



## ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO IMPACTO DA DUPLICAÇÃO DA BR 408 NO MERCADO IMOBILIÁRIO DE PAUDALHO – PE

*Andersonn Magalhães de Oliveira<sup>1</sup>, Erison Rosa de Oliveira Barros<sup>2</sup>, Lucas Israel Damasceno Silva<sup>3</sup>, Alan Gabriel Araújo dos Santos<sup>4</sup>, Glauco Leite de Freitas<sup>5</sup>*

<sup>1,5</sup> Pós-Graduação Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, UFPE, Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

<sup>3,4</sup> Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

**Comissão VI - Sistemas de Informações Geográficas e Infraestrutura de Dados Espaciais**

### RESUMO

Com a implantação da infraestrutura rodoviária de duplicação da BR-408 entre os trechos de Recife à Carpina – Pernambuco, como parte das benfeitorias de legado da Copa do Mundo 2014 no Brasil, a hipótese levantada é a de que o investimento estrutural tenha influenciado na variabilidade dos preços de imóveis da cidade de Paudalho – Pernambuco, especialmente nos trechos de proximidade da malha urbana com a BR-408. A proposta é de se utilizar os métodos empregados nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), junto às técnicas de inferência estatística e da Engenharia de Avaliação, para se gerar um produto de representação espacial que descreva a variação de preços de imóveis antes, e após a implantação da duplicação da BR-408.

**Palavras-chave:** SIG, Engenharia de Avaliação, Infraestrutura Rodoviária.

### ABSTRACT

With the implementation of the duplication infrastructure of the BR-408 between the stretches from Recife to Carpina - Pernambuco, as part of the legacy improvements of the 2014 World Cup in Brazil, the hypothesis raised is that structural investment influenced the variability of real estate prices of the city of Paudalho - Pernambuco, especially in the areas of proximity to the urban network with the BR-408. The proposal is to use the methods used in the GIS - Geographic Information Systems, together with statistical inference techniques and Real Estate Engineering, to generate a spatial representation product that describes the variation of real estate prices before and after the implementation duplication of the BR-408.

**Keywords:** GIS, Real Estate Engineering, Road Infrastructure.

#### 1- INTRODUÇÃO

O conceito de valor é bastante intrínseco e permeia por várias áreas da ciência, desde a Filosofia, Economia e as ciências sociais em geral. Para a Engenharia de Avaliação, a ciência que determina tecnicamente o valor dos bens, frutos e direitos, o conceito de valor está relacionado com o quanto que alguém, por livre arbítrio está disposto a desembolsar para adquirir determinado bem ou serviços, dentro das condições de mercado (DANTAS, 2003). Portanto, se trata de um fenômeno do comportamento humano e que ocorre de forma dinâmica no espaço e no tempo. E ao se tratar de valores de imóveis, os elementos comparáveis constituintes de uma amostra do mercado pode evidenciar quais os atributos presentes que

influenciam para a variabilidade dos preços praticados no mercado, ou seja, determinadas características dos imóveis, e relevantes para os agentes do mercado, é que pode determinar o comportamento de determinado mercado, para uma região e em determinado período.

Com a realização do evento da Copa do Mundo em 2014, algumas cidades brasileiras receberam investimentos e obras de infraestrutura como forma de legado do evento. Para o caso, a BR 408 que dá acesso à Arena Pernambuco em São Lourenço da Mata – PE, recebeu a benfeitoria de duplicação da via, abrangendo o trecho desde o acesso à BR 232 até o município de Carpina – PE, contemplando os municípios de Recife, Jaboatão dos Guararapes, São Lourenço da Mata, Paudalho e

Carpina. Por se tratar de uma obra de infraestrutura viária, a hipótese levantada é de que as benfeitorias influenciaram na dinâmica do mercado da região de estudo, a área urbana da sede do município de Paudalho – PE. E para tanto, o objetivo do estudo é verificar a existência do impacto da implantação da duplicação no mercado dos imóveis, do raio da abrangência do impacto, e como que esse fenômeno se deu desde antes da implantação, durante a implantação e após a duplicação da BR 408.

Dessa forma, a análise espacial ao longo dos períodos estudados é fundamental para a compreensão desse fenômeno, bem como a utilização das ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica, de Geoprocessamento e da Cartografia para se identificar os fenômenos espaciais que atuam no mercado imobiliário local antes mesmo do impacto da duplicação, e então, se identificar a variabilidade dos preços praticados no mercado de imóveis por conta do contágio espacial da BR 408. Na metodologia adotada, de inferência estatística para análise do modelo de regressão, os próprios parâmetros das variáveis independentes utilizadas ponderam a influência de outros aspectos, permitindo assim se analisar o quanto que possível a tendência dos aspectos temporais e espaciais do entorno da BR 408.

Sendo assim, o resultado esperado é o produto cartográfico gerado pelo vetor resposta do modelo de regressão, para cada período do antes, durante e depois à conclusão da obra viária, para enfim se verificar a tendência ocorrida no mercado de imóveis, e em quais regiões se ocorreu com maior ou menor peso.

## 2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O conjunto de sistemas de hardware e software que gerenciam dados espaciais é o que se chama de SIG – Sistema de Informação Geográfica, onde esse gerenciamento permite representar fenômenos e interpretar acontecimentos que ocorrem no espaço (Santos et al, 2016). Sabe-se que com a evolução dos computadores, se deu ao SIG um aumento na sua capacidade de resolver problemas quantitativos com uma velocidade e precisão superior. Além de softwares e hardwares, a base de dados georreferenciados são os dados que possuem coordenadas referenciadas em alguma superfície equipotencial, que também se faz necessário (CHESINI, 2014). O SIG, sendo também uma ferramenta, faz uso de outras que estão contidas no grupo das geotecnologias, ferramentas essas que abastecem o SIG e enriquecem as análises as deixando complexas, cruzando informações do banco de dados geográfico com cartas cartográficas. O SIG foi criado inicialmente para uso militar e tinha a mesma finalidade que hoje, tomar decisões, a disseminação na comunidade científica deu ao SIG as mais variadas

aplicações (LONGLEY et al, 2013). Dessa forma, o mesmo vem sendo usado frequentemente nas mais diversas áreas de pesquisa, inclusive na engenharia de avaliação que usa o SIG como banco de dados pra a estimação de valores.

A Geoestatística aborda estudos relacionados com a influência de variáveis em uma dada distribuição espacial, e tem como objetivo desenvolver modelos de previsão de eventos e generalizações por interpoladores, mostrando características medianas entre as variáveis verdadeiramente aleatórias e as totalmente específicas (BRONDINO, 1999). Essa área possui ampla variedade de técnicas de estimação, bem como de aplicações nas diversas áreas da ciência e engenharia. Como as técnicas da Geoestatística é possível trabalhar com estimação a partir de dados de uma amostragem, onde a avaliação é feita para uma área ou volume.

Ferramentas como interpolação espacial e a krigagem são as mais utilizadas para a modelagem. A krigagem trata da incerteza de um atributo em toda área por meio de realizações independentes, já pela interpolação se realiza a estimação local de um atributo.

O mercado imobiliário têm se mostrado como um dos que possui o maior poder de flexibilidade no que tange às variações da economia. E dentro desse setor, a engenharia de avaliações se tornou uma ferramenta de extrema importância e contribuição, porém existem algumas dificuldades nos estudos de avaliação que se dão por características relacionadas a atributos dos imóveis por variarem de região para região, o qual limita uma análise genérica relacionada ao setor imobiliário, mais especificamente. (BRAULIO, 2005). Especificamente para avaliações de fins cadastrais dos municípios, este tipo de método é feito predominantemente com ausência de critérios ou rigor, o que implica que a cobrança de imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana (IPTU) e os impostos sobre transmissão de inter vivos de bens imóveis (ITBI), a depender desses critérios, podem ocorrer de forma discrepante da verdadeira tendência dos valores de mercado, o que pode ser explicado pelas dificuldades de capacitação dos recursos humanos que assumem este tipo de trabalho. Logo, questões relacionadas à equidade e justiça fiscal de um tributo municipal podem ser comprometidas por essas deficiências.

Diante destas situações, se entende que a engenharia de avaliação se tornou de fundamental importância para o mercado imobiliário e para o cadastro territorial urbano. Sua definição, de acordo com a NBR 14653-1 (2001), pode ser compreendida como a aplicação de conhecimentos científicos e técnicos na avaliação de bens. Já para Dantas (2003), a engenharia de avaliações é uma área que agrega conhecimentos sejam das ciências exatas e da natureza, como também de ciências sociais. É importante ressaltar que como há uma dinâmica no mercado em si, pode haver variações

de valores para diferentes avaliações e para diferentes datas, contanto que os valores encontrados estejam dentro das recomendações da norma e da literatura.

Dessa forma, e com o uso das metodologias explicitadas, o intuito do estudo é verificar através dos métodos citados, a influencia que a implantação da duplicação da infraestrutura da BR 408, impactou sobre os valores dos imóveis para a região de estudo.

### 3- METODOLOGIA E RESULTADOS

A região de estudo se trata de toda a malha do centro urbano do município de Paudalho - Pernambuco. O município faz parte do complexo de municípios que compõem a região da mata norte pernambucana, e sua economia se baseia basicamente de atividades comerciais locais, produção de cana-de-açúcar e derivados, além da atividade de produção de insumos cerâmicos para a construção civil. O centro urbano é marcado pelo corte do Rio Capibaribe, e perpendicularmente ao percurso do rio, pela rodovia BR-408.

Para o planejamento do estudo foram realizadas coleta de 200 (duzentos) dados referentes ao período de 2012 à 2017, bem como a obtenção da informação posicional desses imóveis e de seus atributos físicos e característicos, a exemplo de área do lote, área construída, número de pavimentos, idade, estado de conservação, tipologia do imóvel, padrão construtivo e a distâncias à polos influenciadores, como o centro comercial da cidades, e a distância euclidiana até à BR-408. Nesta fase, foi realizada vistoria pela região de estudo a fim de se elaborar as hipóteses das variáveis influenciadoras da variabilidade dos preços imobiliários da região.

Para a análise estatística, dos testes das hipóteses, se utilizou de inferência estatística em seu modelo clássico de regressão linear múltipla, conforme os pressupostos da NBR 14.653-1 (2001) no que contempla à avaliação de imóveis. O modelo gerado é dado pela Equação (1), onde  $\varepsilon$  (erro) é o resíduo aleatório não-explicado, e as demais variáveis é dada pela expressão matricial da Equação (2). Onde os parâmetros são estimados pela expressão dada pela Equação (3).

Se observa também, que conforme Dantas (2007) e Gujarati (2003), em estudos de inferência com modelos clássicos de regressão linear, se deve obedecer a alguns critérios também chamados de pressupostos básicos dos modelos de regressão. Primeiramente à ausência de tendências, em seus dados e atributos, o que se evita perturbações nos estimadores, um outro critério é a ausência de micronumerosidade, e os demais tratam de os resíduos apresentem distribuição normal, não-correlação entre si, esperança nula e variância constante. Além desses critérios, questões referentes a multicolinearidade entre as variáveis independentes podem levar à restrições na aplicação do modelo.

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (1)$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \cdots & x_{1p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix} \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\beta = (X'X)^{-1} X'Y \quad (3)$$

Após a análise do modelo no que tange ao atendimento aos pressupostos básicos, foram realizados os testes de probabilidade de significância obtido pelo teste bicaudal para cada variável independente, Valor-P, significativo ao nível de 10% para todas as variáveis área do lote, área construída, número de pavimentos, idade, estado de conservação, tipologia do imóvel, padrão construtivo e a distâncias à polos influenciadores, como o centro comercial da cidades, e a distância euclidiana até à BR-408. Foi realizado ainda o teste de hipótese dado pela probabilidade unicaudal para a significância global do modelo, além do teste de determinação do modelo ( $R^2$ ), que compôs um poder de explicação para 83% da variabilidade dos valores de imóveis da região de estudo.

Após a identificação e certificação pelo método clássico de regressão linear das variáveis explicativas da variável dependente Preço Global (R\$), e com o uso da informação posicional dos imóveis estudados, Se utilizou de o processo de Krigagem, para a estimativa de valores de atributos distribuídos espacialmente, tendo como fundamento os resultados independentes obtidos pela análise semivariográfica. No caso, a interpolação espacial é dada pela Equação (4), sendo que  $Z(x_0)$  é dado pela Equação (5), onde os valores de  $\lambda_i$  podem ser definidos como os ponderadores de Krigagem obtidos de forma dinâmica pelos semivariogramas experimentais. Neste sentido, ao se tratar o gráfico do vetor resposta da Equação (6) pela distância  $h$  entre os pares de pontos, onde  $n$  é o número de pares de pontos e  $Z(x_i)$  os pontos amostrais.

$$Z(x_0) = m(x_0) + z(x_0) \quad (4)$$

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot z(x_i) \quad (5)$$

$$r(h) = \left(\frac{1}{2n}\right) \sum \{z(x_i) - z(x_i + h)\}^2 \quad (6)$$

Para esta fase do estudo foi utilizado um Sistema de Informação Geográfica para gerar o produto deste processo. E enfim para se obter o produto cartográfico para análise espaço-temporal dos aspectos dos valores imobiliários da região de estudo, bem como os impactos gerados no mercado imobiliário pela implantação da infraestrutura da duplicação da BR-408, foi realizada uma filtração entre os dados de antes e após a implantação da benfeitoria, e assim se repetir a metodologia para as suas situações, a fim de se obter o profuto apresentado na Figura 1.

#### 4- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O que se observa no resultado obtido, conforme a Figura 1, que antes da implantação da infraestrutura havia uma concentração de valorização

imobiliária exatamente no centro comercial da cidade, embora se possa se levantar a hipótese de que mesmo antes da duplicação da BR-408 já existia uma influência da rodovia sobre o comportamento do mercado imobiliário. No segundo momento, se observa a tendência que a implantação da duplicação da BR impactou sobre os imóveis, levando uma valorização mais à Leste, abrangendo uma maior área em torno da rodovia além de se aumentar a área de maiores valores. Dessa forma, se pode concluir que a hipótese levantada do impacto da duplicação da BR-408 sobre os valores dos imóveis do município de Paudalho. Ainda assim, se vale ressaltar que mais estudos dessa natureza, e em outras regiões, se fazem necessários, a fim de se verificar as limitações e a amplitude que a metodologia pode possuir.

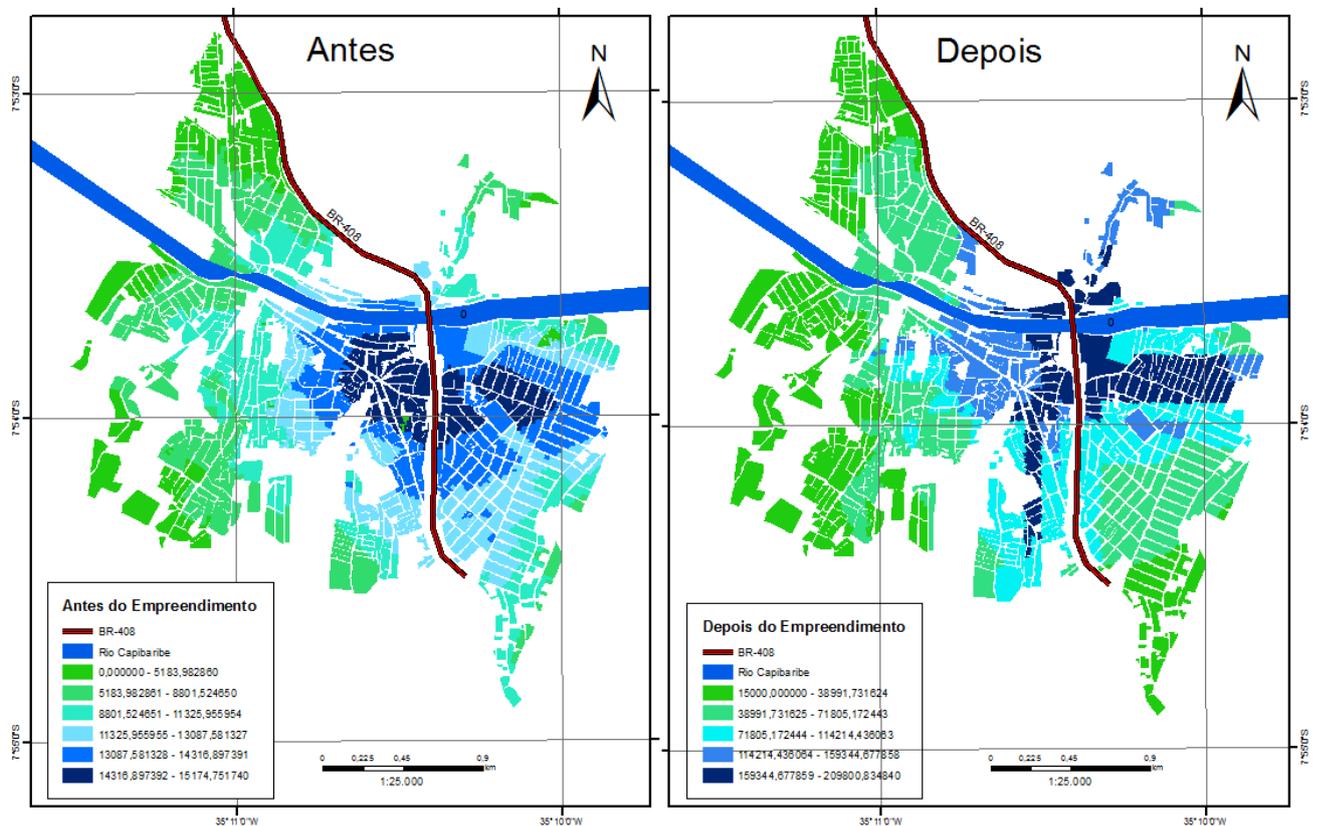


Fig. 1 – Mapa da análise temporal dos valores dos imóveis do município de Paudalho – Pernambuco, em relação à implantação da duplicação da BR-408 ocorrida no período de 2013/2014.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14.653-1: Avaliação de Bens – Parte 1: Procedimentos Gerais. Rio de Janeiro, 2001.

Braulio, S. N. Proposta de uma Metodologia para Avaliação de Imóveis Urbanos Baseado em Métodos Estatísticos Multivariados. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, UFPR. 2005.

BRONDINO, Nair Cristina Margarido; 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, USP. São Carlos - SP, 1999.

CHESINI, Talita Sganderla. Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento para Subsidiar a Análise e Tomada de Decisão no Âmbito da Educação. Dissertação de mestrado, Programa de pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS, 2014.

Dantas, R. A. Engenharia de Avaliações: uma Introdução à Metodologia Científica. São Paulo: Pini, 2003.

LONGLEY, Paul A; GOODCHILD, Michael F; MAGUIRE, David J; RHIND, David W; Sistemas e Ciência da Informação Geográfica. Bookman Editora LTDA, 3ª edição. Porto Alegre - RS, 2013.

SANTOS, Leonardo Lima; RIBEIRO, Vinícius de Oliveira; CACERES JUNIOR, Marcos Antonio; MENDES, Gabriel Coutinho Maciel; SILVA, Carina Doffinger; CORREA, Nelison Ferreira. Desenvolvimento de Metodologia para a Utilização de Ferramentas de Capacitação em Geotecnologias para Novos Usuários. Anais do III ENEPEX - Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEMS e UFGD. 2016. Dourados - MS, 2016.