

Edson Paulo Domingues

Geoprocessamento na organização e
análise de dados sócio-econômicos
municipais para Minas Gerais

VII Curso de Especialização em Geoprocessamento
2004



UFMG
Instituto de Geociências
Departamento de Cartografia
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha
Belo Horizonte
cartog@igc.ufmg.br

EDSON PAULO DOMINGUES

**GEOPROCESSAMENTO NA ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DE
DADOS SÓCIO-ECONÔMICOS MUNICIPAIS PARA MINAS GERAIS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de especialista em Geoprocessamento, Curso de Especialização em Geoprocessamento, Departamento de Cartografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.
Orientador: Prof. Britaldo Silveira Soares Filho

BELO HORIZONTE

2004

Domingues, Edson Paulo

Geoprocessamento na organização e análise de dados
sócio-econômicos municipais para Minas Gerais / Edson Paulo
Domingues. - Belo Horizonte, 2004 .
ix. 27f.: il.

Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais,
Instituto de Geociências. Departamento de Cartografia, 2004.
Orientador: Prof. Britaldo Silveira Soares Filho

1. Geoprocessamento 2. Economia Regional
3. Econometria Espacial I. Título.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVOS	6
3. DADOS E METODOLOGIA.....	7
3.1. Malha Municipal do Brasil	7
3.2. SIMBrasil	8
3.3. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.....	9
3.4. Ministério dos Transportes	9
3.5. Informações Industriais - IPEA.....	10
3.6. Descrição das variáveis	11
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	14
4.1. Utilização do banco de dados	14
4.2. Mapas	16
4.3. Modelos econométricos espaciais	20
5. CONCLUSÕES	26
6. BIBLIOGRAFIA	27

1. INTRODUÇÃO

A utilização de dados referenciados no espaço tem-se ampliado consideravelmente nas ciências sociais aplicadas, e na economia em particular. O estudo de fenômenos econômicos em espaços localizados do território é uma das mais tradicionais áreas de estudo da economia, e a utilização de ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) representa um importante insumo ao pesquisador da área.

Em particular, um mapa deixou de ser apenas a visualização de variáveis econômicas numa determinada região, e passa a representar também um conjunto de informações úteis para a análise econômica, como vizinhança, distância e contigüidade. A potencialidade da integração entre economia regional e SIG já foi notado por pesquisadores há alguns anos (Anselin e Gettis, 1992; Isard *et al.*, 1998) e representa uma ferramenta cada vez mais presente nos trabalhos e projetos de pesquisa.

Esta monografia pretende apresentar um exercício de integração entre economia regional e SIG, descrevendo a metodologia e os resultados obtidos na aplicação prática dessas ferramentas no estudo da distribuição da atividade industrial no Estado de Minas Gerais. O trabalho está dividido em 5 capítulos, além desta introdução. O capítulo 2 apresenta os objetivos. No capítulo 3 são descritos os dados e metodologia empregada na construção do banco de dados. O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos, por meio de mapas e modelos econométricos. Por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi organizar e consolidar um banco de dados sócio-econômicos municipais para o Brasil, e apresentar a integração de ferramentas de geoprocessamento (*ArcView*) com um programa de econometria espacial (*SpaceStat*).

Para exemplificar a utilização desse banco de dados foram criados mapas temáticos da atividade industrial municipal em Minas Gerais. Em seguida, um modelo econométrico espacial para a indústria em Minas Gerais foi estimado, ilustrando a interconexão do *ArcView* com o *SpaceStat*.

3. DADOS E METODOLOGIA

Dados sócio-econômicos municipais para o Brasil encontram-se distribuídos em diversas fontes (meio digital, Internet e aplicativos específicos) e formatos (planilhas Excel, banco de dados SAS, arquivos DBF e SHP). A primeira etapa do trabalho foi coletar informações e organizá-las. Em seguida, o banco de dados criado foi transformado em um formato que pudesse ser lido por um aplicativo de SIG. Esse formato foi dBASE (DBF), que pode ser facilmente transportado para o *ArcView GIS 3.2*. A escolha desse programa de SIG deveu-se à sua disponibilidade no Cedeplar-UFMG e também à sua integração com outros programas de análise estatística e econométrica (*GeoDa* e *SpaceStat*¹).

A seguir são detalhadas as informações e a metodologia utilizada neste trabalho para a construção do banco de dados, de acordo com a fonte de informação acessada.

3.1. Malha Municipal do Brasil

O Cedeplar-UFMG possui o arquivo digital da malha municipal brasileira de 2000, produzida pelo IBGE, contendo 5507 municípios. Este arquivo está no formato *shapefile* (.shp) e pode ser utilizado no *ArcView GIS 3.2*. Cada município é representado por um polígono, e o arquivo traz algumas informações básicas, como o código do município (6 dígitos), nome do município, nome e código numérico do Estado, nome e código numérico da Microrregião, nome e código numérico da Mesorregião e nome e código numérico da Região a que pertence. O código do município foi o campo a partir do qual os dados municipais de outras fontes foram anexados.

¹ Sobre estes programas ver <http://www.terraser.com/products/spacestat.html> para o SpaceStat, e http://sal.agecon.uiuc.edu/geoda_main.php para o GeoDa.

3.2. SIMBrasil

O SIMBrasil2.0 (*Sistema de Informações Sócio-Econômicas dos Municípios Brasileiros*) é um aplicativo na forma de CD-ROM produzido pelo Caixa Econômica Federal em cooperação com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA e a Fundação de Desenvolvimento da UFPE – FADE (IPEA, 2004). Esse banco de dados contém informações municipais de diversos tipos, como: finanças públicas, saúde, saneamento, infra-estrutura, educação, rendimento, população e educação. Contém também algumas características físicas municipais, tais como: coordenadas geográficas da sede do município, altitude, área, ano de fundação, distância rodoviária para a capital do estado, e presença de portos e aeroportos.

O programa opera por meio de um aplicativo padrão *Windows*, com guias e botões de acesso. Uma série de comandos permite acessar as informações disponíveis. As informações municipais só podem ser acessadas a partir de uma guia do respectivo Estado. O aplicativo não possui nenhuma ferramenta de exportação de dados para planilhas eletrônicas ou outros formatos.

Para que as informações pudessem ser acessadas de uma forma útil para o geoprocessamento, verificou-se que o aplicativo do SIMBrasil utilizava um grande arquivo *Access* (542MB) para consulta de dados. Após alguma experimentação com o *Access* foi possível descobrir que as tabelas do banco de dados podiam ser exportadas para planilhas do *Excel*. As planilhas geradas dessa forma apresentavam uma estrutura padrão, com a primeira coluna contendo o código do município, colunas à direita contendo variáveis e a primeira linha com o nome da variável. Infelizmente o nome da planilha no *Access* não trazia indicações das variáveis contidas.

O passo seguinte foi exportar todo o conjunto de tabelas e abrir cada uma delas para selecionar as de interesse. Foram extraídas 52 tabelas em *Excel*, que foram então renomeadas de forma a indicar seu conteúdo (população, educação, rendimento, saúde, finanças municipais, etc.). Em seguida, algumas dessas tabelas foram transformadas, a partir do *Excel*, no formato DBF. No *ArcView*, o comando *Join* possibilitou anexar estes arquivos DBF à malha municipal, utilizando o código do município (comum aos dois arquivos) como campo de controle.

3.3. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil

Os indicadores apresentados no *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil* (PNUD, 2004) têm como fonte os Censos Demográficos de 1991 e 2000, do IBGE.² O *Atlas* é um aplicativo de consulta e elaboração de mapas no ambiente *Windows*, e também permite a geração de tabelas em *Excel* com indicadores selecionados. Esta funcionalidade foi utilizada para exportar os dados para o *ArcView*. Primeiramente criavam-se tabelas em *Excel* com as variáveis desejadas. Em seguida essas tabelas eram salvas, a partir do *Excel*, no formato DBF. No *ArcView*, o comando *Join* possibilitou anexar estes arquivos DBF à malha municipal, utilizando o código do município (comum aos dois arquivos) como campo de controle.

3.4. Ministério dos Transportes

O Cedeplar-UFMG possui arquivos digitais sobre a rede de rodovias, ferrovias e hidrovias no território brasileiro, produzidos pelo Ministério dos Transportes. Os arquivos estão no formato *shapefile* (.shp) e podem ser utilizado no *ArcView GIS 3.2*. Neste trabalho foi aproveitado apenas o arquivo de rodovias. No total estão identificados 13.142 trechos rodoviários.

O arquivo de rodovias identifica trechos de rodovias de acordo com 8 atributos:

- 1) ID (identificação por código de 6 dígitos)
- 2) sigla (nome da rodovia pela sigla)
- 3) extensão (tamanho do trecho em quilômetros)
- 4) município (nome)
- 5) sigla_uf (estado)
- 6) classif_mt (leito natural, em implantação, implantada, pavimentada, planejada)
- 7) principal (*sim* se for estrada principal, e *nao* caso contrário)
- 8) nome_rodov (nome da rodovia em alguns casos)

² Uma descrição mais detalhada do método para obtenção dos indicadores demográficos e dos indicadores dos demais temas abordados no *Atlas* pode ser obtida nos seguintes sites: www.pnud.org.br, www.fjp.gov.br, e www.ipea.gov.br.

3.5. Informações Industriais - IPEA

A participação do Cedeplar-UFMG no projeto *Inovação, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras* (IPEA, 2004) permitiu anexar ao banco de dados algumas informações sobre a indústria brasileira no nível municipal, uma informação inédita para esse nível do território. A fonte dos dados são a PIA (Pesquisa Industrial Anual) do ano de 2000 (IBGE, 2003), e SECEX (Secretaria de Comércio Exterior) para as informações de comércio externo. O banco de dados é acessado pelo programa SAS, e possui informações de 35.600 unidades locais industriais. Estes dados foram agregados municipalmente no SAS por estatísticos do IPEA. Como resultado obtiveram-se informações industriais para 2273 dos 5507 municípios.

O arquivo gerado pelo SAS no formato DBF continha como campo de conexão o código do município. No ArcView, o comando *Join* possibilitou anexar estes arquivos DBF à malha municipal, utilizando o código do município (comum aos dois arquivos) como campo de controle.

O IPEADATA (www.ipeadata.gov.br) possui variáveis de custos de transporte relevantes para o estudo de localização industrial, que foram incorporadas ao banco de dados. Estas informações podem ser obtidas diretamente do *site*, geradas em arquivos do *Excel*. Seguiu-se o procedimento padrão de transformá-las em DBF e anexar ao ArcView.

3.6. Descrição das variáveis

O banco de dados construído possui mais de 100 indicadores sócio-econômicos municipais, para cada um dos 5507 municípios brasileiros. A Tabela 2 apresenta as variáveis industriais anexadas ao banco de dados, discutidas no item anterior.³

Uma seleção de variáveis desse banco de dados, que serão utilizadas no modelo econométrico, é apresentada na Tabela 2. Estas variáveis captam diferentes aspectos da estrutura econômica espacial da economia brasileira, tais como: infra-estrutura municipal (rede de esgoto e coleta de lixo), nível de renda e desigualdade (renda do trabalho, concentração da renda), características do mercado de trabalho (escolaridade superior), tamanho (população), localização (distância para a capital, latitude e longitude da sede do município, pertencer ou não a uma área metropolitana) e custos de transporte⁴.

³ A partir das informações relacionadas acima, um conjunto de quocientes locacionais municipais foi construído, de acordo com:

$$QL_{ij} = \frac{s_{ij}}{s_i} = \frac{\frac{VTI_{ij}}{\sum_i VTI_{ij}}}{\frac{\sum_j VTI_{ij}}{\sum_i \sum_j VTI_{ij}}}$$

($i = A, B, C$, nacional ou estrangeira)

s_{ij} é a participação das unidades locais industriais tipo i no município j .

s_i é a participação das unidades locais industriais do tipo i na economia nacional.

A variável VTI_{ij} representa o Valor da Transformação Industrial das unidades locais do tipo i na região j . Esses quocientes capturam a intensidade da concentração do tipo de firma no município em relação à concentração na economia brasileira.

⁴ A variável CTSP é o resultado da aplicação de um procedimento de programação linear para o cálculo do custo de transporte mínimo da Sede Municipal até São Paulo (capital), e capta o custo do transporte rodoviário como uma função da distância e do custo operacional do tipo de pavimentação das rodovias federais e estaduais. A variável CTCAP mede este custo de transporte em relação à capital estadual mais próxima do município. A metodologia e descrição destes indicadores são apresentadas em Castro *et al.* (1999).

Tabela 2. Variáveis Municipais Industriais
(ano base 2000)

Variável	Descrição e fonte
X56	Aquisição de máquinas e equipamentos industriais. (R\$) Fonte: PIA (questionário de empresa)
X07	Valor da Transformação Industrial. (R\$) Fonte: PIA (questionário de unidade local)
X05	Valor Bruto da Produção Industrial. (R\$) Fonte: PIA (questionário de unidade local)
X01	Pessoal Ocupado (pessoas) Fonte: PIA (questionário de unidade local)
IMP	Importações (R\$) Fonte: SECEX
EXP	Exportações (R\$) Fonte: SECEX
QLA	Quociente Locacional das firmas tipo A Fonte: IPEA (2004)
QLB	Quociente Locacional das firmas tipo B Fonte: IPEA (2004)
QLC	Quociente Locacional das firmas tipo C Fonte: IPEA (2004)
QLMUL	Quociente Locacional das firmas nacionais Fonte: IPEA (2004)
QLNAC	Quociente Locacional das firmas estrangeiras Fonte: IPEA (2004)

Tabela 2. Variáveis Municipais

Variável / Descrição	Fonte
ESGT % de domicílios com rede de esgoto (2000)	SIMBRASI
COLE % de domicílios com coleta de lixo (2000)	SIMBRASIL
GINI Índice de Gini (2000)	Atlas do Desenvolvimento Humano
M1SM Percentual da população com renda inferior a 1 salário mínimo (2000)	
E25 Percentual de pessoas de 25 anos ou mais de idade com doze anos ou mais de estudo (2000)	
SUP25 Percentual de pessoas de 25 anos ou mais freqüentando curso superior (2000)	
SUP18A Percentual de pessoas que freqüentam curso superior em relação à população de 18 a 22 anos (2000)	
RENDA Renda total dos indivíduos (2000)	
POP População (2000)	
CTSP Índice do custo de transportes da sede municipal até a cidade de São Paulo (1996)	IPEADATA
CTCAP Índice do custo de transportes da Sede Municipal até a capital mais próxima (1996)	IPEADATA
X_SEDE Coordenada da sede do município (longitude)	SIMBRASIL
Y_SEDE Coordenada da sede do município (latitude)	SIMBRASIL
DCAP Distância para a capital do Estado (Km)	SIMBRASIL
BH <i>Dummy</i> (1 para município que pertence à região metropolitana de Belo Horizonte ⁵)	IBGE
MICRO Nome da microrregião a que pertence o município	IBGE
MESO Nome da mesorregião a que pertence o município	IBGE
MACRO Nome do macropolo a que pertence o município	Cedeplar-UFGM
UF Código do Estado a que pertence o município	IBGE
Name_2 Nome do Estado a que pertence o município	IBGE
Name_1 Nome do município	IBGE
ID_1 Código numérico do município (6 dígitos)	IBGE

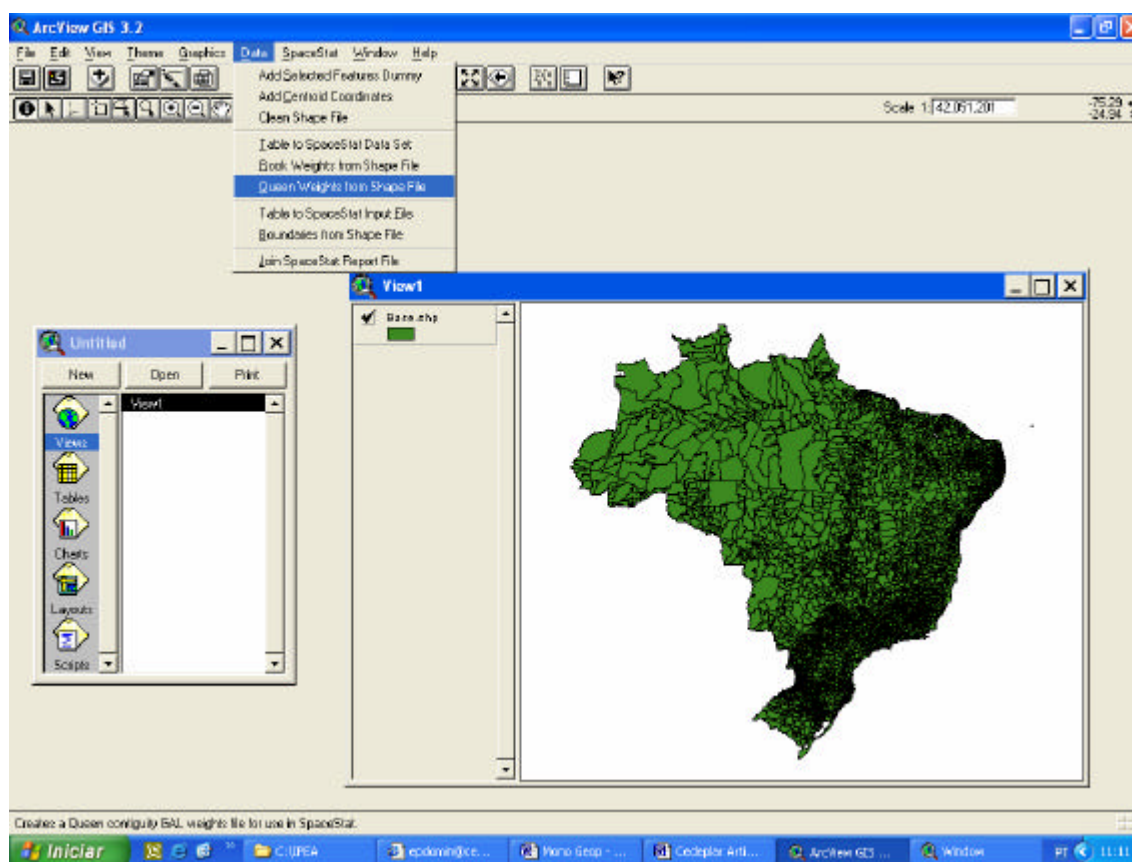
⁵ Conjunto de 48 municípios no entorno de Belo Horizonte que inclui: Sete Lagoas, Sabará, Contagem, Matozinhos, Itabirito, Ribeirão das Neves, Pedro Leopoldo, Nova Lima, Vespasiano, Lagoa Santa e Betim.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. Utilização do banco de dados

O banco de dados georreferenciado está capacitado para agregações ou seleções territoriais diversas, como microrregiões, macropolos, mesoregiões e Estados. O georreferenciamento também possibilita a construção de matrizes de distância e de vizinhança, utilizadas nos modelos de econometria espacial. Essas matrizes podem ser criadas por meio da extensão do *SpaceStat* incluída do *ArcView* ⁶, como mostra a Figura 1. Essa ferramenta permite criar matrizes de vizinhança binárias a partir do *shape file* (opção *Queen Weights from Shape File*), que é exportada para um formato utilizado pelo *SpaceStat* (GAL). O *ArcView* também permite que o banco de dados seja exportado diretamente para o *SpaceStat* pela opção *Data-Table to SpaceStat Data Set*.

Figura 1. *ArcView* e extensão para o *SpaceStat*

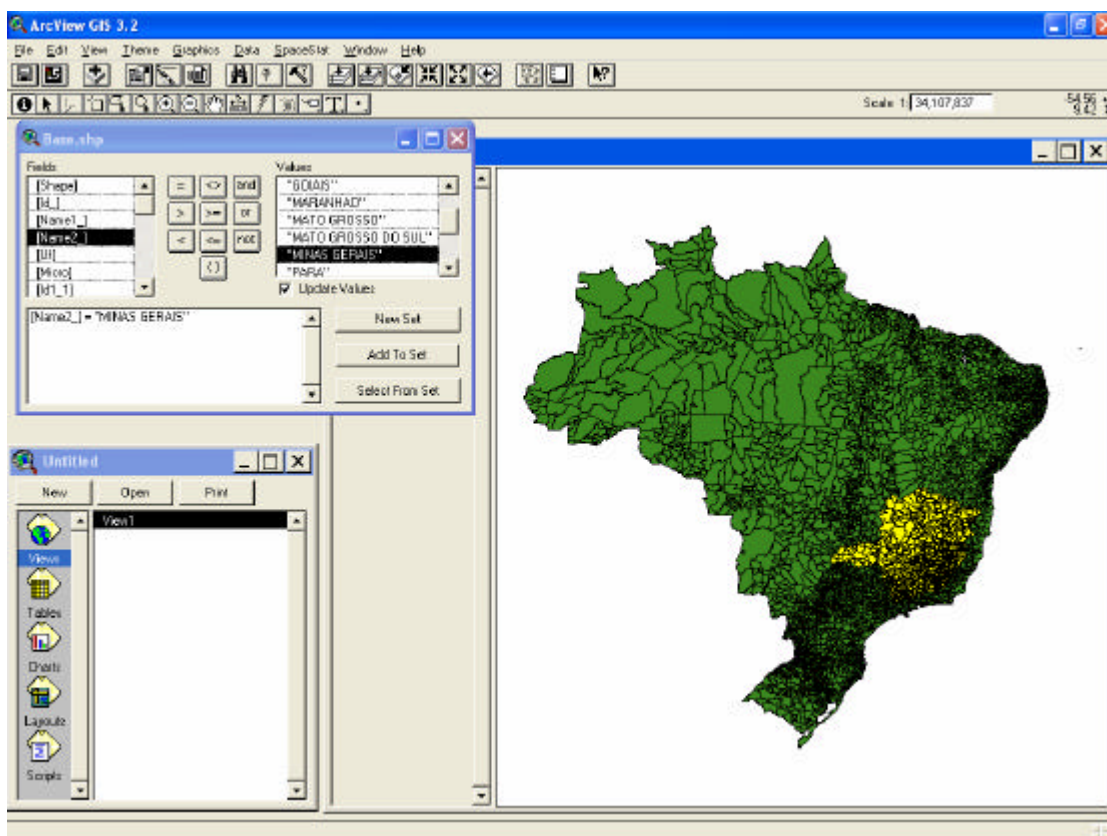


⁶ A integração entre *ArcView* e *SpaceStat* é descrita em Anselin (1999).

No *SpaceStat* também podem ser criadas matrizes de pesos, a partir das distâncias entre os municípios, utilizando as informações de coordenadas geográficas da sede municipal do banco de dados. Para a malha municipal completa, uma matriz de distância possui 30.327.049 células (5507x5507). O arquivo gerado pelo *SpaceStat* dessa matriz tinha mais de 1GB, o que impossibilita seu uso em modelos econométricos pelo programa devido à limitação da memória RAM do computador (512MB).

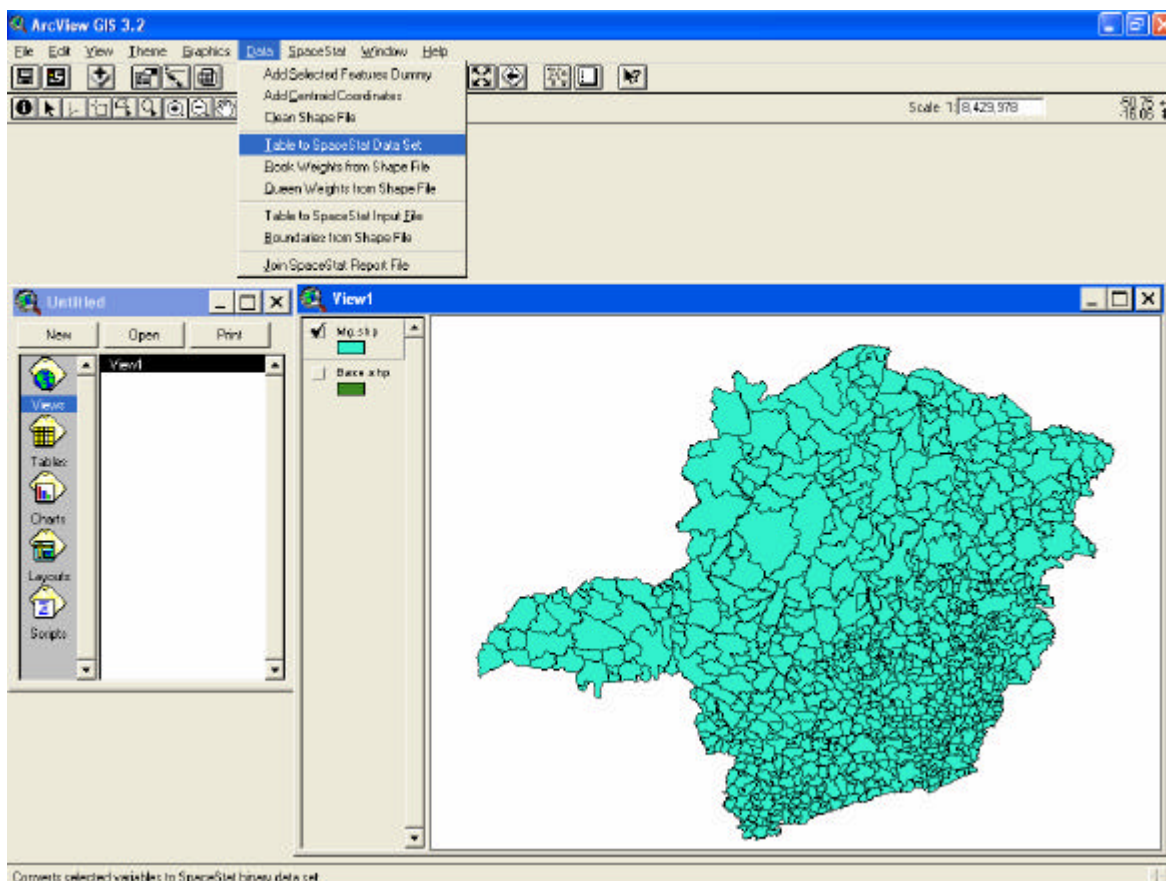
Para ilustrar essa funcionalidade do *SpaceStat* e a utilização do banco de dados em modelos econométricos, foi criada uma subdivisão do banco de dados para o estado de Minas Gerais. No *ArcView*, a ferramenta de busca foi usada para selecionar os municípios do estado, pelo campo *Name2_* (Figura 2). A opção *Theme-Convert to Shape File* foi aplicada para criar o banco de dados específico para Minas Gerais, e em seguida exportado para o *SpaceStat*, como descrito anteriormente. No *SpaceStat* as coordenadas da sede municipal dos municípios do estado foram utilizadas para construir uma matriz de distância.

Figura 2. *ArcView* e seleção de municípios do Estado de Minas Gerais



A Figura 3 apresenta o banco de dados de Minas gerais obtido (*Mg.shp*) e a ferramenta de exportação desse banco de dados para o *SpaceStat*.

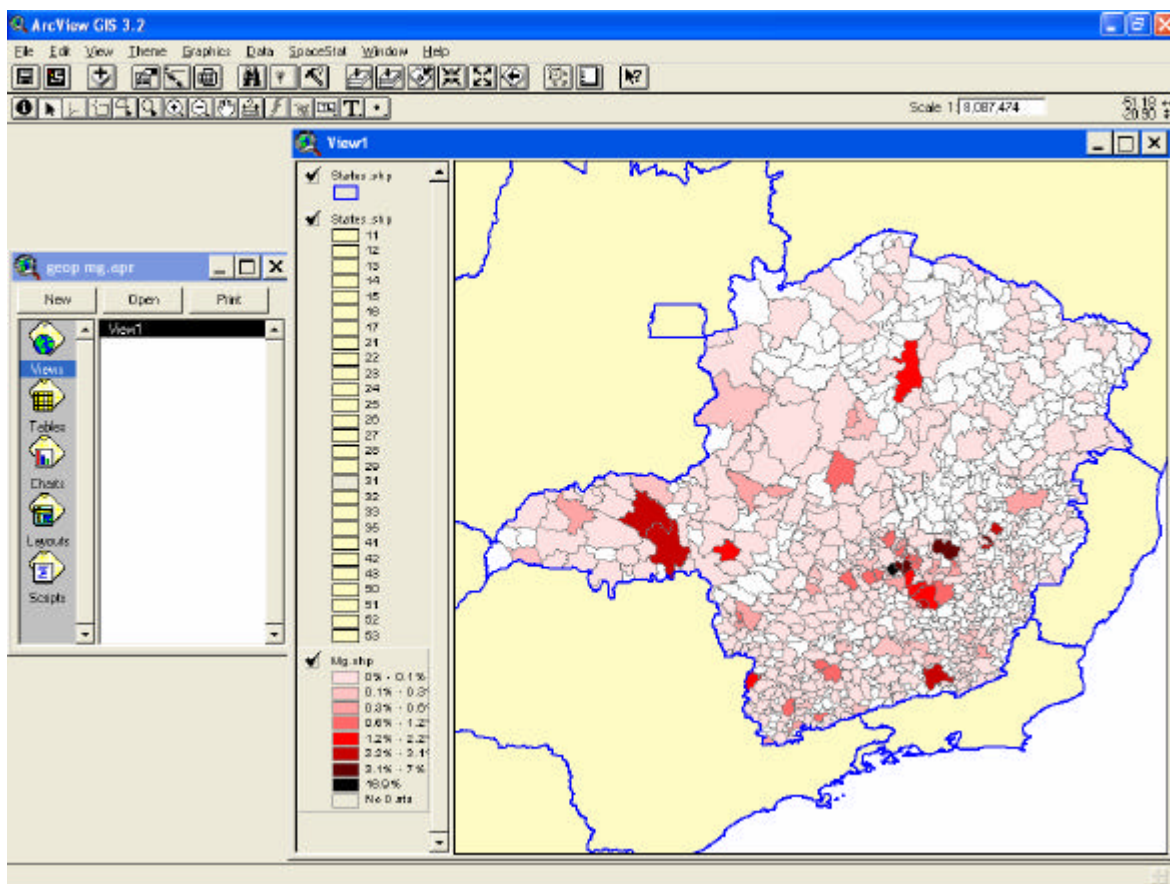
Figura 3. Banco de dados para Minas Gerais



4.2. Mapas

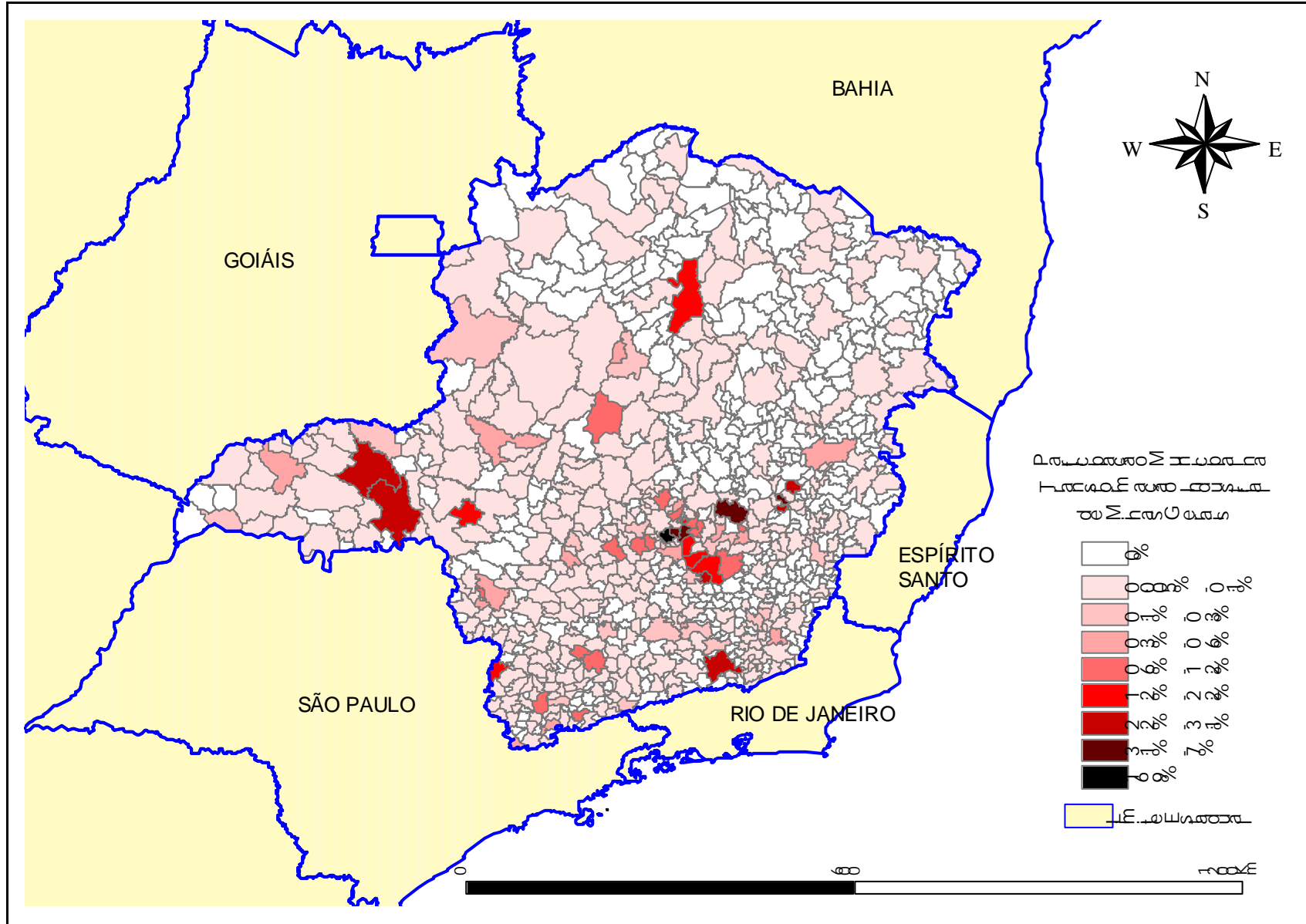
O *ArcView* possibilita a criação de mapas temáticos das variáveis do banco de dados. Como exemplo, selecionou-se o banco de dados de Minas Gerais e a variável do valor da transformação industrial, de forma a se observar a distribuição da indústria no Estado. É interessante manter o contorno do estado e dos estados vizinhos, de forma a ressaltar sua localização no Brasil. Para isso, foi adicionado um arquivo do mapa estadual brasileiro (*States.shp*) à janela do *ArcView* em duas camadas. A primeira possui apenas os limites estaduais em azul e nenhum preenchimento. A segunda apresenta um preenchimento em amarelo para todos os estados com exceção de Minas Gerais. A última camada é a base *Mg.shp* com a variável *x07* como proporção do total.

Figura 4. Criação do mapa para Minas Gerais

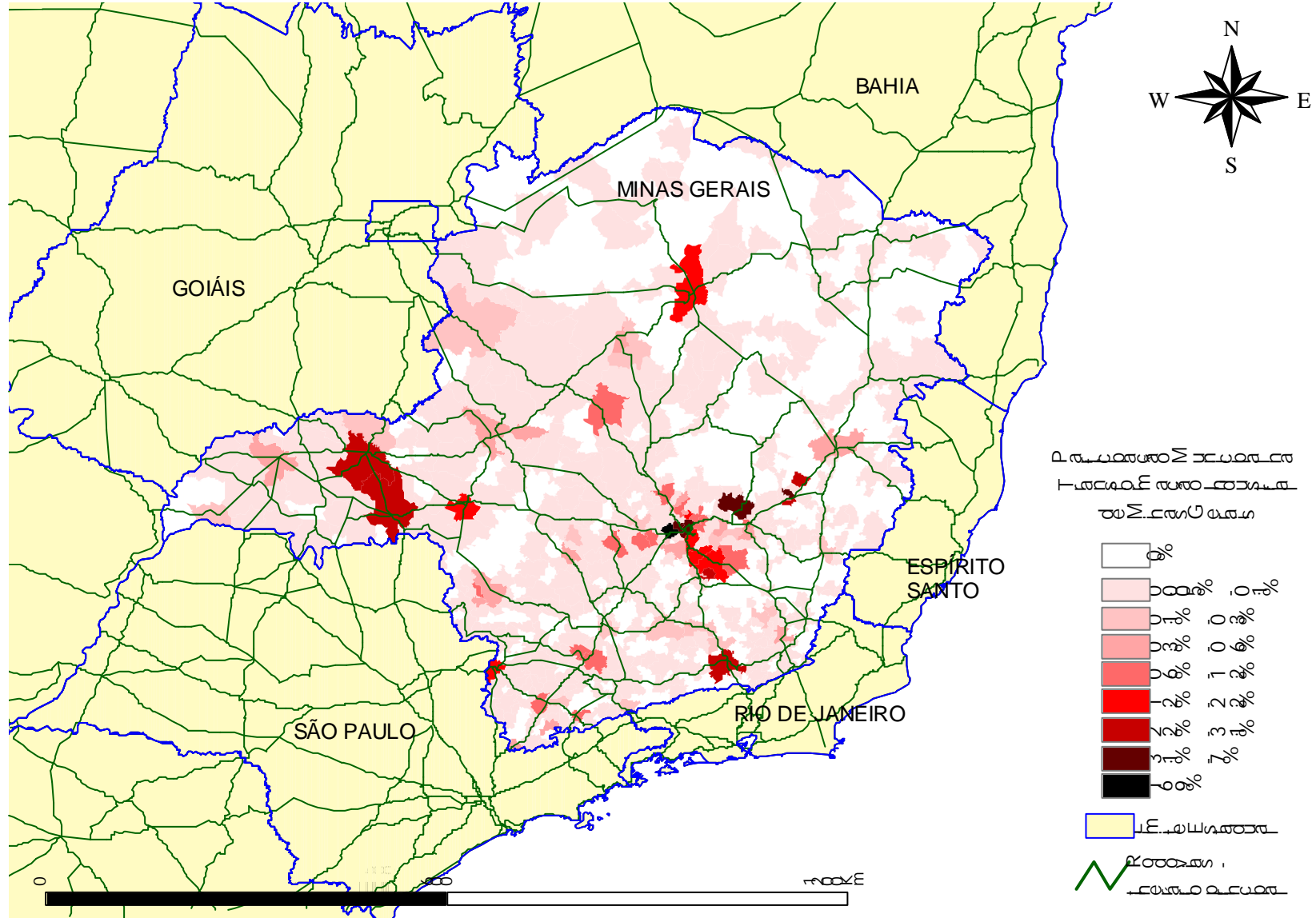


Dois mapas foram elaborados a partir da janela de visualização acima, com a função layout do *ArcView*. O Mapa 1 (página 16) apresenta a distribuição da transformação industrial municipal, ressaltando a vizinhança estadual e os limites municipais no estado de Minas Gerais. O Mapa 2 (página 17) inclui a camada de rodovias principais no mapa, e omite as divisões municipais no Estado. O objetivo desse mapa é ressaltar a presença de rodovias e entroncamentos nas áreas de maior densidade industrial.

Mapa 1. Distribuição do Valor da Transformação Industrial em Minas Gerais (% do Total, 2000)



Mapa 2. Distribuição do Valor da Transformação Industrial e Rodovias em Minas Gerais



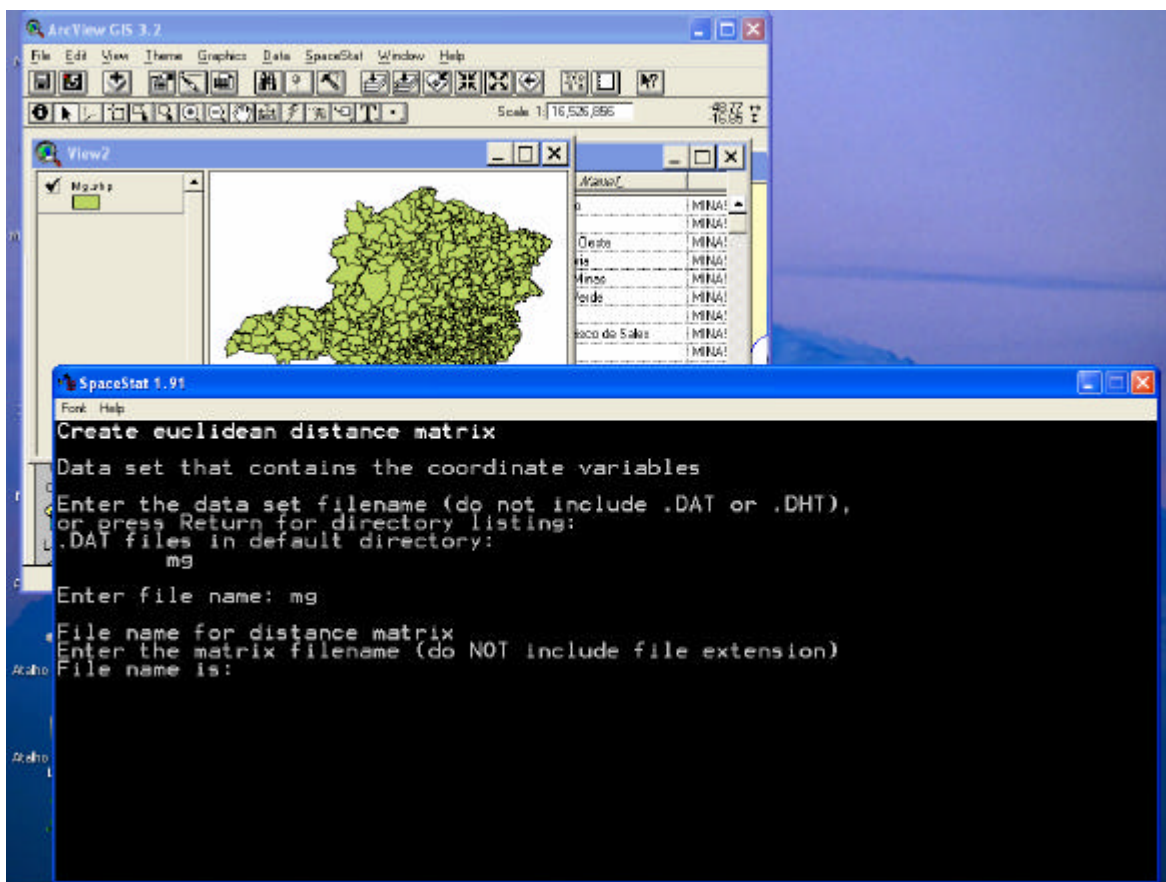
4.3. Modelos econométricos espaciais ⁷

Modelos econométricos podem ser estimados a partir do banco de dados de Minas Gerais a fim de estudar, por exemplo, os determinantes da distribuição da indústria no Estado ilustrada nos Mapas 1 e 2. O objetivo é verificar a influência dos indicadores de infraestrutura e sócio econômicos na localização da atividade industrial, utilizando as variáveis disponíveis no banco de dados (Tabelas 2 e 3).

O primeiro passo para estimar um modelo econométrico espacial é construir uma matriz de distâncias municipais para Minas Gerais. No *SpaceStat* esta função está implementada na opção de ferramentas de criação de matrizes. A Figura 5 mostra a interface do *SpaceStat* para criação de uma matriz de distâncias euclidianas, que requer as coordenadas X e Y de cada observação (município), a partir das quais serão calculadas as distâncias e os pesos espaciais (Anselin, 1992). As coordenadas X e Y da sede de cada município, presentes no banco de dados, foram utilizadas para a construção da matriz de distância (arquivo *dmg.fmt* com 5685Kb).

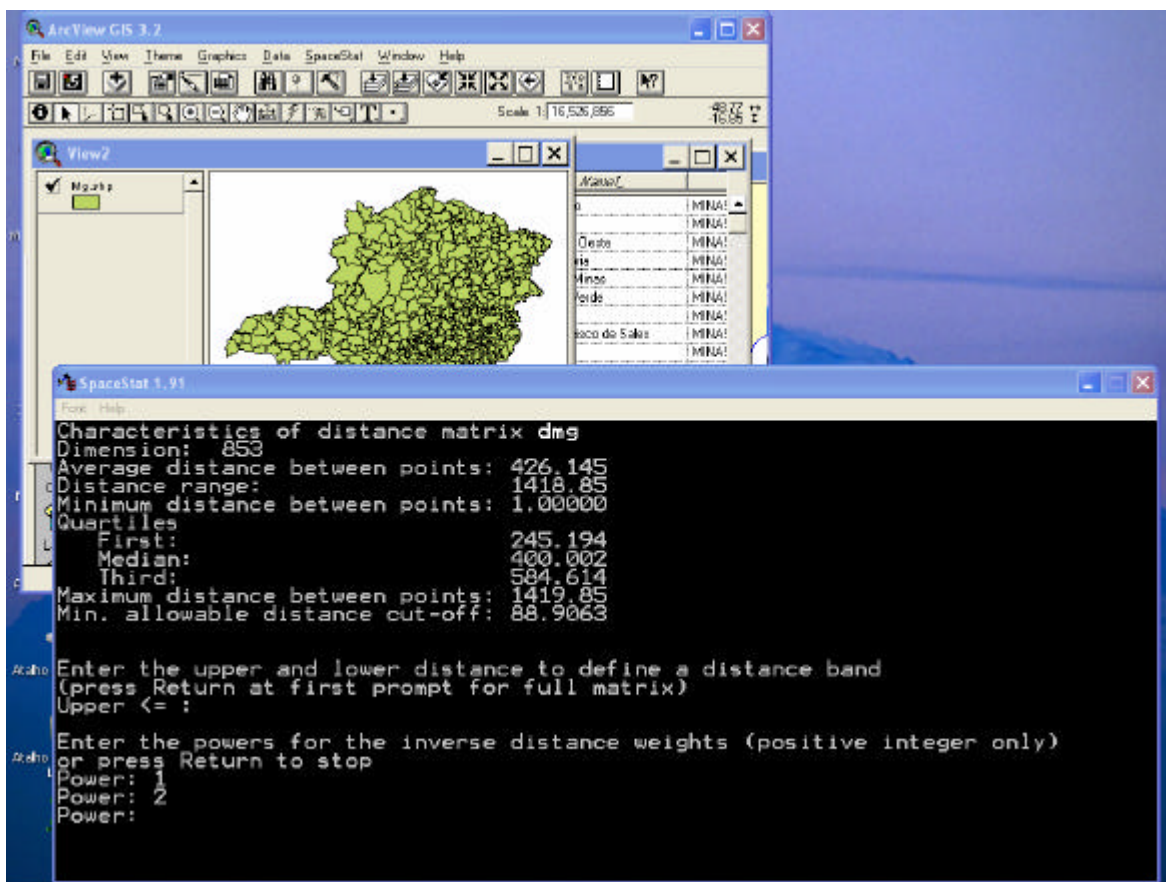
⁷ Conforme definido em IPEA (2004): “A Econometria Espacial é uma sub-área da econometria que trata da interação (dependência espacial) e da heterogeneidade espacial nos modelos econométricos. Anselin (1988) define Econometria Espacial como ‘uma coleção de técnicas que trata das peculiaridades causadas pelo espaço na análise estatística dos modelos regionais’. Embora similar a Geoestatística e à Estatística Espacial, a Econometria Espacial difere de ambos pelo enfoque no modelo teórico, ao invés dos dados”.

Figura 5. ArcView e SpaceStat – criação de matriz de distância



O arquivo *dmg.fmt* foi utilizado pra calcular matrizes de distância inversas (pesos), que são as utilizadas nos modelos. A Figura 6 mostra o procedimento no *SpaceStat* para se construir duas matrizes de pesos: uma representando o inverso da distância, outra representando o inverso do quadrado da distância (arquivos *idmg_1.fmt* e *idmg_2.fmt* de 5698Kb cada um). Algumas características da matriz de distância são apresentadas, como dimensão (número de municípios), distância máxima, distância mínima (normalizada para 1) e distância média. A literatura em modelos de econometria espacial recomenda o teste de diversas alternativas de matrizes de pesos, uma vez não existe uma opção definitiva para capturar a interação territorial de variáveis (Anselin, 1988).

Figura 6. *ArcView* e *SpaceStat* - criação de matrizes de pesos



A partir do banco de dados exportado para o *SpaceStat*, foi estimado um modelo econométrico espacial para ilustrar a operação conjunta com o *ArcView* na visualização dos resultados (predição e erros do modelo).

A Tabela 4 apresenta o modelo estimado em mínimos quadrados ordinários (OLS) para o Valor da transformação Industrial Municipal em Minas Gerais (x07), como função de características industriais e sócio-econômicas dos municípios do Estado. Os resultados dos testes indicam a presença de estrutura espacial nos resíduos para as duas matrizes de pesos, o que recomenda a estimação de um modelo espacial defasado.⁸

⁸ O modelo de defasagem espacial é especificado da forma:

$$Y = rWy + Xb + e$$

onde W é a matriz de pesos espaciais; X é a matriz de variáveis independentes; b é o vetor de coeficientes das variáveis independentes; r é o coeficiente espacial autorregressivo e e é o termo de erro. A inclusão de Wy como variável explicativa no modelo (5), significa que valores da variável y na localidade i estão

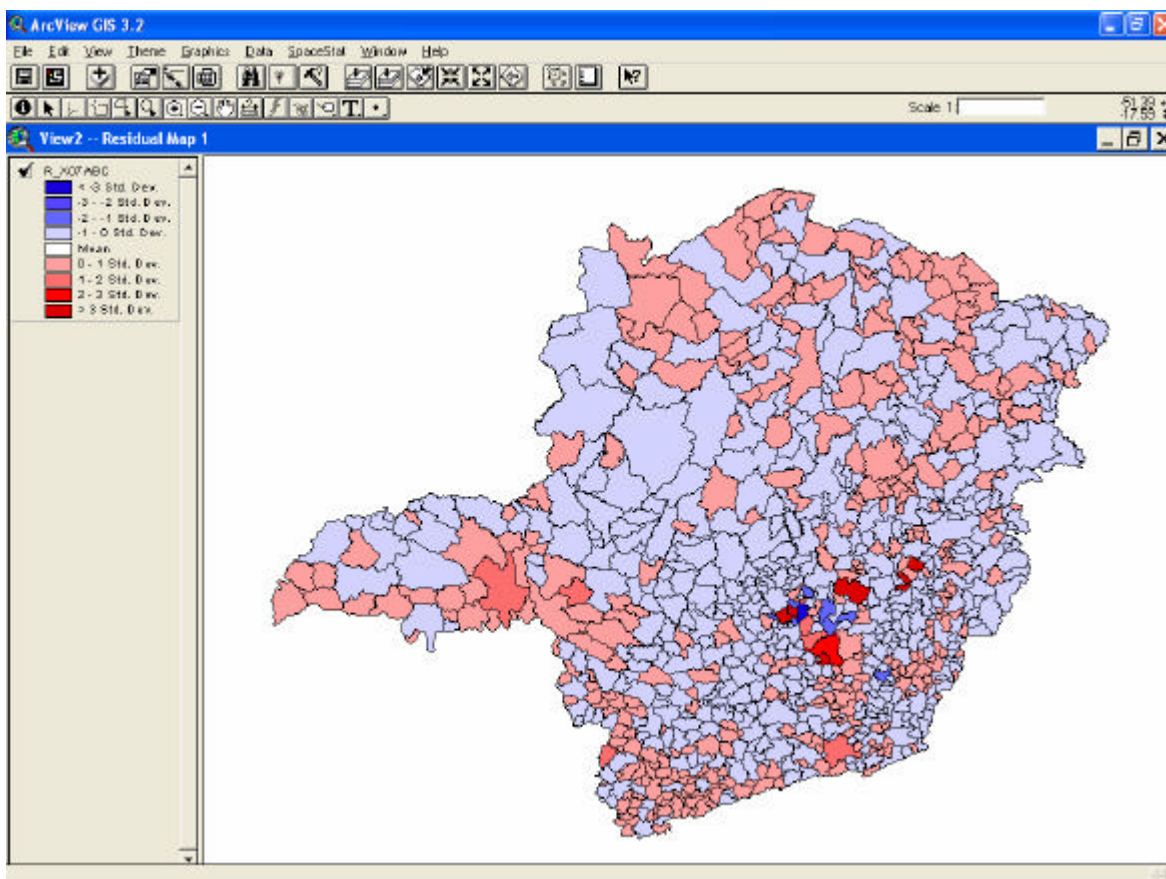
Tabela 4. Modelo OLS para Minas Gerais

ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION					
DATA SET		MG			
DEPENDENT VARIABLE	X07	OBS	853	VAR	14
R2	0.2653	R2-adj	0.2540	DF	839
LIK	-5463.41	AIC	10954.8	SC	11021.3
RSS	1.82697e+007	F-test	23.3096	Prob	0.000000
SIG-SQ	21775.6	(147.566)	SIG-SQ(ML)	21418.2	(146.350)
VARIABLE	COEFF	S.D.	t-value	Prob	
CONSTANT	13.3331	66.9623	0.199113	0.842223	
QLA	2.18604	3.20868	0.681291	0.495876	
QLB	-2.38926	11.6484	-0.205116	0.837531	
QLC	-8.40528	12.6335	-0.665318	0.506030	
QLNAC	5.36108	15.7729	0.339893	0.734022	
QLMULT	16.151	10.9589	1.473781	0.140916	
GINI	-143.102	125.426	-1.140934	0.254223	
M1SM	0.397208	1.02284	0.388338	0.697864	
E25	7.08568	3.79456	1.867326	0.062205	
POP	0.757747	0.0694809	10.905833	0.000000	
ESGT	0.529672	0.393432	1.346288	0.178573	
BH	71.4837	25.057	2.852846	0.004440	
CTSP	0.0716655	0.033722	2.125183	0.033863	
CTCAP	-0.115079	0.0449837	-2.558245	0.010695	
DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE					
FOR WEIGHTS MATRIX		IDMG_1 (row-standardized weights)			
TEST		MI/DF	VALUE	PROB	
Moran's I (error)		-0.004115	-0.930327	0.352202	
Lagrange Multiplier (error)		1	2.192199	0.138711	
Robust LM (error)		1	4.712404	0.029946	
Kelejian-Robinson (error)		14	2312.626417	0.000000	
Lagrange Multiplier (lag)		1	0.424730	0.514586	
Robust LM (lag)		1	2.944935	0.086147	
Lagrange Multiplier (SARMA)		2	5.137134	0.076645	
FOR WEIGHTS MATRIX		IDMG_2 (row-standardized weights)			
TEST		MI/DF	VALUE	PROB	
Moran's I (error)		-0.009444	-0.466661	0.640743	
Lagrange Multiplier (error)		1	0.646322	0.421431	
Robust LM (error)		1	3.736956	0.053221	
Kelejian-Robinson (error)		14	2312.626417	0.000000	
Lagrange Multiplier (lag)		1	0.054439	0.815511	
Robust LM (lag)		1	3.145074	0.076157	
Lagrange Multiplier (SARMA)		2	3.791395	0.150213	

relacionados aos valores dessa variável nas localidades vizinhas. O método de estimação desse modelo precisa levar em conta essa endogeneidade da variável W_y (Anselin, 1999).

A interface com o *ArcView* permite que os resíduos do modelo sejam visualizados num mapa (Figura 7), desde que o *SpaceStat* esteja configurado para gerar essas saídas.⁹ A Figura 7 mostra claramente que o modelo ‘erra’ com maior grau nos municípios do entorno metropolitano de Belo Horizonte.

Figura 7. *ArcView* e *SpaceStat* – visualização dos resíduos do modelo OLS



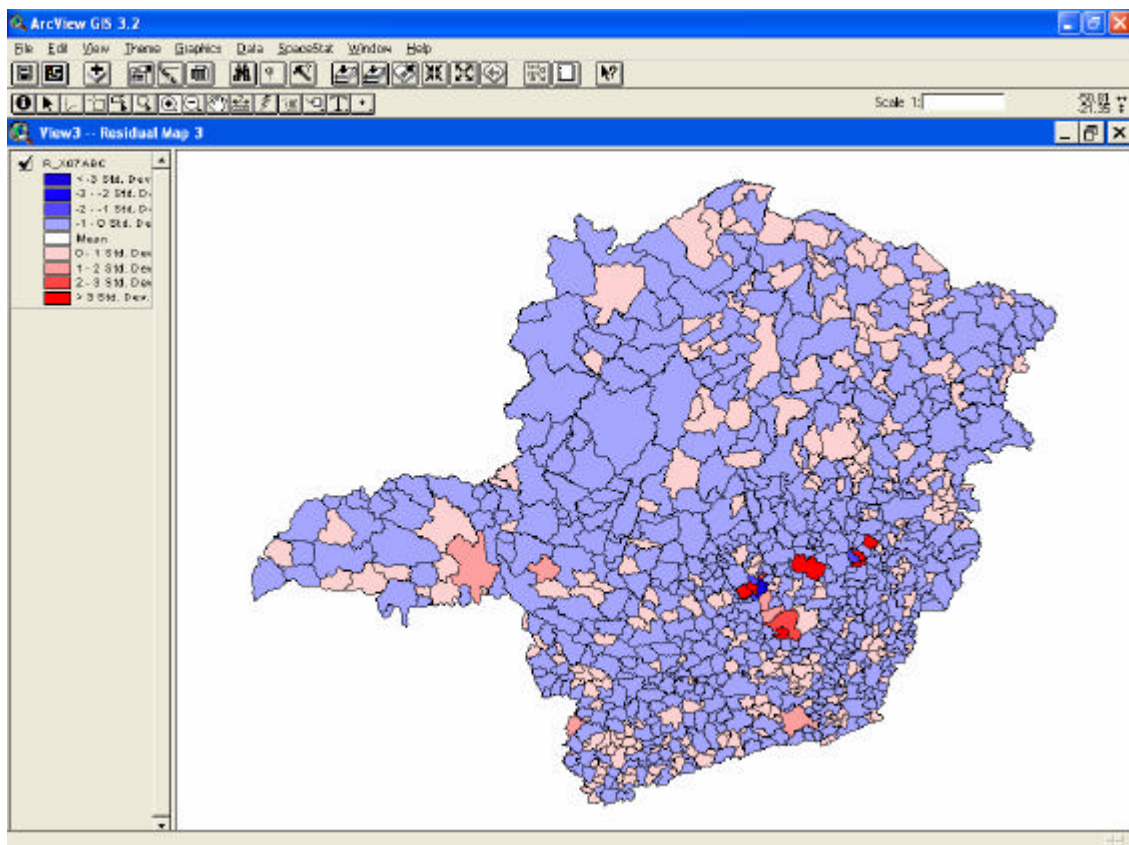
A Tabela 5 apresenta o modelo espacial defasado estimado para o Valor da transformação Industrial Municipal em Minas Gerais (x07), como função de características industriais e sócio-econômicas dos municípios do Estado, com a matriz de pesos *idmg_1*. A Figura 8 mostra os resíduos desse modelo no *ArcView*. Comparativamente aos resíduos apresentados no modelo anterior (Figura 7), o resultado obtido parece bastante melhor.

⁹ O que é feito com o menu *Options*, especificando uma saída completa dos resultados e a variável indicador, no caso o código do município no *shapefile*.

Tabela 5. Modelo de defasagem espacial para Minas Gerais

SPATIAL LAG MODEL - ROBUST - IV(2SLS) ESTIMATION				
DATA SET	MG	SPATIAL WEIGHTS MATRIX		IDMG_1
DEPENDENT VARIABLE	X07ABC	OBS	853	VARS 12 DF 840
INSTRUMENTS	W_QLA	W_QLB	W_QLC	W_QLNAC W_QLMULT
W_E25	W_POP	W_ESGT	W_BH	W_CTRP_S W_CTRAP_
R2	0.3129	Sq. Corr.	0.2425	
SIG-SQ	22612.3775	(150.3741)		
VARIABLE	COEFF	S.D.	z-value	Prob
W_X07ABC	0.872534	0.489335	1.783100	0.074570
CONSTANT	-54.6928	20.3095	-2.692960	0.007082
QLA	0.863038	2.02856	0.425443	0.670514
QLB	1.14431	2.66866	0.428795	0.668072
QLC	-4.8875	2.2378	-2.184071	0.028957
QLNAC	-1.70448	2.98639	-0.570750	0.568169
QLMULT	6.11352	5.30541	1.152318	0.249191
E25	6.39857	3.2199	1.987192	0.046901
POP	0.985029	0.232986	4.227838	0.000024
ESGT	-0.0439716	0.124237	-0.353933	0.723389
BH	5.61461	25.0545	0.224096	0.822683
CTSP	0.0106311	0.0176396	0.602685	0.546718
CTCAP	0.00654233	0.0239969	0.272633	0.785136

Figura 8. ArcView e SpaceStat – visualização dos resíduos do modelo econométrico de defasagem espacial



5. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi ilustrar a potencialidade das ferramentas de geoprocessamento no estudo de problemas em economia regional, em particular associado à economia brasileira.

A partir de 2000 a disponibilidade de informações regionais para a economia brasileira aumentou consideravelmente, seja no âmbito estadual e microrregional, como também para municípios. A complexa estrutura territorial brasileira representa um desafio aos pesquisadores em economia regional, uma vez que requer a manipulação e análise de um conjunto complexo de informações. Nesse aspecto, as ferramentas de geoprocessamento representam um componente importante nos métodos de trabalho da área.

Este trabalho procurou descrever detalhadamente os passos seguidos para uma aplicação de SIG à economia regional, desde a coleta e manipulação dos dados até a especificação e análise de um modelo econométrico com base em um banco de dados georreferenciado.

As ferramentas de Geoprocessamento utilizadas nesta monografia foram basicamente empregadas para organização do banco de dados, mapeamento de variáveis sócio-econômicas e visualização de resultados de modelos econométricos espaciais. O próximo passo é aplicar ferramentas de análise de Geoprocessamento, como os algoritmos de Voronoi. Esta aplicação parece a princípio bastante interessante, uma vez que pode identificar áreas de influência dos pólos econômicos industriais de Minas Gérias, a partir do banco de dados montado para este trabalho.

6. BIBLIOGRAFIA

Anselin, L. *Spatial econometrics: methods and models*. Boston, Kluwer Academic Publishers, 1988.

Anselin, L. *SpaceStat TUTORIAL*. Urbana-Champaign, University of Illinois, 1992.

Anselin, L. *Spatial Data Analysis with SpaceStat and ArcView*. Urbana-Champaign, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois, 1999.

Anselin, L., & Gettis, A. Spatial Statistical Analysis and GIS. *Annals of Regional Science*, 26:19-23, 1992.

Castro, N., Carris, L., & Rodrigues, B. Custos de Transporte e a Estrutura Espacial do Comércio Interestadual Brasileiro. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, vol, 29(3), 1999.

IBGE, Pesquisa Industrial Anual - 2002. Série Relatórios Metodológicos . Brasília, IBGE, 2003.

IPEA. *Inovação, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras - a organização territorial da indústria no Brasil*. Brasília, IPEA, 2004.

Isard, W., Azis, I. J., Drennan, M. P., Miller, R. E., Saltzman, S., & Thorbecke, E. *Methods of interregional and regional analysis*. Aldershot, Ashgate, 1998.

PNUD, *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil*. Brasília, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2004.