenciação dos municípios mineiros. Ele explica a variância em quase 50% mais, que o segundo fator considerado mais importante (“Escala Urbana”). A contribuição mais modesta (7,5%) é a do fator “P&D Universitário”, o que é coerente com o número reduzido de municípios (apenas 9) que possuem doutores nas áreas relevantes selecionadas.⁴ Ou seja, a grande maioria dos municípios não se diferencia em termos desta variável.

Na próxima seção, os escores fatoriais obtidos nesta etapa serão usados nas regressões e as variáveis independentes serão classificadas de acordo com esta seção.

4.3. Econometria Espacial

A Tabela 6 mostra os resultados obtidos pelo método dos mínimos quadrados ordinários, como primeira tentativa de modelar a atividade tecnológica dos municípios de Minas Gerais. Esta Tabela é dividida em três partes. Na primeira, mostram-se os coeficientes estimados, seus desvios-padrões, estatísticas *t* e valor de probabilidade. Na segunda, apresentam-se os testes para normalidade dos erros e heterocedasticidade, além do indicador de multicolinearidade e do grau de ajuste do modelo. Na terceira, encontram-se os testes de diagnóstico para dependência espacial.

⁴ Belo Horizonte, Viçosa, Lavras, Uberlândia, Ouro Preto, Itajubá, Juiz de Fora, Uberaba e Diamantina.

Tabela 6: Regressão por MQO e Testes de Diagnóstico para Dependência Espacial

Variáveis Independentes	Coefficiente	Desvio-Padrão	t	Probabilidade
Constante	0,0818	0,0075	10,82	0,0000
Empresas Dinâmicas	0,0300	0,0075	4,01	0,0001
Escala Urbana	0,1416	0,0075	18,88	0,0000
Diversidade Industrial	0,0989	0,0075	13,10	0,0000
P&D Universitário	0,0498	0,0075	6,65	0,0000
R_POS	2,1861	0,0556	39,31	0,0000
R ² (ajustado)	0,7292			
Condição de Multicolinearidade	1,1986			
Jarque-Bera	77.367,39 ***			
Koenker-Basset	116,17 ***			
White	177,27 ***			
Moran	1,8809 ^{NS}			
LM (erro)	3,2147 ^{NS}			
LM robusto (erro)	1,6364 ^{NS}			
LM (lag)	1,6348 ^{NS}			
LM robusto (lag)	0,0565 ^{NS}			
LM (SARMA)	3,2713 ^{NS}			

Nota: NS= Não Significativo; *** Significativo a 1%.

Obs.: N= 853; Variável Dependente: Patentes per Capita.

Fonte: elaboração própria com base no programa SpaceStat 1.91.

O primeiro ponto a ser observado é que todos os coeficientes são altamente significativos e possuem coeficiente com valor positivo, como esperado. Em relação às variáveis independentes provenientes da análise fatorial, destaca-se a “escala urbana” por causa da magnitude de seu coeficiente. Esse resultado revela que, também no estado de Minas Gerais, as economias de urbanização exercem forte influência sobre a inovação, quando medida por patentes. Em seguida, temos a “diversidade industrial” como fator mais importante na determinação da atividade tecnológica. Dessa forma, “escala urbana” e “diversidade industrial” são os atributos ausentes na grande maioria dos municípios mineiros, pois apenas 2,7% (23) destes possuía população superior a 100 mil habitantes no ano de 2000. Estes pequenos municípios possuem estrutura econômica concentrada, em que os quatro maiores estabelecimentos dominam maior parcela do emprego (CR4), e têm estrutura industrial especializada.

A presença de “empresas dinâmicas” no tecido industrial do município e de universidades com professores qualificados em áreas relevantes para indústria também se apresentam como determinantes significativos da atividade tecnológica mineira, embora

sejam menos importantes que os dois fatores anteriormente citados. Isso reflete, em parte, a fragilidade do sistema de inovação nacional, traduzida por Albuquerque *et al.* (2002) como imaturidade e concentração.

A imaturidade ocorre por causa da estrutura industrial brasileira, marcada por setores de baixa e média intensidade tecnológica. Isso se reflete no baixo peso dos gastos de P&D em relação aos gastos totais com inovação no Brasil (16,8%) e em uma elevada participação dos gastos com máquinas e equipamentos – 52,1% (IBGE, 2002b).⁵ O peso deste tipo de atividade inovadora claramente confirma a condição de atraso tecnológico do país e reflete a característica de “absorção passiva” destacada por Viotti (2002). A concentração se deve ao peso do estado de São Paulo no que se refere à atividade produtiva e tecnológica. O estado concentrava, em 1998, cerca de 42% dos doutores em instituições de ensino e cerca de um terço dos alunos e instituições de ensino superior, assim como do número de alunos dos programas de pós-graduação vinculados a áreas de formação tecnológica (Diniz e Gonçalves, 2000). Segundo Albuquerque (2003), 48,7% das patentes depositadas no INPI, referentes ao período 1990-2000, era do estado de São Paulo.

Outra variável significativa, incluída entre os regressores, foi a dummy R_POS, que foi adicionada para controlar observações discrepantes da amostra, ao invés de se retirar tais municípios do exercício econométrico.⁶ A sua inclusão obedeceu ao seguinte critério: ordenamos os resíduos obtidos num primeiro modelo que utilizava apenas as quatro variáveis independentes e criamos a dummy para aqueles que apresentavam resíduo maior que três desvios-padrões.⁷ No caso destes municípios, as variáveis independentes consideradas pelo modelo não são capazes de explicar sua performance tecnológica. Se somados, eles registraram 127 dos 1.422 depósitos de patentes do período 1999-2001. Fatores exógenos ao modelo, como espírito criativo e empreendedor e especialização no setor mobiliário, como é o caso de Ubá, devem ser relevantes para explicar tal atividade tecnológica, uma vez que os fatores usados no modelo não são suficientes para explicá-los.

A segunda parte da Tabela 6 mostra que o grau de ajuste do modelo é relativamente alto (73%) e que os resíduos não são normais, uma vez que a estatística Jarque-Bera é significativa a 1%, sendo capaz de rejeitar a hipótese nula de normalidade. Por causa do uso da análise fatorial, a condição de multicolinearidade está muito abaixo do nível máximo de tolerância, sugerido em Anselin (1992), que é 30. Este indicador somente não possui valor unitário, que é o mínimo possível, por causa da inclusão da variável dummy. Os testes de Koenker-Basset e de White sugerem a ocorrência de heterocedasticidade. Diante disso, as inferências realizadas anteriormente devem ser revistas sob novas estimações que leve em consideração desvios-padrões corrigidos, para permitir uma inferência robusta (Anselin, 1992).

Antes de procedermos a esta etapa de re-estimação, é preciso analisar a terceira parte da Tabela 6. Nenhum dos testes de especificação de dependência espacial, relativos à defasagem espacial, é significativo. Isso equivale dizer que o patenteamento per capita dos

⁵ O restante dos gastos com inovação no Brasil é dividido da seguinte forma: 14,8% com projeto industrial e outras preparações técnicas, 6,4% com a introdução das inovações tecnológicas no mercado, 5,2% com a aquisição de outros conhecimentos externos, 2,8% com a aquisição externa de P&D e 1,9% com o treinamento.

⁶ Esta variável dummy para controlar *outliers* não influencia qualitativamente os resultados do modelo.

⁷ Dezesseis municípios foram considerados *outliers* por este critério: Salto da Divisa, São Geraldo, Ubá, Presidente Juscelino, Santa Luzia, Ouro Preto, Aimorés, Pirapora, Santo Antônio do Monte, Liberdade, Matutina, Paraisópolis, Borda da Mata, Extrema, Claraval e Araxá.

vizinhos não é determinante significativo da atividade tecnológica de um município. Em outras palavras, não existem transbordamentos de conhecimento entre os municípios mineiros, quando a atividade tecnológica é medida por patentes. Dessa forma, os municípios que desenvolveram tecnologia no período 1999-2001 apresentaram-se como enclaves tecnológicos, sem interação espacial com os municípios contíguos. Esse resultado se explica pela existência de barreiras espaciais à difusão dos conhecimentos tecnológicos entre os municípios, como baixos índices de industrialização, de escolaridade superior da população, de doutores, de empregados com formação tecnológica, de diversidade industrial e tecnológica e altos níveis de concentração empresarial.

As barreiras espaciais guardam íntima conexão com a rede urbana do estado. Ao contrário de São Paulo, o estado de Minas Gerais não possui uma densa e complexa rede urbana, capaz de atrair atividades de alta tecnologia ou de absorver quaisquer transbordamentos de conhecimento tecnológico originados em municípios vizinhos. Naquele estado, a rede de cidades de porte médio apresenta-se como alternativa de investimento para capitais que procuram outros sítios em função de possíveis deseconomias de aglomeração da área metropolitana de São Paulo. Isso já ocorreu na experiência de reversão da polarização brasileira nas décadas de 1970 e 1980, em que os investimentos ficaram retidos nas proximidades de São Paulo, dando origem a um processo de desconcentração com extensão limitada, conforme descrito em Diniz (1993; 1999).

Há razões para supormos que a heterocedasticidade constatada na Tabela 6 seja causada pela existência de dois regimes espaciais de atividade tecnológica no estado de Minas Gerais, associados ao tamanho das cidades. Em outras palavras, se dividirmos o estado de Minas Gerais em dois grupos de municípios, provavelmente encontraremos coeficientes diferentes para as variáveis testadas. Assim, testaremos a hipótese nula de que os coeficientes são os mesmos em ambos os regimes espaciais, definido por uma variável indicadora. Esta assume valor unitário caso o município tenha população superior a 100 mil habitantes, que no caso de Minas Gerais constitui um grupo de apenas 23 municípios, segundo a divisão territorial de 2000, e assume valor zero se o município apresenta população menor. A possível instabilidade estrutural dos parâmetros será avaliada pelo teste de Chow.⁸

A Tabela 7 contém os resultados da implementação do método de Mínimos Quadrados Generalizados Estimados (*Feasible Generalized Least Squares* - FGLS). Segundo Anselin (1992), o objetivo da estimação FGLS do modelo de erro heterocedástico é obter estimativas consistentes para os elementos da variância do erro. Neste caso, dividimos o estado de Minas Gerais em dois grupos de municípios de acordo com o tamanho de suas populações. Esta tabela é dividida em seis partes. Primeiro, vale notar que a estatística do teste de Chow é altamente significativa (5ª parte), rejeitando a hipótese nula de que os coeficientes são iguais para o conjunto de cidades mineiras. Confirma-se, desse modo, a existência dos dois regimes espaciais em Minas Gerais. Este procedimento também ajudou a controlar a heterocedasticidade, tendo em vista o resultado do teste de Wald.

⁸ Segundo Anselin (1992), há duas opções de estimções para nosso caso. Na primeira, estima-se um modelo por MQO que leve em consideração a possibilidade de mudança estrutural no espaço. Na segunda, estima-se um modelo de erro heterocedástico, em que a variável heterocedástica é construída a partir de uma variável indicadora categórica. Ambos os modelos são estimados e mostram resultados convergentes e coerentes, sendo suficientes para lidar com o problema de heterocedasticidade. Entretanto, apenas a segunda regressão é apresentada, embora o outro resultado também esteja à disposição sob requisição.

Tabela 7: Modelo de Erro Heterocedástico: Estimação por FGLS

Variáveis Independentes	Coefficiente	Desvio-Padrão	t	Probabilidade
Constante_0	0,0951	0,0086	11,11	0,0000
Empresas Dinâmicas_0	0,1436	0,0644	2,23	0,0258
Escala Urbana_0	0,2916	0,0464	6,29	0,0000
Diversidade Industrial_0	0,0951	0,0078	12,19	0,0000
P&D Universitário_0	0,0427	0,0075	5,69	0,0000
R_POS_0	2,2051	0,0565	39,06	0,0000
Constante_1	-0,0825	0,1601	-0,52	0,6061
Empresas Dinâmicas_1	0,0285	0,0094	3,02	0,0026
Escala Urbana_1	0,1422	0,0129	11,05	0,0000
Diversidade Industrial_1	0,3144	0,0927	3,39	0,0007
P&D Universitário_1	-0,1748	0,1013	-1,73	0,0844
R_POS_1	1,4063	0,2405	5,85	0,0000
<i>Estabilidade dos Coeficientes Individuais</i>				
Constante_0	1,2277	-	-	0,2679
Empresas Dinâmicas_0	3,1299	-	-	0,0769
Escala Urbana_0	9,6435	-	-	0,0019
Diversidade Industrial_0	5,5531	-	-	0,0184
P&D Universitário_0	4,5849	-	-	0,0323
R_POS_0	10,4596	-	-	0,0012
<i>Coefficientes Heterocedásticos</i>				
Grande_0	0,0452	0,0022	20,37	0,0000
Grande_1	0,0503	0,0148	3,39	0,0007
R ² (ajustado)	0,7431			
Wald	0,1132	NS		
Chow - Wald	38,4823	***		
LM (erro)	4,5428	**		
LM (lag)	2,5434	NS		

Nota: NS= Não Significativo; *** Significativo a 1%; ** Significativo a 3%.

Obs.: N= 853; Variável Dependente: Patentes per Capita.

FGLS= *Feasible Generalized Least Squares* (Mínimos Quadrados Generalizados Estimados).

Fonte: elaboração própria com base no programa SpaceStat 1.91.

As cidades consideradas pequenas (abaixo de 100 mil habitantes) possuem coeficientes com nomes seguidos de 0 como sufixo. As cidades médias e grandes possuem sufixo 1. No caso das primeiras, todos os fatores apresentam-se significativos a 1%, com

exceção de “empresas dinâmicas” (significativo a 3%). No caso das cidades maiores, todos os fatores são altamente significativos e apresentam sinal esperado, com exceção da constante e do fator “P&D Universitário”, que apresenta resultado contra-intuitivo, por causa do sinal negativo. Além disso, sua significância estatística não é muito robusta (8%), o que levanta suspeita a respeito de sua real influência sobre a atividade tecnológica. Na 4ª parte da Tabela 7, nota-se que os municípios pequenos possuem coeficiente para a variância do erro igual a 0,0452; enquanto que os médios e grandes possuem variância igual a 0,0503.

O resultado contra-intuitivo referente ao “P&D Universitário” pode estar associado a um traço do sistema nacional de inovação brasileiro, que é a falta de conexão entre a produção científica e a atividade tecnológica (Albuquerque *et al.*, 2002), especialmente no caso de Minas Gerais, em que já fora constatada a predominância de patentes em setores de baixa tecnologia ou na classe tecnológica conhecida como “escala-intensiva” (Silva *et al.*, 2000). Isso tornaria a presença da capacidade de realizar pesquisas universitárias menos importante para o atual estágio tecnológico do estado.

Em relação às cidades pequenas, a relação entre “P&D Universitário” e patentes per capita parece ser mais robusta. Neste caso, as universidades podem estar funcionando como âncoras do sistema local de pesquisa, exercendo diretamente um papel de liderança na atividade tecnológica ou indiretamente por meio de transbordamentos de conhecimento intramunicipais, especialmente em Viçosa, Lavras, Ouro Preto e Itajubá.

A 6ª parte da tabela mostra os testes de diagnóstico para dependência espacial. Os dois testes realizados pelo programa sugerem a incorporação de um termo de erro espacial no modelo, tendo em vista o resultado do teste do Multiplicador de Lagrange, que detectou a presença de dependência espacial do erro através da matriz espacial de pesos usada (*Queen*). Esse diagnóstico significa que aqueles fatores não modelados na regressão são espacialmente correlacionados.

Como esforço final de estimação, apresentamos a Tabela 8.

Nesta, usamos um modelo de erro espacial estimado pelo Método Generalizado dos Momentos (GM) em dois estágios, uma vez que todos os modelos tiveram indícios de não normalidade dos erros (Anselin, 1999).

Também consideramos os dois regimes espaciais de inovação de Minas Gerais. Em relação às tabelas anteriores, os resultados são qualitativamente os mesmos, embora as estimativas estejam corrigidas para a dependência espacial do erro. Note que o parâmetro λ é considerado um termo de distúrbio (*nuisance*) e não há inferência sobre ele, desde que não possui estimativa de desvio-padrão, estatística t e valor de probabilidade.⁹

⁹ Embora não sejam apresentados aqui, o modelo de erros espaciais também foram estimados através das outras duas opções do programa SpaceStat, que são Método Generalizados dos Momentos Iterado e *Groupwise Heteroskedasticity*. Os resultados são análogos e qualitativamente similares.

Tabela 8: Modelo de Erro Espacial pelo Método GM – 2 Estágios

Variáveis Independentes	Coefficiente	Desvio-Padrão	t	Probabilidade
Constante_0	0,0935	0,0097	9,68	0,0000
Empresas Dinâmicas_0	0,1388	0,0565	2,46	0,0141
Escala Urbana_0	0,2469	0,0459	5,38	0,0000
Diversidade Industrial_0	0,0969	0,0081	12,02	0,0000
P&D Universitário_0	0,0444	0,0075	5,92	0,0000
R_POS_0	2,2110	0,0561	39,42	0,0000
Constante_1	-0,1090	0,1669	-0,65	0,5140
Empresas Dinâmicas_1	0,0288	0,0089	3,24	0,0012
Escala Urbana_1	0,1419	0,0121	11,70	0,0000
Diversidade Industrial_1	0,3206	0,0898	3,57	0,0004
P&D Universitário_1	-0,1744	0,1013	-1,72	0,0849
R_POS_1	1,3928	0,2268	6,14	0,0000
LAMBDA	0,1224	0,0000	0	0,0000
<i>Estabilidade dos Coeficientes Individuais</i>				
Constante_0	1,4660	-	-	0,2260
Empresas Dinâmicas_0	3,6935	-	-	0,0546
Escala Urbana_0	4,8964	-	-	0,0269
Diversidade Industrial_0	6,1581	-	-	0,0131
P&D Universitário_0	4,6461	-	-	0,0311
R_POS_0	12,2603	-	-	0,0005
R ² (buse)	0,7429			
Chow - Wald	35,5471 ***			

Nota: NS= Não Significativo; *** Significativo a 1%.

Obs.: N= 853; Variável Dependente: Patentes per Capita.

GM= *Generalized Moments* (Método Generalizado dos Momentos).

Fonte: elaboração própria com base no programa SpaceStat 1.91.

5. Conclusões e Sugestões de Políticas Públicas

Este trabalho constatou que a atividade tecnológica de Minas Gerais é muito concentrada espacialmente, em especial, ao redor da área metropolitana de Belo Horizonte. Esta área forma um tipo de cluster (Alto-Alto) que é o mais relevante em termos de potencial econômico e tecnológico porque revela a existência de transbordamentos de conhecimento entre os municípios e, possivelmente, complementaridade produtiva, sendo que o dinamismo tecnológico de um está intimamente associado ao dos outros. Outros clusters do tipo Alto-Baixo também foram detectados de forma esparsa pelo estado, assemelhando-se a ilhas tecnológicas.

Para fins de modelagem econométrica, a análise exploratória de dados espaciais sugeriu o peso dos atributos urbanos para inovar, especialmente as economias de urbanização disponíveis na região metropolitana de Belo Horizonte. No caso de Minas

Gerais, a estrutura urbana é mais desequilibrada que a do Sul do país ou em relação à de São Paulo. Isso impõe sérias limitações a um processo de desenvolvimento tecnológico menos concentrado.

Os modelos econométricos confirmam a dependência que a inovação possui em relação aos atributos urbanos e industriais. A escala urbana afetou positivamente o patenteamento per capita, assim como o grau de diversidade industrial do município. A presença de empresas que diferenciam seus produtos e que possuem intensa inserção externa (“empresas dinâmicas”) é um elemento que potencializa a inovação, coerentemente com os argumentos da literatura internacional sobre o papel da exportação e importação. O único resultado que não ocorreu como esperado foi o relativo à capacidade de realizar pesquisas universitárias em áreas relevantes para indústria, no caso de municípios maiores que 100 mil habitantes. Neste grupo, pode ser que o tecido industrial existente nestas cidades não esteja aproveitando a infra-estrutura universitária disponível. Isso faz sentido se nos reportarmos à predominância, no estado, das classes tecnológicas conhecidas como “escala-intensiva”, coerentemente com sua especialização produtiva.

Os resultados econométricos também sugeriram que transbordamentos de conhecimento tecnológico não são determinantes da atividade tecnológica, quando consideramos todos os municípios de Minas Gerais. Essa conclusão pôde ser alcançada porque os testes de especificação econométrica não apontaram como necessária a inclusão da variável dependente defasada, a qual, quando incluída como regressora e significativa estatisticamente, é interpretada na literatura como evidência de transbordamento espacial. Entretanto, é possível que existam transbordamentos no interior do agrupamento espacial do tipo AA, referente à área metropolitana de Belo Horizonte, como sugerido pela análise exploratória de dados espaciais.

Este resultado também pode ser explicado pela estrutura urbana do estado. A predominância de pequenos municípios prejudica a inovação porque estes, em sua ampla maioria, são caracterizados por estreito mercado consumidor, falta de infra-estrutura urbana básica, baixa taxa de escolaridade superior da população adulta, baixo grau de industrialização associada à ausência de diversidade industrial, alta índice de concentração econômica empresarial, além de ausência de empresas dinâmicas ou de infra-estrutura científica. Em síntese, eles não possuem economias de urbanização na escala requerida para gerar inovações, seja porque os indivíduos empreendedores e criativos precisam de ambientes densos em que haja fertilização cruzada ou porque as empresas inovadoras também possuem requisitos locacionais que as conduzem para sítios mais favoráveis. Dessa forma, as pequenas cidades, especialmente as mineiras, dificilmente conseguirão se equiparar às metrópoles e às cidades de médio porte nacionais, que possuem excelente infra-estrutura urbana, em termos de atratividade para inovação. Estas sempre terão maior variedade de serviços e maiores economias de urbanização.

Alterar o quadro regional da atividade tecnológica de Minas Gerais é uma tarefa árdua, porque implica reorganizar a distribuição espacial dos requisitos locacionais da inovação. Isso, por sua vez, demandaria a criação de novas centralidades urbanas, o que seria custoso, ou mesmo, inviável.

Entretanto, as nossas conclusões têm algumas implicações em termos de políticas públicas. Primeiro, seria conveniente haver integração e complementaridade das políticas urbana e tecnológica, as quais poderiam atuar em duas frentes.

Na primeira, as políticas públicas deveriam ter como alvo o incentivo à inovação e à propriedade intelectual nos tecidos industriais já existentes em cada município. Isso poderia ocorrer através de isenções tributárias para investimentos em P&D e financiamento de capital de risco para empresas intensivas em tecnologia mais avançadas. Além disso, políticas de suporte a iniciativas locais, que induzam empreendedorismo e que dêem condições de nascimento e desenvolvimento a pequenas e médias empresas (como incubadoras e parques tecnológicos) também poderiam ser parte integrante das políticas públicas.

A segunda está relacionada com as recomendações de políticas urbanas, que tentam evitar o fluxo migratório para regiões metropolitanas através de investimentos em infraestrutura urbana, como transporte, energia, saneamento básico e habitação nas pequenas cidades. Ao melhorar as economias de urbanização das cidades pequenas e médias, novas atividades produtivas poderiam ser atraídas que, aliadas às políticas de incentivo à inovação, poderiam amenizar o quadro regional da atividade tecnológica no estado.

Em suma, qualquer tentativa de melhorar a distribuição espacial das atividades tecnológicas em Minas Gerais requer investimentos em economias de urbanização. Além disso, é preciso que os pequenos municípios formem uma rede urbana integrada e complementar à cidade que ocupa posição de destaque na hierarquia urbana de sua mesorregião ou região de planejamento. Apenas com o aumento do número de atividades econômicas nestes municípios pequenos é que as migrações em direção às grandes cidades podem se reduzir. Então, a partir do aumento da importância produtiva destes municípios, a sua atividade tecnológica poderá aumentar, o que também pode ser induzido e acelerado através de políticas públicas.

6. Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, E. M. Patentes e atividades inovativas: uma avaliação preliminar do caso brasileiro. In: VIOTTI, E. B., MACEDO, M. M. (Orgs.), **Indicadores de ciência e tecnologia e de inovação no Brasil**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2003.

ALBUQUERQUE, E. M. **Sistema estadual de inovação em Minas Gerais: um balanço introdutório e uma discussão do papel (real e potencial) da FAPEMIG para a sua construção**. Belo Horizonte: CEDEPLAR, set. 2001. (Relatório de Pesquisa).

ALBUQUERQUE, E. M., SIMÕES, R., BAESSA, A., CAMPOLINA, B., SILVA, L. A distribuição espacial da produção científica e tecnológica brasileira: uma descrição de estatísticas de produção local de patentes e artigos científicos. **Revista Brasileira de Inovação**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 225-251, 2002.

ANSELIN, L. **SpaceStat tutorial**: a workbook for using SpaceStat in the analysis of spatial data. Urbana-Champaign: University of Illinois, 1992.

ANSELIN, L. **Spatial econometrics**. School of Social Science, University of Texas, Dallas, 1999.

ARROW, K. J. The economic implications of learning by doing. **Review of Economic Studies**, 29, jun., p. 155-73, 1962.

- AUDRETSCH, D. B., FELDMAN, M. P. R&D spillovers and the geography of innovation and production. **American Economic Review**, v. 86, n. 3, p. 630-640, 1996.
- BENKO, Georges. **Economia, espaço e globalização**: na aurora do século XXI. São Paulo: Hucitec, 2 ed., 1999.
- CARLINO, G. CHATTERJEE, S., HUNT, R. **Knowledge spillovers and the new economy of cities**. Philadelphia: Federal Reserve Bank of Philadelphia, set., 2001. (Working Paper ; 01-14).
- DINIZ, C. C. A nova configuração urbano-industrial no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 27, Belém. **Anais...** Belém: ANPEC, 1999.
- DINIZ, C. C. Desenvolvimento poligonal no Brasil: nem desconcentração nem contínua polarização, **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, 1993.
- DINIZ, C. C., GONÇALVES, E. Possibilidades e tendências locacionais da indústria do conhecimento no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 28, Campinas. **Anais...** Campinas: ANPEC, dez., 2000.
- FELDMAN, M. P., AUDRETSCH, D. B. Innovation in cities: science-based diversity, specialization and localized competition. **European Economic Review**, v. 43, p. 409-429, 1999.
- GLAESER, E. L., KALLAL, H. D., SCHEINKMAN, J. A., SHLEIFER, A. Growth in cities. **Journal of Political Economy**, v. 100, n. 6, 1992.
- IBGE. **Base de informações municipais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002a, 3 ed. [CD-ROM]
- IBGE. **Pesquisa industrial – inovação tecnológica 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002b.
- IPEA. **Dados sobre educação - 2000**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?152307203>>. Acesso em: 10 dez. 2004b.
- IPEA. **Dados sobre renda**. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?152307203>> Acesso em: 10 dez. 2004a.
- JACOBS, J. **The economy of cities**. Nova York: Random House, 1969.
- JAFFE, A. B. Real effects of academic research. **American Economic Review**, v. 79, n. 5, p. 957-970, dez. 1989.
- JAFFE, A., TRAJTENBERG, M., HENDERSON, R. Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. **Quarterly Journal of Economics**, v. 108, n. 3, ago. 1993.
- JOHNSON, R. A., WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. Englewood Cliffs : Prentice-Hall, 3. ed, 1992.
- LEMOS, M. B., DINIZ, C. C. Sistemas locais de inovação: o caso de Minas Gerais. In: CASSIOLATO, J. E., LASTRES, H. M. M., **Globalização e inovação localizada: experiências de sistemas locais no Mercosul**. Brasília: IBICT/MCT, 1999.
- LEMOS, M. B., S. MORO, E. P. DOMINGUES e R. M. RUIZ. A Organização Territorial da Indústria no Brasil. In: NEGRI, J. A. e SALERMO, M. (Ed.). **Inovação, Padrões Tecnológicos e Desempenho das Firms Industriais Brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.

- MALECKI, E. J. **Technology and economic development: the dynamics of local, regional, and national change.** New York : Longman, 2 ed. 1997.
- MARKUSEN, A., HALL, P., GLASMEIER, A. **High tech America: the what, how, where and why of the sunrise industries.** Allen & Unwin: Boston, 1986.
- MARSHALL, A. **Princípios de economia.** São Paulo: Abril Cultural, 1982.
- MORENO, R., PACI, R., USAI, S. **Spatial spillovers and innovation activity in European regions.** Centro Riserche Economiche Nord Sud, set., 2004. (Working paper ; 03-10).
- NEGRI, J.A., SALERNO, M. S., CASTRO, A.B. **Estratégias competitivas e padrões tecnológicos das firmas na indústria brasileira.** Brasília: IPEA, 2004. (mimeo).
- PAMUKCU, T. Trade liberalization and innovation decisions of firms: lessons from post-1980 Turkey. **World Development**, n. 8, p. 1443-1458, 2003.
- PEREIRA, J. C. R. **Análise de dados qualitativos: estratégias metodológicas para as ciências da saúde, humanas e sociais.** São Paulo: EDUSP, 156p. 1999.
- ROMER, P. M. Increasing returns and long-run growth. **Journal of Political Economy**, v. 94, out., p. 1002-37, 1986.
- RUIZ, R. As estruturas urbanas do brasil: uma análise a partir do tamanho das cidades. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 32, Salvador. **Anais...** João Pessoa: ANPEC, 2004.
- SILVA, A. B. A evolução recente da economia mineira: uma análise municipal. **Conjuntura Econômica**, Rio de Janeiro, fev., 1997.
- SILVA, L. A., RAPINI, M., FERNANDES, R., VERONA, A. P. Estatísticas de patentes e atividades tecnológicas em Minas Gerais. In: SEMINÁRIO SOBRE ECONOMIA MINERIA, 9, Diamantina. **Anais...** Diamantina: CEDEPLAR, 2000.
- SIMMIE, J. Innovation and agglomeration theory. In: SIMMIE, J. (Ed.), **Innovative cities.** New York: Spon Press, 2001, p. 11-52.
- STERNBERG, R., ARNDT, O. The firm or the region: what determines the innovation behavior of european firms? **Economic Geography**, v. 77, n. 4, out. 2001
- VARGA, A. **University research and regional innovation: a spatial econometric analysis of academic technology transfers.** Boston/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- VIOTTI, E.B. National learning systems: a new approach on technological change in late industrializing economies and evidences from the cases of Brazil and South Korea. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 69, p. 653-680, 2002.
- WOOD, P. Conclusions: innovative cities in Europe. In: SIMMIE, J. (Ed.), **Innovative cities.** New York: Spon Press, 2001, p. 231-247.