

GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE DO POTENCIAL DE INTERAÇÃO ENTRE AS CIDADES DA ZONA DA MATA MINEIRA ATRAVÉS DA SUA REDE DE TRANSPORTES

César Henrique Barra Rocha

Universidade Federal de Juiz de Fora

Departamento de Transportes

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo a utilização de programas de Geoprocessamento com base matricial ou raster para analisar as relações entre a rede de cidades e a rede de rodovias da Zona da Mata Mineira. Para executar estas análises foi utilizado o programa Potencial de Interação, desenvolvido no Laboratório de Geoprocessamento do Instituto de Geociências da UFRJ, o qual trabalha com uma formulação derivada do Modelo Gravitacional, calculando a interação entre os municípios em função direta dos valores de massa e inversa das distâncias entre eles. Foram utilizados como parâmetros de massa a população, o ICMS, o PIB e o consumo energético. Para as distâncias, considerou-se as situações em linha reta e ao longo das estradas pavimentadas, resultando dez situações comparativas quanto aos valores de PI. Os resultados encontrados mostraram aspectos relevantes da relação entre as cidades analisadas e a rede de transportes desta região, sugerindo intervenções estratégicas.

ABSTRACT

The present work has for objective the use of programs of Geographic Information System - GIS, with matricial structure or to raster to analyze the relations between the network of cities and the network of highways of the Mata Mineira Zone. To execute these analyses, one program developed for the Laboratory of GIS of the Institute of Geoscience of the UFRJ, called Potential of Interaction, that works with a mathematical formularization derived from the Gravitational Model, it was calculated interaction among these cities in direct function of its mass values and the reverse distance between them. The population, the "ICMS", the "PIB" and the energy consumption had been used as mass parameters. For the distances, one considered the situations straight-line and to the long one of the pavement roads, resulting ten comparative situations about the values of PI. The joined results had shown to interesting aspects of the relation between the analyzed cities and the transportation network of the Mata Mineira Zone, suggesting strategical interventions in the spatial organization in the area of study.

1. INTRODUÇÃO

As questões regionais instigam pesquisadores de diversas áreas do conhecimento, desde os mais interessados no seu entendimento, que seriam Historiadores, Geógrafos, Sociólogos, Economistas, Arquitetos e Engenheiros, até os Matemáticos Estatísticos, Administradores e o simples cidadão que mora em determinada cidade, preocupado com a melhoria das suas condições de vida e dos seus familiares.

A visão geográfica neo-clássica ou quantitativa, inspirada em teorias funcionalistas e de sistemas, procura classificar a rede de cidades de uma região através da estrutura dos fluxos de bens, serviços e indivíduos em um dado espaço econômico, num dado momento. Sendo assim, a abordagem é centrada na relação cidade-região, ou seja, a relação entre um centro e o seu *hinterland*, definindo assim a hierarquia destes centros urbanos. Neste caso, os referenciais teóricos utilizados apoiam-se na Teoria dos Grafos, com suas medidas de conectividade e acessibilidade de redes e nos Modelos de Interação Espacial, representados pelos Modelos Gravitacional e Potencial (Rocha, 2003).

Com o advento da tecnologia de Geoprocessamento, pode-se contar com instrumentos modernos de sistematização e investigação de dados de qualquer natureza. Esta ferramenta nos possibilita coletar, armazenar, tratar e analisar grandes massas de dados, transformando-os, através de programas específicos, em informações mapeáveis estratégicas colocadas num sistema de coordenadas, auxiliando na tomada de decisões acerca de determinados problemas (Rocha, 2002).

No caso específico das análises de redes de transporte, tem-se os *Geographic Information System of Transport* (GIS-T), amplamente utilizados no planejamento, projeto, gerenciamento e operação destas redes técnicas. Nestes estudos é quase unânime a preferência pelo uso de programas de estrutura vetorial, que trabalham com arcos, nós e fluxos, seguindo modelos teóricos baseados na Teoria dos Grafos e nos Modelos Gravitacionais (Delgado, 1995; Stokes & Marucci, 1995; Viviane & Sória, 1995; Dantas *et al.*, 1996; Loureiro & Ralston, 1996; Silva *et al.*, 1996; Raia Jr. & Silva, 1998; Rose & Silva, 1998; Galvão *et al.*, 1999; e Guimarães *et al.*, 1999).

O presente trabalho propõe a utilização de programas de Geoprocessamento com base raster para analisar as relações entre a rede de cidades e a rede de rodovias da Zona da Mata Mineira, mostrando as possibilidades dessa estrutura nesse tipo de estudo. O Laboratório de Geoprocessamento do IGEO da UFRJ, desenvolveu o aplicativo Potencial de Interação, que pertence ao Sistema de Análise Geo-Ambiental – SAGA, o qual foi utilizado neste artigo.

2. A ÁREA DE ESTUDO: A ZONA DA MATA MINEIRA

Esta pesquisa também foi movida pelo desejo de encontrar algumas respostas para uma Região importante historicamente para o Brasil, conhecida como Zona da Mata Mineira (Figura 1). Conjuntamente com o Sul de Minas, especializaram-se na agricultura de exportação baseada no café, sendo responsável por grande parte das exportações deste Estado entre 1850 e 1929. Importante entreposto comercial do País, foi sede da construção da primeira rodovia pavimentada do continente em 1861, a Rodovia União e Indústria, que fazia a ligação entre Juiz de Fora e Petrópolis. Articulada com a Estrada de Ferro Dom Pedro II, Estrada de Ferro Leopoldina e Estrada de Ferro Cataguases, formavam um importante entreposto de cargas rodoviárias e ferroviárias, polarizando as produções de Minas e Goiás. Os excedentes gerados na cafeicultura, proporcionaram o início da industrialização de Minas Gerais, liderada pela “Manchester Mineira” - Juiz de Fora, onde implantou-se a primeira Usina Hidrelétrica da América do Sul em 1889. Até 1929, a Zona da Mata sediou um dos mais importantes surtos de industrialização do País (GIROLLETTI, 1988).

Contudo, alguns acontecimentos no percorrer da sua história, como o fim do ciclo do café, as dificuldades na indústria têxtil e outros segmentos, a mudança da capital federal para Brasília, a construção de Belo Horizonte e suas cidades satélites, o crescimento e priorização de outras regiões do Estado, trouxeram estagnação econômica para a Mata nos últimos 74 anos. Esta região conta com 142 municípios, a grande maioria em situação sócio-econômica precária. A integração entre estas cidades é dificultada por diversos fatores, entre estes, a rede viária, cuja situação atual, prejudica a circulação de pessoas, produtos, atividades e recursos financeiros, retardando o desenvolvimento desta região. Apesar da sua importância histórica, a Zona da Mata ocupa o segundo lugar entre as regiões mais pobres do Estado de Minas Gerais, ficando atrás apenas do Vale do Jequitinhonha.

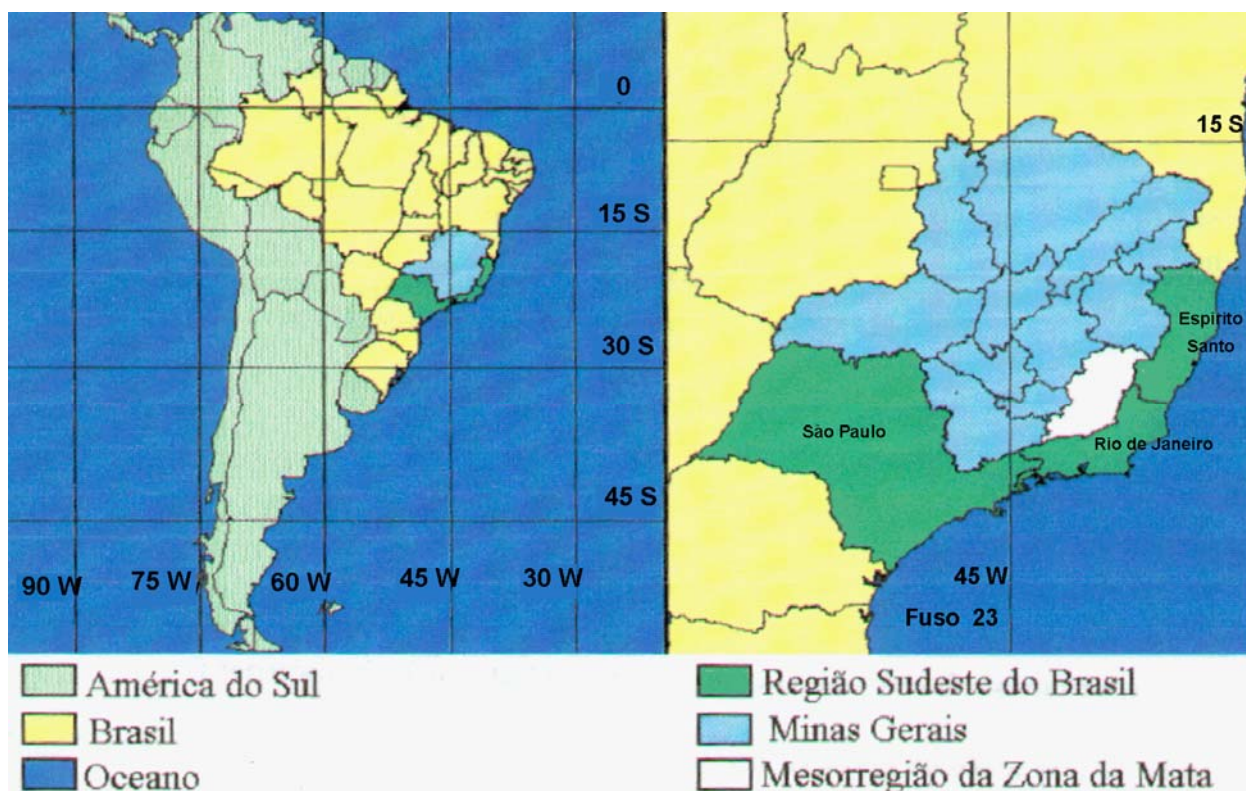


Figura 1: Mesorregião da Zona da Mata Mineira. (Fonte: Rocha, 2003)

3. FORMAÇÃO DO UNIVERSO DE ANÁLISE

Para viabilizar esta pesquisa, foram selecionados alguns indicadores que apontam os municípios que destacam-se dentro da Região, em termos de condições sociais, econômicas e de infra-estrutura. Analisando o Potencial de Interação entre esses “principais” municípios, ter-se-á um diagnóstico que poderá refletir sobre toda a Zona da Mata.

A ordenação dos critérios aditivos utilizados para seleção dos municípios considerou os seguintes indicadores, presentes nas colunas da Tabela 1.

- 1 – População em 2000 maior que 20.000 habitantes (Lei Federal 10.257/01);
- 2 – Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços em 2001 maior que R\$ 566.130,00 (Raul Soares);
- 3 – Produto Interno Bruto em 1999 maior que R\$ 49.056.469,48 (Manhumirim);
- 4 – Consumo Energético em 2001 maior que 11.589.776 KWh (Espera Feliz);
- 5 – Índice de Desenvolvimento Humano em 2000 maior que 0,769 (média brasileira);
- 6 – PIB per capita em 1999 maior que R\$ 5.860 (média brasileira);
- 7 – Índice de Condições Urbanas em 1999 maior que 8 (alto potencial);
- 8 – Presença de Infra-Estrutura de Saúde em 2002 (Hospitais);
- 9 – Presença de Instituições de Ensino Superior em 2002;
- 10 – Presença de Distritos e / ou Áreas Industriais em 2002;
- 11 – Presença de Infra-Estrutura de Armazenamento Agrícola em 2002;
- 12 – Presença de Porto Seco ou Aeroporto em 2002.

As justificativas para os critérios de inclusão estão baseadas no fato de que apesar de alguns municípios não possuírem população maior que 20.000 habitantes, possuíam outras características relevantes que também deveriam ser consideradas. Sendo assim, foram utilizados critérios aditivos na seguinte sequência:

- adicionando os municípios com algum índice superior aos valores mínimos do universo de municípios com mais de 20.000 habitantes;
- no caso destes valores mínimos serem considerados baixos como referência, foram considerados os valores médios brasileiros, evitando a inclusão de municípios de fraco poder interativo;
- no Índice de Condições Urbanas da Fundação João Pinheiro considerou-se apenas as cidades de alto potencial;
- os outros indicadores estão na forma binária, sendo incluído o município que tem a sua presença.

Dos municípios escolhidos inicialmente pela população, chegou-se ao universo de 43 municípios (Figura 2), os quais serão analisados quanto ao Potencial de Interação.

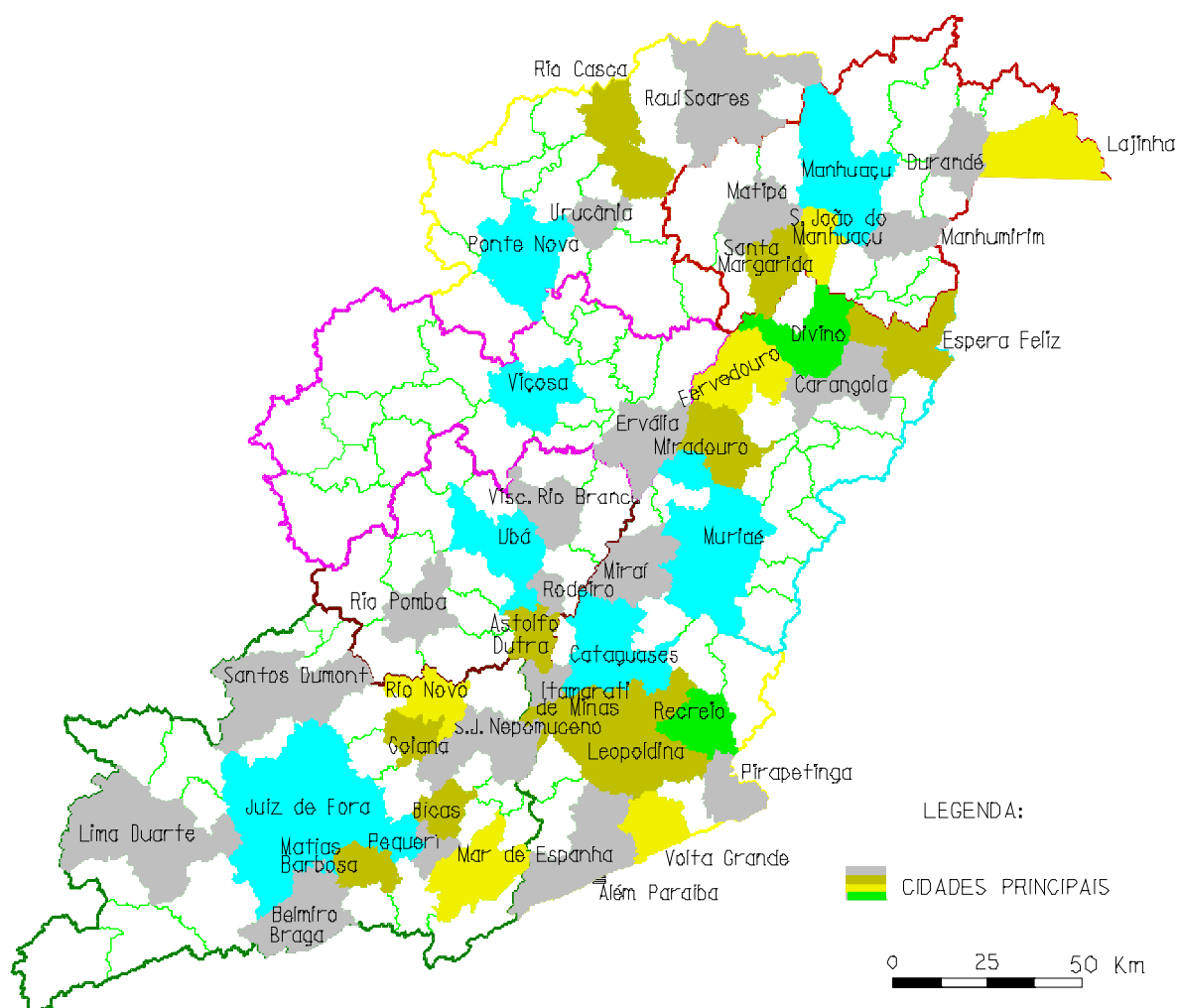


Figura 2: Mapa dos 43 principais municípios da Zona da Mata Mineira em 2003.

(Fontes: DER/MG, 2000; IGA, 2000)

4. DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE INTERAÇÃO DOS MUNICÍPIOS

Segundo Xavier-da-Silva (2001), uma das situações ambientais que merecem maior atenção refere-se à análise de interações que se verificam entre entidades distribuídas no espaço geográfico. Correlações paramétricas entre as entidades podem ser pesquisadas a partir de variáveis registradas em cada uma delas (matriz de correlações), uma vez padronizados os valores das variáveis obtidas nas escalas pertinentes. Posições hierárquicas (*ranks*) das mesmas entidades estabelecidas para cada variável permitem cálculos de coeficientes de correlação não paramétricos entre as entidades ambientais consideradas. Estes procedimentos, de certa maneira clássicos, de identificação e classificação de entidades ambientais e de seus relacionamentos pode ser superado por estruturas de análise que consideram o elemento *posição geográfica* das entidades envolvidas. É o caso do uso de uma variante do modelo gravitacional tradicional, capaz de definir o que denomina-se *potencial de interação*. Formalmente este procedimento exploratório pode ser assim formulado:

$$(PI)_i = \left[\sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \frac{M_j}{D_{i,j}} \right] + \frac{M_i}{d/2}$$

(PI)_i = Potencial de Interação da entidade “i”;

M_j = Massa da entidade j;

D_{ij} = Distância entre as entidades “i” e “j”, ponderadas pelas impedâncias relevantes ao estudo;

n = número de entidades envolvidas;

M_i = Massa da entidade “i”;

d = Min (D_{ij})/2 = metade da menor das distâncias D_{ij} (Figura 3).

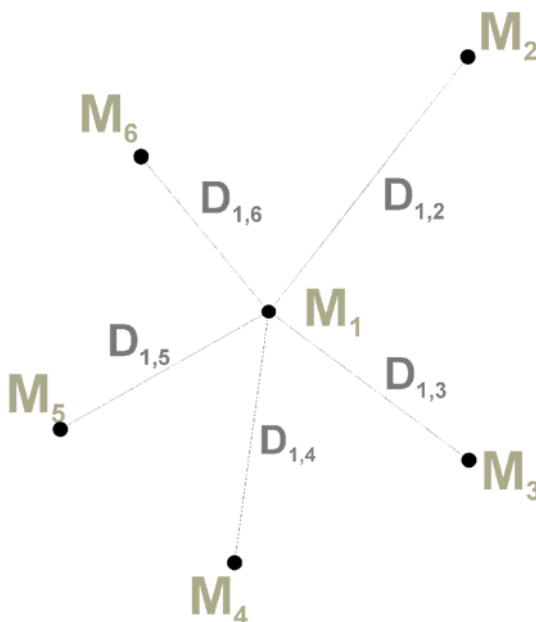


Figura 3: Potencial de Interação. (Fonte: Xavier-da-Silva, 2001)

Segundo Xavier-da-Silva (2001), as seguintes observações podem ser feitas:

- o somatório abrange as entidades de $j=1$ até n , com exclusão da entidade “ i ”, considerada em separado, fora do somatório;
- a massa da entidade “ i ” é dividida, por convenção, pela metade da menor distância entre as entidades constituintes da análise, evitando a distância nula (somatório=infinito);
- o termo “massa” deve ser entendido como a quantidade de qualquer variável que seja indicadora da presença da entidade considerada. Pode ser população, PIB, etc. Como se trata de um procedimento exploratório, diversos tipos de variáveis podem ser considerados e os resultados obtidos para cada um deles podem ser comparados;
- analogamente, o termo “distância” pode significar qualquer medida do afastamento entre as entidades: em linha reta, ao longo da rede viária, distância-tempo ou distância-custo.

A rede a ser analisada constitui-se do universo de 43 municípios, resultante dos indicadores do item 3, conjuntamente com a malha rodoviária pavimentada que faz a ligação entre estes (Figura 4).

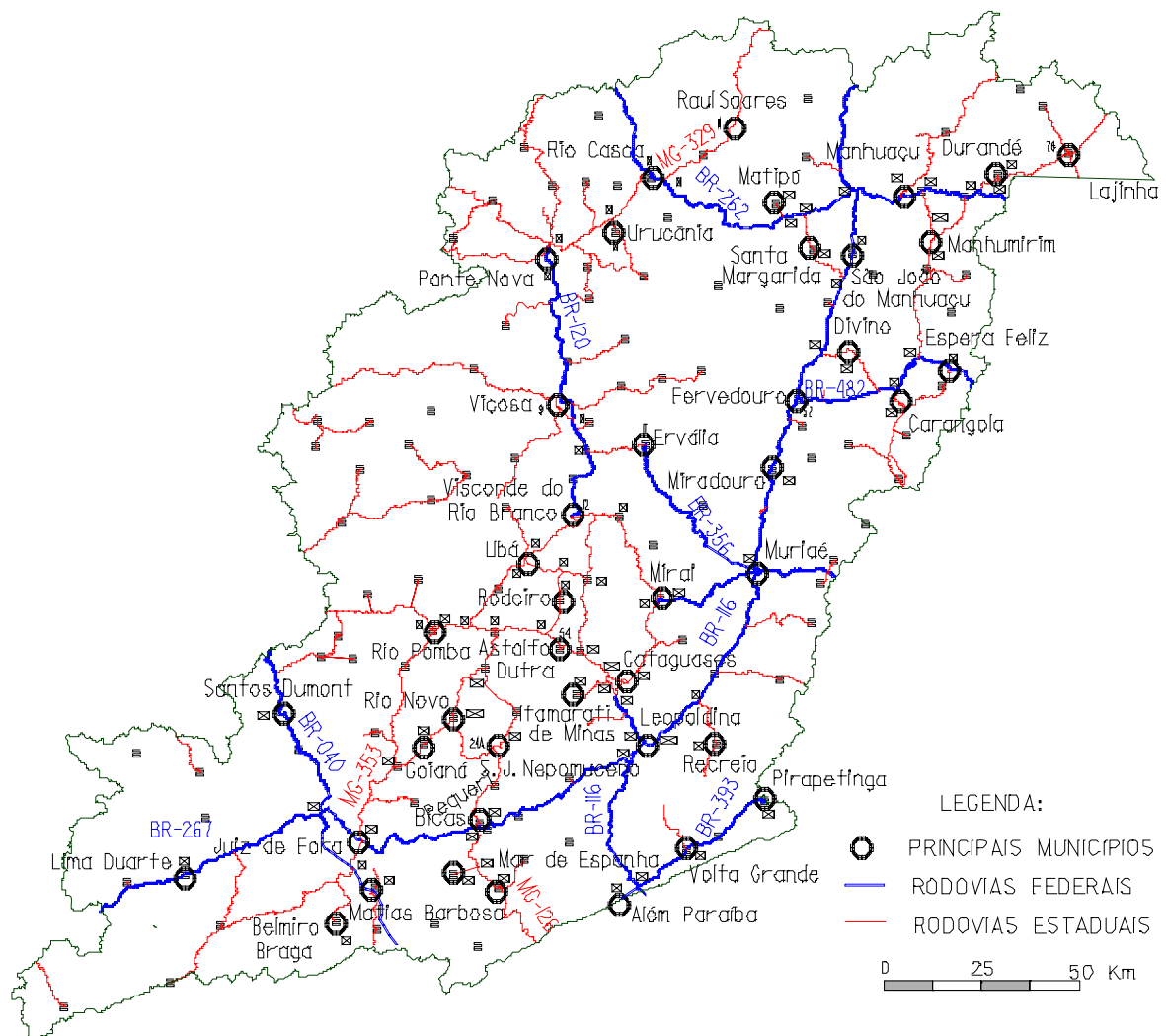


Figura 4: Rede Rodoviária Pavimentada que interliga os 43 principais municípios da Zona da Mata Mineira em 2003. (Fontes: DER/MG, 2000; IGA, 2000)

Tabela 2: População 2000, ICMS 2001, PIB 1999 e Consumo Energético 2001 dos 43 principais municípios da Zona da Mata Mineira. (Fonte: Rocha, 2003)

MUNICÍPIOS	População 2000	ICMS 2001 (R\$)	PIB 1999 (R\$)	Energia Elétrica em 2001 (KWh)
Juiz de Fora	456.796	202.467.076	2.465.735.207	1.286.498.490
Muriaé	92.101	10.474.209	312.108.241	86.615.699
Ubá	85.065	15.025.865	358.406.791	98.351.449
Manhuaçu	67.123	8.705.160	245.620.708	60.921.636
Ponte Nova	55.303	6.297.552	240.439.360	70.045.594
Cataguases	63.980	51.042.081	317.610.577	182.185.634
Viçosa	64.854	3.639.754	208.375.332	67.537.184
Leopoldina	50.097	8.344.390	182.519.304	53.004.215
Além Paraíba	33.610	3.211.695	110.374.156	35.623.492
Carangola	31.921	2.942.497	101.024.004	23.356.116
Santos Dumont	46.789	2.253.986	236.592.830	643.414.781
Visconde do Rio Branco	32.598	4.260.164	129.439.112	51.377.086
São João Nepomuceno	23.786	2.057.682	77.114.827	26.021.232
Manhumirim	20.025	1.036.298	49.056.469	13.838.892
Bicas	12.793	1.202.811	50.494.196	13.496.893
Rio Pomba	16.359	1.178.618	47.642.977	13.270.982
Espera Feliz	20.528	621.253	59.667.958	11.589.776
Raul Soares	24.287	566.130	54.096.818	14.233.222
Rio Casca	15.260	1.389.859	54.385.162	19.102.315
Urucânia	10.375	1.607.982	66.193.991	9.660.192
Matias Barbosa	12.323	1.507.601	44.950.327	12.199.534
Astolfo Dutra	11.805	982.338	36.166.276	11.222.287
Lajinha	19.528	974.676	38.176.599	8.637.863
Pirapetinga	10.034	7.256.296	39.164.960	44.344.557
Volta Grande	4.919	679.550	17.946.070	4.412.696
Santa Margarida	13.713	62.964	31.651.984	43.319.458
Recreio	10.188	143.093	24.497.013	6.759.862
Miradouro	9.770	696.541	33.356.730	6.693.018
Rodeiro	5.375	463.633	52.914.478	7.565.687
Lima Duarte	15.708	545.598	52.415.876	9.411.635
Mirai	12.479	443.869	50.675.527	15.071.747
Divino	18.420	272.394	49.092.743	9.204.593
Rio Novo	8.550	292.647	27.773.931	8.400.010
Pequeri	3.016	381.146	9.215.007	2.960.780
Matipó	16.291	392.744	32.951.678	8.684.197
Ervália	17.018	306.896	34.116.590	8.091.349
Itamarati de Minas	3.791	1.447.227	18.220.156	4.758.822
Mar de Espanha	10.567	696.534	26.316.512	8.982.543
Belmiro Braga	3.427	381.496	14.825.654	30.926.036
Fervedouro	9.671	84.510	22.299.654	3.303.726
Durandé	7.005	46.601	15.949.111	2.458.516
São João do Manhuaçu	8.716	90.061	16.548.509	3.996.471
Goianá	3.323	19.688	8.402.069	2.762.526

Os parâmetros escolhidos como massa para analisar a interação entre estas cidades foram (Tabela 2):

- População no ano de 2000;
- ICMS no ano de 2001;
- PIB no ano de 1999;
- Consumo Energético no ano de 2001.

Os indicadores IDH, PIB per capita e Índice de Condições Urbanas foram utilizados apenas para formação do universo de análise, não tendo expressão como massa. Os parâmetros binários (com presença ou não) também não podem ser usados como fatores de massa.

Quanto as distâncias, o programa Potencial de Interação trabalha com distância simples, distância tempo, distância custo e distância peso. A distância simples é obtida em linha reta ou ao longo das estradas. No primeiro caso, utiliza-se as coordenadas dos pontos centro dos municípios pertencentes a rede. No segundo caso, computa-se a soma dos pixels de cada trajetória entre dois pontos, mais $\frac{1}{2}$ pixel do ponto inicial e $\frac{1}{2}$ pixel do ponto final.

A distância tempo leva em consideração a velocidade de cada trecho que seria calculada em função de características da estrada como tipo de pavimento, condições de rolamento, número de faixas e tráfego. Estes dados não estavam disponíveis nos órgãos responsáveis, o que inviabilizou a realização deste tipo de análise.

A distância custo leva em consideração os custos de transporte, difíceis de mensurar para todas as estradas da Zona da Mata pelo mesmo motivo anterior. Finalmente, a distância peso é um tipo de distância arbitrada pelo usuário, como por exemplo, a resistência que teria um trecho de estrada em auge ou declive. Também não estavam disponíveis os perfis das estradas, pois o DER só armazenou as coordenadas UTM quando foi realizado o levantamento com GPS, desprezando as altitudes. Vale registrar que a análise poderia contemplar todas estas distâncias, pixel a pixel, aumentando a extração de informações.

Entretanto, neste trabalho, utilizou-se somente a distância simples em linha reta e ao longo das estradas. Considerou-se que todas as estradas que servem aos 43 municípios escolhidos, são rodovias pavimentadas e de pista simples (inclusive a BR-040 entre Matias Barbosa e Santos Dumont), sendo estas, as únicas características abordadas nesta análise. Sendo assim, obteve-se uma malha constituída de 100 trechos de estradas, conforme a Figura 4, os quais foram codificados e digitalizados no Programa Potencial de Interação - PI.

Calculou-se o PI entre os municípios considerando-se dez situações comparativas, resultantes dos quatro parâmetros de massa e dois tipos de distâncias:

- apenas a posição geográfica com distância em linha reta e ao longo das estradas;
- massa população com distância em linha reta e ao longo das estradas;
- massa ICMS com distância em linha reta e ao longo das estradas;
- massa PIB com distância em linha reta e ao longo das estradas;
- massa consumo energético com distância em linha reta e ao longo das estradas.

O parâmetro posição geográfica foi aferido considerando-se todas as massas iguais. As tabelas com os valores dos PIs para cada caso podem ser encontradas em Rocha (2003). Para as análises deste artigo, será apresentado na Tabela 3 apenas a síntese dos *rankings* obtido entre os municípios.

Tabela 3: Síntese dos *rankings* de Potencial de Interação dos principais municípios considerando os parâmetros de massa ao longo das estradas e em linha reta. (Rocha, 2003)

PARÂMETRO MUNICÍPIO	H*	POSIÇÃO GEOGRÁFICA			POPULAÇÃO 2000			ICMS 2001			PIB 1999			ENERGIA 2001		
		E *	R *	S *	E	R	S	E	R	S	E	R	S	E	R	S
JUIZ DE FORA	1	33	17	NFB	1	1	-	1	1	-	1	1	-	1	1	-
MATIAS BARBOSA	2	9	16	MB	2	2	-	2	2	-	2	2	-	2	2	-
UBÁ	3	5	8	B	3	3	-	7	13	MB	3	4	B	7	11	B
BELMIRO BRAGA	4	23	29	MB	5	6	B	3	4	B	4	3	**	4	3	**
BICAS	5	6	11	MB	4	8	B	4	8	B	5	8	B	6	7	B
GOIANÁ	6	1	6	MB	6	7	B	5	6	B	6	7	B	5	4	**
SANTOS DUMONT	7	32	41	MB	13	21	MB	9	16	MB	7	17	MB	3	5	B
PEQUERI	8	3	12	MB	9	5	**	8	5	**	8	5	**	8	6	**
MAR DE ESPANHA	9	4	15	MB	8	16	MB	11	14	B	9	15	MB	9	13	B
LEOPOLDINA	10	7	13	MB	7	15	MB	10	9	**	11	14	B	15	17	B
SÃO JOÃO NEPOMUCENO	11	8	7	NFB	12	10	NFB	14	10	NFB	10	11	B	11	10	NFB
VISCONDE DO RIO BRANCO	12	10	14	B	11	14	B	15	20	MB	12	16	B	13	19	MB
CATAGUASES	13	19	5	NFB	17	4	NFB	6	3	NFB	15	6	NFB	12	8	NFB
LIMA DUARTE	14	36	43	MB	18	38	MB	13	21	MB	13	26	MB	10	18	MB
VIÇOSA	15	13	34	MB	10	22	MB	20	27	MB	14	22	MB	17	24	MB
RIO NOVO	16	2	4	B	15	12	**	19	11	**	16	10	**	16	9	**
ERVÁLIA	17	12	28	MB	14	24	MB	21	26	MB	17	24	MB	19	27	MB
PONTE NOVA	18	17	38	MB	16	31	MB	24	29	MB	18	27	MB	22	29	MB
ITAMARATI DE MINAS	19	18	2	NFB	24	11	NFB	12	7	NFB	22	12	NFB	20	12	NFB
RIO POMBA	20	28	27	NFB	19	18	NFB	18	18	-	19	18	NFB	14	15	B
RECREIO	21	14	20	MB	20	23	B	22	19	NFB	23	21	NFB	24	21	NFB
MIRÁI	22	22	18	NFB	22	17	NFB	17	17	-	20	19	NFB	18	20	NFB
ASTOLFO DUTRA	23	20	1	NFB	25	13	NFB	16	12	NFB	24	13	NFB	21	14	NFB
URUCÂNIA	24	16	33	MB	23	36	MB	27	32	MB	21	30	MB	25	33	MB
RIO CASCA	25	11	36	MB	21	40	MB	28	38	MB	25	38	MB	26	38	MB
RODEIRO	26	29	3	NFB	27	9	NFB	23	15	NFB	26	9	NFB	23	16	NFB
VOLTA GRANDE	27	15	32	MB	29	34	MB	25	23	NFB	27	28	B	27	23	NFB
PIRAPETINGA	28	25	35	MB	31	39	MB	26	24	NFB	30	31	B	28	26	NFB
RAUL SOARES	29	26	40	MB	30	41	MB	29	41	MB	28	41	MB	29	41	MB
MURIAÉ	30	37	30	NFB	26	19	NFB	31	25	NFB	31	20	NFB	30	25	NFB
MANHUAÇU	31	38	24	NFB	28	20	NFB	30	30	-	29	25	NFB	32	31	NFB
MIRADOURO	32	27	25	NFB	32	25	NFB	32	28	NFB	32	29	NFB	33	30	NFB
CARANGOLA	33	24	26	B	33	30	NFB	35	33	NFB	33	32	NFB	35	36	B
MANHUMIRIM	34	39	23	NFB	34	29	NFB	33	35	B	34	34	-	36	39	B
MATIPÓ	35	30	22	NFB	35	35	-	37	40	B	37	40	B	34	37	B
FERVEDOURO	36	21	21	-	36	33	NFB	40	31	NFB	36	33	NFB	39	34	NFB
SANTA MARGARIDA	37	31	10	NFB	37	28	NFB	38	37	NFB	38	37	NFB	31	28	NFB
ESPERA FELIZ	38	40	31	NFB	38	37	NFB	36	39	B	35	39	B	40	40	-
DIVINO	39	34	19	NFB	39	32	NFB	42	34	NFB	39	36	NFB	41	35	NFB
LAJINHA	40	42	42	-	40	43	B	39	43	B	40	43	B	42	43	B
SÃO JOÃO DO MANHUAÇU	41	35	9	NFB	41	27	NFB	41	36	NFB	42	35	NFB	37	32	NFB
ALÉM PARAÍBA	42	43	37	NFB	42	26	NFB	34	22	NFB	41	23	NFB	38	22	NFB
DURANDÉ	43	41	39	NFB	43	42	NFB	43	42	NFB	43	42	NFB	43	42	NFB

* H – Hierarquia considerando a média das quatro melhores colocações.

E – *Ranking* ao longo das Estradas;

R – *Ranking* em Linha Reta;

S – Situação quanto ao benefício das estradas:

B = Beneficiado pela presença de estradas: conquista até 4 posições quando comparado com a situação em linha reta;

MB = Muito Beneficiado pela presença de estradas: conquista mais de 5 posições;

NFB = Não foi Beneficiado pela presença de estradas com relação aos outros municípios: perde pelo menos uma posição.

** Nestes casos, a posição geográfica e o valor de massa dos municípios que superaram, foram mais relevantes que a disposição da malha rodoviária.

5. RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se extrair da Tabela 3, análises conjunturais relevantes das relações dos municípios com o sistema viário. As cidades que apresentaram problemas de interação devido à conformação da malha rodoviária, deveriam receber investimentos prioritários em infra-estrutura viária num primeiro momento. São elas:

- 1º Grupo: São João Nepomuceno, Cataguases, Itamarati de Minas, Rio Pomba, Miraí, Astolfo Dutra, Rodeiro e Além Paraíba;
- 2º Grupo: Muriaé, Miradouro, Divino, Santa Margarida, Espera Feliz, Manhumirim, São João do Manhuaçu, Manhuaçu, Matipó e Durandé.

As cidades que se beneficiaram com a malha rodoviária são:

- 1º Grupo: Matias Barbosa, Belmiro Braga, Bicas, Goianá, Santos Dumont, Pequeri, Mar de Espanha, Lima Duarte
- 2º Grupo: Ubá, Visconde do Rio Branco e Rio Novo
- 3º Grupo: Leopoldina, Recreio, Volta Grande e Pirapetinga;
- 4º Grupo: Carangola e Fervedouro;
- 5º Grupo: Viçosa, Ervália, Ponte Nova, Urucânia, Rio Casca e Raul Soares.

Pode-se identificar que as Rodovias BR-040, BR-267, BR-116 (até Leopoldina), BR-393, BR-120, MG-353, MG-126, MGT-120, MGT-265, MG-447, BR-356, MGT-356, MG-329 potencializam a interação entre os municípios beneficiados. São estradas que efetivamente integram a Região.

A disposição geométrica e geográfica da BR-116 com relação as outras estradas desta Região, não beneficia os municípios as suas margens, tornando-se, à exceção de Muriaé, cidades dormitórios. Numa análise mais ampla, com outras regiões de Minas e do Brasil, ela é uma rodovia muito importante. Uma boa iniciativa para Zona da Mata seria o prolongamento do trecho da BR-482, entre Fervedouro e Araponga, melhorando as interações da BR-116 com o eixo BR-120 e a Região Central do Estado. Conjuntamente com a BR-262, melhorariam o isolamento dos municípios da porção Nordeste da Zona da Mata. É um projeto difícil pela presença dos piores trechos da Serra da Mantiqueira, mas que mudaria este panorama.

No caso de Goianá, cidade escolhida para sediar o Aeroporto Regional da Zona da Mata, verifica-se que o potencial de interação de passageiros através das estradas para acessar o aeroporto é o melhor da região. É importante ressaltar que a análise está baseada apenas na distância simples ao longo das estradas, sem considerar o estado do pavimento, o número de faixas de rolamento e o volume de tráfego das rodovias. Corroborando esta escolha, a interação através de rotas aéreas em linha reta (aeronaves e helicópteros) também é altamente favorecida pela 6ª posição ocupada por este município. Utilizando dados de ICMS, apesar de possuir o pior da Região, passa a ocupar a 5ª posição, quando considerado o ICMS e a distância ao longo das estradas. Neste caso, verifica-se a potencialização de dois fatores: posição geográfica do próprio município e as massas de Juiz de Fora e Ubá, sugerindo boas possibilidades de interação comercial pelo Aeroporto Regional. Evidentemente que esta interação dependerá do melhoramento das estradas que atendem ao aeroporto, principalmente a MG-353, que atualmente funciona em pista simples com trechos em situação precária.

Entretanto, este trabalho utiliza a Zona da Mata como área de análise, limitando-se a pesquisar as interações dentro desta Região. Evidentemente, vários municípios com

classificação ruim dentro deste espaço geográfico, alcançariam classificações melhores num espaço mais amplo, conjugado com outras Mesorregiões de Minas e do Brasil. Municípios como Além Paraíba tem forte interação com o Rio de Janeiro, assim como Muriaé interage com Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Estes exemplos devem ser investigados numa análise de rede posterior, considerando regiões maiores.

Portanto, as possibilidades da estrutura raster ficam dependentes apenas dos dados disponíveis, indo muito além das distâncias simples ou menor caminho. O poder de extração de informação fica ao nível do pixel com todas as informações contidas em termos de impedância ao deslocamento dos veículos nas trajetórias analisadas (tipos de pavimentos, condições de conservação, volumes de tráfego, rampas, etc). Nesta estrutura, pode-se ir muito além da posição geográfica e do comprimento dos arcos da rede.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DANTAS, A.S.; TACO, P.W.G. & YAMASHITA, Y. (1996) *Sistemas de Informação Geográfica em Transportes: o Estudo do Estado da Arte*. Anais do X Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Anais, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET, Brasília, Vol. 1, p. 211-219.
- DELGADO, J. P. M. (1995) *O Urbanismo das Redes e os Processos Espaciais na Avaliação das Redes de Transporte - Estudo de caso em Lima Metropolitana*. Programa de Engenharia de Transportes - PET, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro. (Dissertação de Mestrado).
- DER/MG (2000), *Mapa Rodoviário do Estado de Minas Gerais 2000, Escala 1:1.500.000*. Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais, Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas, BH.
- GALVÃO, R. D. et al. (1999) *Georedes: Sistema de Apoio à Decisão Espacial para Modelos em Redes Georreferenciadas*. GISBrasil'99. V Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento da América Latina. Módulo Tecnologia. Informática. Salvador, 14 p.
- GIROLETTI, D. (1988) *Industrialização de Juiz de Fora: 1850/1930*. Editora da UFJF, Juiz de Fora, MG, 140P.
- GUIMARÃES, I. C. O. et al. (1999) *Geração de Rede Multimodal de Transportes em Sistemas de Informação Geográfica*. GISBrasil'99. V Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento da América Latina. Módulo Usuários. Transportes. Salvador, 11 p.
- IGA, Instituto de Geociências Aplicadas, *Mapa de Mesorregiões e Microrregiões Geográficas 2000, Escala 1:1.500.000*. Estado de Minas Gerais, Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia, Belo Horizonte, 2000.
- LOUREIRO, C. F. G. & RALSTON, B. (1996) *SIG como plataforma para Modelos de Análise de Redes de Transporte*. Anais do X Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Brasília, Vol.I, p.235-244.
- RAIA Jr., A. A. & SILVA, A. N. R. (1998) *Um método expedito para verificação da consistência de redes para uso em um SIG - T*. Anais do XII Cong. Pesq. e Ensino em Transportes. ANPET, Fortaleza, Vol. 2, p. 10-17.
- ROCHA, C. H. B. (2002) *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. 2ª Edição do Autor – Revista, Atualizada e Ampliada, Juiz de Fora, MG, 220 p.
- ROCHA, C. H. B. (2003) *Geoprocessamento aplicado à análise de redes de transporte com uso de estruturas raster: estudo de caso na Zona da Mata/MG*, Programa de Pós-Graduação em Geografia – IGEO, UFRJ, Rio de Janeiro, 218p. (Tese de Doutorado)
- ROSE, A. & SILVA, A. N. R. (1998) *Uma avaliação comparativa do desempenho de alguns Sistemas de Informação Geográfica aplicados aos Transportes*. Anais do XII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Fortaleza, , Vol. 3, p. 3-6.
- SILVA, A. N. R.; LIMA, R. S. & RAIA Jr., A. A. (1996) *Obtenção de dados básicos para Planejamento de Transportes em cidades médias com auxílio de um SIG*. GIS Brasil 96, Sagres Editora, Curitiba, p. 392 - 400.
- STOKES, R. W. & MARUCCI, G. (1995) *Gis for Transportation: Current Practices, Problems and Prospects*. ITE Journal, 65 (3): 28-37.
- VIVIANE, E. & SÓRIA, M. H. A. (1995) *Aplicação de um SIG no desenvolvimento de Sistema de Gerência de Vias Não-Pavimentadas*. Anais do IX ANPET, São Carlos, Vol. 3, p. 1148-1153.
- XAVIER DA SILVA J. (2001) *Geoprocessamento para Análise Ambiental*. Edição do Autor, RJ, 228p.