

Análise espacial da evolução de manchas urbanas ao longo de rodovias federais concedidas utilizando sensoriamento remoto

Alexandre Henrique Silva¹
Elisangela Pereira Lopes¹
Marne Lieggio Junior¹
Pastor Willy Gonzáles Taco¹

¹Universidade de Brasília – UnB
Programa de Pós-Graduação em Transportes – PPGT
Campus Universitário Darcy Ribeiro – Bloco SG-12 – CEP 70919-970 – Brasília/DF
alexandrehe@gmail.com, elislopesdf@gmail.com, marnejr@hotmail.com,
pwgtaco@gmail.com

Abstract. The goal of this work is to accomplish a multitemporal analysis and evolution of the urban stains in the conceded federal highway Presidente Dutra, in the period comprehended of 1995 up to 2005. The analysis object is related to urban development along the highways and the densification produced around of the toll squares. For such, are used satellite images from São Paulo - Rio de Janeiro axis, LANDSAT 5 TM (1995) and CBERS/CCD (2005). The results allow to verify that the highway concession and the toll squares consequent implantation produced changes in the urban occupation and variations in the municipal districts growth near to the highway. The process of developed analysis it constitutes in a tool assist in monitoring the evolution of the urban stains and in the proposition of decision urban development and outlet public policies of the local and federal institutions.

Palavras-chave: regional development, urban planning, remote sensing, highways, temporal analysis, desenvolvimento regional, planejamento urbano, sensoriamento remoto, rodovias, análise temporal.

1. Introdução

Na década de 80 e 90, a acentuada escassez de recursos públicos, agravada pela necessidade de vultosos investimentos na malha rodoviária, provocou um processo de deteriorização gradativo e sistemático das rodovias brasileiras (SCHMAITZ, 2001). Para reverter essa situação e permitir melhorias no sistema, a União e alguns Estados (entre eles São Paulo) iniciaram programas de concessões das rodovias federais, regulamentado pela Lei nº. 8.978, de 13 de fevereiro de 1995.

Segundo a Associação Brasileira de Concessionárias Rodoviárias – ABCR (2005), atualmente, o Programa Brasileiro de Concessão de Rodovias é executado por 36 concessionárias, sendo 6 federais, 29 estaduais e 1 municipal. Nelas encontram-se em funcionamento 169 praças de pedágios instaladas nos estados de: São Paulo (86), Rio Grande do Sul (35), Paraná (26), Rio de Janeiro (16), Minas Gerais (3), Espírito Santo (2) e Bahia (1). As rodovias concedidas equivalem a cerca de 6,1% da malha rodoviária nacional pavimentada, por onde circularam 613 milhões de veículos em 2005 (447 milhões leves e 166 milhões pesados).

Neste estudo, contempla-se o caso da Rodovia Presidente Dutra, mais conhecida por Via Dutra. Inaugurada em 19 de janeiro de 1951, a BR-116 é uma das mais importantes rodovias do País, responsável pela principal ligação rodoviária das duas maiores regiões metropolitanas: Rio de Janeiro e São Paulo.

Tal rodovia com 402,4 km atravessa os centros industriais dos dois Estados, abrangendo uma região altamente desenvolvida, que responde por cerca de 50% do PIB brasileiro (ABCR, 2006), dentre as quais se destacam: Barra Mansa, Volta Redonda e Resende, no Rio

de Janeiro; e Guaratinguetá, Taubaté, São José dos Campos e Jacareí, em São Paulo. É necessário chamar a atenção para as regiões metropolitanas nas proximidades das duas capitais, onde grandes indústrias se instalaram nas suas margens originando centros geradores e atratores de tráfego inter e intra-regional.

O artigo tem como objetivo realizar uma análise multitemporal da evolução das manchas urbanas na rodovia federal concedida Presidente Dutra. A análise compreende o período anterior à concessão e dez anos decorridos (1995 e 2005). O objeto de análise está relacionado ao desenvolvimento urbano ao longo das rodovias e o adensamento produzido em torno das praças de pedágio. Para tal são utilizadas imagens de satélite do eixo São Paulo - Rio de Janeiro, LANDSAT 5 TM (1995) e CBERS/CCD (2005). Os resultados permitem verificar que a concessão da rodovia e a conseqüente implantação das praças de pedágio produziram mudanças na ocupação urbana e variações no crescimento dos municípios limítrofes. O processo de análise desenvolvido constitui-se numa ferramenta auxiliar no monitoramento da evolução das manchas urbanas e na proposição de políticas públicas de desenvolvimento urbano e tomada de decisão tanto dos entes locais como federais.

Para tal, o presente trabalho está estruturado da seguinte forma: na seção 2, são apresentados os aspectos das rodovias concedidas, praças de pedágio e sensoriamento remoto; na parte 3, discorre-se a metodologia empregada; na parte 4, exposto o estudo de caso da rodovia Presidente Dutra; no tomo 5, Conclusões e Considerações Finais; e, finalmente, no item 6, as Referências Bibliográficas.

2. Rodovias concedidas, praças de pedágio e sensoriamento remoto

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. 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, zonas de aglomeração urbana, e que são caracterizadas pela interdependência entre os centros metropolitanos, submetropolitanos e regionais (BARAT, 1991).

A concessão de rodovias envolve a instalação de praças de arrecadação de pedágio, localizadas como resultado de um arranjo de fatores que levam em consideração aspectos técnicos, econômico-financeiros e políticos. Importa aqui destacar os aspectos políticos, posto que esses apresentam considerável caráter de subjetividade.

De acordo com Giustina *et al* (2003), dois princípios norteiam os aspectos políticos inerentes à localização das praças de pedágio: o princípio da modicidade tarifária e o princípio equidade. Pelo primeiro, tem-se que a praça de pedágio deve estar localizada de sorte a propiciar uma tarifa média de pedágio mínima e necessária para garantir o equilíbrio econômico financeiro da prestadora do serviço (concessionária), dada a qualidade do serviço prestado.

Por sua vez, pelo princípio da equidade tem-se a noção de que usuários iguais devem pagar o mesmo valor pela mesma quantidade de serviço consumido. Adicionalmente, o valor que cada usuário paga deve ser proporcional à quantidade de serviço consumida.

Como observado, na localização das praças de pedágio, maior ênfase é dada a maximização tanto da modicidade quanto da equidade. Escassez de estudos pouco relata as influências da implantação de praças de pedágio ao longo de rodovias federais concessionadas nas zonas de aglomeração urbana.

Para o caso da rodovia Presidente Dutra, cuja concessão, iniciada em março de 1996, obedeceu aos requisitos aludidos, citam-se as seguintes Praças de Pedágio instaladas, conforme a **Tabela 1** abaixo.

Tabela 1 – Identificação das Praças de Pedágio na Rodovia Presidente Dutra

Nome da Praça	Município	UF	Localização	Sentido Cobrança
Viúva Graça	Seropédica	RJ	km 207,1	Bidirecional
Itatiaia	Itatiaia	RJ	km 318,7	Bidirecional
Moreira César	Pindamonhangaba	SP	km 86,9	Bidirecional
Jacareí	Jacareí	SP	km 165,2	Bidirecional
Parateí Sul	Guararema	SP	km 180,2	Unidirecional Sentido RJ-SP
Parateí Norte	Arujá	SP	km 204,5	Unidirecional Sentido SP-RJ

Conforme observado na Tabela 1, ao longo dos 402 km de rodovia concedida, existem quatro praças bidirecionais e duas unidirecionais, sendo que em maior proporção encontram-se localizadas no estado de São Paulo. Devido a extensão da rodovia, e dos conglomerados urbanos ao longo dela, faz-se necessário a utilização da técnica de sensoriamento remoto. Essa técnica se destinará à percepção da variação nas manchas urbanas dos diversos municípios cortados pela rodovia Presidente Dutra e verificação do crescimento ao longo deste eixo. Serão tratadas imagens obtidas dos sensores LANDSAT 5 TM, para o período anterior ao pedagiamento da rodovia, 1995, e CBERS/CCD, para o período após decorrida uma década de concessão, 2005. A utilização desses sensores se deve à facilidade de obtenção de suas imagens e suas alta resolução espectral e espacial, compatíveis com o tipo de estudo a ser realizado, tendo em vista que a área a ser estudada compreende uma faixa mapeada em escala regional.

Para análise multitemporal das áreas estudadas, faz-se necessário o uso da análise espacial, ampliando consideravelmente a capacidade de compreensão dos padrões espaciais associados aos dados de área, especialmente quando se tratam de evidenciamento das transformações locais e regionais. Conforme indicado por Câmara *et al* (2002), a análise espacial é definida como o estudo, a exploração e a modelagem de processos que se expressam através de uma distribuição no espaço. O propósito da Análise Espacial é mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo.

3. Metodologia

Consistiram pontos metodológicos principais para a obtenção do produto final os seguintes itens: i) obtenção das cenas CBERS/CCD e LANDSAT 5 TM; ii) tratamento das imagens no Software ENVI 4.0; iii) obtenção dos mapas temáticos referentes aos períodos de estudo no ArcGis 8.3; iv) identificação das variações das manchas urbanas; e v) análise multitemporal. A **Figura 1** mostra o esquema metodológico empregado.

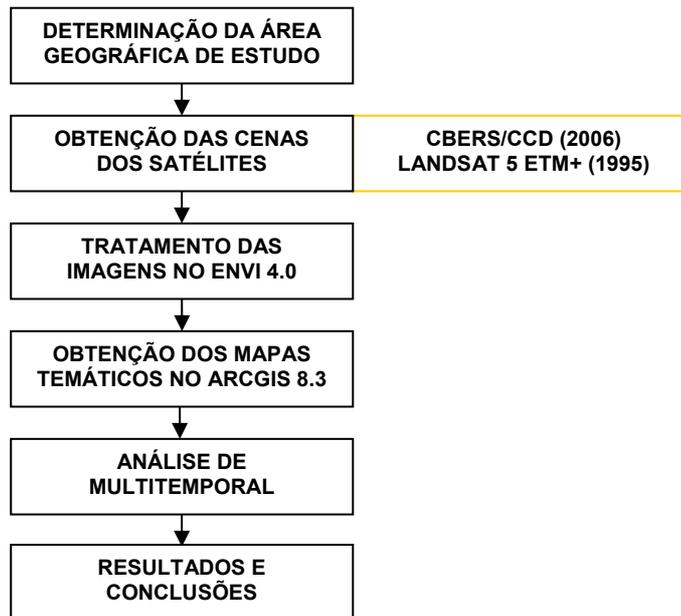


Figura 1 – Esquema metodológico empregado.

4. Estudo de caso da Rodovia Presidente Dutra

Para a análise multitemporal, foram utilizadas imagens relativas aos anos de 1995 e 2005, provenientes dos satélites Landsat 5 TM e CBERS 2, respectivamente, obtidas junto à Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

4.1 Área de estudo

A área de estudo compreende a região entre as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro e os municípios cortados ou lindeiros à rodovia Presidente Dutra que liga estas duas cidades.

4.1.1 Realce das imagens

Foram utilizadas as técnicas de **ampliação de contraste** e **composição colorida** para as bandas 2, 3 e 4 de ambos satélites. Na ampliação de contraste, os intervalos originais de níveis de cinza das cenas foram ampliados para toda a escala. E na composição colorida, foram escolhidos as melhores composições RGBs às bandas espectrais em estudo, quais sejam 4, 3 e 2, respectivamente.

4.1.2 Classificação

Foi feita a classificação manual das manchas urbanas, com a utilização do *software* ArcView 8.3, mediante a delimitação das feições dos municípios e respectivos cálculos das áreas.

4.1.3 Obtenção dos polígonos das áreas urbanas

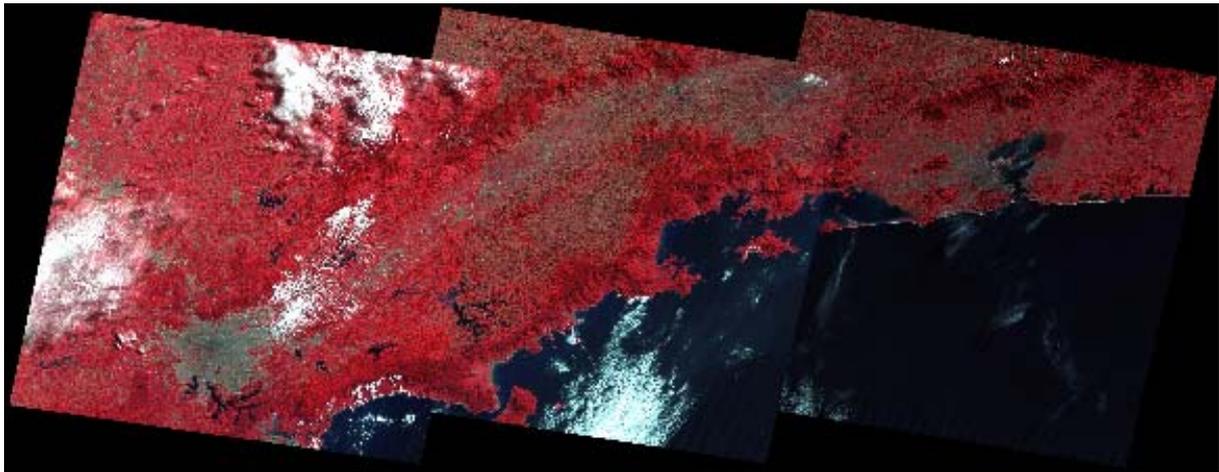


Figura 2 – Área de Estudo.



Imagem obtida pela composição das bandas 432 RGB – Landsat5 TM - 1995



Imagem obtida pela composição das bandas 432 RGB – CBERS2 CCD - 2005

Figura 3 – Evolução da mancha urbana, município de Itatiaia.

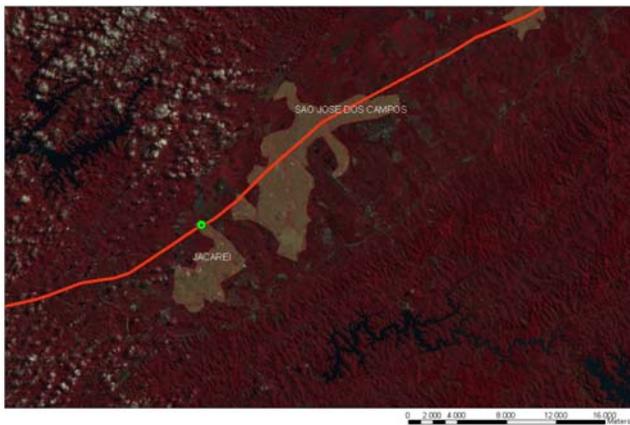


Imagem obtida pela composição das bandas 432 RGB – Landsat5 TM - 1995

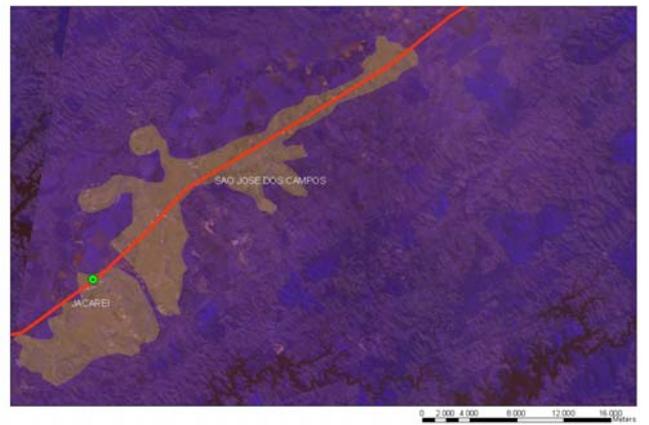


Imagem obtida pela composição das bandas 432 RGB – CBERS2 CCD - 2005

Figura 4 – Evolução da mancha urbana, municípios de Jacareí e São José dos Campos.

4.1.4 Análise dos resultados

Mediante da análise das imagens obtidas foi verificado um crescimento expressivo nos municípios identificados, **Figuras 3 e 4**, como pode ser verificado na **Tabela 2** abaixo.

Tabela 2 – Incrementos percentuais nas manchas dos municípios estudados em relação a 1995

Município	Incremento Percentual (%)
Jacareí	68,49
São José dos Campos	51,44
Itatiaia	63,27

5. Conclusões e considerações finais

Conclui-se que de fato poderá ter havido um incremento nas manchas urbanas dos municípios cortados pela rodovia Presidente Dutra em função da sua concessão. Dada a limitação dos recursos de imageamento por satélite disponíveis para o trabalho e outros fatores sócio-econômicos não ligados ao advento da concessão, se fazem necessários futuros estudos que possam superar as limitações de *hardware*, realizando-se o tratamento espacial estatístico para as manchas urbanas, o que, provavelmente, mostrará regiões mais autocorrelacionadas.

A metodologia utilizada, que representa uma ferramenta auxiliar no exame da evolução das manchas urbanas ao longo de eixos rodoviários federais concedidos não pode ser considerada como suficiente, uma vez que, primariamente, existem dispositivos legais a serem atendidos ao crescimento urbano, tais como estudos prévios acerca de impactos ambientais e financeiros para as zonas de aglomeração urbana, assim como os estudos concernentes às características técnico-operacionais da via (geometria, planialtimetria etc.).

Solução ótima, portanto, adviria da interseção da harmonia dos aspectos técnico-operacionais, legais (ambientais, financeiros) e sócio-econômicos. O resultado, então, teria passado por discussões sistêmicas, estando apto a atender e preservar as necessidades mínimas de acessibilidade das zonas de aglomeração urbanas consideradas.

6. Referências bibliográficas

Associação Brasileira de Concessionária de Rodovias (ABCR). **Relatório Anual 2005: uma década de Concessões de Rodovias no Brasil**. São Paulo-SP, 2006, 58p.

_____. Disponível em <<http://www.abcr.org.br>>. Acesso em 03 nov. 2006.

BARAT, J. **Transportes e Industrialização no Brasil no período 1885-1985: o caso da indústria siderúrgica**. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1991. 136p.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.; FUCKS, S. D.; 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. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise>>.

GIUSTINA, C. D.; GUZEN, E. R.; FACCHINI, D.; CYBIS, H. B. B. **Sobre a Alocação das Praças de Pedágio**. In: Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas; Laboratório de Sistemas de Transportes – Associação Brasileira de Concessões de Rodovias. (Org.). *Experiência Brasileira na Concessão de Rodovias*, 2003.

SCHMITZ, R. **Uma Contribuição Metodológica para a Avaliação da Tarifa de Pedágio em Rodovias**. Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação Engenharia de Produção e Sistemas, Florianópolis, Santa Catarina, 2001.