

ANÁLISE DE PREÇOS COM A APLICAÇÃO GEOPROCESSAMENTO E REDES NEURAIIS NO MERCADO IMOBILIÁRIO DE FORTALEZA

Price analysis with geoprocessing and neural networks in the real estate market of Fortaleza

Vanessa Ribeiro Campos

Doutora em Engenharia de Produção, Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará. vanessa.campos@ufc.br.

Lucas de Oliveira Correia

Engenheiro Civil. Universidade Federal do Ceará.
l.uk.kas@hotmail.com.

Resumo: O aumento da oferta de imóveis verticais influencia diretamente o uso e a ocupação do solo das grandes cidades. Com efeito, é importante conhecer a distribuição das edificações e identificar as tendências de crescimento das habitações no espaço urbano. O objetivo do estudo é propor uma metodologia em que combina a aplicação de Redes Neurais Artificiais e um Sistema de Geoprocessamento para analisar a distribuição do preço por metro quadrado em uma região que possui alta densidade de edifícios em Fortaleza. Foi realizada uma análise de dados referentes aos lançamentos imobiliários e, a partir daí, foram simulados três cenários com valores diferentes de preço de oferta por metro quadrado do imóvel. A contribuição da pesquisa consiste em entender o fenômeno da distribuição do preço entre classes de sub-regiões da cidade para apoiar decisões sobre referentes aos lançamentos imobiliários.

Palavras-chave: Avaliação de preços; planejamento urbano; edificações multifamiliares.

Abstract: The increase the offer of vertical buildings has a direct influence on the soil use and occupation in major cities. In fact, the knowledge about the distribution of these properties within the urban space is important to identify building growth trends in municipal planning, as well as the development of the real estate in the city. The purpose of this study is to propose a model of Artificial Neural Networks application with Geoprocessing to analyse the distribution of the price per square meter of high-density apartments in Fortaleza. A modeling with data from real estate releases was performed to study how the offer the price per square meter of real estate. The research simulates three projection scenarios with different values of price per square meter in the city. The contribution of this research is to understand the phenomenon of price distribution between classes of sub-regions of the city and to support decisions in the real estate market and the urban planning.

Keywords: Real Estate; planning; construction.

1 Introdução

A Indústria da Construção Civil possui representatividade significativa para a economia do Brasil, pois está relacionada com a geração de empregos, desenvolvimento de infraestrutura urbana e oferta de edificações habitacionais. Além de sua importância econômica e social, o setor contribui diretamente com o desenvolvimento urbano no país. Portanto, analisar o crescimento habitacional em grandes cidades é fundamental para se entender o desenvolvimento de uma região.

De acordo com o Censo de 2010, a demanda por moradia cresceu de 6,5 milhões para 8,3 milhões em um período de dez anos (IBGE, 2011). O Banco Central do Brasil (2002) aponta que, no período entre fevereiro de 2000 a janeiro de 2001, o Sistema Financeiro de Habitação (SFH) concedeu crédito para aquisição e construção para mais de 36 mil unidades habitacionais no período de janeiro a dezembro de 2013, foi concedido financiamento por instituições financeiras para aproximadamente 408 mil unidades habitacionais no País, em comparação com mais de 423 mil entre janeiro de 2011 a dezembro de 2012 (BACEN, 2013). Nota-se, portanto, um crescimento acelerado na Indústria da Construção Civil, fortemente influenciado pelo crédito imobiliário. Todavia, a grande parcela dos financiamentos imobiliários concentra-se na região sudeste do país, correspondendo a 58,10% do total de financiamentos, enquanto no Nordeste brasileiro, a porcentagem de financiamento imobiliário foi de 12,74% (BACEN, 2013).

No que concerne à dinâmica dos financiamentos habitacionais, ressalta-se que as empresas, que atuam na construção de edifícios, devem conhecer bem a evolução dos investimentos imobiliários. Essas construtoras precisam também observar as diretrizes e tendências do mercado consumidor para garantir estratégias de atuação em um cenário futuro. Com efeito, surge a necessidade de se utilizar métodos que permitam a projeção de cenários no espaço urbano, com a finalidade de auxiliar a previsão de possíveis ações que minimizem as incertezas relacionadas com investimentos imobiliários.

O uso da tecnologia de geoprocessamento, como sistema de apoio à tomada de decisão, pode contribuir para avaliar os lançamentos imobiliários no espaço geográfico. Pode-se, também, utilizar um Sistema de Informações Georreferenciadas (SIG) para a

gestão de informações de forma eficiente, pois se trata de uma interface computacional que permite analisar os dados georreferenciados de forma automatizada (PEREIRA; SILVA, 2001).

Além do SIG, outra ferramenta que colabora para a avaliação da distribuição de preços no mercado imobiliário, consiste na técnica de Redes Neurais Artificiais (RNAs). De acordo com García, Gámez e Alfaro (2008), os modelos de RNAs tornaram-se mais atrativos do que os modelos tradicionais econométricos. A principal vantagem dessa técnica é sua habilidade em lidar com relações não lineares como é o caso de avaliação de imóveis.

O uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) juntamente com Redes Neurais Artificiais (RNAs) oportunizou estudar a evolução dos lançamentos de imóveis no espaço urbano. Em decorrência, o objetivo da pesquisa consiste em estudar a distribuição do preço de oferta por metro quadrado do imóvel em uma região altamente adensada da cidade de Fortaleza (CE). Os resultados do experimento contribuem para auxiliar à tomada de decisão no processo de escolha do local de implantação do empreendimento, assim como verificar a evolução dos valores dos imóveis.

2 Redes Neurais e o mercado imobiliário

As empresas do setor da construção civil direcionam seus esforços para o ambiente externo, visando captar informações que permitam delinear a valorização de terrenos. As intervenções do setor imobiliário, associadas ao processo de estruturação interurbana, provocam uma dinâmica no mercado que altera o uso da terra e influencia o valor referente à localização dos empreendimentos (GONZÁLEZ; FORMOSO, 2001).

Balarine (2004) constatou que na Indústria da Construção Civil, mais especificamente, aquelas empresas do setor de incorporações imobiliárias, não conhecem ou não utilizam, de maneira correta, as técnicas de avaliação de investimentos disponibilizadas pela engenharia econômica. A atividade imobiliária possui, na sua origem, um processo que procura desenvolver um bem material em momento anterior a uma demanda. Essa, por sua vez, é incerta e composta por riscos. Ainda assim, muitos incorporadores não adotam métodos formais que o auxiliem à decisão, particularmente, no início do negócio.

No mercado imobiliário, é possível observar os aspectos físicos da região que influenciam na formação de preços dos imóveis. Surge, assim, a necessidade de considerar a distribuição espacial das edificações, bem como fazer a correlação entre as informações obtidas. O Geoprocessamento surge como uma opção viável para representar as informações dentro de um espaço geográfico. Dessa forma, a gestão de informações em um Sistema de Informações Georreferenciadas (SIG) pode ser feita de forma eficiente, uma vez que o componente de maior relevância do SIG é a base de dados, a autenticidade dessa fonte possibilita extrair informações representativas da região de estudo (PEREIRA; SILVA, 2001).

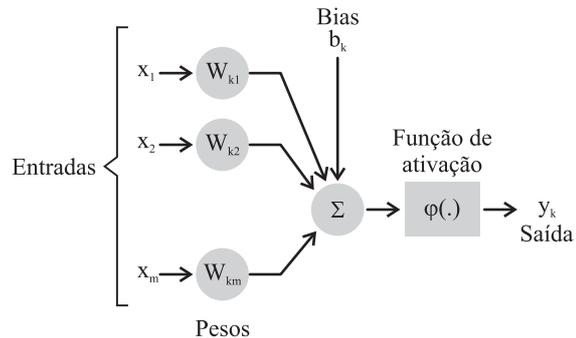
Apesar da relevância do banco de dados, a escolha do método de modelagem constitui uma etapa fundamental para compreender o comportamento de um fenômeno. No que se refere às técnicas emergentes de avaliação de imóveis em massa, Brondino e Silva (2005) asseveram que os métodos estatísticos convencionais possuem limitações como descontinuidades e não linearidades, mas esses aspectos nem sempre são detectáveis. González e Formoso (2001) completam ao afirmarem que existe desconsideração dos efeitos espaciais, como localização e acessibilidade, em avaliações de imóveis por análise de regressão.

Haykin (2001) ensina que uma rede neural é um processador que é distribuído paralelamente de forma condensada, constituído por unidades de processamento simples, que possuem a propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para o seu uso. Uma de suas principais características é a capacidade de aprendizado proporcionada pela apresentação prévia de um banco de dados. Para o autor, a ferramenta é análoga ao funcionamento do neurônio humano, pois reconhece os padrões de comportamento do fenômeno a ser analisado. Essa propriedade maximiza a capacidade de predição do modelo por meio de inteligência artificial.

A Figura 1 mostra o modelo de uma RNA e a configuração básica do neurônio que abrange 3 (três) elementos. Primeiramente, os valores de entrada x_j que se conectam ao peso sináptico, esses valores podem ser interpretados como uma força entre as conexões. Em sequência, realiza-se o produto entre o peso sináptico (w_{kj}) e a entrada (x_j). É válido afirmar que o índice k se refere ao neurônio

e o índice j consiste no terminal de entrada do peso sináptico.

Figura 1 – Modelo não linear de um neurônio



Fonte: Haykin (2001, p. 36).

Diferentemente do cérebro humano, os valores assumidos pelos pesos sinápticos podem ser positivos ou negativos; o elemento somador dos sinais de entrada é ponderado pelas sinapses do neurônio; e por fim, uma função de ativação que limita o intervalo de saída a um valor finito (HAYKIN, 2001). Braga, Carvalho e Ludermir (2007, p. 2) concluem que “as RNAs atuam como mapeadores universais de funções multivariáveis, com custo computacional que cresce apenas linearmente com o número de variáveis”.

Pode-se conferir a aplicação dessa técnica em estudos realizados em áreas diferentes como: na ciência da informação por Ferneda (2006); na educação pelas pesquisas de Hardgrave, Wilson e Walstrom (1994) e Flitman (1997); na engenharia de transportes por Mussone, Rinelli e Reitani (1996), Bocanegra, (2002) e Aguiar Junior (2004); na administração financeira, para a concessão de crédito bancário por Steiner et al. (2007) e para concessão de crédito ao consumidor por Lima et al. (2009). A adoção dessa técnica na análise do mercado imobiliário é também vista nas pesquisas dos seguintes autores:

Kathmann (1993) estuda a combinação de Redes Neurais Artificiais com o uso do cálculo probabilístico para determinar os valores imobiliários;

Neto (2004) utiliza diferentes metodologias para a estimação do valor de mercado de imóveis por meio da aplicação de Redes Neuro-Fuzzy e Redes Neurais Artificiais, além de fazer a análise comparativa dos resultados com Estimadores de Mínimos Quadrados.

Wang (2005) propõe um sistema de apoio à tomada de decisão fundamentado na técnica de Análise Envoltória de Dados para medir o desempenho do investimento público no mercado imobiliário.

A definição de modelo com índice de confiança com auxílio de um SIG para a avaliação de imóveis foi abordada por Guo et al. (2007);

A determinação do valor de mercado para imóveis auxiliado por redes neurais é concretizada por Li e Shi (2011) e García, Gámez e Alfaro (2008).

Chiarazzo et al. (2014) aplicam RNAs para estimar o preço de imóveis, considerando fatores ambientais tais como níveis de poluição e ruído, paisagem, entre outros.

Arafiev, Terleev e Badenko (2015) utilizam Sistemas de Informações Georreferenciadas integrado com lógica *fuzzy* para a avaliação de parcelas de terreno, considerando critérios tecnológicos, econômicos, ecológicos e social.

No que diz respeito à combinação das duas técnicas RNA e SIG, encontra-se na literatura a pesquisa de Brondino e Silva (1999) que utilizam essas técnicas para a avaliação de terrenos.

Liu, Deng e Wang (2011) apontam que a avaliação imobiliária é um processo complexo, visto que a precisão na avaliação é influenciada pela qualidade das informações, pela tecnologia utilizada e por erros oriundos do processo de avaliação. Assim, métodos tradicionais de avaliação podem se tornar ineficientes e imprecisos. Os autores recomendam utilizar, em primeiro lugar, o SIG com uma plataforma abrangente que engloba uma tecnologia de informação adequada ao processo de avaliação de imóveis. A segunda etapa consiste na aplicação de uma rede neural que tem a habilidade dinâmica de processar problemas não lineares.

3 Metodologia

3.1 Etapas da pesquisa

A pesquisa fez o uso de duas técnicas de apoio à decisão, Redes Neurais Artificiais e Geoprocessamento, para estudar a variação do preço por metro quadrado dos imóveis dentro de um espaço urbano. Considerou-se para tanto, o padrão dos imóveis e suas coordenadas cartográficas de imóveis no ano de 2013.

As fontes de evidência utilizadas na pesquisa foram documentos, relatórios e informações publicitárias fornecidas por imobiliárias e construtoras. Dados de duas imobiliárias de alta representatividade em Fortaleza, originados de tabelas de vendas e folders de lançamento de habitações multifamiliares foram coletados para a pesquisa. Esse procedimento considerou o período entre os meses de janeiro de 2013 a setembro de 2013. Adotou-se, ainda, dados procedentes do IBGE (2011), referente ao Censo Demográfico de 2010, bem como arquivos disponibilizados pela Secretaria de Infraestrutura de Fortaleza (Seinfra), utilizados para a caracterização da região estudada.

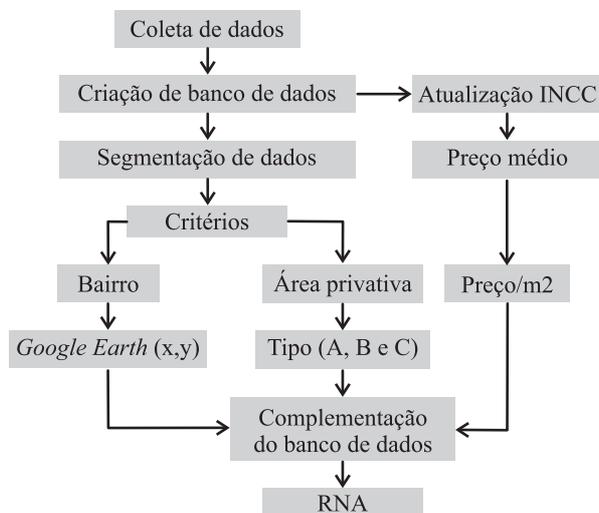
Tendo em vista que o estudo considerou os preços de oferta de condomínios de edifícios para a incorporação imobiliária, é importante ressaltar que a NBR 12 721:2005 é responsável por orientar sobre a coleta de preços e cálculo do Custo Unitário Básico por m² de construção. Esta norma define como custo unitário da construção: o quociente da divisão do custo global da construção pela área equivalente em área de custo padrão total. Informa-se, também, que a norma em questão se aplica aos edifícios com unidades autônomas dispostas em pavimentos, ou seja, projetos-padrão. Define-se como projeto-padrão aqueles selecionados para representar os diferentes tipos de edificações, que são usualmente objeto de incorporação para construção em condomínio e conjunto de edificações, definidos por suas características principais: número de pavimentos; número de dependências por unidade; áreas equivalentes à área de custo padrão privativas das unidades autônomas; padrão de acabamento da construção; e número total de unidades (ABNT, 2005).

Diante do exposto, e com base na NBR 12721, o parâmetro utilizado para análise foi o preço ofertado por metro quadrado, em vez do valor total de venda do imóvel. Devido à semelhança dos edifícios na região analisada e a proximidade entre os empreendimentos, entende-se que os preços por metro quadrado sejam semelhantes no bairro analisado.

A primeira etapa do estudo consistiu na formação dessas informações e na composição de mapas temáticos com os dados socioeconômicos obtidos no IBGE. O fluxograma da Figura 2 mostra a sequência de etapas da pesquisa em sua primeira fase. Salienta-se que os preços dos empreendimentos

foram ajustados de acordo com o Índice Nacional da Construção Civil – INCC, principal indexador de reajuste na indústria da construção.

Figura 2 – Primeira fase da pesquisa



Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Após a consolidação das informações, iniciaram-se os testes com as redes neurais. Salienta-se que a rede neural foi criada com o intuito de se utilizarem as variáveis explicativas (coordenada x , coordenadas y e de mercado) para a variável de preço de venda por metro quadrado.

Os *perceptrons* são constituídos de múltiplas camadas em que se realiza o treinamento supervisionado com o algoritmo *back-propagation* (HAYKIN, 2001). Desse modo, o modelo foi gerado com a aplicação do *software* Matlab, no qual se utilizou o treinamento supervisionado da rede com uma função para ativar a logística sigmoideal para duas camadas. Essa função fornece um balanceamento adequado entre comportamento linear e não linear dos dados.

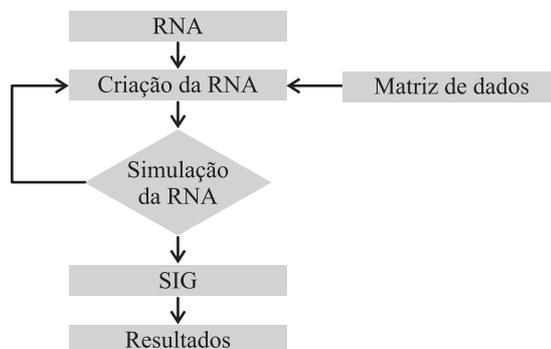
Gerou-se um conjunto de 48 redes, com os mesmos padrões de treino preestabelecidos pelo Matlab. Adotou-se a ordem de grandeza do *Mean Square Error* (MSE) para escolher a rede e, ainda, foi utilizado como critério de desempate, o coeficiente de correlação (r) para o conjunto de teste. Nessa fase, procurou-se alcançar uma modelagem ótima com o menor MSE. Adotou-se uma rede com a modelagem adequada ao problema em questão, ou seja, aquela que apresentou os padrões de desempenho mais favoráveis para a simulação de cenários. Em outras palavras, foi selecionada a rede que possuía um índice de correlação mais

próximo do valor 1 (um) para o conjunto de teste, além de um valor favorável para MSE.

Fundamentalmente, os critérios que norteiam a criação da rede foram: o algoritmo de treinamento, a função de treinamento, a função de ativação e a quantidade de *perceptrons* contidos nas camadas intermediárias. No entanto, existem outros parâmetros que poderiam ser considerados como: o gradiente, taxa de momento, taxa de aprendizado, entre outros. Contudo, esses parâmetros produzem uma gama de combinações quando relacionados com os demais critérios já mencionados, desse modo, se optou em utilizar o modo *default* do Matlab para os padrões de treinamento.

A Figura 3 apresenta a sequência de procedimentos, desde a formação da rede neural até os resultados da pesquisa. A obtenção da RNA resultou da entrada dos dados, tratados na primeira fase do experimento juntamente com a aplicação do Matlab 7.8. O parâmetro de validação se fundamentou na escolha da RNA a ser aplicada no estudo, ademais, se gerou uma malha georreferenciada de pontos com espaçamento padronizado na região, e se utilizou a RNA que mais se adequou ao fenômeno. Isso permitiu que fosse gerada uma distribuição de valores de preço por metro quadrado.

Figura 3 – Segunda fase da pesquisa



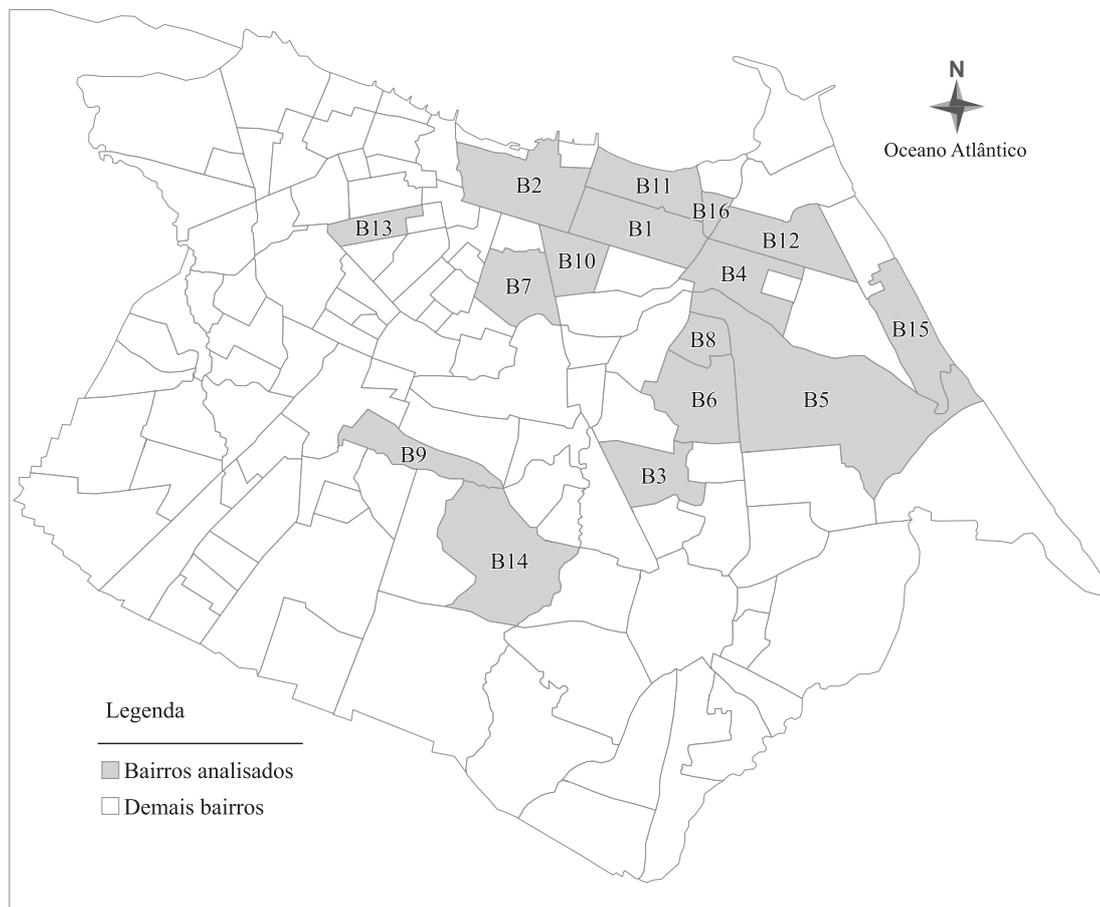
Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

3.2 Definição dos empreendimentos

A pesquisa considerou os empreendimentos que envolveram uma área distribuída em 16 bairros (Figura 4), isso representa uma área total de 46,9 km². Observa-se que os lançamentos imobiliários se concentram na região norte da cidade, área fortemente adensada com edifícios de alto padrão. É nessa região que se dispõe a maior cobertura de

prestação de serviços de água e esgoto, energia elétrica e comunicação.

Figura 4 – Mapa com os bairros de Fortaleza



Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

No experimento, foi necessário aplicar o procedimento em uma região cujos os dados apresentaram maior homogeneidade. Esse procedimento permitiu viabilizar todo o aproveitamento das técnicas SIG com RNA, assim como realização da simulação de três cenários. Dessa forma, o total de 48 empreendimentos foi simplificado para 24 empreendimentos (Figura 4), distribuídos nos bairros: B1, B4, B11, B12 e B16. Esses empreendimentos resultaram em uma área de 13,7 km².

O procedimento de aplicação do geoprocessamento foi realizado com a utilização do *software* Arcmap, no qual permitiu criar uma malha de pontos espaçados a cada 50 metros sobre a região em estudo e se obtiveram as respectivas coordenadas dos pontos em projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), no *Datum* SAD69. Oliveira e Silva (2012) descrevem que, neste sistema de projeção, a Terra é dividida em 60 fusos ou zonas de

6° de longitude, em que cada um dos fusos UTM tem origem na interseção do seu meridiano central com a linha do Equador.

Ao gerar as coordenadas dos pontos que constituíam a malha, realizaram-se três aplicações da RNA, em que se gerou três simulações com a mudança da variável de entrada “mercado”. A primeira aplicação considerou que todos os pontos seriam imóveis do mercado A, na segunda simulação seriam imóveis do mercado B, e a última o mercado C.

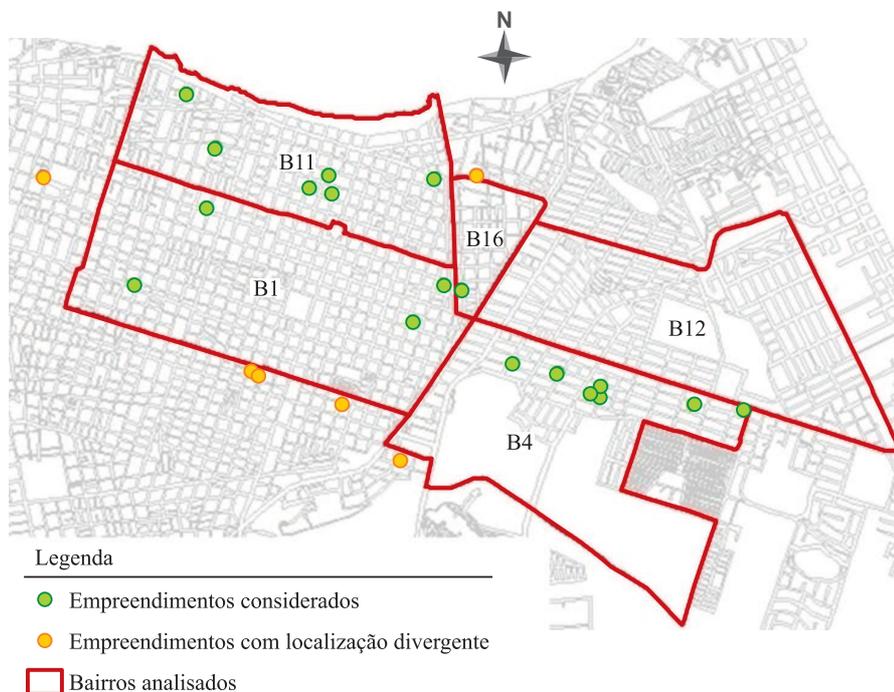
4 Resultados e discussão

4.1 Resultados dos empreendimentos

A locação dos empreendimentos foi determinada por meio de pontos, o uso *software* Google Earth, permitiu a localização dos empreendimentos no mapa, dessa maneira, foi possível auxiliar a

vistoria em campo. Uma vez aplicado o georreferenciamento dos imóveis, obteve-se a configuração representada pela Figura 5.

Figura 5 – Mapa da distribuição dos empreendimentos



Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

A fim de garantir a acurácia dos dados, foi realizada uma vistoria *in loco* para checar os pontos de referência fornecidos pelas imobiliárias. Observou-se que, por exemplo, o bairro B1 não apresentou a mesma quantidade de empreendimentos que constava nos endereços fornecidos pelas imobiliárias. Justificando-se assim a necessidade de verificação *in loco* e conferência de todos os dados fornecidos.

A Tabela 1 mostra os valores máximo, mínimo e médio de preço dos empreendimentos na região estudada. Foi constatado que o preço médio de oferta dos empreendimentos apresentou variação de R\$ 407 mil a R\$ 921 mil, pode-se verificar uma inclinação da área para comercialização de empreendimentos nessa faixa de preço.

Determinou-se o preço de oferta por unidade de área, indicador utilização para se conhecer as variações do preço global para uma faixa de imóvel previamente definida. Os principais valores para os preços médios de oferta por metro quadrado podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 1 – Preço médio de oferta do empreendimento

Empreendimento	Área privativa	Tipo de valor
nº 29	R\$ 407.376,92	Mínimo
-	R\$ 1.042.865,47	Médio
nº 24	R\$ 1.948.542,92	Máximo

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Tabela 2 – Preço médio de oferta por área média

Empreendimento	Preço médio/ área média	Tipo de valor
nº 10	R\$ 4.954,98	Mínimo
-	R\$ 6.734,75	Médio
nº 39	R\$ 7.964,63	Máximo

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Nota-se que o empreendimento de número 10 possui o menor preço por metro quadrado, esse empreendimento possui uma área privativa média de 102 m². O menor preço médio do metro quadrado corresponde ao empreendimento de número 39 que possui uma área privativa de 72,91 m². Pode-

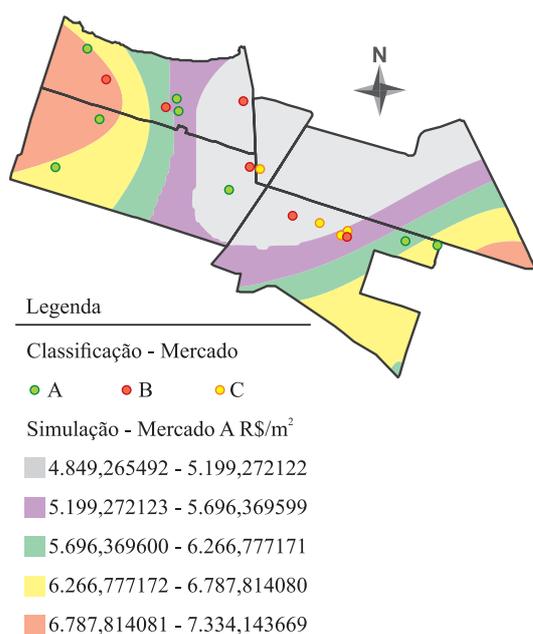
-se inferir, portanto, que o preço por metro quadrado não é necessariamente diretamente proporcional à área do empreendimento. Outros fatores como: acessibilidade, área de lazer, tecnologia construtiva, acabamento do imóvel, podem alterar significativamente valor do metro quadrado do imóvel.

Nesta pesquisa, para efeito de simplificação, foi considerado como principal parâmetro de avaliação o preço do metro quadrado do imóvel e sua localização. No entanto, vale ressaltar que diferenças de preços, dependem da qualidade do empreendimento como número de garagens, tamanho da área comum, tamanho da área privativa, qualidade de acabamento, entre outros fatores.

4.2 Aplicação do Geoprocessamento e da Rede Neural

A Figura 6 proporciona um cenário do preço de oferta por metro quadrado de empreendimento do tipo Mercado A. A primeira simulação gerada permite identificar quais os locais com o preço mais elevado por unidade de área. O preço de oferta para a região está delimitado em uma grande área e tem variação de valores de R\$ 4.849,26 a R\$ 5.199,27 por metro quadrado. Observa-se, ainda, que há um acréscimo de valor na medida em que se afasta da região central da área de estudo. Nas áreas destacadas pela Figura 6, percebe-se que, no sentido Leste-Oeste, ocorre um decréscimo de valores até a região central, e, em seguida, há um novo acréscimo de preço.

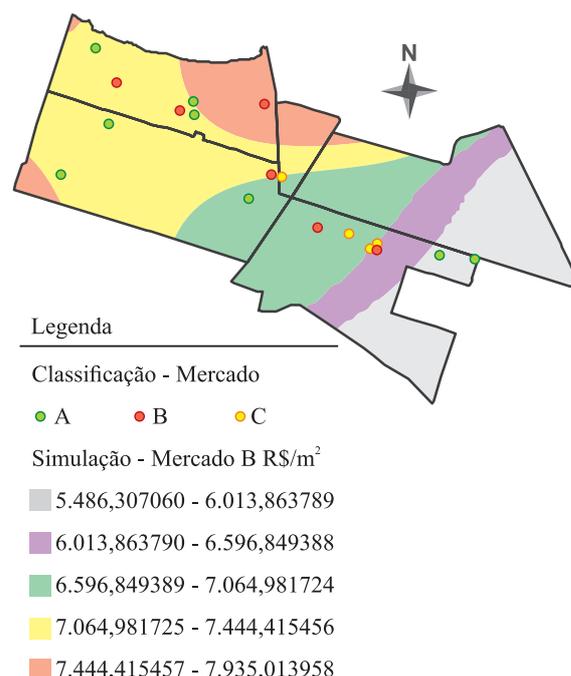
Figura 6 – Simulação: Mercado A



Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

A simulação da rede para empreendimentos do Mercado B, conforme indicado pela Figura 7, mostra uma sub-região que favorece o preço do imóvel dessa categoria, verifica-se que a região possui um intervalo de preço por metro quadrado de R\$ 7.064,98 a R\$ 7.444,41. Contudo, é possível advertir que em outras áreas, destacadas de marrom, há um aumento significativo no preço do imóvel. Destaca-se que ao se observar o sentido Leste-Oeste, o preço é totalmente crescente para empreendimentos dessa categoria.

Figura 7 – Simulação: Mercado B

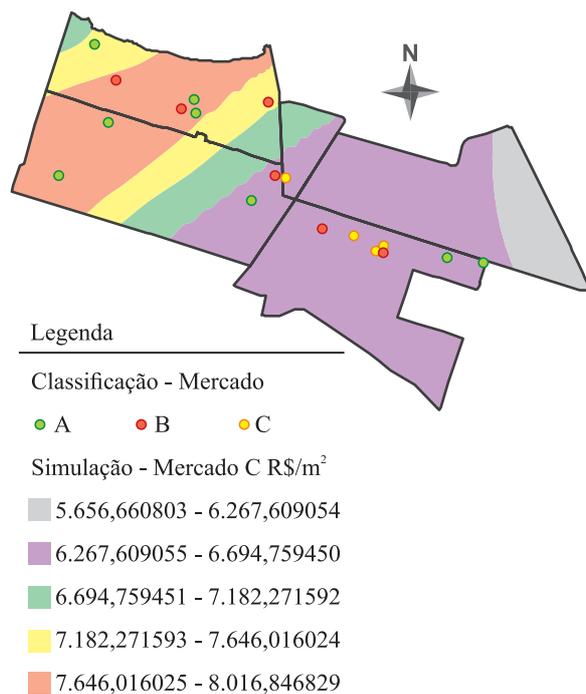


Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Na simulação ao considerar o empreendimento tipo Mercado C (Figura 8) observa-se que no sentido Leste-Oeste, há uma ascensão no preço de oferta por unidade de área, até a extremidade oeste, daí o preço passa a decrescer. Nota-se que o preço por metro quadrado predominante consiste no intervalo entre R\$ 6.227,60 a 6.694,75. Contudo, há uma sub-região (área marrom) onde o preço de oferta consiste em um intervalo mais elevado.

As simulações permitem a formulação de uma estratégia de mercado que pode ser adotada pela construtora, pois se pode prever valores e distribuição de preços de oferta da região com base nos imóveis comercializados do mesmo tipo ou formular uma estratégia com base na concorrência do tipo de mercado.

Figura 8 – Simulação Mercado C



Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

É possível constatar que há influência de mercado de imóveis de alto padrão (empreendimentos do tipo Mercado B possuem área privativa a partir de 188,31 m²) sobre empreendimentos com área privativa menor, como mercado tipo A, que são mais ofertados na região em estudo. Assim, uma construtora de posse dessa informação, ao avaliar a configuração do mercado, pode decidir por lançar empreendimentos do tipo Mercado A, próximo a imóveis de alto padrão (Mercado B), pois haverá um incremento sobre o preço do imóvel lançado. Essa medida é favorável, pois ao se comparar com um lançamento imobiliário em uma área predominante de empreendimentos do tipo Mercado A, não se pode esperar por um incremento no preço do imóvel, em virtude da influência da circunvizinhança.

5 Considerações Finais

É importante considerar que a RNA gerada se destacou como sendo a melhor opção de resposta para os critérios de desempenho adotado. Não obstante, pode haver outra configuração de rede que represente melhor o cenário da distribuição do preço de oferta por metro quadrado dos imóveis na região avaliada.

Quanto à distribuição do preço por metro quadrado, observou-se que a aplicação forneceu indícios básicos de validade. Em consequência,

notou-se que as sub-regiões de simulação para empreendimentos de Mercado B influenciam o incremento de preço dos imóveis da categoria A e C. Os quais possuem tipologia mais desfavorável frente aos empreendimentos caracterizados pelo Mercado B. A simulação dos cenários dos preços permitiu conhecer os nuances dessa variável, como o mesmo se distribui no local e possibilita, ainda, identificar o intervalo de preço mais representativo para área de estudo. Em sùmula, a aplicação da tecnologia RNA e Geoprocessamento possibilitou alcançar resultados concisos e que fornecem condições para simular situações futuras referentes às distribuições de empreendimentos no espaço geográfico.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.721: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios**. Rio de Janeiro, 2005.
- AGUIAR JUNIOR, S. R. **Modelo RAPIDE: uma aplicação de mineração de dados e redes neurais artificiais para a estimativa da demanda por transporte rodoviário interestadual de passageiros no Brasil**. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Brasília. Brasília, 2004.
- AREFIEV, N.; TERLEEV, V.; BADENKO, V. GIS-based Fuzzy Method for Urban Planning. **Procedia Engineering**, v. 117, p. 233-240, 2015.
- BALARINE, O. F. O. O uso da análise de investimentos em incorporações imobiliárias. **Produção**, v. 14, n. 2, p. 47-57, 2004.
- BACEN. BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Financiamentos imobiliários. Resumo mensal do setor. Sistema Financeiro de Habitação**, 2002. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/FIS/SFH/PORT/est2002/01/Resumo.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2013.
- _____. **Financiamentos imobiliários. Resumo mensal do setor. Sistema Financeiro de Habitação**, 2013. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/FIS/SFH/PORT/est2016/08/Resumo.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2016.
- BOCANEGRA, C. W. R. **Procedimentos para tornar mais efetivo o uso das redes neurais artificiais em planejamento de**

transportes. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2002.

BRAGA, A. D. P.; CARVALHO, A. C. P. D. L. F. D.; LUDERMIR, T. B. **Redes neurais artificiais: teoria e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

BRONDINO, N. C. M.; SILVA, A. N. R. D. Combining Artificial Neural Networks and GIS for land valuation purposes. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN URBAN PLANNING AND URBAN MANAGEMENT, 6, 1999. **Anais...**Veneza: CUPUM, 1999.

BRONDINO, N. C. M.; SILVA, A. N. R. D. Da teoria à prática: introduzindo técnicas emergentes na avaliação de imóveis em massa. **Revista Minerva – Pesquisa & Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 107-117, 2005.

CHIARAZZO, V. et al. A neural network based model for real estate price estimation. **Transportation Research Procedia**, v. 3, p. 810-817, 2014.

FERNEDA, E. Redes neurais e sua aplicação em sistemas de recuperação de informação. **Ciência da Informação**, v. 35, n. 1, p. 25-30, 2006.

FLITMAN, A. M. Towards analyzing student failures: neural networks compared with regression analysis and multiple discriminant analysis. **Computers & Operations Research**, v. 24, n. 4, p. 367-377, 1997.

GARCÍA, N.; GÁMEZ, M.; ALFARO, E. AN-N+GIS: An automated system for property valuation. **Neurocomputing**, v. 71, p. 733-742, 2008.

GONZÁLEZ, M. A. S.; FORMOSO, C. T. Determinação de Planta de Valores Utilizando Técnicas de Inteligência Artificial. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR, IX. **Anais...**Rio de Janeiro: ANPUR, 2001.

GUO, H.; LI, H.; SHEN, Q.; WANG, Y.; LI, Y. Real estate confidence index based on Web GIS and SPSS WebAPP. **International Journal of Project Management**, v. 25, p. 171-177, 2007.

HARDGRAVE, B. C.; WILSON, R. L.; WALSTROM, K. A. Predicting Graduate Student Success: a comparison of neural networks and

traditional techniques. **Computer and Operations Research**, v. 21, n. 3, p. 249-263, 1994.

HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e práticas**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010. Aglomerados subnormais - Primeiros resultados**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2011.

KATHMANN, R. M. Neural networks for the mass appraisal of real-estate. **Computers Environment and Urban Systems**, v. 17, n. 4, p. 373-384, 1993.

LI, W.; SHI, H. Applying Unascertained Theory, principal component analysis and ACO-based Artificial Neural Networks for Real Estate Price. **Journal of Software**, v. 6, n. 9, p. 1672-1679, 2011.

LIMA, F. G.; PERERA, L. C. J.; KIMURA, H.; SILVA FILHO, A. C. Aplicação de redes neurais na análise e na concessão de crédito ao consumidor. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 44, p. 34-45, 2009.

LIU, X.-S.; DENG, Z.; WANG, T.-L. Real estate appraisal system based on GIS and BP neural network. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China**, v. 21, n. 3, p. s626-s630, 2011.

MUSSONE, L.; RINELLI, S.; REITANI, G. Estimating the accident probability of a vehicular flow by means of an Artificial Neural Network. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 23, n. 6, p. 667-675, 1996.

NETO, A. P. Avaliação de imóveis urbanos com utilização de sistemas nebulosos (redes neuro-fuzzy) e redes neurais artificiais. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE VALUACIÓN, XXI. **Anais...** Cartagena: Ibape, 2004.

OLIVEIRA, R. N. Q. D.; SILVA, D. C. D. Sistema de projeção transversa de mercado no georreferenciamento de imóveis rurais. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, IV. **Anais...** Recife: UFPE, 2012.

PEREIRA, G. C.; SILVA, B. C. N. Geoprocessamento e urbanismo. In: GERARDI, L. H.; MENDES, I. A. **Teoria, técnicas, espaços e atividades**. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geografia - UNESP, 2001. p. 97-137.

STEINER, M. T. A.; NIEVOLA, J. C.; SOMA, N Y.; SHIMIZU, T.; STEINER NETO, P. J. Extração de regras de classificação a partir de redes neurais para auxílio à tomada de decisão na concessão de crédito bancário. **Pesquisa Operacional**, v. 27, n. 3, p. 407-426, 2007.

WANG, W. K. A knowledge-based decision support system for measuring. **Expert Systems with Applications**, v. 29, p. 901-912, 2005.