

A INFORMAÇÃO GEOESPACIAL PARA COMPREENSÃO DA DINÂMICA DO MERCADO IMOBILIÁRIO: UM ESTUDO DO IMPACTO DE ALAGAMENTOS URBANOS

Andersonn Magalhães de Oliveira¹, Erison Rosa de Oliveira Barros², Lígia Albuquerque de Alcântara³, José Gabriel Vieira Santos⁴, Marcos Antonio Barbosa da Silva Junior⁵

¹Engº Civil, Discente Pós-Graduação Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, UFPE, Recife-PE, amagalhaes.eng@gmail.com

²Engº Cartógrafo, Professor do Depto. Cartografia, UFPE, Recife-PE, erison.barros@ufpe.br

³Engº Cartógrafa, Professora do Depto. Cartografia, UFPE, Recife-PE, ligia.alcantara@ufpe.br

⁴Discente do Depto. Cartografia, UFPE, Recife-PE, gabriel.cart@hotmail.com

⁵Engº Civil, Discente Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFPE, Recife-PE, marcos15barbosa@hotmail.com

RESUMO: Para o estudo do mercado imobiliário, a fim de se compreender sua dinâmica, foi aplicada a técnica de modelos de preços hedônicos comparando os elementos que constituem a amostra determinada. Embora a técnica seja comum para estudos do mercado, onde se observa uma generalização da utilização das características intrínsecas ao imóvel para a modelagem, a peculiaridade proposta é de se explorar as informações geoespaciais dos fenômenos extrínsecos ao imóvel, no caso, os pontos críticos de alagamentos associados à topografia das vias da área de estudo. O objetivo de se verificar a correlação existente entre as informações geoespaciais referentes aos alagamentos e a sua influência na explicação da variabilidade dos preços de mercado dos imóveis circunvizinhos a este tipo de evento, para tanto, se faz uso do tratamento de dados do LiDAR (*Light Detection And Ranging*), das tecnologias da geoinformação e de técnicas de geoprocessamento. Pôde-se concluir que a hipótese de que os preços dos imóveis são influenciados pela ocorrência de pontos de alagamento é segura para a região de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: alagamentos, avaliação de imóveis, LIDAR.

INTRODUÇÃO: Atualmente, muitas das grandes cidades brasileiras sofrem com os impactos da expansão urbana desordenada. Critério muitas vezes negligenciado nos crescimentos “espontâneos”, o relevo é o que determina o sistema natural de drenagem que quando não considerado pode acarretar o acúmulo de água no leito das ruas que somado à deficiência dos sistemas de drenagem geram recorrentes alagamentos. O presente estudo avalia os impactos dos alagamentos urbanos nos resultados de modelos de avaliação de imóveis. Baumane (2011) constata um impacto considerável de um atributo sobre modelos de inferência, situação que pode ocorrer pela ausência de determinadas informações no cadastro territorial, ou para fins avaliatórios, de um banco de dados consistente que contemple os atributos relevantes para a formação dos valores imobiliários. Além das características intrínsecas dos imóveis, Santos (2016) adota modelos econométricos espaciais e geoestatísticos para identificar a influência da espacialidade no comportamento do mercado de imóveis, da qual se podem obter modelos mais refinados, indicando dessa forma que a análise dos fatores extrínsecos dos imóveis é fundamental para se obter modelos mais robustos e menos suscetíveis a tendências. No entanto, embora se discuta sobre a espacialidade e contágio espacial entre os dados, o que se busca explorar é a relação espacial entre os fenômenos que afetam a dinâmica e uso dos imóveis, no caso, dos alagamentos urbanos no mercado imobiliário. Por ser uma área de elevada especulação dos imóveis que possui estrutura de serviços, restaurantes e comércio; embora seja predominantemente residencial, foi escolhida a região do complexo de bairros da zona norte do Recife-PE, especificamente a totalidade do bairro do Espinheiro acrescido de parcelas dos bairros adjacentes a este, para a realização do estudo.

MATERIAL E MÉTODOS: Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado o MDT (Modelo Digital de Terreno) da área de estudo adquirida em 2013 pela Prefeitura da Cidade do Recife – PCR a partir de contratação de serviço de levantamento aerofotogramétrico da cidade. Além do MDT foram contratados outros produtos, dentre eles: ortofotos, Modelos Digitais de Elevação e a nuvem de pontos, que foi entregue a contratante como produto bruto e preliminar dos serviços contratados. Nos últimos 10 anos a PCR tem investido na atualização da sua base cadastral empregando recursos no desenvolvimento de soluções tecnológicas e contratação de serviços de levantamento e aquisição de

dados (SILVA e NEVES, 2012). Atualmente a Secretaria de Mobilidade e Controle Urbano- SEMOC em sua Gerência Geral de Informações – GGI conta com um acervo de dois recobrimentos aerofotogramétricos da cidade realizados nos anos de 2007 e 2013, sendo que apenas o de 2013 foi associado ao levantamento laser scanner, também chamado de LiDAR. Considerando o objetivo do estudo, foram adquiridos apenas os dados de 2013. A facilidade de acesso aos dados espaciais da PCR tem estimulado o desenvolvimento de novas metodologias de processamento de dados laser além de ter contribuído para o avanço de estudos de análise de qualidade posicional dos produtos. Um bom exemplo é o trabalho de Silva e Schuler (2015) que apresenta uma análise da acurácia posicional dos dados adquiridos por essa tecnologia pela PCR em 2013. Os testes realizados pelos autores comprovaram a qualidade posicional planimétrica apontando valores que indicam a fidelidade geométrica da imagem do perfilamento a laser em comparação a dados coletados em campo pela tecnologia GNSS e dados pré-existentes obtidos por restituição estereofotogramétrica nas áreas testes, o que garante confiabilidade na aplicação desses dados como base do presente estudo. A partir dos dados do LiDAR associado a base geoespacial da Prefeitura do Recife, o ESIG, foi realizada a operação de interseção da nuvem de pontos disponibilizado pelas as informações do LiDAR com o arquivo *shapefile* de quadras do ESIG com intensão de eliminar os pontos que estivessem fora das vias do bairro do Espinheiro. A eliminação possibilitou a interpolação apenas dos pontos de interesse, os pontos localizados nas vias. Em seguida gerou-se um TIN (*Triangulated Irregular Network*) com estes pontos associando o valor da altitude geométrica. A partir deste produto cartográfico foi realizada uma classificação baseada na informação altimétrica que substanciou a classificação dos pontos críticos de alagamento pela sua possibilidade de retenção de água pluvial (Nenhuma possibilidade de retenção de água pluvial peso 1, alguma possibilidade de retenção de água pluvial peso 2, total possibilidade de retenção de água pluvial peso 3). Vale salientar que a operação de geoprocessamento realizada retirou grande parte da influência de pontos das edificações presentes das quadras, que poderiam trazer resíduos a geração do MDS (Modelo Digital de Superfície) das vias (Figura 1). Esta solução reduziu o tempo de processamento destes dados altimétricos, mas ainda deixou ao MDS resíduos referentes a influência de veículos, árvores, pessoas, marquises e entre outros; que ocupara a via no momento da tomada deste produto. Esta questão inviabiliza a geração de um MDT, que poderia garantir maior precisão no modelo de avaliação.

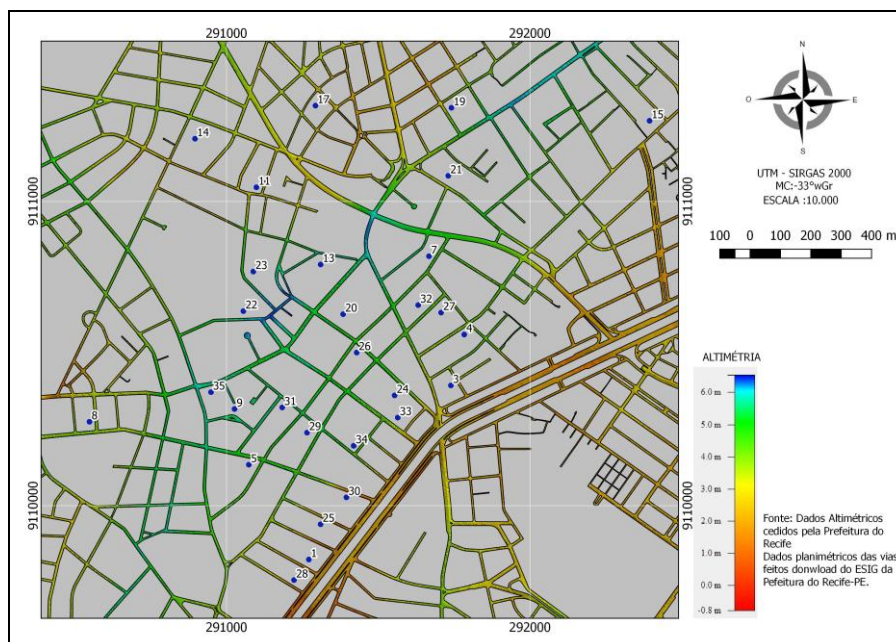


Figura 1 – Mapa Hipsométrico da altimetria das vias do Bairro do Espinheiro e adjacências.

De acordo com a Emlurb (2013), ao longo de todo o município do Recife há 159 pontos críticos de alagamento, sendo os bairros de Jardim São Paulo e da Arruda os que apresentam o maior número de alagamentos. Com a espacialização desses pontos críticos de alagamento, foram identificados 16 pontos de alagamento na região do estudo (Figura 2). A coleta de dados de mercado dos imóveis da

região analisada, por se tratar de uma etapa crítica para estudos que envolvem inferência estatística, foi tratada à *priori* para planejamento com o objetivo de se adquirir o máximo de dados para uma amostra representativa do comportamento da população de imóveis para a região. Portanto, a partir de toda evidência de informações disponíveis dos agentes do mercado imobiliário, ao todo foram coletados dados de trinta e cinco unidades. Além dos preços dos imóveis foram coletadas as seguintes características: área do imóvel, andar, padrão construtivo, número de quartos e a respectiva informação posicional dos imóveis e geoespacial dos elementos relacionados aos alagamentos. Ainda para as informações socioeconômicas que distinguem os bairros estudados, foram usadas informações de renda média e IDH para os bairros, disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

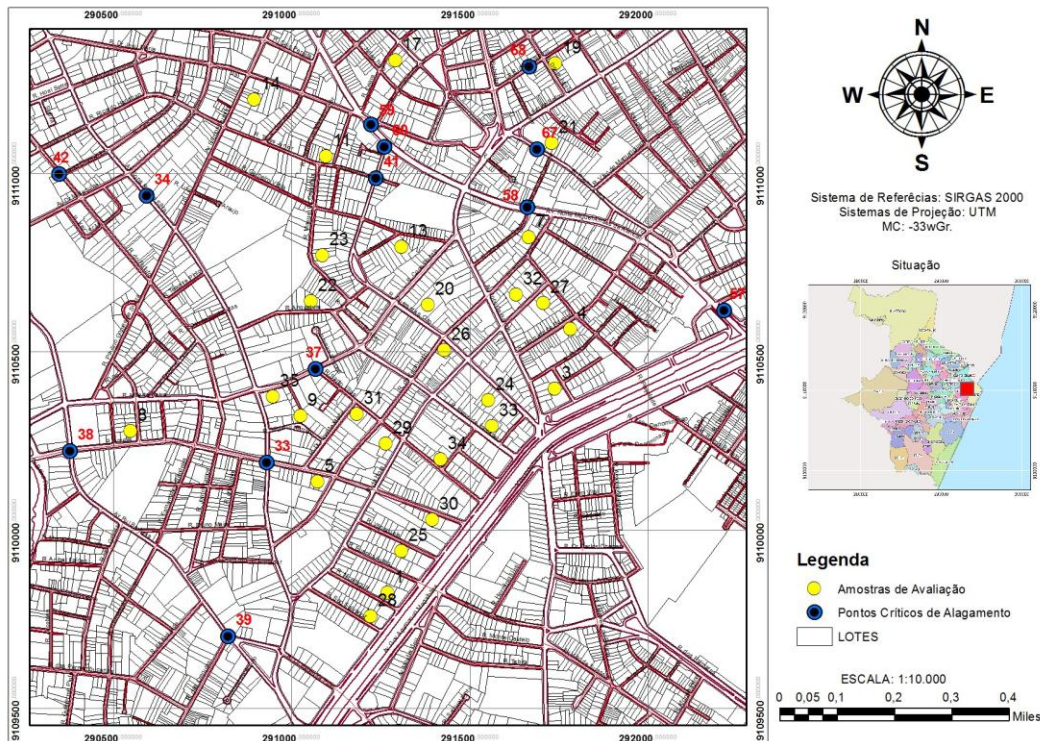


Figura 2 – Localização das amostras de avaliação e dos pontos críticos de alagamento utilizados.

A etapa seguinte foi a definição do modelo de avaliação de imóveis a ser usado. Dada como uma ramificação da atividade das engenharias, a avaliação de imóveis se utiliza de conhecimentos e métodos de áreas interdisciplinares, desde ciências sociais à engenharia (DANTAS, 2005). Braulio (2005) entende a Engenharia de Avaliação como uma área da ciência que estuda o valor dos bens, podendo ser altamente precisa em função da metodologia utilizada. Portanto, se pode definir como que sendo o conjunto de técnicas científicas cujo objetivo é de se estimar os valores dos bens e seus frutos, e seja ainda para a determinação da viabilidade econômica do mesmo, isso atrelado a uma finalidade, situação e data (ABNT, 2001). De acordo com Gujarati (2003), os modelos de preços hedônicos devem ser fundamentados nos pressupostos básicos das regressões clássicas, de que não existam perturbações nos regressores, que ocorra constância nos parâmetros, não ocorra correlação entre as variáveis explicativas e que os resíduos apresentem aleatoriedade constante com uma distribuição normal. Dessa forma, o modelo clássico se apresenta como a Equação 1, onde Y é o vetor independente, β o vetor de parâmetro, e ϵ o vetor de resíduos não-explicados. Para ajustar o paradigma à tendência da amostra, minimizando os resíduos, se utiliza do método dos quadrados mínimos, Equação 2, e assim se possibilita a estimação dos parâmetros pela Equação 3.

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

$$\sum_{i=0}^n e_i^2 \quad (2)$$

$$b = (X'X)^{-1} X'y \quad (3)$$

$$t_j = \frac{b_j}{s\sqrt{a_{jj}}} \sim t(n - k - 1) \quad (4)$$

Ainda para os modelos gerados, foram realizados os testes estatísticos para micronumerosidade, homoscedasticidade, de qualidade do modelo pelo coeficiente de determinação (R^2), e de significância global do modelo pela estatística F de Significação (F_c), para análise da significância individual dos parâmetros dada pela estatística da Equação 4. Segundo Dantas (2005), a seleção das variáveis explicativas pode ser justificada por teste de hipótese bicaudal para um nível de significância para cada parâmetro de um modelo, se aceitando o pressuposto da tendência de normalidade dos resíduos, cuja estatística indica a aceitação ou a rejeição da hipótese nula, ou seja, se determinado atributo de uma amostra explica os fenômenos da variável explicada, no caso, os preços dos imóveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na primeira etapa das análises, o objetivo se delimitou na formação de um modelo clássico de regressão múltipla sem a utilização dos atributos referentes às informações geoespaciais dos alagamentos para a região, a fim de se obter um modelo enquadrado o quanto possível nas exigências da literatura e na norma ABNT (2001), desse modo, também se obter a quantificação dos testes estatísticos de determinação do modelo, de significância global do modelo e significância individual dos parâmetros, para então *à posteriori* se comparar com o modelo gerado com as informações geoespaciais obtidas referentes aos alagamentos. Dessa forma, se realizou uma análise exploratória das variáveis levantadas para se identificar possíveis perturbações na correlação entre cada variável explicativa com a variável explicada, no caso, adotado o Preço Unitário (R\$/m²) com uso de uma linearização pelo logaritmo neperiano Ln para o ajustamento da tendência verificada dessa variável. No segundo momento, foi gerado o modelo-base, cujas variáveis explicativas utilizadas foram a longitude (metros), Renda (*proxy*), Área (m²), Andar (unitário) e Ln do Padrão do Imóvel (código alocado). O modelo atendeu aos pressupostos básicos de homoscedasticidade, normalidade, não-tendenciosidade e micronumerosidade, além de não apresentar restrições quanto à presença de *outliers* e de correlação entre variáveis independentes, verificado pelo teste de matriz de correlações para situações de ocorrência de multicolinearidade. Gerado o modelo-base, se gerou então um novo modelo com a inserção das variáveis explicativas: Quantidade de alagamentos a um raio de 200 metros do imóvel (unitário), Distância do imóvel até o alagamento mais próximo (metros) e o Peso do perfil altimétrico do alagamento mais próximo do imóvel quanto a possibilidade de retenção de água pluvial (código alocado). Para o novo modelo também se verificou o atendimento a todos os pressupostos do modelo-base, sendo os resultados dos testes estatísticos apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Comparação dos resultados dos testes estatísticos entre o Modelo-Base e o Modelo Final, para o comportamento do mercado imobiliário da região do Espinheiro, Recife-PE.

		Modelo-Base	Modelo Final
R-Quadrado		0,7965	0,8455
R-quadrado ajustado		0,7541	0,7866
<i>F de significação</i>		1,3E-07	6,3E-07
valor-P	Interseção	0,1552	0,0435
	Longitude (m)	0,1501	0,0419
	Renda (<i>proxy</i>)	0,1615	0,0704
	Área (m ²)	0,0000	0,0000
	Andar (unitário)	0,2911	0,0787
	LnPadrão (Cód. Alloc.)	0,0000	0,0000
	Alag. raio 200m (unit.)	-	0,2726
	Dist. Alag. (m)	-	0,0280
	Peso Perfil (Cód. Alloc.)	-	0,1872

CONCLUSÕES: De acordo com o que se observa no Quadro 1, se verifica que o poder de explicação do modelo, ou seja, o quanto que o modelo explica a variabilidade de preços do mercado se elevou ao se inserir as informações geoespaciais dos alagamentos ao modelo, embora isso demonstre a obtenção de um melhor modelo, o fenômeno pode ser justificado simplesmente pela inserção de novas variáveis ao modelo, sem informar o quanto essa melhora se deve às informações geoespaciais inseridas ou simplesmente se isso ocorre pelo maior número de variáveis utilizadas. Quanto ao teste de significância global do modelo (*F de significação*), se manteve um erro pequeno e pouco influente a nível de comparação, portanto, em conformidade. Para estatística de significância individual dos parâmetros (*valor-P*), o que se observa é que a inserção das informações geoespaciais dos alagamentos auxiliam na diminuição da probabilidade de erro para as variáveis utilizadas no modelo-base, e ainda para as novas variáveis acrescentadas ao modelo, um nível de significação a um nível inferior a 30%, o que viabiliza a aplicação do modelo, sendo as informações geoespaciais mais relevantes no modelo: a distância do imóvel até o alagamento mais próximo, o peso do perfil altimétrico de possibilidade de retenção de água pluvial e a quantidade de alagamentos, respectivamente. Ou seja, se confirma a hipótese de que as informações geoespaciais referentes aos alagamentos influenciam a dinâmica do mercado imobiliário, para o caso, na região de estudo. No entanto, se recomenda que mais estudos dessa natureza sejam realizados em outras regiões, tanto para se verificar a importância da informação geoespacial sobre a influência no mercado imobiliário, como também para se verificar a correlação da precipitação média, da estrutura de drenagem de águas pluviais, e da incidência de alagamentos de uma região, pode de fato contribuir na dinâmica dos preços de imóveis.

REFERÊNCIAS:

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14.653-1: Avaliação de Bens – Parte 1: Procedimentos Gerais**. Rio de Janeiro, 2001
- BAUMANE. V. **Soil Quality Assessment Impact on the Real Property Cadastral Value**. Economic Science for Rural Development: Resources and Education. 2011.
- BRAULIO, S. N. **Proposta de uma Metodologia para a Avaliação de Imóveis Urbanos baseado em Métodos Estatísticos Multivariados**. 2005. 158 f. Dissertação de Mestrado - UFPR, Curitiba, 2005.
- DANTAS, Rubens Alves; **Engenharia de Avaliações: uma introdução à metodologia científica**. 1ª ed. São Paulo: PINI, 2005.
- EMPRESA DE MANUTENÇÃO E LIMPEZA URBANA (EMLURB). **Relatório de Andamento do RAP - Caracterização da Área de Influência Direta - AID**. In: Estudo elaboração dos estudos de concepção para gestão e manejo de águas pluviais e drenagem urbana do Recife. 2013.
- GUJARATI, D. N. **Basic Econometrics**. Irwin / McGraw-Hill. 2003.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal**. Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso: 17 janeiro 2017.
- SANTOS. H. G; Silva. J. A. M; Sá. L. A. C. M; Portugal. J. L. **Efeitos Espaciais em Mercados de Terras Rurais: Modelagem, Validação e Avaliação de Desempenho**. Revista Brasileira de Cartografia. Nº 68/4, Edição Especial Geoinformação e Análise Espacial: 759-777. 2016.
- SILVA, M.V.; NEVES, T.F. **Mapeamento Digital da Cidade do Recife – PE em Sirgas 2000**. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 4., 2012, Recife. Anais. Recife-PE: UFPE, 2012. P. 001-009. Disponível em: < https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/Todos_Artigos/147_2.pdf>. Acesso em: 24. Abril 2017.
- SILVA, M.V.; SCHULER, C. A.B. **Avaliação de Dados Planimétricos Lidar para Áreas Urbanas: Recife – PE**. Revista Brasileira de Cartografia, nº67/6, p. 1103-1117, 2015. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/viewFile/846/858>>. Acesso em 10. Abr. 2017.
- SILVA, M.V.; NEVES, T.F. **Mapeamento Digital da Cidade do Recife – PE em Sirgas 2000**. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 4., 2012, Recife. **Anais...** Recife-PE: UFPE, 2012. P. 001-009. Disponível em: < https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/Todos_Artigos/147_2.pdf>. Acesso em: 24. Abr.