

Modelos de precificação para locação e venda de imóveis residenciais na cidade de João Monlevade-MG via regressão linear multivariada

Pricing models for rent and sale of residential properties in the city of João Monlevade-MG via multivariate linear regression

Editor Responsável

Prof. Dr. Hermes Moretti Ribeiro da Silva

Vanessa Silva Rosa¹ - Universidade Federal de Ouro Preto
Paganini Barcellos de Oliveira² - Universidade Federal de Ouro Preto
Rafael Lucas Machado Pinto³ - Universidade Federal de Minas Gerais

Recebido: 17.01.2019

Aprovado: 20.05.2019

Resumo

Os consumidores de bens e serviços de um determinado mercado são atraídos por um conjunto de atributos de valor que direta ou indiretamente os qualificam em relação aos seus concorrentes. Por outro lado, embora o "preço" seja apenas um dentre os vários atributos, ele muitas vezes é interpretado como uma variável resposta que reúne os demais, justamente pelo seu grau de relevância quanto à restrição orçamentária dos consumidores. Esse artigo objetiva entender o grau de influência e correlação de um conjunto de variáveis explicativas nos preços de imóveis residenciais ofertados para locação e venda na cidade de João Monlevade-MG, via modelos de regressão linear multivariada. A metodologia proposta se baseia em informações reais referentes aos preços ofertados na cidade e suas características estruturais e locais, a citar: quantidade de quartos e vagas na garagem; quantitativo de ocorrências policiais; proximidade com o centro comercial, postos de saúde e escolas estaduais mais próximas. Como resultado, foi possível obter um conjunto de equações matemáticas capazes de explicar o preço em função das variáveis preditoras, bem como entender a relação entre estas variáveis.

Palavras-chave: Mercado imobiliário. Regressão linear múltipla. Correlação.

Abstract

Consumers of goods and services in a particular market are attracted by a set of value attributes that directly or indirectly qualify them in relation to their competitors. On the other hand, although the "price" is only one among the various attributes, it is often interpreted as a response variable that gathers the others, precisely because of their relevance level to the consumers budget constraint. This paper proposes to evaluate the level of influence and correlation of a set of explanatory variables in the prices of residential properties offered for rent and sale in the city of João Monlevade-MG, using multivariate linear regression models. The methodology is based on real information regarding the prices offered in the city and its structural and locational characteristics, to quote: number of rooms and parking spaces; number of police occurrences; proximity to the center, health centers and schools more nearby. As a result, it was possible to obtain a set of mathematical equations able to explain the price according to the predictor variables, as well as to understand the relation between these variables.

Keywords: Real estate market. Multivariate linear regression. Correlation.

1. R. Diogo de Vasconcelos, 122, Pilar - Ouro Preto, Minas Gerais, CEP 35400-000, vanessa.sr@hotmail.com; 2. paganini@ufop.edu.br; 3. rafaelucas@gmail.com.

ROSA, V. S.; OLIVEIRA, P. B.; PINTO, R. L. M. Modelos de precificação para locação e venda de imóveis residenciais na cidade de João Monlevade-MG via regressão linear multivariada. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 14, n.3, p. 151 - 167, 2019.

DOI: 10.15675/gepros.v14i3.2614

1. INTRODUÇÃO

No mercado imobiliário, cada consumidor monta sua cesta de necessidades básicas a partir de suas preferências em relação às características presentes em cada bem. Dessa forma, na análise do preço de um imóvel, não somente características físicas do imóvel são significantes, mas também efeitos de externalidades devem ser considerados (ABRAMO; FARIA, 1998 *apud* ARRAES; SOUSA FILHO, 2008). Essas características comportamentais, sejam elas extrínsecas ou intrínsecas, contribuem significativamente na formação do preço de habitação.

Dessa forma, os modelos de precificação de imóveis tentam explicar o comportamento de um tipo de mercado onde se transacionam bens com atributos diferentes (bens heterogêneos). A quantidade de atributos que o bem possui reflete no preço que equilibra esse mercado. Quanto melhores os atributos, maior o preço a eles atribuído (AGUIRRE; FARIA, 1997).

A avaliação de imóveis e dos seus preços pode ser realizada através da regressão hedônica, por meio da econometria tradicional. Esse processo é caracterizado por permitir estimar uma variável resposta, o preço, a partir de uma regressão linear que contém características estruturais (área privativa, número de cômodos, vagas na garagem, idade, conservação, padrão construtivo, etc.), locacionais (cidade, região, bairro, distâncias a polos de influência, etc.) e econômicas (forma de pagamento, época da transação, natureza do evento, etc.) (DANTAS; MAGALHÃES; VERGOLINO, 2007).

Neste contexto, este estudo propõe a criação de modelos de regressão linear múltipla para prever os preços de aluguéis e vendas dos imóveis da cidade de João Monlevade, Minas Gerais, levando em consideração as características específicas do mercado e as necessidades de locação e consumo de imóveis para investimento. Mais especificamente, as características que serão analisadas neste trabalho serão estruturais e locacionais, sendo elas: quantidade de quartos e vagas na garagem; ocorrências de crimes; proximidade com o centro comercial; e as distâncias em relação aos postos de saúde e escolas estaduais da cidade.

Além disso, o trabalho também se propõe a avaliar os índices de correlação das variáveis explicativas dos modelos, visando entender o impacto da variância compartilhada entre elas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O mercado imobiliário

Um mercado é caracterizado por um conjunto de agentes responsáveis pela oferta (interessados em vender) e outros responsáveis pela demanda (interessados em comprar) que em função de suas interações e poder de barganha determinam os preços dos bens e serviços (PINDYCK; RUBINFELD, 2013). Mais especificamente, o mercado imobiliário residencial é caracterizado pela existência de compradores e vendedores, ou alternativamente locadores e locatários (aluguéis), que surgem devido

à necessidade natural de consumo em um ambiente habitacional de qualidade (demanda) e à expectativa de rendimentos dos imóveis (oferta).

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2013) as escolhas individuais de cada consumidor se dão em função de sua restrição orçamentária e do grau de utilidade que as cestas de mercado (cestas que contém diferentes produtos/serviços) podem oferecer, visando atingir a máxima satisfação. Em complementaridade, Pascale e Alencar (2006) destacam que no mercado imobiliário existem inúmeros atributos de valor que podem compor estas cestas de mercado, e, neste caso, os consumidores e fornecedores potenciais tentam converter esses atributos no preço dos imóveis.

Em alguns trabalhos mais antigos dentro da literatura que cobre este assunto, autores como Alonso (1964) e Wingo Jr. (1961), consideravam apenas questões de transporte e espaço físico (m^2) como fatores de influência nas escolhas dos consumidores, e que a maximização da satisfação ocorreria quando o custo do transporte em função da localização fosse mínimo e o espaço físico fosse máximo. Já Dantas, Magalhães e Vergolino (2007) consideram também que as negociações no mercado imobiliário não ocorrem apenas por atributos reais e sua localização, mas também pela avaliação de “reputação de preços” que recai sobre uma região e sua vizinhança.

Autores como Pascale e Alencar (2006) e Arraes e Souza Filho (2008) acrescentam que existem inúmeros outros fatores que influenciam e alteram o preço do mercado, tais como atributos ambientais (nível de poluição); proximidade com comércios e outros tipos de serviços; infraestrutura (saneamento básico e fornecimento de energia elétrica); e aspectos socioeconômicos (renda da região e índices de violência).

Em pesquisas mais recentes no Brasil, Aguirre (2012) apresenta um estudo em regiões do Distrito Federal, que converge com os estudos anteriores e mostra que os aspectos que influenciam o preço, podem variar seu peso de uma região para outra, enquanto que Carmo (2014) investiga uma pesquisa com foco na precificação por m^2 em Uberlândia-MG levando em consideração alguns aspectos relacionados à área total de cada bairro, em função da quantidade total de domicílios, escolas, habitantes por m^2 e crimes violentos.

Em se tratando do mercado imobiliário da cidade de João Monlevade-MG, foco deste estudo, Ribeiro, Rosa e Oliveira (2017) propuseram um estudo estatístico descritivo que permitiu levantar um conjunto de atributos dos imóveis anunciados para venda e locação na cidade referente ao ano de 2016, o qual serviu de base para a seleção dos atributos de valor selecionados, a serem utilizados nos modelos de regressão propostos neste trabalho.

2.2 Modelos de Regressão Linear Multivariada

A metodologia de estimativa de preços via regressão linear multivariada depende de informações

concretas referentes a um conjunto de imóveis, juntamente com uma lista contendo as suas características (atributos). Essas informações permitem estimar uma função de preços hedônica, mediante uma regressão múltipla, na qual o preço é a variável dependente, e todas as características são as variáveis explicativas da relação. Os coeficientes estimados representam os preços implícitos dos diferentes atributos. (ANGELO; FÁVERO; LUPPE, 2004).

Segundo Stevenson (2001), a regressão múltipla tem por objetivo estabelecer uma equação que possa ser usada para prever valores de Y para valores dados das diversas variáveis independentes, conforme mostra na Equação 1.

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k \quad (1)$$

onde, a e b_i representam o intercepto do eixo da variável resposta e os coeficientes angulares da Equação 1, respectivamente, assim como k indica o número de variáveis independentes X do modelo proposto.

O objetivo da regressão múltipla é prever uma única variável dependente a partir do conhecimento de uma ou mais variáveis independentes (HAIR Jr. *et al.*, 2009). Logo, a ideia é fazer com que a nossa variável dependente seja o preço e os demais atributos dos imóveis sejam as variáveis independentes.

As saídas resultantes de todo modelo de regressão permitem que se estabeleçam relações de significância e informa se a aproximação proposta, no nosso caso linear, se ajusta bem aos dados analisados. Dentre as informações mais comuns que todos os *softwares* de estatística retornam, destaque para o desvio padrão (S) e o coeficiente de determinação (R^2).

De acordo com Stevenson (2001), o valor de R^2 pode variar de 0 a 100%, sendo que quando a variação explicada constitui uma pequena percentagem da variação total, R^2 será pequeno. Inversamente, quando a dispersão em torno da reta de regressão é pequena em relação à variação total dos valores da variável resposta em torno de sua média, ou seja, isto significa que a variação explicada responde por uma grande percentagem da variação total, e R^2 estará muito mais próximo de 100%.

2.3 Correlação

O coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma medida de associação linear entre variáveis, ou seja, ele é uma medida da variância compartilhada entre duas variáveis. O coeficiente de correlação de Pearson (r) varia de -1 a 1.

“O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Quanto mais perto de 1 (independente do sinal) maior é o grau de dependência estatística linear entre as variáveis. No outro oposto, quanto mais próximo de zero, menor é a força dessa relação”. (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JUNIOR, p.5, 2009).

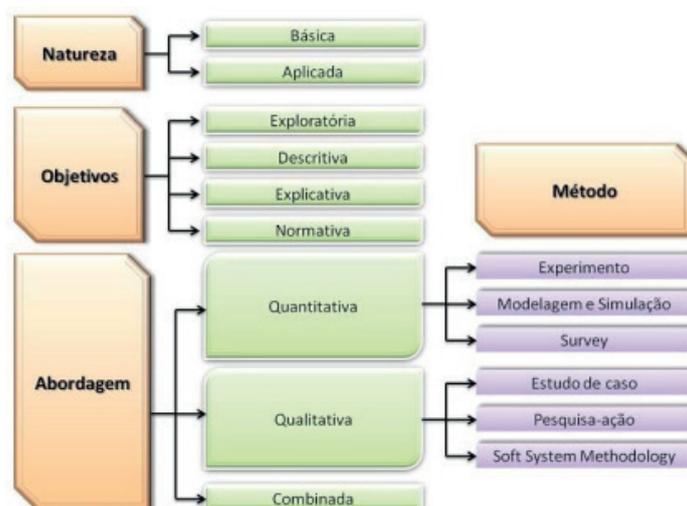
O coeficiente de correlação de Pearson (r) é fortemente influenciado pela média da distribuição. Por esse motivo, um dos pressupostos centrais para que essa medida seja adequadamente utilizada é de que as observações obedeçam a uma distribuição Normal, como utilizado neste trabalho.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Classificação Metodológica do Objeto de Estudo

Toda e qualquer pesquisa científica visa contribuir para o crescimento de aprimoramento do conhecimento humano em todos os eixos temáticos de estudo, como a ciência pura ou aplicada; a matemática; as ciências agrárias; a tecnologia; e a literatura (MEDEIROS, 2006). Em se tratando exclusivamente dos vários objetos de estudo da Engenharia de Produção, Turrioni e Mello (2012) propuseram alguns critérios de classificação da pesquisa científica conforme ilustrado pela Figura 1.

Figura 1 - Classificação da pesquisa científica em Engenharia de Produção



Fonte: Turrioni e Mello (2012).

Sob a ótica da natureza da pesquisa, esse estudo se trata de uma pesquisa aplicada, pelo seu interesse prático em avaliar um ambiente real, no qual o conhecimento teórico adquirido durante a revisão bibliográfica pode ser extrapolado pelos pesquisadores para solucionar os problemas encontrados pelos consumidores que querem comprar ou alugar imóveis em João Monlevade.

Quanto aos objetivos, a pesquisa pode ser definida como exploratória, pois, conforme Medeiros (2006), esse modelo visa proporcionar maior familiaridade com um problema a fim de torná-lo mais claro, bem como permite a construção de hipóteses para o aprimoramento das ideias. Neste trabalho utilizou-se o levantamento bibliográfico e informações reais do problema para levantar as hipóteses de quais variáveis deveriam ser levadas em consideração para se chegar ao preço de mercado.

Para resolver o problema utilizamos uma abordagem quantitativa, uma vez que, segundo Turrioni

e Mello (2012), a interpretação dos fenômenos requer o uso de recursos de coleta de dados combinada com técnicas estatísticas, que permitam quantificar o estudo para posterior classificação e análise. Finalmente, em se tratando do método, essa pesquisa pode ser classificada como um experimento, pois se deseja analisar a influência de um determinado conjunto de variáveis explicativas nos preços ofertados dos imóveis da cidade.

3.2 Procedimentos Metodológicos de Coleta de Dados

Para a realização das análises estatísticas do presente trabalho, foram utilizados dados extraídos de um estudo estatístico descritivo, proposto por Ribeiro, Rosa e Oliveira (2017), referente ao mercado imobiliário da cidade João Monlevade-MG. Entre os dados filtrados para este trabalho, destaque para as informações sobre os imóveis residenciais que incluem casas e apartamentos, disponíveis para a locação e/ou venda de todos os bairros da cidade de João Monlevade-MG. É importante destacar que os dados disponibilizados por Ribeiro, Rosa e Oliveira (2017) se referem ao mês de setembro de 2016, sendo estes coletados por meio de pesquisas realizadas na web em 16 diferentes sites de ofertas de imóveis.

Primeiramente foram coletadas informações sobre o valor da oferta (preço), o bairro onde o imóvel está localizado, a quantidade de quartos e vagas na garagem dos imóveis, resultando em um total de 271 imóveis para aluguel e 749 para venda, distribuídos entre 61 bairros da cidade.

Em um segundo momento, os dados foram refinados em função do quantitativo de oferta de imóveis por bairro. Utilizou-se o Princípio de Pareto, que auxilia na separação dos poucos problemas vitais dos muitos problemas triviais (PEINADO; GRAEML, 2007). Como o intuito da pesquisa era, além de analisar os valores ofertados para vendas e aluguéis separadamente, fazer uma comparação entre ambos, a análise de Pareto permitiu selecionar apenas os bairros que possuem 80% dos dados dos imóveis ofertados. Assim, a segmentação proposta permitiu analisar as diferenças das regressões de imóveis entre vendas e aluguel, considerando que, os bairros selecionados pertenciam a cerca de 80% dos imóveis anunciados em ambos os casos, conforme sintetizado pela Tabela 1.

- i. A distância física do imóvel em relação ao centro comercial da cidade (C_c);
- ii. A distância física do imóvel em relação ao centro de saúde mais próximo (S_a);
- iii. A distância física do imóvel em relação à escola estadual mais próxima (E);
- iv. Quantitativo de quartos por imóvel (Q);
- v. Quantitativo de vagas de garagem por imóvel (G);
- vi. Quantitativo de ocorrências policiais (segurança pública) registradas no período (C_p).

Tabela 1 – Quantidade de dados ofertados por bairro selecionado.

| Bairros | Oferta (Aluguel) | (%) Relativo (Aluguel) | (%) Acumulado (Aluguel) | Oferta (Venda) | (%) Relativo (Venda) | (%) Acumulado (Venda) |
|------------------|------------------|------------------------|-------------------------|----------------|----------------------|-----------------------|
| Aclimação | 13 | 6,34 | 6,34 | 25 | 5,06 | 5,06 |
| Alvorada | 5 | 2,44 | 8,78 | 22 | 4,46 | 9,52 |
| Belmonte | 5 | 2,44 | 11,22 | 15 | 3,04 | 12,56 |
| Cameirinhos | 27 | 13,17 | 24,39 | 25 | 5,06 | 17,62 |
| Cruzeiro Celeste | 9 | 4,39 | 28,78 | 30 | 6,07 | 23,69 |
| JK | 6 | 2,93 | 31,71 | 17 | 3,45 | 27,14 |
| José de Alencar | 15 | 7,32 | 39,03 | 17 | 3,45 | 30,59 |
| José Elói | 6 | 2,93 | 41,96 | 25 | 5,06 | 35,65 |
| Loanda | 12 | 5,85 | 47,81 | 38 | 7,69 | 43,34 |
| Lourdes | 12 | 5,85 | 53,66 | 25 | 5,06 | 48,40 |
| Lucília | 13 | 6,34 | 60,00 | 25 | 5,06 | 53,46 |
| Mangabeiras | 9 | 4,39 | 64,39 | 18 | 3,64 | 57,10 |
| Novo Horizonte | 14 | 6,83 | 71,22 | 30 | 6,07 | 63,17 |
| Paineiras | 5 | 2,44 | 73,66 | 25 | 5,06 | 68,23 |
| República | 9 | 4,39 | 78,05 | 12 | 2,43 | 70,66 |
| Rosário | 11 | 5,37 | 83,41 | 39 | 7,90 | 78,56 |
| Santa Bárbara | 15 | 7,32 | 90,73 | 32 | 6,48 | 85,04 |
| Teresópolis | 6 | 2,93 | 93,66 | 22 | 4,46 | 89,50 |
| Vale do Sol | 13 | 6,34 | 100,00 | 42 | 8,50 | 100,00 |

Fonte: Elaborado pelos autores.

As distâncias dos imóveis em relação ao centro comercial, postos de saúde e escolas estaduais (*i-iii*) foram obtidas, em quilometragem, utilizando o *Google Maps*, para cada um dos imóveis por bairro. As quantidades e endereços dos centros de ensino e de educação foram obtidos através do site oficial da prefeitura de João Monlevade-MG (<http://www.pmjm.mg.gov.br/>). Já os dados referentes à segurança pública foram disponibilizados pela Polícia Militar de Minas Gerais, 17ª Companhia de

Polícia Independente de João Monlevade-MG, contendo todas as ocorrências de crimes no ano de 2016. Os dados gerais utilizados nessa pesquisa estão resumidos nos Apêndices A e B.

Em uma última etapa do estudo, os dados foram organizados e arquivados em planilhas eletrônicas em formato compatível com o *software* Microsoft Excel 2013 e todos os gráficos e análises realizadas foram feitas através do *software* Minitab 18.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Essa seção foi dividida em duas partes. Na primeira, os modelos de regressão resultantes são apresentados e analisados tendo como bases as informações reais referentes ao mercado. Na etapa posterior são levantados o grau de correlação entre todas as variáveis utilizadas no estudo, visando entender o grau de dependência linear entre elas.

4.1 Modelos de Regressão Linear Múltipla

Para a construção dos modelos de regressão linear múltipla, definiu-se como variável dependente o preço (P) dos imóveis, e como variáveis independentes as características explicitadas nos Apêndices A e B referentes aos itens $i-vi$, apresentados no tópico 3.2.

A Tabela 2 apresenta os parâmetros/coeficientes encontrados para a regressão referentes aos imóveis para venda, assim como os valores p para cada variável estudada, enquanto a Tabelas 3 mostra os níveis de significância do modelo proposto, indicando os valores do coeficiente de determinação (R^2), que, por sua vez, permite entender o quanto o modelo foi capaz de explicar os dados de entrada. Já a Equação 2 expõe a função de regressão linear múltipla estimada para o cálculo dos preço (P) dos imóveis à venda.

Pela Tabela 3 é possível perceber que, entre os seis preditores analisados, quatro são significativos devido a seus valores p serem menores que o nível de significância adotado, ($\alpha=0,05$), que são: Q , G , Sa e E . Esses preditores explicam 42,93% da variância dos preços dos imóveis ofertados, ou seja, apresenta um R^2 pequeno.

Os coeficientes da Equação 2 identificam a direção, o tamanho e a significância estatística da relação entre um preditor e a resposta (P). Apenas a variável E apresentou relação negativa com o preço ofertado do imóvel, enquanto as variáveis CR e C_c não apresentaram significância para explicar o comportamento do preço de venda.

Tabela 2 – Resultados regressão múltipla - Venda

| Termo | Coefficiente | EP – Coeficiente | Valor – T | Valor – p |
|-----------|--------------|------------------|-----------|--------------|
| Constante | 41.104,0 | 38.538,00 | 1,04 | 0,299 |
| Q | 72.231,0 | 10.067,00 | 7,18 | 0,000 |
| G | 83.039,0 | 7.791,00 | 10,66 | 0,000 |
| C_r | 21,1 | 66,80 | 0,32 | 0,753 |
| C_c | 926,0 | 6.772,00 | 0,14 | 0,891 |
| S_a | 69.257,0 | 21.809,00 | 3,18 | 0,002 |
| E | -89.391,0 | 17.016,00 | -5,25 | 0,000 |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 3 - Resultados da significância da regressão múltipla - Venda

| S | R ² | R ² (aj) | R ² (pred) |
|---------|----------------|---------------------|-----------------------|
| 196.748 | 42,93% | 42,23% | 40,67% |

Fonte: Elaborado pelos autores.

$$P = 41.104 + 72.231Q + 83.039G + 21,1C_r + 926C_c + 6.9257S_a - 89.391E \quad (2)$$

Para exemplificar o resultado obtido, vamos prever o preço de venda de imóveis com a seguinte configuração (*Exemplo 1*): 2 quartos, 1 vaga na garagem, 0 criminalidade, distante 1 km do centro comercial, posto de saúde e escola mais próxima. Posteriormente vamos comparar o resultado obtido com os valores apresentados nos Apêndice A e B. Assim, o preço obtido por meio da Equação 2 é R\$ 249.397,00. Pelo Apêndice A verifica-se que as médias dos bairros que mais se aproximam desse valor são: Belmonte, Cruzeiro Celeste, José Elói e Loanda. Analisando o Apêndice B, entre os cinco selecionados pelo preço médio, apenas o bairro Belmonte se enquadra em nosso exemplo, enquanto os outros possuem características distintas. O bairro Cruzeiro Celeste não atende aos requisitos em função dos valores de C_c (5,4 km) e C_r (377 casos), já bairro José Elói não atende apenas o requisito de C_c (6,1 km), enquanto o Loanda tem distorção em relação aos valores de S_a (4,5 km) e E (5,7 km).

Em uma análise inversa, propusemos também avaliar outro exemplo em que os dados do Apêndice A seriam testados na Equação 2. Foi escolhido aleatoriamente o bairro Lourdes, que possui média de quartos igual a 2,83, média de vagas de garagem igual a 1,67, 85 casos de criminalidade e distância de 2,6 km do centro, 1,2 km dos postos de saúde e 0,65 km das escolas. Calculando o valor de P para este exemplo verifica-se um total de R\$413.362,22. O preço médio do imóvel neste bairro é R\$521.000,00, o primeiro quartil é R\$320.000,00, a mediana é R\$450.000,00 e o terceiro quartil é

R\$675.000,00. Desta forma, o modelo de regressão produziu um valor de venda de imóvel para este bairro inferior em relação ao valor médio, localizado entre o primeiro quartil e a mediana.

De maneira similar, as mesmas análises e informações citadas anteriormente para os dados de venda foram aplicadas nos dados referentes aos aluguéis, resultando nas Tabelas 4 e 5, bem como na Equação 3.

Tabela 4 – Resultados regressão múltipla - Aluguel

| Termo | Coefficiente | EP – Coeficiente | Valor – T | Valor – p | VIF |
|-----------|--------------|------------------|-----------|-----------|------|
| Constante | 241,000 | 103,00 | 2,33 | 0,021 | |
| Q | 138,400 | 32,50 | 4,26 | 0,000 | 1,19 |
| G | 103,200 | 27,00 | 3,83 | 0,000 | 1,21 |
| C_r | 0,281 | 0,13 | 2,16 | 0,032 | 1,31 |
| C_c | 28,000 | 15,50 | 1,80 | 0,073 | 1,53 |
| S_a | 229,400 | 51,10 | 4,49 | 0,000 | 3,14 |
| E | -239,600 | 39,90 | -6,00 | 0,000 | 3,47 |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 5 – Resultados da significância da regressão múltipla - Aluguel

| S | R ² | R ² (aj) | R ² (pred) |
|--------|----------------|---------------------|-----------------------|
| 287,59 | 33,98% | 31,98% | 27,89% |

Fonte: Elaborado pelos autores

$$P = 241 + 138,4Q + 103,2G + 0,281C_r + 28C_c + 229,4S_a - 239,6E \quad (3)$$

Para o caso dos aluguéis, os resultados da regressão mostram que dos seis preditores analisados, apenas um, C_r , não é significativo devido a seu valor p ser maior que 0,05, conforme mostra a Tabela 4. Apesar de possuírem mais p valores significativos do que no caso dos anúncios de vendas, esses preditores explicam apenas 33,98% da variância dos preços dos aluguéis (R² indicado na Tabela 5), valor este menor que o apresentado pelos dados de vendas (R² indicado na Tabela 3). Além disso, verifica-se que a variável E apresenta relação negativa com P , enquanto C_r e C_c apresentam baixa significância em relação à Equação 3, assim como nas análises de vendas.

Visando avaliar o resultado obtido, vamos novamente utilizar o *Exemplo 1*, porém, tendo como diferença a adoção da Equação 3 para prever o preço do aluguel. Dessa forma, o preço do aluguel predito é igual a R\$638,80, o que nos permite concluir que os bairros Belmonte, Cruzeiro Celeste, José de Alencar, José Elói e Loanda, são aqueles apresentam valores médios mais próximos, conforme se verifica no Apêndice A. Associando essa informação aos dados do Apêndice B, percebe-se que tanto o bairro Belmonte quanto o José de Alencar, podem ser considerados adequados ao exemplo simulado, diferentemente dos demais.

Finalmente, analisando do modo inverso, foi escolhido aleatoriamente o bairro Alvorada, que possui média de quartos igual a 3, média de vagas de garagem igual a 1,65, criminalidade com 50 casos e distâncias de 2,5 km do centro, 0,7 km dos postos de saúde e 0,84 km das escolas. Utilizando essa configuração observa-se que o valor de P é igual a R\$867,45, inferior ao preço médio (R\$946,00) e que se encontra entre o primeiro quartil (R\$690,00) e a mediana (R\$1.000,00) para este bairro.

4.2 Índices Correlação entre as Variáveis Explicativas

Para melhor entender a relação existente em cada uma das variáveis selecionadas para compor os modelos supracitados, as Tabelas 6 e 7 apresentam os valores encontrados para as correlações de todas as variáveis utilizadas nesse estudo, para aluguéis e vendas, respectivamente, contendo os índices de correlação de Pearson.

Tabela 6 - Resultado correlação - Venda

| Termo | P | Q | G | C_r | C_c | S_a |
|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Q | 0,461 | | | | | |
| G | 0,562 | 0,423 | | | | |
| C_r | 0,041 | 0,089 | 0,005 | | | |
| C_c | -0,111 | -0,058 | 0,039 | -0,195 | | |
| As | -0,112 | 0,026 | -0,009 | -0,103 | 0,294 | |
| E | -0,264 | -0,018 | -0,092 | -0,070 | 0,458 | 0,854 |

Fonte: Elaborado pelos autores

Em ambos os casos, o valor do coeficiente de correlação de Pearson foi maior entre Educação (E) e Saúde (S_a), apresentando um alto grau de dependência estatística linear entre as variáveis. Analisando as correlações entre preço e demais variáveis explicativas indicados nas Tabelas 6 e 7, nota-se que, tanto nos dados de vendas, quanto nos de aluguéis, as variáveis Q e G são as que apresentaram maiores coeficiente de correlação com o preço, e, portanto podem ser consideradas as variáveis de

maior impacto na formação dos preços. Por outro lado, ambas apresentaram um relacionamento linear fraco/moderado (Venda $\pm 0,5$ e Aluguel: $\pm 0,3$) com o preço.

Tabela 7 - Resultados correlação - Aluguel

| Termo | P | Q | G | C _r | C _e | S _a |
|----------------|--------|--------|--------|----------------|----------------|----------------|
| Q | 0,399 | | | | | |
| G | 0,312 | 0,373 | | | | |
| C _r | 0,121 | -0,026 | -0,151 | | | |
| C _e | -0,101 | 0,031 | -0,002 | -0,457 | | |
| A _s | -0,034 | 0,009 | 0,039 | 0,029 | 0,053 | |
| E | -0,260 | -0,055 | 0,043 | -0,105 | 0,304 | 0,798 |

Fonte: Elaborado pelos autores.

5. CONCLUSÕES

Esse trabalho estudou o mercado de oferta de imóveis residências para locação e venda da cidade de João Monlevade-MG, tendo como foco a construção de modelos de regressão linear multivariada capazes de predizer os preços dos imóveis, a partir de um conjunto de variáveis explicativas previamente selecionadas.

A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que apesar dos valores de R² (coeficiente de determinação dos modelos) obtidos serem baixos, os resultados encontrados estão próximos da realidade do mercado imobiliário da cidade de João Monlevade-MG, que apresentaram similaridade para os resultados dos imóveis residenciais para aluguel e venda.

Os atributos dos imóveis investigados explicaram o comportamento apresentado pelo consumidor, mostrando qual variável preditora é mais significativa na hora de escolher um imóvel residencial para compra ou locação. Os atributos estruturais apresentaram maior interferência no preço dos imóveis, ou seja, a quantidade de quartos e vagas de garagem do imóvel são variáveis mais significativas.

Para futuros trabalhos sugere-se a aplicação de métodos de predição não lineares que permitam obter regressões mais ajustadas aos dados, bem como incluir outras variáveis explicativas. Sugere-se também a realização de uma análise estratégica dos dados, visando à formação de *clusters* para agregação dos dados referente a bairros com características semelhantes, também para melhorar as estimativas das regressões.

Referências

AGUIRRE, A.; FARIA, D. M. C. P. A utilização de “preços hedônicos” na avaliação social de projetos. **RBE**, Rio de Janeiro, 1997.

ALONSO, W. **Location and land use**: Toward a General Theory of Land Rent. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1964.

ANGELO, C. F.; FÁVERO, L. P. L.; LUPPE, M. R. Modelos de preços hedônicos para a avaliação de imóveis comerciais no município de São Paulo. **Revista de economia e Administração**, v.3, n.2, p. 97-110, 2004.

ARRAES, R. A.; SOUSA FILHO, E. Externalidades e Formação de Preços no Mercado Imobiliário Urbano Brasileiro: Um Estudo de Caso. **Economia Aplicada**, v. 12, n. 2, p. 289-319, 2008.

CARMO, C. R. S. Precificação imobiliária baseada em modelagem hedônica e externalidades: um estudo aplicado a terrenos urbanos. **ReFAE – Revista da Faculdade de Administração e Economia**, v. 5, n. 2, p. 2-23, 2014.

DANTAS, R. A.; MAGALHÃES, A. M.; VERGOLINO, J. R. O. Avaliação de imóveis: a importância dos vizinhos no caso de Recife. **Economia Aplicada**, v. 11, c.2, p. 231-251, 2007.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JUNIOR, J. A. Desvendando os mistérios do Coeficiente de Correlação de Person (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

HAIR JR., F. J.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM R. L. **Análise Multivariadas de Dados**. 6.ed. Porto Alegre, Bookman, 2009.

MEDEIROS, J. B. **Redação Científica**: a prática de fichamentos, resumos, resenhas. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

PASCALE, A.; ALENCAR, C. T. Atributos que Configuram Qualidade às Localizações Residenciais: Uma Matriz para Clientes de Mercado na Cidade de São Paulo. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, 2006.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção**: operações industriais e de serviços. Curitiba: Unicenp, 2007.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. São Paulo: Pearson, 8.ed. 2013.

RIBEIRO, W. C.; ROSA, V. S.; OLIVEIRA, P. B. Estudo de variáveis que impactam na formação dos preços de compra, venda e aluguéis residenciais em João Monlevade-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA. 22. 2017. **Anais...** Belo Horizonte: CBE, 2017.

STEVENSON, W. J. **Economia Aplicada à Administração**. São Paulo, Harbra, 2001.

TURRIONI, J.B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, 2012. Disponível em: http://www.marco.eng.br/adm-organizacao-I/Apostila_Metodologia_Completa_2012_%20UNIFEI.pdf. Acesso em 01 set 2018.

WINGO Jr., L. **Transportation and urban land**. Washington, D. C.: Resources for the future, 1961.

APÊNDICES

Apêndice A – Preço médio dos imóveis por bairro - venda e aluguel

| Bairro | Venda (R\$) | Aluguel (R\$) |
|------------------|-------------|---------------|
| Aclimação | 857.600,00 | 1198,00 |
| Alvorada | 421.636,00 | 946,00 |
| Belmonte | 278.933,00 | 620,00 |
| Cameirinhos | 588.400,00 | 1058,50 |
| Cruzeiro Celeste | 274.533,00 | 603,30 |
| JK | 460.294,00 | 1283,30 |
| José de Alencar | 195.294,00 | 608,70 |
| José Elói | 245.400,00 | 718,30 |
| Loanda | 290.921,00 | 810,80 |
| Lourdes | 521.000,00 | 1029,20 |
| Lucília | 455.714,00 | 837,70 |
| Mangabeiras | 368.889,00 | 905,60 |
| Novo Horizonte | 471.900,00 | 1085,70 |
| Paineiras | 425.000,00 | 791,80 |
| República | 490.000,00 | 1028,00 |
| Rosário | 402.692,00 | 890,00 |
| Santa Bárbara | 429.309,00 | 790,00 |
| Teresópolis | 310.909,00 | 774,30 |
| Vale do Sol | 160.762,00 | 496,90 |

Apêndice B – Variáveis explicativas dos imóveis anunciados - venda e aluguel

| Bairro | Média de Quarto - venda | Média de Garagem - venda | Média de Quarto - aluguel | Média de Garagem - aluguel | Total de crimes | Distância média - cento (Km) | Distância média - saúde (Km) | Distância média - escolas (Km) |
|------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Aclimação | 3,07 | 1,23 | 3,60 | 2,69 | 41 | 3,70 | 0,80 | 1,60 |
| Alvorada | 2,50 | 2,00 | 3,00 | 1,65 | 50 | 2,50 | 0,70 | 0,85 |
| Belmonte | 2,60 | 1,00 | 3,07 | 1,92 | 164 | 1,40 | 0,90 | 1,10 |
| Cameirinhos | 2,63 | 1,16 | 3,46 | 1,92 | 547 | 0,00 | 1,00 | 0,28 |
| Cruzeiro Celeste | 2,44 | 1,17 | 3,32 | 1,89 | 377 | 5,40 | 0,90 | 0,70 |
| JK | 3,00 | 1,50 | 3,12 | 1,88 | 30 | 3,30 | 2,00 | 1,40 |
| José de Alencar | 2,80 | 2,20 | 3,06 | 2,09 | 78 | 1,30 | 1,50 | 0,28 |
| José Elói | 2,50 | 1,00 | 3,08 | 1,34 | 51 | 6,10 | 2,00 | 1,10 |
| Loanda | 2,92 | 1,10 | 2,95 | 1,87 | 243 | 2,60 | 4,50 | 5,70 |
| Lourdes | 2,83 | 1,67 | 3,32 | 2,33 | 85 | 2,60 | 1,20 | 0,65 |
| Lucília | 2,58 | 1,20 | 3,14 | 1,74 | 58 | 0,80 | 1,40 | 0,60 |
| Mangabeiras | 2,67 | 1,38 | 2,67 | 1,60 | 27 | 2,30 | 0,70 | 0,80 |
| Novo Horizonte | 2,86 | 1,15 | 3,13 | 2,17 | 40 | 3,20 | 1,70 | 0,90 |
| Paineiras | 2,80 | 1,50 | 2,90 | 2,95 | 17 | 4,90 | 1,20 | 1,40 |
| República | 2,67 | 1,29 | 3,17 | 2,09 | 86 | 3,30 | 1,50 | 0,45 |
| Rosário | 2,64 | 1,00 | 3,03 | 1,66 | 109 | 2,30 | 1,60 | 1,90 |
| Santa Bárbara | 2,60 | 1,14 | 3,44 | 1,61 | 72 | 3,60 | 1,70 | 1,50 |
| Teresópolis | 2,67 | 1,25 | 2,42 | 1,48 | 87 | 5,50 | 1,10 | 1,00 |
| Vale do Sol | 2,31 | 1,00 | 2,50 | 1,03 | 10 | 2,80 | 2,20 | 2,10 |

Apêndice B – Variáveis explicativas dos imóveis anunciados - venda e aluguel

| Bairro | Média de Quarto - venda | Média de Garagem - venda | Média de Quarto - aluguel | Média de Garagem - aluguel | Total de crimes | Distância média - cento (Km) | Distância média - saúde (Km) | Distância média - escolas (Km) |
|------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Aclimação | 3,07 | 1,23 | 3,60 | 2,69 | 41 | 3,70 | 0,80 | 1,60 |
| Alvorada | 2,50 | 2,00 | 3,00 | 1,65 | 50 | 2,50 | 0,70 | 0,85 |
| Belmonte | 2,60 | 1,00 | 3,07 | 1,92 | 164 | 1,40 | 0,90 | 1,10 |
| Cameirinhos | 2,63 | 1,16 | 3,46 | 1,92 | 547 | 0,00 | 1,00 | 0,28 |
| Cruzeiro Celeste | 2,44 | 1,17 | 3,32 | 1,89 | 377 | 5,40 | 0,90 | 0,70 |
| JK | 3,00 | 1,50 | 3,12 | 1,88 | 30 | 3,30 | 2,00 | 1,40 |
| José de Alencar | 2,80 | 2,20 | 3,06 | 2,09 | 78 | 1,30 | 1,50 | 0,28 |
| José Elói | 2,50 | 1,00 | 3,08 | 1,34 | 51 | 6,10 | 2,00 | 1,10 |
| Loanda | 2,92 | 1,10 | 2,95 | 1,87 | 243 | 2,60 | 4,50 | 5,70 |
| Lourdes | 2,83 | 1,67 | 3,32 | 2,33 | 85 | 2,60 | 1,20 | 0,65 |
| Lucília | 2,58 | 1,20 | 3,14 | 1,74 | 58 | 0,80 | 1,40 | 0,60 |
| Mangabeiras | 2,67 | 1,38 | 2,67 | 1,60 | 27 | 2,30 | 0,70 | 0,80 |
| Novo Horizonte | 2,86 | 1,15 | 3,13 | 2,17 | 40 | 3,20 | 1,70 | 0,90 |
| Paineiras | 2,80 | 1,50 | 2,90 | 2,95 | 17 | 4,90 | 1,20 | 1,40 |
| República | 2,67 | 1,29 | 3,17 | 2,09 | 86 | 3,30 | 1,50 | 0,45 |
| Rosário | 2,64 | 1,00 | 3,03 | 1,66 | 109 | 2,30 | 1,60 | 1,90 |
| Santa Bárbara | 2,60 | 1,14 | 3,44 | 1,61 | 72 | 3,60 | 1,70 | 1,50 |
| Teresópolis | 2,67 | 1,25 | 2,42 | 1,48 | 87 | 5,50 | 1,10 | 1,00 |
| Vale do Sol | 2,31 | 1,00 | 2,50 | 1,03 | 10 | 2,80 | 2,20 | 2,10 |