

Análise espaço-temporal dos impactos relacionados a empreendimentos geradores de viagens utilizando Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas

Érika Cristine Kneib^{1,2}
Paulo César Marques da Silva²
Ítalo Marques Filizola²
Pastor Willy Gonzales-Taco¹
Yaeko Yamashita^{1,2}

¹Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes - CEFTRU
Universidade de Brasília - Caixa Postal 04516
CEP 70919-970 Brasília-DF
erikakneib@terra.com.br; pastor@ceftru.unb.br

²Mestrado em Transportes – MT
Universidade de Brasília UnB – Anexo SG-12 - 1º Andar
Campus Universitário Darcy Ribeiro – Asa Norte
CEP 70910-900 Brasília – DF
{filizola, pcmsilva, yaeko}@unb.br

ABSTRACT

This paper presents a spatial-temporal methodology for identification of changes in land use, occupation and valorization, caused by trip generators developments, utilizing as tools Remote Sensing (RS) and Geographic Information System (GIS). The focus is to show the potential from these technologies for generate scenarios before and after development implantation, identifying and comparing impacts due to development existence, supporting decision-making about land management. Through the use of spatial and temporal elements, the integration between RS and GIS provides flexibility and facilities when identify occurred changes. A Goiânia's Shopping Center case study is presented in order to verify the viability of developed methodology.

Palavras-chave: geographic information system, remote sensing, trip generating developments, sistemas de informação geográfica, sensoriamento remoto, empreendimentos geradores de viagens.

1. Introdução

No Brasil a partir de 1980 identifica-se um acentuado crescimento do número de empreendimentos de grande porte, construídos para comportar uma grande diversidade de atividades e serviços. Esses empreendimentos atraem um grande número de usuários e conseqüentemente de viagens, gerando mudanças no ambiente urbano. Assim, no Brasil, foram elaborados diversos estudos que denominam tais empreendimentos como pólos geradores de tráfego, enfocando-se os impactos causados por tais empreendimentos no sistema viário e de transportes. Todavia, os impactos relacionados a tais empreendimentos apresentam-se de maneira bastante ampla no ambiente urbano, alterando principalmente os padrões, ocupações e valorização do solo, sobretudo na área de influência do empreendimento (Kneib, 2004). O mapeamento, identificação e posterior análise dessas alterações são de extrema relevância para o planejamento urbano e de transportes, podendo subsidiar os órgãos gestores no processo de tomada de decisão sobre a gestão do território.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho é apresentar uma proposta metodológica que analisa elementos espaciais e temporais para identificação das alterações nos padrões de uso, ocupação e valorização relacionada a empreendimentos geradores de viagens. Metodologicamente, procura-se atender a quesitos tais como: facilidade de implementação, economia, exploração das características espaciais e temporais, flexibilidade e simplicidade para elaboração e análise de situações. Para a avaliação espaço-temporal, utiliza-se como

ferramenta as tecnologias de Sensoriamento Remoto (SR) e Sistema de Informações Geográficas (SIG). Utilizando as tecnologias de SR e SIG uma proposta metodológica é apresentada baseada nos conceitos de empreendimentos geradores de viagens e fatores de alteração da estrutura urbana. A viabilidade da metodologia proposta é verificada por meio de um estudo de caso do Goiânia Shopping Center na cidade de Goiânia.

2. Fatores de Alteração da Estrutura Urbana

Uma discussão sobre alteração da estrutura urbana baseada em fatores locais e econômicos são apresentadas a seguir:

2.1 Fatores Locacionais

Através da utilização dos fatores locais, inicialmente aplicados para analisar os impactos gerados pelas indústrias (Ferrari, 1979), é possível explicar o processo de alteração do uso e ocupação do solo nas áreas próximas aos empreendimentos geradores de viagens. Os fatores locais são forças de atração ou repulsão que contribuem para determinar a localização mais econômica das atividades produtivas ou para concentrar ou dispersar a atividade dentro do espaço físico-territorial. Toda localização das atividades econômicas tem por objetivo maximizar lucros e minimizar custos de produção. Nesses fatores, as atividades tendem a aglomerar-se em atendimento às economias de escala, de localização e de urbanização, em busca do mercado consumidor e das melhorias urbanas advindas da implantação do empreendimento gerador de viagens.

2.2 Fatores econômicos

Ferrari (1979) atribui os valores do solo urbano a três elementos principais: *i*) aos custos de urbanização, que compreende as despesas públicas ou privadas utilizadas para a implantação de serviços públicos de infra-estrutura; *ii*) a maior ou menor acessibilidade às atividades; e, *iii*) à renda do terreno, incluindo a perspectiva de valorização da área.

Dentro dos valores locais, a Planta Genérica de Valores (PGV) é um instrumento de responsabilidade das prefeituras municipais que serve de base para cálculo dos impostos que incidem sobre a propriedade urbana. Uma das etapas para elaboração de uma PGV consiste na *plotagem dos pólos de valorização*, representados por pontos ou linhas, a partir dos quais a distribuição de valor dentro do perímetro urbano se faz de forma decrescente. Destaca-se como exemplo de pólo de valorização os centros comerciais (Brondino, 1999). Neste contexto é possível destacar que um empreendimento gerador de viagens, ao favorecer o acesso a suas atividades, se inserido em um local provido de infra-estrutura adequada, pode ser considerado um *pólo de valorização*. Tendendo dessa forma a elevar o preço das áreas na sua proximidade, influenciando inclusive os valores da PGV.

3. Empreendimentos Geradores de Viagens

São diversos os estudos que denominam empreendimentos geradores de viagens como Pólos Geradores de Tráfego (PGTs). Segundo a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET, 1983), consideram-se PGTs empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação em seu entorno imediato podendo prejudicar a acessibilidade de toda uma região, ou agravar condições de segurança de veículos e pedestres. Tal conceito é similar ao apresentado pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 2001). Outro conceito relevante é o apresentado por Portugal e Goldner (2003), onde são considerados PGTs, os locais ou instalações de distintas naturezas que desenvolvem atividades de porte e escala capazes de

produzir um contingente significativo de viagens.

3.1 Impactos causados por PGTs

Os conceitos de PGTs enfocam os impactos causados no sistema viário e de circulação. Todavia, tais impactos refletem-se de maneira mais ampla no ambiente urbano, com destaque para alterações no uso e ocupação do solo. Silveira (1991) descreve que os impactos provenientes desses empreendimentos também ocorrem nas condições do meio ambiente, características histórico-culturais e organização do espaço urbano. E como apresentado por Kneib (2004) a implantação de um empreendimento gerador de viagens está fortemente relacionada a alterações nos padrões de uso, ocupação e valorização do solo urbano, podendo alterar significativamente os padrões de viagens da área influenciada pelo empreendimento.

4. Integração entre Sensoriamento Remoto (SR) e Sistema de Informações Geográficas (SIG) para o planejamento urbano e de transportes

Segundo Souza (1994), o SR é o conjunto de técnicas para a obtenção e registro de informações por meio de sensores de energia eletromagnética que não entram em contato direto com o objeto, área ou fenômeno estudado, somado a interpretação para a transformação em informação. Esta informação gerada através de técnicas de SR, pode ser utilizada para alimentar bancos de dados, como os de SIG, por exemplo. Por sua vez, o SIG constitui-se como uma ferramenta para análise espacial, fornecendo ao planejador da área de transportes, várias possibilidades como ordenação, visualização e análise quantitativa dos dados, bem como a identificação de padrões e tendências, facilitando a compreensão da distribuição espacial do fenômeno em análise, permitindo a estimativa de valores futuros (Teixeira, 2003). As fotografias aéreas ou fotos de satélites são imagens que registram uma situação do espaço físico em um determinado instante. Uma série de imagens da mesma região em intervalos de tempo regulares permite que as transformações ocorridas possam ser identificadas, monitoradas e estudadas. Assim, a análise das imagens pode permitir a obtenção quantitativa e qualitativa de dados como, por exemplo, das condições de uso e ocupação de solo, ou da quantidade de terrenos ocupados ou vazios. Adicionalmente podem ser deduzidas informações sobre características temporais de ocupação, e serem determinados os padrões das características de desenvolvimento urbano (Star *et al.*, 1997).

Conforme Taco *et al.* (2000) a integração entre o SIG e o SR proporciona ao planejador obter uma base de dados com custos relativamente baixos, gerando uma série de informações fundamentais para o processo de planejamento urbano e de transportes. Embora existam aplicações de uso do SIG e o SR em transportes, relacionadas com modelos de geração de viagens para áreas urbanas, planejamento de ciclovias, localização de terminais de carga postal, e avaliação locacional de paradas de ônibus, ainda não foi aplicada esta integração na avaliação de impactos relacionados a empreendimentos geradores de viagens. Neste contexto, o SR constitui uma ferramenta fundamental para gerar informações sobre a área urbana, e a sua integração com o SIG uma ferramenta potencial para a análise das alterações no ambiente urbano.

5. Metodologia para análise espaço-temporal dos impactos relacionados a empreendimentos geradores de viagens

A Metodologia proposta está fundamentada sobre dados correlacionados do espaço-tempo, utilizando-se de uma aplicação do SIG e SR, pouco exploradas no campo do planejamento de transportes com enfoque em impactos relacionados a empreendimentos geradores de viagens. A estrutura da metodologia proposta é apresentada na Figura 1, descritas a seguir:

5.1 Etapas da metodologia

(a) *identificação da área de estudo e definição das variáveis*: definindo-se geralmente como área de estudo a área de influência do empreendimento, podendo ser adotados os parâmetros definidos pela CET (1983); e quanto às variáveis, estas devem ser relevantes para o embasamento da análise, como valores do solo, padrão de ocupação e atividades.

(b) *mapa digital* da região estudada: esse mapa ou base, em formato vetorial, deve conter minimamente o desenho do sistema viário e disposição de quadras e lotes, devendo estar georeferenciado, para permitir, quando inserido em um SIG, o relacionamento espacial das variáveis a serem estudadas.

(c) *coleta dos dados*: coletar dados que potencialmente podem gerar informações importantes para a análise das alterações no ambiente urbano. A principal proposta é a obtenção dos dados por meio de SR (fotos aéreas ou fotos de satélite), além das fontes mais tradicionais, como documentos e estatísticas oficiais.

(d) *integração do SR ao SIG*: através do uso de imagens *raster* conjugadas a imagens vetoriais são usados para gerar informações, principalmente para a elaboração das situações anteriores à implantação do empreendimento e avaliação espaço-temporal das variáveis que influenciam no uso e ocupação do solo.

(e) *inserção dos demais dados na plataforma SIG*: incluindo-se dados coletados junto a órgãos competentes, administradores do empreendimento e legislação urbana. Uma das características da plataforma é a apresentação dos dados em multicamadas, fazendo-as visíveis ou não, de acordo com as necessidades de análise, gerando mapas temáticos.

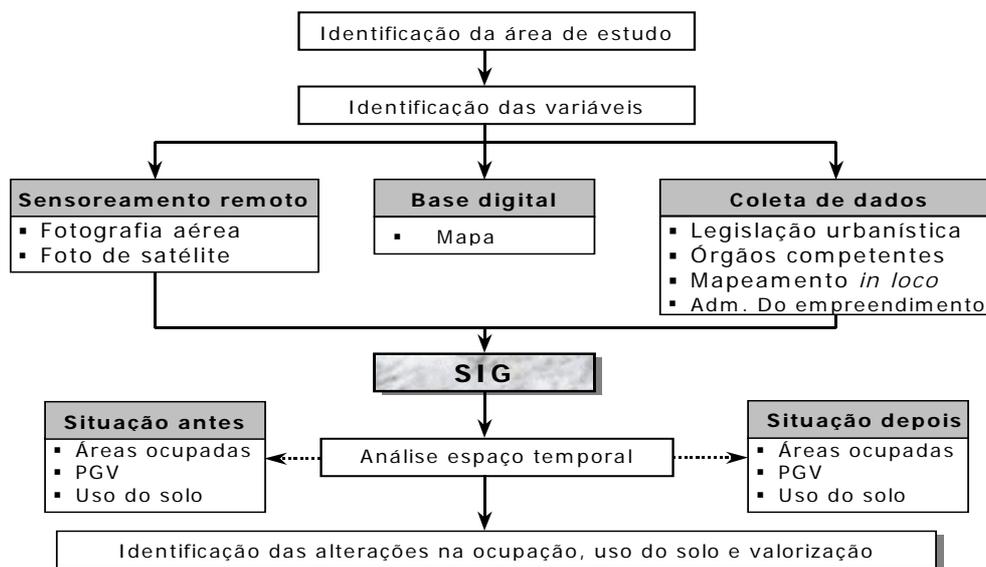


Figura 1: Estrutura da metodologia proposta

(f) *análise espaço-temporal*: baseados em ferramentas de estatística espacial, além de outras técnicas estatísticas possibilitam a ordenação, visualização, análise quantitativa e identificação de padrões e tendências.

(g) *elaboração das situações*: através da comparação das situações anteriores e posteriores à implantação do empreendimento determina-se as alterações ocorridas na área de influência do empreendimento.

(h) *avaliação das situações para determinação dos impactos*: através da visualização, análise, identificação de padrões, agrupamentos e tendências, tornando perceptíveis os impactos decorrentes da implementação do empreendimento.

6. Estudo de Caso

A seguir apresenta-se o estudo de caso realizado no município de Goiânia, capital do estado de Goiás, no empreendimento Goiânia Shopping localizado na esquina das Avenidas T-10 e T-15, no Setor Bueno (Figura 2). Em frente ao empreendimento localiza-se o Parque Vaca Brava, cuja urbanização foi realizada pelo próprio *shopping*, decorrente de uma medida compensatória para sua implantação. O shopping possui 46.297,86 m² de área construída, 1024 vagas de estacionamento, atrai uma média de 100.000 veículos/mês e 350.000 pessoas/mês (Goiânia Shopping, 2004).

6.1 Contexto urbano e econômico

O município de Goiânia possui 1.093.007 habitantes, sendo que 99% deste total é de população urbana (IBGE, 2000). O estudo de caso localiza-se no bairro Setor Bueno, e conforme apresentado na Tabela 1, o percentual de domicílios com renda superior a 20 salários mínimos passou de 19% em 1990 para 34% em 2000. Observa-se ainda que o total de domicílios no bairro subiu de 6.685, em 1990, para 9.352, em 2000.

Tabela 1: Renda e número de domicílios no setor Bueno em salários mínimos

Ano	Total domicílios	% do total de domicílios c/ renda até 5 s.m.	% do total de domicílios c/ renda entre 5 e 20 s.m.	% do total de domicílios c/ renda +20 s.m.	% sem rendimento
1990	6.685	26	51	19	4
2000	9.352	15	47	34	4

Fonte: Prefeitura Municipal de Goiânia (2004)

6.2 Aplicação da metodologia proposta ao Goiânia Shopping

(a) *identificação da área de estudo e definição das variáveis*: como área de influência, para análise detalhada e coleta de dados, optou-se pela área delimitada por um polígono formado por vias principais e inserida na *isóclota* de 500 metros, uma vez que segundo Ferrari (1979) vias principais podem constituir barreiras à expansão urbana. As vias em questão são: Avenidas T-63, T-9, T-1, T-4, C-233 (Figura 2). Optou-se por dois estudos específicos: *valorização e alteração da ocupação* da área influenciada pelo empreendimento, para os quais foram utilizadas as seguintes variáveis: ocupação do solo (ocupado ou não ocupado); tipo de atividade (comércio, ensino, lazer, residencial, serviço); e valorização, com base nos valores PGV (valor venal por m² de terreno).

(b) *mapa digital* da região estudada: foi utilizado o Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia (MUBDG, 2004) contendo feições do sistema viário, divisão das quadras e dos lotes.

(c) *coleta dos dados*: foram coletados dados relativos aos valores da PGV, de 1995 (época anterior à operação do empreendimento) e de 2004; fotos aéreas da região de estudo do ano de 1992 em escala 1:8.000. Dada a indisponibilidade de fotografia aérea ou de satélite de 2004, foi realizado o mapeamento da ocupação da área de estudo através de visita *in loco*.

(d) *integração do SR ao SIG*: com a sobreposição da base vetorial à fotografia aérea (imagem *raster*), foi possível a elaboração da situação de ocupação da área anteriormente à implantação do empreendimento (Figura 2).

(e) *inserção dos demais dados na plataforma SIG*, adicionando os dados relativos ao mapeamento *in loco* e os valores da PGV, gerando-se situações anteriores e posteriores à implantação do empreendimento relativas à valorização e à ocupação (Figuras 2, 3 e 4).

(f) *análise espaço-temporal* dos dados relativos a área de estudo (espaço), e a dois períodos distintos, anterior (1992 e 1995) e posterior (2004) à implantação do Shopping (temporal), parte-se para a elaboração das situações.

(g) *elaboração de situações* focando as alterações no uso, ocupação e valorização do solona área de influência do empreendimento. Gerando-se situações relativas a: Ocupação em

1992, Ocupação e uso em 2004 e gradiente de valorização de 1995 a 2004 (Figura 2, 3, e 4).

(h) *avaliação das situações para determinação dos impactos*, comparando as situações anterior e posterior à implantação do empreendimento, possibilitando a visualização, análise e identificação de tendências de ocupação e valorização.

6.3 Avaliação das situações para determinação dos impactos

A Figura 2 ilustra a situação da ocupação da área em 1992, incluindo as vias que delimitam a área de estudo, a isócora de 500 metros e as áreas futuras de implantação do *shopping* e Parque Vaca Brava, com urbanização decorrente da implantação do *shopping*. Esta situação, obtida utilizando-se o SR e SIG de forma integrada, sobrepondo-se a base vetorial à foto aérea de 1992, permite a análise da ocupação da área (espaço) no período anterior à implantação do *shopping* (temporal). Quanto à ocupação na área limreira, observa-se que apenas 58% dos lotes possuem construções, constatando-se uma baixa ocupação da área.

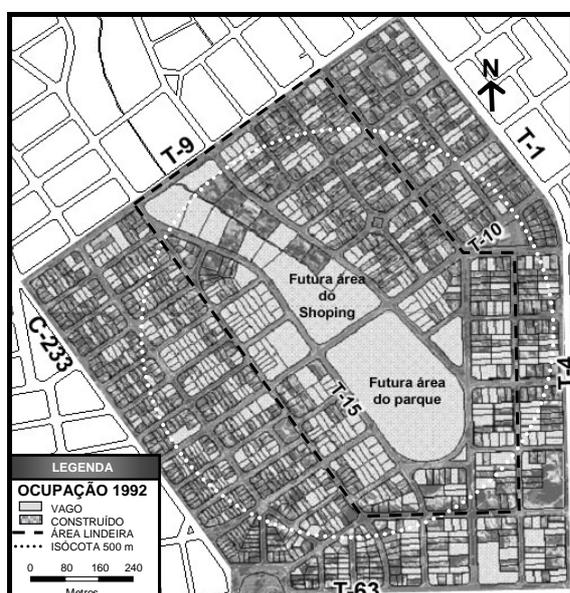


Figura 2: Ocupação da área em 1992

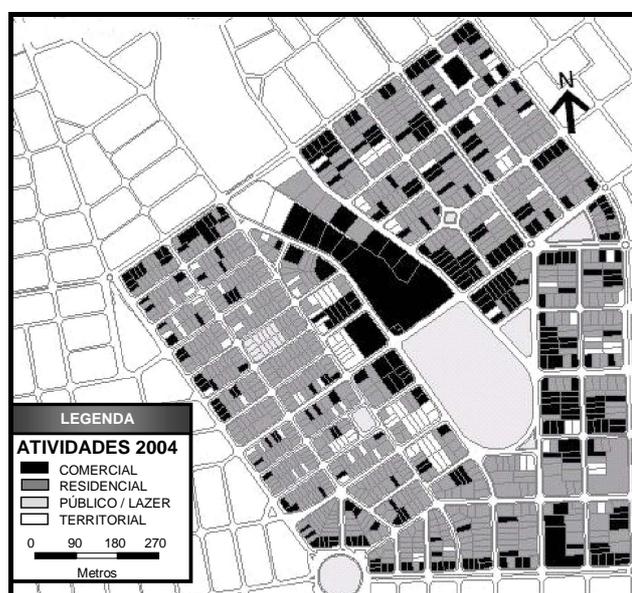


Figura 3: Ocupação e atividades em 2004

A Figura 3 apresenta a situação posterior à implantação do empreendimento, em 2004, elaborada a partir de mapeamento *in loco* das atividades existentes, dada a indisponibilidade de imagem *raster* para este período, com posterior inserção dos dados no SIG. Pode-se obter com isso, os padrões de ocupação e uso do solo (espaço) no período contemporâneo, em 2004 (temporal). Observa-se na área limreira que 86% dos lotes encontram-se ocupados e ainda que abrigam atividades relacionadas ao *shopping*, com predominância de comércios e serviços.

Comparando-se as duas situações, mesmo com um número restrito de variáveis, constata-se que antes da implantação do empreendimento (situação de 1992), predominavam lotes vagos limreiros às áreas que viriam a abrigar o *shopping* e o parque. Posterior à implantação do empreendimento (situação de 2004), observa-se uma situação oposta: nos lotes próximos e limreiros às áreas do *shopping* e do parque predominam os lotes edificadas abrigando atividades relacionadas ao empreendimento. Essas alterações são relevantes para o planejamento de transportes, uma vez que áreas com o predomínio de atividades comerciais e de serviços podem levar a uma mudança nos padrões de viagens geradas, além daquelas geradas exclusivamente pelo *shopping*.

Para elaborar a situação da Figura 4, inicialmente foi calculada a taxa de valorização da área de estudo dividindo os valores da PVG de 2004 pela PGV de 1995. A partir destes valores foram geradas as curvas de taxa de valorização que permitiram obter a superfície dos

gradientes de valorização, utilizando o *software TransCAD 3.61*. As curvas de valorização delimitam hierarquias de valorização, conforme indicam os valores sobre as curvas, onde 7,5 corresponde ao maior valor, encontrado nas áreas do *shopping* e do parque, seu entorno e áreas lindeiras às vias principais de acesso ao *shopping* (T-10 e T-15). Identifica-se o menor valor, dois, nas áreas afastadas dos empreendimentos, observando que os valores decrescem do centro para a borda, na medida em que se afastam dos empreendimentos. As maiores inclinações na superfície, representadas por gradientes de cores escuras, indicam grandes diferenças de valorização em áreas próximas.

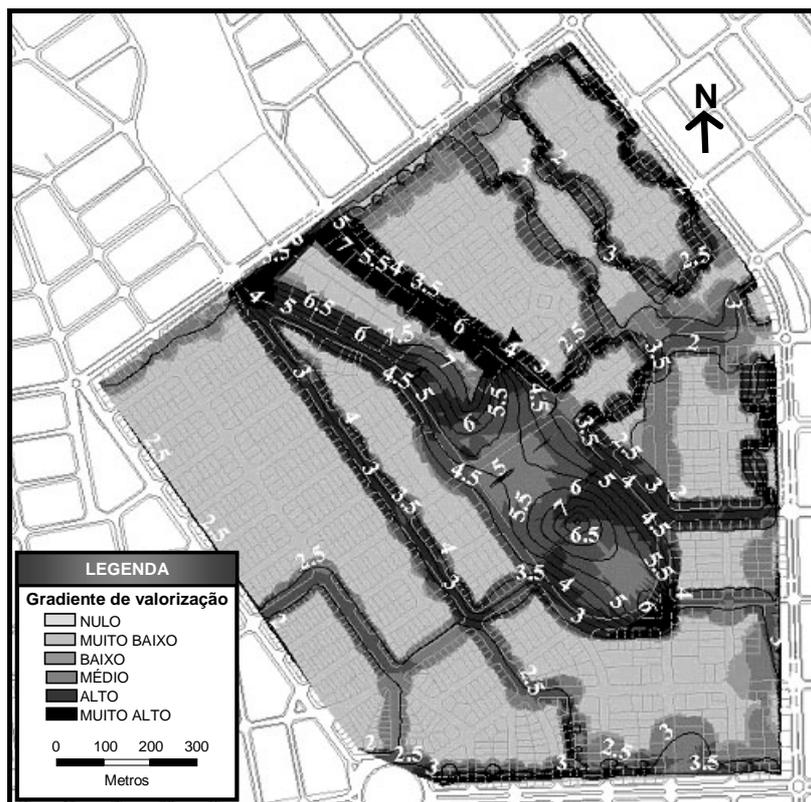


Figura 4: Gradiente de valorização no período 1995 a 2004

De acordo com o Instituto Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA, 2004), o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) acumulado no período 1995-2004 foi de 61 %, ou seja, os preços do período aumentaram 1,61 vezes. Tomando este índice como base e comparando-o com a taxa de valorização dos terrenos, constata-se que toda a área apresentou uma valorização real no período estudado, sendo que as áreas lindeiras ao *shopping* e ao parque apresentaram as maiores valorizações, de 3 a 7 vezes (Figura 4). Observam-se ainda corredores de valorização paralelos ao empreendimento, formados pelas vias de acesso, constituindo uma área de influência de valorização que tenderá a atrair construções, atividades e conseqüentemente passará a ser mais utilizada pelo tráfego. Para o planejador, essa informação pode ser utilizada para direcionar políticas de uso do solo e de transportes, com conseqüente controle da geração de viagens na área.

7. Considerações Finais

Através da aplicação da metodologia proposta, foi possível a elaboração de cenários e a comparação da estrutura urbana nos períodos anterior e posterior à implantação do empreendimento, portanto a metodologia proposta é viável. Constitui-se numa experiência

pioneira na utilização da ferramenta SIG e SR para este caso específico. Com a utilização do SR para a elaboração da situação anterior e do SIG para a situação posterior à implantação do empreendimento, foi possível a identificação dos impactos, ainda que os dados utilizados não abrangessem um grande número de variáveis, confirmando a economia, flexibilidade e facilidade de aplicação da metodologia. O estudo confirmou ainda que o SR constitui uma ferramenta fundamental para gerar informações sobre a área urbana, e a sua integração ao SIG uma ferramenta potencial para a análise das alterações no ambiente urbano.

Sobre as alterações no ambiente urbano, relacionadas aos empreendimentos geradores de viagens, ressalta-se que a comparação entre as situações geradas permitiu identificar que a maioria das atividades relacionadas a comércios e serviços se desenvolveram na área próxima ao empreendimento, confirmando a teoria dos fatores locais; sendo possível identificar também que as maiores taxas de valorização localizaram-se também nas áreas próximas ao empreendimento e nas vias de acesso a este. Ou seja, a integração entre o SIG e o SR permitiu, em um caso concreto, gerar informações sobre alterações no ambiente urbano, que podem contribuir para o processo de planejamento urbano e de transportes, podendo ainda subsidiar órgãos gestores no processo de tomada de decisão sobre a gestão do território.

Referências

- Brondino, N. C. M. (1999) Estudo da Influência da Acessibilidade no Valor de Lotes Urbanos Através do Uso de Redes Neurais. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Caliper Corporation (2000) TransCad – Transportation GIS Software 3.61 version.
- CET - Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (1983) Pólos Geradores de Tráfego. Boletim Técnico no 32. Prefeitura de São Paulo.
- DENATRAN- Departamento Nacional de Trânsito (2001) Manual de procedimentos para o tratamento de pólos geradores de tráfego. Brasília: DENATRAN/FGV.
- Ferrari, C. (1979) Curso de Planejamento Municipal Integrado. São Paulo, Livraria Pioneira, 2ª Edição.
- Goiânia Shopping (2004) Relatório Administrativo. Goiânia, GO.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000) Cidades@ . Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>, acesso em 01/06/2004.
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2004) Índice de Preços ao Consumidor . Disponível em <www.ipeadata.gov.br>, acesso em junho de 2004.
- Kneib, E. C. (2004) Caracterização de empreendimentos geradores de viagens: contribuição conceitual à análise de seus impactos no uso, ocupação e valorização do solo urbano. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.
- MUBDG 16 (2004) Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia versão 16. Prefeitura Municipal de Goiânia/COMDATA. Goiânia, GO.
- Portugal, L. da S. e Goldner, L.G.(2003) Estudo de Pólos Geradores de Tráfego e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes. São Paulo, Edgard Blucher, 1ª edição.
- Prefeitura Municipal de Goiânia (2004) Radiografia Social e Econômica de Goiânia e Entorno, edição 2004. Secretaria Municipal de Planejamento.
- Silveira, I.T.(1991) Análise de pólos geradores de tráfego segundo sua classificação, área de influência e padrões de viagem. Dissertação de mestrado - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- Souza, N. M. (1994) Contribuição à Cartografia Geotécnica com o uso de Geoprocessamento: Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Star, J. L.; Estes, J. E. e McGwire, K. C. (1997) Integration of Geographic Information Systems and Remote Sensing. United Kingdom, Cambridge University Press.
- Taco, P. W. G.; Yamashita, Y.; Souza, N. M.; Dantas, A. S. (2000). Trip Generation Model: A New Conception Using Remote Sensing and Geographic Information Systems. *Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation*, vol. 2, pg. 119-131. Germany.
- Teixeira, G. L. (2003) Uso de dados censitários para identificação de zonas homogêneas para planejamento de transportes utilizando estatística espacial. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.