

USO DE FERRAMENTA SIG NA IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE PRAÇAS DE PEDÁGIO

Elisangela Pereira Lopes

Marne Leggio Júnior

Pastor Willy Gonzáles Taco

Universidade de Brasília – UnB

Programa de Pós-Graduação em Transportes – PPGT

RESUMO

Com a implantação de praças de pedágio ao longo de rodovias federais concessionadas, modificaram-se as zonas de aglomeração urbana hierarquizadas, bem como surgiram restrições à acessibilidade nas rodovias. Processos tradicionais de localização de praças de pedágio não consideram o estudo de variáveis sócio-econômicas. O presente trabalho visa a suprir tal lacuna, propondo uma metodologia que consiste no uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG) como ferramenta auxiliar no processo de tomada de decisão quando da locação de praças de pedágio. São apresentados conceitos aplicados de Análise Espacial no contexto sócio-econômico, mapas temáticos das variáveis analisadas, e ainda, a interpretação da sobreposição dos mapas temáticos.

ABSTRACT

Since the establishment of the Brazilian tollbooths along the conceived Federal Highways, the organized urban society has changed, as well it arises limitations to their accessibility of these highways. Nowadays, the proceedings to find the best location to install a tollbooth do not consider a social-economic parameters research. The present research proposes a new methodology by using Geographic Information Systems as an ancillary tool to choose the best location for tollbooths. The Concepts applied to Space Analyses on the social-economics context, thematic plans on the parameters analyzed, as well their placing side by side, are here presented.

1. INTRODUÇÃO

As rodovias brasileiras, ao longo dos anos 80 e 90, passaram por um processo de deterioração causado pela acentuada escassez de recursos públicos destinados à sua conservação e construção. Para reverter essa situação e permitir a implantação de melhorias no sistema, a União e alguns Estados iniciaram programas de concessão da operação de suas principais rodovias, regulamentadas pela Lei nº. 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, que trata das concessões de serviços públicos a empresas privadas. Nos termos dessa lei, que vincula remuneração e tarifação, a concessão de rodovias envolve a instalação de praças de arrecadação de pedágio, uma vez que a remuneração das empresas responsáveis pela operação das rodovias privatizadas é feita mediante cobrança de tarifas aos usuários.

Com a implantação das praças de pedágio, há uma nova redistribuição dos espaços urbanos margeados pela rodovia sob exploração privada. Parte da população economicamente ativa, que depende de idas e voltas sucessivas a cidades separadas pelas estruturas de cobrança, vê-se obrigada a buscar caminhos alternativos, contribuindo, de um lado, para o aumento das “fugas” do sistema, e, de outro, pelo aumento dos potenciais usuários sem acessibilidade.

A polarização espacial de mercados de produção e de consumo gerou crescentes volumes de passageiros e cargas, bem como a criação de corredores rodoviários com elevada densidade de tráfego, com base nas características técnicas da infra-estrutura rodoviária troncal. Ressalte-se que as vias de maior hierarquia do sistema de transporte, normalmente as concedidas ou em fase de concessão, exercem influência na formação de redes de cidades, caracterizadas pela interdependência entre os centros metropolitanos, submetropolitanos e regionais, distribuídos ao longo das vias troncais (Barat, 1991).

Este artigo tem como intuito a apresentação de uma metodologia que aplica ferramentas de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e técnicas de Sensoriamento Remoto para a identificação de trechos de rodovias federais concedidas, onde a implantação de Praças de Pedágio reflita em baixa restrição na acessibilidade entre localidades. O estudo de caso foi aplicado à rodovia federal concedida Presidente Dutra, utilizando-se variáveis censitárias do IBGE, tais como: População e Domicílios, Censo com Divisão Territorial; Produto Interno Bruto; Estrutura Empresarial; e Frota.

A pesquisa está estruturada da seguinte forma: na seção 2 são abordados os conceitos básicos de acessibilidade e Análise Espacial. Em seguida, expõem-se os índices de Análise Espacial aplicados, bem como o tipo de análise possível para cada índice. Na quarta seção, apresenta-se a metodologia de identificação de trechos rodoviários mais indicados para implantação de uma praça de pedágio. Por último, são demonstrados os resultados da aplicação da metodologia e suas respectivas considerações finais.

2. ACESSIBILIDADE E ANÁLISE ESPACIAL

Na literatura são encontradas várias definições do termo “acessibilidade”. A primeira definição, ainda hoje utilizada em planejamento de transportes, foi publicada por Hansen, em 1959, o qual definiu acessibilidade como o potencial de oportunidades de interação. Para o autor, em termos gerais, acessibilidade é uma medida da distribuição espacial das atividades em relação a um ponto, ajustadas à habilidade e desejo das pessoas ou firmas em superar a separação espacial (Hansen, 1959 *apud* Sales Filho, 1996).

Para Ingram (1971), a acessibilidade pode ser definida como uma característica inerente de uma área com relação à superação de uma fonte de fricção que se verifica espacialmente, por exemplo, tempo e distância. Davidson (1997) acrescenta que essa fonte de fricção leva em consideração as características do sistema de transporte, a atratividade de cada área e o custo percebido para realização da viagem, podendo ser um fator determinante na distribuição de atividades numa dada área. A essa definição de acessibilidade como medida de esforço para se transpor uma separação espacial, Raia Jr. (2000) completa que a acessibilidade torna possível o acesso dos indivíduos aos locais de emprego, lazer, estudos, equipamentos públicos etc, e é função tanto do uso do solo quanto das características do sistema de transportes.

De acordo com Jones (1981), a acessibilidade está relacionada à oportunidade que um indivíduo em uma dada localização possui em tomar parte em uma atividade particular ou conjunto de atividades. É uma função da mobilidade do indivíduo, da localização espacial das oportunidades em relação ao ponto de partida do indivíduo, dos períodos nos quais o indivíduo está apto a participar da atividade e dos períodos nos quais a atividade está disponível. No entanto, o conceito de acessibilidade considerado neste trabalho será o de Tagore e Sikdar (1995), que descrevem a acessibilidade como uma combinação de dois elementos: a localização de destinos que se pretende alcançar numa área e as características da rede de transportes que une os locais de origem e destino. Mais especificamente, os autores consideram também a localização e as características da população residente, a distribuição geográfica e intensidade das atividades econômicas.

Percebe-se, segundo o conceito exposto por Tagore e Sikdar, que a acessibilidade está diretamente relacionada à distribuição e localização espacial de variáveis que descrevem características sociais e econômicas de uma região. Para avaliar o grau de correlação espacial

entre variáveis dessas regiões, faz-se a aplicação de Análise Espacial associada a uma plataforma SIG.

As técnicas de Análise Espacial podem ampliar consideravelmente a capacidade de compreender os padrões espaciais associados aos dados de área, especialmente quando se tratam de indicadores socioeconômicos, que apresentam correlação. A Análise Espacial é definida como o estudo, a exploração e a modelagem de processos que se expressam por meio de uma distribuição no espaço. Seu propósito é mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo (Câmara *et al.* 2002). Quando são utilizadas técnicas de estatística espacial para análise de dados de áreas, essas são apresentadas em forma de índices que medem a associação espacial, gráficos de espalhamento e mapas. Tais índices auxiliam na identificação de agrupamentos de objetos cujos atributos possuem valores altos e baixos, áreas de transição e casos atípicos (Krempf, 2004).

3. DEPENDÊNCIA ESPACIAL E ÍNDICES DE ANÁLISE ESPACIAL

Dada a relevância da utilização da Análise Espacial na elucidação de problemas relacionados aos transportes, são tratados nesta seção os conceitos e definições dos métodos de Análise Espacial cuja localização está associada a áreas delimitadas por polígonos, vez que os dados considerados estão agregados por municípios. São apresentadas, ainda, as principais ferramentas utilizadas nesse tipo de análise, suas finalidades e restrições.

As ferramentas de Análise Especial têm por finalidade quantificar a dependência espacial e assim, representar computacionalmente o arranjo espacial das semelhanças e discrepâncias entre os polígonos que compõem uma camada geográfica. A dependência espacial pode ser medida de diferentes formas, conforme preconiza Câmara *et al.* (2002).

Técnicas exploratórias como indicadores e mapas de espalhamento de Moran são muito úteis para mostrar as agregações espaciais e indicar áreas prioritárias em termos de política pública. Métodos de estimação bayesiana para taxas permitem a correção de efeitos associados a pequenas populações. Modelos de regressão espacial permitem estabelecer as relações entre as variáveis, levando em conta os efeitos espaciais: nesse caso, o poder explicativo dos modelos pode ter ganhos significativos. E, finalmente, a geração de superfícies como uma maneira eficiente de apreensão visual dos padrões espaciais.

3.1. Índice de Moran

O Índice de Moran fornece uma medida geral da associação espacial existente no conjunto dos dados, ou seja, mede a dependência espacial baseado em observações simultâneas no conjunto de n localizações. É uma medida importante, embora sintetiza inúmeras possibilidades de padrões de associação local entre as amostras georreferenciadas.

Seu valor varia de -1 a 1 . Valores próximos de zero, indicam a inexistência de autocorrelação espacial significativa entre os valores dos objetos e seus vizinhos. Valores positivos para o índice indicam autocorrelação espacial positiva, ou seja, o valor do atributo de um objeto tende a ser semelhante aos valores dos seus vizinhos. Valores negativos para o índice por sua vez, indicam autocorrelação negativa.

3.2. Índice Local de Associação Espacial (LISA)

Enquanto os indicadores globais, como o Índice de Moran, fornecem um único valor como medida da associação espacial para todo o conjunto de dados, os indicadores locais produzem um valor específico para cada objeto, permitindo, assim, a identificação de agrupamentos de objetos com valores de atributos semelhantes (*clusters*), objetos anômalos (*outliers*) e de mais de um regime espacial. Segundo Anselin (1994), um Índice Local de Associação Espacial (LISA) deve atender dois objetivos: (1) permitir a identificação de padrões de associação espacial significativos; e (2) ser uma decomposição do índice global de associação espacial. Dentre os LISAs mais difundidos, estão o Índice de Moran Local (I_i) e as Estatísticas G_i e G_i^* .

3.2.1. Índice de Moran Local

No índice de Moran Local a autocorrelação espacial é calculada a partir do produto dos desvios em relação à média como uma medida de covariância. Dessa forma, valores significativamente altos indicam altas probabilidades de que existam locais de associação espacial tanto de polígonos com altos valores associados como com baixos valores associados. Por outro lado, baixos valores apontam para um padrão que pode ser entendido como pontos de comportamento mais errático da variável observada entre um polígono e seus vizinhos.

3.2.2. Função G e G^*

O índice de Moran Local pode apresentar alguns problemas em sua interpretação em função de sua distribuição estatística não ser conhecida perfeitamente e precisar ser estimada por simulações. Por isso, é interessante o uso das funções normalizadoras G_i e G_i^* . As funções G_i e G_i^* são dois índices de autocorrelação espacial local, que permitem o teste de hipóteses sobre a concentração espacial da soma dos valores, associados aos pontos na vizinhança do ponto considerado. Uma vez que esses indicadores são compostos por uma somatória de valores de atributos, a observação de valores significativamente altos de G_i e G_i^* indica a existência de ocorrência desse atributo em valores altos, sendo o oposto um indício de agrupamento de valores baixos. A principal diferença entre as funções G_i e G_i^* é que, na primeira, considera-se apenas os valores de todos os vizinhos e, na segunda, considera-se também a região em estudo no cálculo do índice.

3.3. Média Móvel Espacial

A Média Móvel Espacial é uma forma simples de explorar a variabilidade espacial, pois permite identificar padrões e tendências espaciais pela produção de uma superfície de maior flutuação (menos descontínua e mais suave) que os dados originais (Câmara *et al.* 2002). Essa superfície resulta da influência dos valores dos atributos vizinhos sobre o valor do atributo de cada área, ou seja, áreas cujos atributos apresentem valores elevados/reduzidos e que possuam vizinhos com atributos de valores elevados/reduzidos, tenderam a elevar/reduzir os valores dos atributos dessa área (Queiroz, 2003).

Câmara *et al.* (2002) indicam que as representações de dados em áreas e em rede são as formas mais importantes e difundidas para a representação de variáveis censitárias e dados de transportes, embora os dados em área apresentem aspectos críticos para sua análise.

4. METODOLOGIA

Explanados os conceitos ora abordados, divide-se a metodologia em três fases: (i) obtenção e tratamento de imagens por Sensoriamento Remoto; (ii) seleção de variáveis censitárias e processamento no SIG; e (iii) identificação de trechos para implantação de praças de pedágio. As etapas de cada fase podem ser visualizadas na **Figura 1**, a seguir:

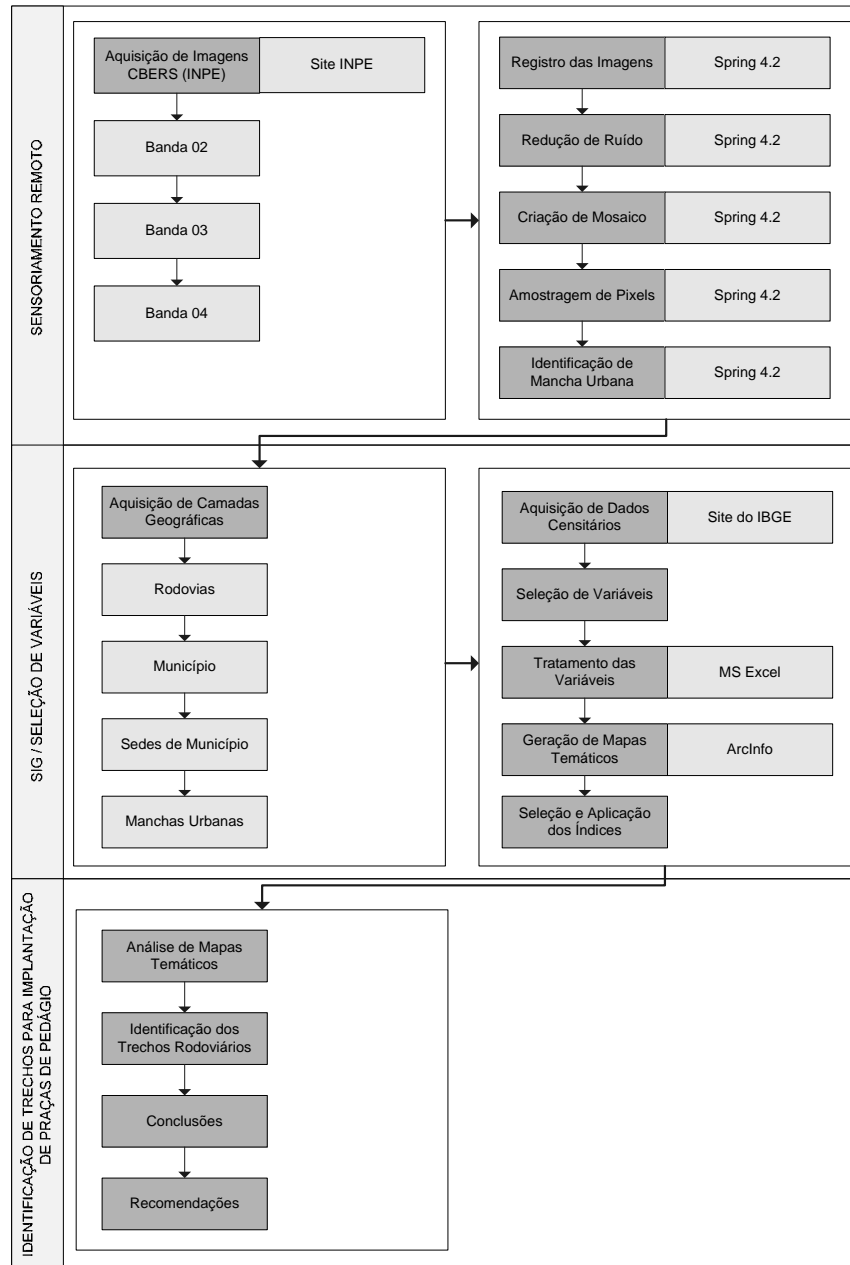


Figura 1: Esquema metodológico utilizado

4.1. Sensoriamento Remoto

Sensoriamento Remoto é um modo de obtenção de dados à distância a partir da utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos de processamento e de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc. O propósito é o estudo do ambiente terrestre, por meio do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que compõem o planeta Terra em suas mais diversas manifestações (Novo,1989).

Para tanto, foram utilizadas imagens das bandas 02, 03 e 04 do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS), disponíveis no *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Inicialmente constatou-se a necessidade de um pré-processamento dos dados brutos, com o objetivo de eliminar as alterações detectadas na imagem (ruídos) e de melhorar os aspectos visuais de certas feições estruturais, proporcionando maior facilidade na extração das informações.

Para o tratamento das imagens, utilizou-se o *software* SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas), versão 4.2. Em linhas gerais, trata-se de um banco de dados geográfico que vem sendo desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do INPE desde 1991. A **Figura 2** ilustra as imagens obtidas.

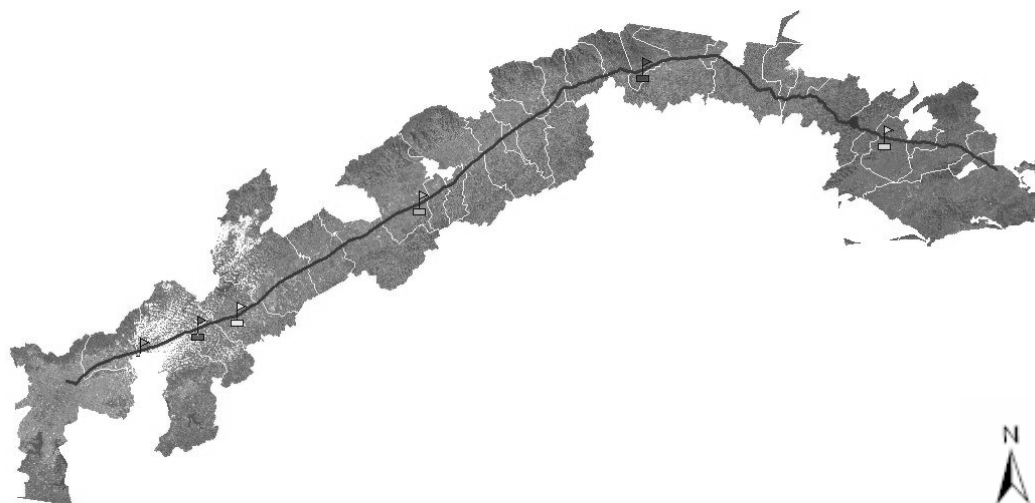


Figura 2: Imagens obtidas do CBERS e tratadas no SPRING

Fonte: INPE (2006)

Um banco de dados geográficos é composto por conjuntos de planos de informação, de geo-objetos e de objetos não-espaciais. O sistema gerenciador de banco de dados do SPRING é o *Code Base*. Seu formato é compatível com o *DBase*, o que torna possível a integração com o SPRING.

O SPRING trabalha basicamente com os conceitos de geo-campo e geo-objeto. O primeiro representa a distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica, num dado tempo t . Diferentemente, o geo-objeto é um elemento único que possui atributos não-espaciais e está associado a múltiplas localizações geográficas. A localização pretende ser exata e o objeto é distinguível de seu entorno. (Câmara *et al.* 2002).

No caso, municípios são considerados geo-objetos, ou seja, cada município é uma entidade geográfica única com localização precisa. Esses geo-objetos estão mapeados em um plano cadastral contendo a divisão geopolítica dos municípios. Todos os municípios (geo-objetos) estão relacionados a atributos organizados em uma tabela. O relacionamento entre os diversos municípios e os atributos contidos na tabela se dá por meio de um código identificador único e específico para cada município (GEOID), que é mantido pelo sistema automaticamente e não deve ser modificado pelo usuário. As tabelas (*.dbf) do SPRING podem ser manipuladas

por qualquer outro aplicativo que possa ler esse formato, como o *Microsoft Access*, por exemplo. Na realidade, a possibilidade de manipulação dessa tabela é fundamental para a inserção dos dados provenientes das diferentes fontes, como os referentes às variáveis censitárias do IBGE, em formato *.xls do *Microsoft Excel*.

Realizado o tratamento das imagens pelo SPRING 4.2, passou-se à utilização do *software ArcView* versão 9.0, para a obtenção de camadas geográficas de rodovias, municípios e sede de municípios, com o intuito de delinear as “manchas urbanas”. Contudo, foi exatamente nesse passo que se encontrou o primeiro óbice ocasionado principalmente pela limitação de *hardware* e tempo de processamento. Logo, decidiu-se continuar a análise não mais pelas “manchas urbanas”, e sim, pelas superfícies representativas dos municípios cortados por uma rodovia federal.

4.2. Variáveis Censitárias

Informações econômicas padronizadas e comparáveis com recortes municipais têm sido objeto de demanda por parte dos agentes econômicos públicos e privados, bem como dos estudiosos da economia e da sociedade brasileira e dos formuladores de políticas públicas regionais, à medida que afetam estudos e análises setoriais fundamentais para o planejamento de políticas regionais e locais (IBGE, 2004).

Conforme Lamas (1994), os componentes de um sistema de classificação de estudos demográficos com variáveis censitárias, dependem principalmente de: (i) uma infra-estrutura de unidades geográficas suficientemente pequenas, como setores censitários; (ii) uma base de dados de informações estatística sobre essas unidades geográficas, em geral o Censo ou outra forma adicional; e (iii) um sistema de grupos de unidades geográficas resultantes de uma análise de *cluster*, que trata de agrupar as unidades espaciais que sejam mais próximas entre si e diferenciá-las de outras menos similares.

Para esta fase do trabalho, foi realizada uma pré-seleção dos principais grupos de variáveis censitárias disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O resultado foi a coleta de seis grupos (População e Domicílios, Censo de 2000 com Divisão Territorial 2001; Produto Interno Bruto, 2003; Estrutura Empresarial, 2003; Instituições Financeiras, 2004; Finanças Públicas, 2003; e Frota, 2004), e seus respectivos subgrupos, perfazendo um total de 173 variáveis sócio-econômicas.

Referente ao grupo Produto Interno Bruto, importa registrar que o método de cálculo dos Municípios consiste num processo descendente de repartição, pelos municípios, do valor adicionado das 15 atividades econômicas das Contas Regionais das unidades da federação. A abertura de trabalho no PIB dos Municípios é, quase sempre, mais desagregada do que a apresentada nas 15 atividades. A **Tabela 1** apresenta a desagregação utilizada.

Tabela 1: Subsetores de atividade econômica

Agropecuária	Indústria	Serviços
Lavoura permanente	Extrativa mineral	Comércio
Lavoura temporária	Transformação	Alojamento e alimentação
Pecuária	Construção civil	Transportes
Horticultura	Serviços industriais de utilidade pública	Comunicações
Extrativa vegetal		Serviços financeiros
Silvicultura		Atividades imobiliárias e serviços

Agropecuária	Indústria	Serviços
Pesca Investimentos em matas plantadas e em culturas permanentes Indústria rural Produção particular do pessoal residente no estabelecimento rural Serviços auxiliares da agropecuária		prestados às empresas Administração pública Demais serviços

Fonte: IBGE.

Na seqüência, buscou-se uma metodologia para a seleção das variáveis relevantes ao estudo. Como primeira alternativa, optou-se pela utilização do *software Expert Choice®*, versão 11, baseado no método multicriterial de auxílio à tomada de decisão, denominado Método de Análise Hierárquica (MAH). Esse se fundamenta em uma estruturação hierárquica dos objetivos, critérios/indicadores e alternativas consideradas em um estudo.

Posteriormente, conforme os grupos determinados na estrutura hierárquica foram realizadas comparações entre pares de critérios/indicadores, quanto à importância de cada critério/indicador em relação ao objetivo do trabalho, estabelecendo matrizes de comparações paritárias. O uso do programa ficou limitado à versão demo, pois embora essa permitisse o acesso por 15 dias, inseria como restrições o tamanho da planilha (9 objetivos por nó, 8 alternativas e 3 participantes), sendo que, para a continuidade desse trabalho, eram necessárias no mínimo 36 alternativas, isto é, o número de municípios da rodovia em análise.

A análise prévia, norteada em experiência em transporte rodoviário, demonstrou que do universo de variáveis levantadas, quatro apresentaram significância relevante para o estudo considerado (**Tabela 2**):

Tabela 2: Esquema das variáveis censitárias do IBGE.

Variáveis IBGE	Sub-Variáveis
População e Domicílios Censo 2000, com Divisão Territorial 2001	Rendimento nominal mensal
Produto Interno Bruto 2003	Produto Interno Bruto per Capita
Estrutura Empresarial 2003 Unidades Locais	Agricultura, pecuária, silvicultura e exploração florestal; Indústrias extrativas; Indústrias de transformação; Produção e distribuição de eletricidade, gás e água; Construção; Comércio, reparação de veículos automotores; Alojamento e alimentação; Transporte, armazenagem e comunicações
Frota 2004	Automóvel; Caminhão; Caminhão trator; Caminhonete; Micro-ônibus; Motocicleta; Motoneta; Ônibus; Trator de rodas

Fonte: IBGE.

Tabelas foram organizadas em formato *Excel* e *Access*, para serem relacionadas e incorporadas à tabela (*.dbf) do *ArcView*, pelo comando *Join*. Finalizada essa etapa, parte-se para a geração de um mapa de amostras ou pontos 3D. Trata-se de um plano de informação onde todos os pontos possuem valores X,Y e Z. Usualmente os valores X e Y estão relacionados à localização geográfica, ou mais precisamente à Longitude (X) e à Latitude (Y) dos pontos. Os valores Z estão relacionados à variável em estudo no plano de informação. Podem ser informações referentes à altimetria, concentração de um determinado elemento químico ou, como, no caso, a índices sócio-econômicos.

Para permitir a identificação de padrões de associação espacial significativos e uma decomposição do índice global de associação espacial, utilizou-se, sobretudo, o Índice de Moran. Foram gerados quatro mapas, com base nas variáveis escolhidas, como segue (**Figura 3**):

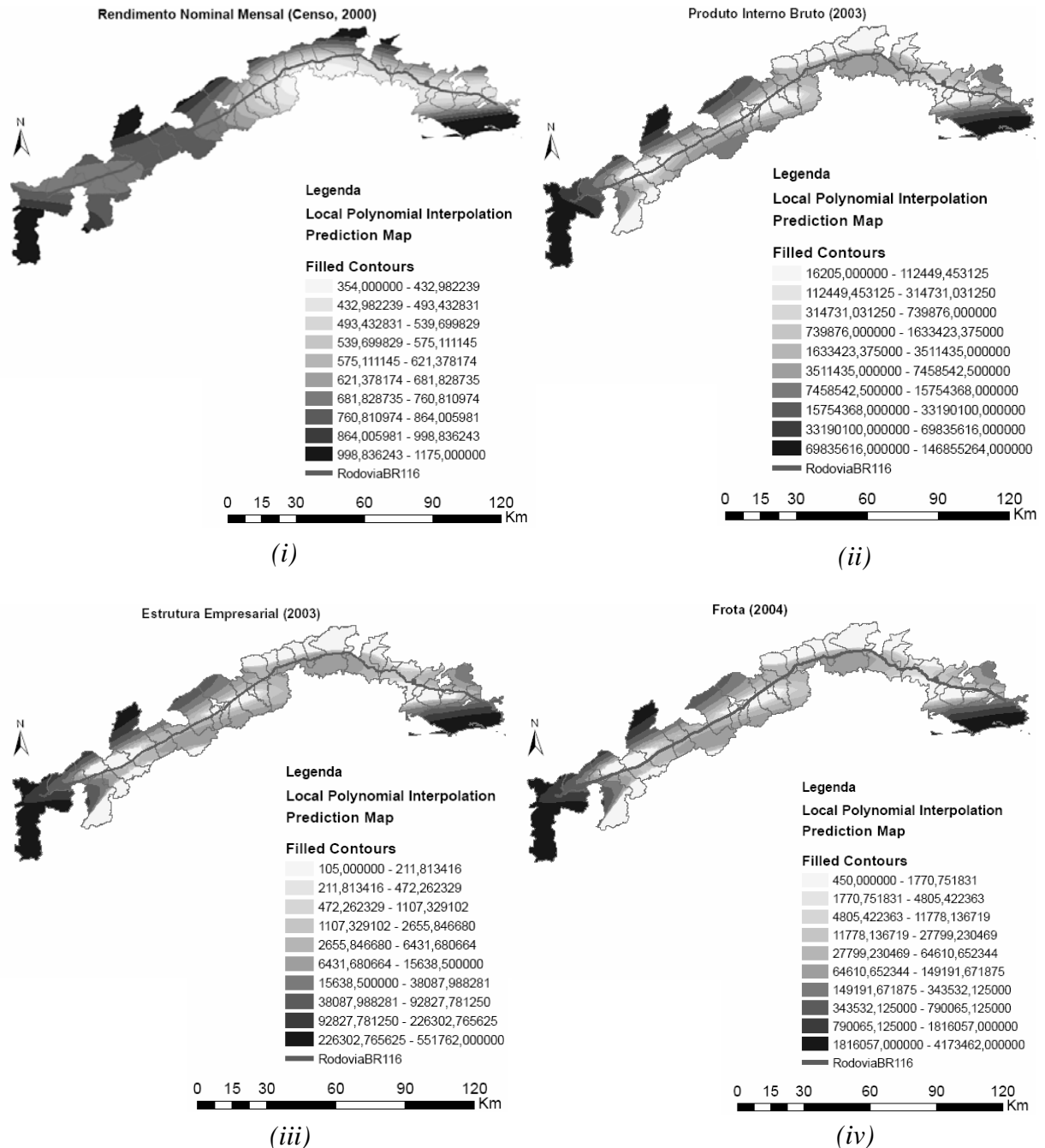


Figura 3: Simulações para as variáveis: (i) Rendimento Nominal Mensal, 2000; (ii) Produto Interno Bruto, 2003; (iii) Estrutura Empresarial, 2003; e (iv) Frota, 2004

A análise dos quatro mapas demonstra que há considerável correlação espacial entre as variáveis sob estudo, tendo em vista não só a esperada semelhança na concentração de Renda Nominal Mensal, Produto Interno Bruto, Estrutura Empresarial e Frota, nos maiores centros

urbanos polarizados, mas também ao longo do eixo da rodovia, margeando importantes zonas hierarquizadas de aglomeração urbana consolidadas e em fase de consolidação.

4.3. Identificação de Trechos para Implantação de Praças de Pedágio

Consiste na análise dos mapas temáticos a fim de identificar trechos mais propícios para implantação das praças de pedágio, sem afetar, significativamente, a acessibilidade de uma zona urbana consolidada a outra.

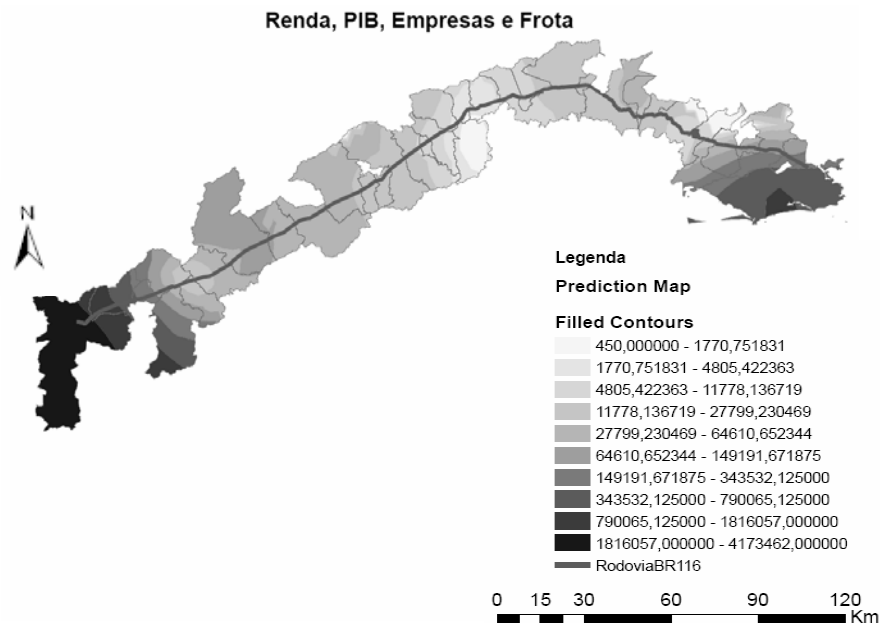


Figura 4: *Overlay* ou sobreposição dos mapas temáticos individuais

Desse prisma, o mapa temático final (**Figura 4**), correspondente ao *overlay* ou à sobreposição dos mapas temáticos individuais, elaborados por meio das variáveis sócio-econômicas estudadas, permite visualizar regiões que apresentam considerável tendência de correlação espacial. E é justamente nas regiões de transição de maior valor de concentração das variáveis sócio-econômicas para as de menor valor de concentração, e nesse sentido de fluxo, que se encontram os locais mais propícios à instalação de praças de pedágio. Ou seja, a acessibilidade aos aspectos hierárquicos de aglomeração urbana e seus interfaceamentos com as variáveis sócio-econômicas estudadas são menos afetados nessas regiões de transição.

Dessa forma, a teoria de Hierarquia Urbana e Aglomerações Urbanas (IBGE, 1999), que transforma a natureza das relações entre cidades e seus *hinterlands*, entre as cidades de mesmo nível e entre os centros urbanos de diferentes categorias, teve sua aplicação expandida. Uma vez que a relação em análise ao longo da faixa rodoviária é, na maior parte, longitudinal, e não apenas concêntrica. Assim, a observação dos municípios cortados por rodovias federais pedagiadas revela a presença de diversas hierarquias de áreas urbanas, que compreendem aglomerações resultantes da expansão de uma cidade central, aglomerações por processo de conurbação, aglomerações de cidades geminadas, aglomerações sem espaço urbanizado contínuo, bem como o desenvolvimento de pequenos pólos industriais ao longo da via.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as etapas do trabalho, desde as manipulações algébricas dos planos de informação aos tratamentos digitais das imagens, contribuíram positivamente para o entendimento das possibilidades e limitações que o geoprocessamento apresenta hoje. A primeira conclusão tirada de todo o processo surgiu já nos momentos iniciais do trabalho: a dificuldade de preparação e adequação dos formatos digitais dos dados fornecidos pelas diversas fontes de informações. Haveria de se ter o domínio do SPRING 4.2, para obtenção e tratamento de imagens de satélite; o conhecimento de diversos *softwares* para processamento das variáveis censitárias sócio-econômicas; a habilidade com o ArcView 9.0, para geração de mapas temáticos e manipulação de banco de dados; e a experiência necessária na utilização de planilhas eletrônicas para o manuseio algébrico e estatístico dos elementos analisados.

Nesse sentido, a implementação de uma rede regional e/ou nacional de informações geográficas padronizadas poderia significar um grande avanço na difusão das técnicas e na simplificação dos modos de operação. Contribuiria, também, para estudos de comparação do comportamento das variáveis estudadas em função do tempo.

Outro ponto que pode ser destacado é a opção da utilização das sedes dos municípios como pontos geradores das amostras (*label points*). Foram alcançados resultados coerentes com as expectativas iniciais. É necessário partir agora para uma série de levantamentos em campo para que se possam identificar possíveis discrepâncias locais. Tais discrepâncias seriam decorrentes da resolução da grade gerada, principalmente, na krigeagem. Seguramente, se os dados estivessem a um nível mais próximo que a nível municipal, como, por exemplo, por setores censitários mais específicos, como bairros e zonas industriais, a precisão poderia ser melhorada substancialmente.

Com relação aos métodos geoestatísticos, mostraram-se bastante eficientes para a interpolação de dados sócio-econômicos, sobretudo os indicadores de Moran Local, onde os erros encontrados pelo aplicativo foram muito baixos. A capacidade de operar planos de informação em formatos numéricos padronizados simplifica e amplia as possibilidades de manipulação de dados dessa natureza em análise espacial. Esse tipo de representação permite o cruzamento e a geração de novas informações mediante operações algébricas.

Futuros estudos podem superar as limitações de *hardware*, realizando-se o tratamento por manchas urbanas, o que, provavelmente, mostrará regiões mais autocorrelacionadas. Nessa linha de pensamento, sugere-se, também, a comparação temporal das imagens de satélite para os períodos antes e pós-concessão da rodovia Presidente Dutra, com a finalidade de apurar a evolução das manchas urbanas dos municípios lindeiros. Atrelado a isso, o estudo do comportamento de variáveis econômicas relacionadas ao setor agropecuário, da indústria, de serviços, da administração pública e de impostos gerados, como, por exemplo, o Imposto sobre Serviço de Qualquer Natureza (ISSQN).

Dessa forma, a obtenção dos polígonos das áreas urbanas, o estudo do comportamento das variáveis econômicas ditas anteriormente e a contextualização do desenvolvimento urbano dos municípios lindeiros e sua interrelação com a rodovia permitirão verificar que a sua concessão, e a conseqüente implantação das praças de pedágio, produzem mudanças na ocupação urbana e variações no crescimento dos municípios lindeiros.

Ademais, a metodologia utilizada representa uma ferramenta auxiliar no processo de tomada de decisão na locação de praças de pedágio e é assaz importante dizer que este artigo deve ser visto como um ponto de partida para contribuições que procurem aprofundar os aspectos técnico-metodológicos aqui sugeridos. Seu uso potencializa-se quando integrado aos estudos compulsórios dos aspectos técnico-operacionais, legais (ambientais, financeiros) e sócio-econômicos; passando-se pelo crivo da discussão da sociedade, atendendo e preservando as necessidades mínimas de acessibilidade das zonas de aglomeração urbanas sob análise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anselin, L. (1994) *Local Indicators of Spatial Association – LISA*. Geographical Analysis.
- Barat, J. (1991) *Transportes e Industrialização no Brasil no período 1885-1985: o caso da indústria siderúrgica*. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército.
- Câmara, G.; Monteiro, A.M.; Fucks, S.D. e Carvalho, M.S. (2002) *Análise Espacial e Geoprocessamento*. In: *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Divisão de Processamento de Imagens – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise>>.
- Davidson, K. B. (1977) *Accessibility in Transport / Land-use Modeling and Assessment*. Environment and Planning A 9(9), pp.1401-1416.
- IBGE, (1999) *Caracterização e Tendências da Rede Urbana do Brasil*. Organizado por IPEA, NESUR (IE-UNICAMP) e IBGE. Campinas, SP, UNICAMP. IE. Coleção Pesquisas, 3.
- IBGE, (2004) *Sistema de Contas Nacionais: Brasil*. Série Relatórios Metodológicos, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Vol. 28. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: Jul. 2006.
- Ingram, D. R. (1971) *The Concept of Accessibility: a search for an operational form*. Regional Studies 5, pp.101-107.
- Jones, S. R. (1981) *Accessibility Measures: a literature review*. Transportation and Road Research Laboratory, Laboratory Report 967.
- Krempi (2004) *Explorando Recursos de Estatística Espacial para Análise da Acessibilidade da Cidade de Bauru*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo, SP, Brasil.
- Lamas, C. (1994) *La Geodemografía y la Investigación de Medios*. IV Seminário de AEDEMO sobre Médios Impresos, Radio e Publicidad Exterior. Bilbao, 12p.
- Novo, E. M. L. (1989) *Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações*. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, SP, Brasil.
- Queiroz, M.P. (2003) *Análise Espacial dos Acidentes de Trânsito do Município de Fortaleza*. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, CE, Brasil.
- Raia JR, A. A. (2000) *Acessibilidade e Mobilidade na Estimativa de um Índice de Potencial de Viagens utilizando Redes Neurais Artificiais e Sistemas de Informações Geográficas*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.
- Sales Filho, L. H. (1996) *O Uso de Indicadores de Acessibilidade na Eficácia de Redes Estruturais de Transporte Urbano*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Tagore, M. R. e Sikdar, P. K. (1995) *A New Accessibility Measure Accounting Mobility Parameters*. In: *Anais do 7º WCTR*, Sidney, Austrália, v. 1, pp. 305-315.

Elisangela Pereira Lopes (elislopesdf@gmail.com)

Marne Leggio Júnior (marnejr@gmail.com)

Pastor Willy Gonzáles Taco (pwgtaco@gmail.com)

Programa de Pós-Graduação em Transportes, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília/UnB.
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Bloco SG-12 – Brasília, DF, Brasil, 70910-900.