

DETERMINANTES DO PREÇO DO ALUGUEL DE APARTAMENTO RESIDENCIAL NA CIDADE DE PORTO ALEGRE, RIO GRANDE DO SUL (2020)

Determinants of the price of rental apartment in the city of Porto Alegre, Rio Grande do Sul (2020)

Diego de Vasconcelos Souza
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS
diegovasconcelosjpa96@gmail.com

RESUMO

O preço do aluguel residencial pode ser influenciado por diversos fatores, intrínsecos ou extrínsecos. Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo estimar os determinantes do preço do aluguel residencial na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. A construção teórica do artigo tem como base a abordagem de preços hedônicos. A amostra utilizada contém 994 imóveis residenciais para o ano de 2020. A análise foi feita através de uma regressão múltipla estimada com erros padrões robustos, sendo os determinantes utilizados: área m²; andar; nº quartos; nº banheiros; vagas de estacionamento, se o imóvel aceita animal ou não, e se o imóvel é mobiliado ou não. Os resultados encontrados convergem com resultados de estudos anteriores, no qual teve-se indícios de que todas as variáveis consideradas impactam positivamente no preço do aluguel de apartamentos residenciais, exceto pela permissão de animais, onde encontrou-se uma relação negativa com o preço, e pelo número de quartos, onde não se conseguiu encontrar uma relação significativa entre este e o preço do aluguel.

PALAVRAS-CHAVE: Preços Hedônicos, Preço do Aluguel, setor imobiliário.

ABSTRACT

The price of residential rent can be influenced by several factors, intrinsic or extrinsic. In this context, this article aims to estimate the determinants of the price of residential rent in the city of Porto Alegre, Rio Grande do Sul. The theoretical construction of the article is based on the hedonic price approach. The sample used contains 994 residential properties for the year 2020. The analysis was carried out through a multiple regression estimated with robust standard errors, being the determinants used: area m²; walk; no. rooms; no. bathrooms; parking spaces, whether the property accepts a pet or not, and whether the property is furnished or not. The results found converge with results from previous studies, in which there were indications that all the variables considered positively impact the rental price of residential apartments, except for the permission of animals, where a negative relationship with the price was found, and by the number of rooms, where it was not possible to find a significant relationship between this and the rent price.

KEYWORDS: Hedonic Prices, Rental Price, Real Estate Sector.

Classificação JEL: C13, D01, O14.

Recebido em: 29-05-2021. Aceito em: 12-11-2021.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o setor da construção civil e, diretamente, o setor imobiliário, passaram por uma grande expansão no Brasil. Mesmo com períodos de quedas no setor como a crise de 2008 e a instabilidade política e econômica vista nos últimos anos, o setor ainda se mantém como uma força no Brasil. Programas de financiamento de imóveis como “Minha casa minha vida” e o “Casa verde e amarela”, além da expansão de crédito para a população, principalmente em faixas de menores rendimentos, auxiliaram muito nesse processo, principalmente em períodos de crise econômica.

O setor de habitação é responsável por um gasto considerável da renda da população, e, segundo a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2017-2018, a despesa com habitação corresponde a 36,6%¹ das despesas monetária e não monetária de consumo das famílias em nível nacional. Arraes e Souza (2008) afirmam que o consumo de habitação é algo inerente a todo ser humano, sendo uma necessidade básica para sobrevivência. Neste mesmo trabalho, Arraes e Souza segmentam o consumo em dois tipos: a habitação com o objetivo de utilizar o bem para satisfação final do consumidor e garantir a necessidade básica, e aqueles que detém o bem para compor sua cesta de investimento, seja para venda ou locação.

Neste contexto, o presente artigo tem como recorte de estudo a cidade de Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul, que segundo a estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020)², é o 10.º município com a maior população estimada no Brasil, além de ser uma das capitais do Brasil com a maior renda per capita. Essas características demonstram que Porto Alegre é um município com um potencial de consumo urbano alto, no qual boa parte deste consumo é voltado para o setor de habitação.

Em grande parte das pesquisas voltadas à precificação imobiliária, tanto para venda como para locação, se tem um predomínio do modelo de preços hedônicos, proposto por Lancaster (1966), cuja base é que uma determinada mercadoria tem valor por proporcionar utilidade a quem os consome. O método tem como objetivo considerar características intrínsecas e extrínsecas que podem ocasionar um aumento no valor do imóvel, cujos impactos são estimados via regressão linear. Neste artigo, através da base de dados obtida, serão consideradas como variáveis explicativas: área m²; andar; nº quartos; nº banheiros;

¹ <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101670.pdf>

² <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/panorama>

vagas de estacionamento; se o imóvel aceita animal ou não; e por fim, se o imóvel é mobiliado ou não.

Neste contexto, o presente artigo visa estimar os determinantes do preço do aluguel de apartamento residencial na cidade de Porto Alegre, com foco nas características intrínsecas ao imóvel, utilizando-se do método do preço hedônico. A amostra³ utilizada contém 994 imóveis para locação na cidade de Porto Alegre no ano de 2020. De acordo com o referencial teórico utilizado, espera-se que a maioria das variáveis independentes utilizadas no modelo impactem positivamente no valor de locação dos imóveis residenciais.

O presente artigo será estruturado da seguinte forma: após esta introdução, tem-se a revisão da literatura, que traz uma contextualização da temática abordada no artigo, e um panorama sobre a região e o mercado imobiliário de Porto Alegre; a terceira seção conterá a metodologia do artigo, dividida em duas partes: a primeira parte focando na base de dados e descrição das variáveis, e a segunda apresentando o modelo empírico e os testes de correção utilizados no modelo; a quarta seção apresentará as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no modelo e os resultados da estimação do modelo final. Por fim, a última seção trará as conclusões e sugestões para pesquisas futuras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O mercado imobiliário, em geral, é dinâmico e seu cenário depende do ciclo econômico de um país. Matos e Bartkiw (2013), apresentam que o mercado imobiliário é um elemento essencial que colabora para o desenvolvimento urbano e econômico dentro de um país, e tem a capacidade de propiciar uma qualidade de vida aos indivíduos. Além disso, o setor imobiliário tem uma alta capacidade de gerar emprego e renda de forma direta ou indireta, desta forma se tornando um dos ramos mais importantes para a economia.

De acordo com Soethe e Bittencourt (2006), o mercado imobiliário é composto por características específicas, dado que se trata de um setor que é formado por um bem de necessidade primária do ser humano, logo sempre tendo uma demanda potencial para o setor. Matta (2007) menciona que o mercado imobiliário possui características específicas, pois o bem do setor tem o papel tanto de um bem de uso quanto de um bem de investimento. Pelli (2003) apresenta que os principais fatores que distinguem o setor imobiliário são: a vida útil elevada do bem, a singularidade, a sua localização, e as

³ Disponível em: <https://www.kaggle.com/rubenssjr/brasilian-houses-to-rent>

interferências das leis municipais, estaduais ou federais. Dentro desse contexto é muito difícil dentro do mercado imobiliário existir um imóvel igual a outro, pois, as singularidades como posição do imóvel entre outras, serão responsáveis por trazer um caráter distinto entre um imóvel X em relação ao imóvel Y.

Na literatura sobre determinantes de preço de venda ou aluguel no setor imobiliário, usualmente os trabalhos baseiam-se no modelo de precificação hedônica. O modelo hedônico é baseado em uma regressão no qual o preço do imóvel é a variável dependente do modelo, e as características do imóvel são as variáveis independentes. De acordo com a teoria dos preços hedônicos, os consumidores não procuram o bem final em si, mas sim as características que estes bem podem proporcionar (LANCASTER, 1966). No mesmo âmbito, Rivera e Sakurai (2007) demonstram que os modelos de preços hedônicos levam em conta as características dos bens para a explicação do preço final. Essas características são, por exemplo, quantidade de quartos, banheiros, varanda, piscina, localização, se o imóvel é mobiliado ou não, entre outras como as principais variáveis para se calcular o valor dos imóveis residenciais e, por consequência, o valor de seus aluguéis.

O presente artigo conversa com outros trabalhos que buscaram compreender os determinantes que impactam no preço e no aluguel de apartamentos. Lopes (2015) os apurou para a cidade de Vitória (ES) utilizando uma amostra de 658 imóveis. Neste trabalho, o autor constata que as variáveis: área; possuir vaga na garagem; varanda, andar de frente da unidade, piscina e localização em bairro nobre afetam positivamente nos preços de venda ou aluguel dos imóveis analisados. O resultado da similaridade entre a tendência dos preços de venda de imóveis quanto de aluguel, é discutida de forma similar no trabalho de Wein Li (2007), onde o mesmo expõe que os determinantes dos preços dos imóveis residenciais são análogos aos determinantes dos preços dos aluguéis residenciais.

Gonzalez e Formoso (1995) buscaram criar um modelo de preços hedônicos com múltiplas variáveis para a locação de imóveis para a cidade de Porto Alegre, e, com a seleção de 504 imóveis para a estimação, eles concluíram que variáveis como distância para os shoppings centers e existência de favelas próximas aos imóveis seriam variáveis relevantes na formação de preços dos imóveis.

Em grande parte dos estudos de modelagem de preços hedônicos o objetivo é identificar atributos que impactam positivamente na formação do preço dos imóveis, porém, alguns autores se preocuparam em tentar identificar atributos que impactariam negativamente no valor final. Neste sentido, Batalhone, Nogueira e Mueller (2002), analisaram especificamente uma planta de tratamento de esgoto na parte norte da cidade

de Brasília, que apresentava um forte cheiro. Os autores constataram que esse fator impactava negativamente no valor de mercado dos imóveis próximos da região. Com o mesmo objetivo, Teixeira e Serra (2006) analisaram como a variável de criminalidade impacta no valor de locação de imóveis na cidade de Curitiba. Segundo os autores, em regiões com um maior índice de criminalidade os valores de locação dos imóveis eram consideravelmente reduzidos. De forma similar, Pontes, Paixão e Abramo (2011) também auferem uma relação negativa entre criminalidade e preço dos imóveis na cidade de Belo Horizonte.

Na literatura, sobre os determinantes do preço de venda ou locação de imóveis, alguns estudos são mais voltados para o uso de variáveis microeconômicas como: o tamanho do terreno, área do imóvel, número de quartos, número de banheiros, vaga de garagem, entre outras variáveis, para se estimar o valor de venda dos imóveis residenciais e, conseqüentemente, o valor de aluguel está sendo a direção adotada no presente trabalho. No entanto, vale ressaltar que há trabalhos na literatura que adotam uma abordagem mais macroeconômica na determinação do preço de venda ou locação dos imóveis. Dentre os trabalhos que se utilizaram desta abordagem, Hossain e Latif (2009), que argumentam que variáveis como o crescimento populacional, taxa de crescimento do PIB, taxa de desemprego, entre outras, são relevantes na determinação do valor do imóvel, e o trabalho de Malpezzi, Chun e Green (1998), que levaram em consideração variáveis como condições contratuais e regulamentações governamentais na determinação do preço dos imóveis.

2.1 Panorama do mercado imobiliário residencial para locação em Porto Alegre

Com o objetivo de caracterizar o mercado imobiliário de locação em Porto Alegre, esta seção tem como objetivo apresentar alguns aspectos geográficos, sociais e econômicos da região, para que seja possível se ter um conhecimento inicial das singularidades e aspectos que possam afetar o setor imobiliário da cidade.

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020)⁴, Porto Alegre possui uma área territorial equivalente a 495.390 Km², com uma população estimada de 1.488.252 habitantes. Segundo o IBGE (2018), o salário médio mensal dos trabalhadores formais na cidade de Porto Alegre era de 4,2 salários-mínimos.

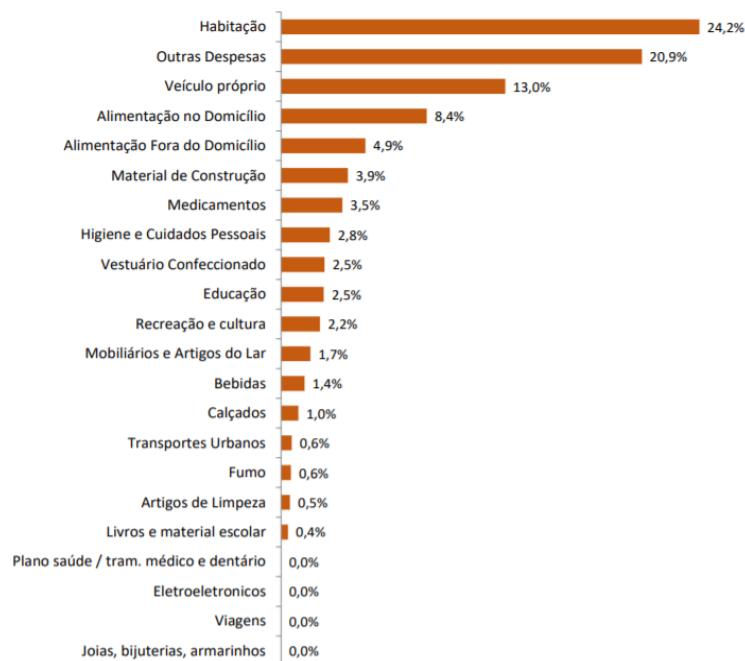
⁴ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/panorama>

Em uma comparação, a nível Brasil, o município é o 24.º entre os 5570 municípios brasileiros. Em relação à população ocupada em Porto Alegre, 53,1% da população total, encontra-se em alguma ocupação.

No ano de 2018, o PIB per capita do município de Porto Alegre foi em torno de R\$ 52.149,66. Segundo uma pesquisa do SEBRAE 2020⁵, sobre o perfil das cidades gaúchas, o município de Porto Alegre, em sua composição setorial, destaca-se nos setores de serviços, indústria de transformação, construção civil e agropecuária. Em relação ao potencial de consumo urbano, a Figura 1 ilustra a importância do setor de habitação no município de Porto Alegre, sendo responsável pela maior despesa da renda da população.

Apesar do período de incerteza vivido pela crise sanitária da COVID-19 em todo Brasil, como podemos observar através do Índice de Confiança da Construção (ICST)⁶, da Fundação Getúlio Vargas, que teve em abril de 2020 uma queda acentuada⁷ devido à redução das expectativas dos empresários, a cidade de Porto Alegre está entre as mais desenvolvidas do Brasil, composta por bairros que oferecem boa qualidade de vida, acessibilidade ao transporte público, parques, comércios essenciais entre outros. Desta forma, tem-se indícios de que o setor imobiliário irá evoluir em Porto Alegre após a crise sanitária.

Figura 1: Potencial de Consumo Urbano por tipo de despesa – Porto Alegre (2020)



⁵ https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Porto_Alegre.pdf

⁶ https://portalibre.fgv.br/sites/default/files/2021-03/sondagem-da-construcao-fgv_press-release_mar21.pdf

⁷ O índice de confiança da construção (IST) da FGV IBRE, caiu de 90,8 pontos em março/2020 para 65 pontos em abril/2020.

3 METODOLOGIA

Esta seção tem como objetivo apresentar as manipulações e métodos empregados para a formulação do estudo. Desta forma, a seção é dividida em duas partes, sendo a primeira responsável por apresentar e definir os dados utilizados, além de apresentar as variáveis escolhidas para elaboração da estimação do modelo econométrico. A segunda seção explica o modelo empírico, os testes para a definição do melhor modelo, e os testes de identificação e correção de heterocedasticidade, autocorrelação e multicolinearidade.

3.1 Base de dados

A base de dados inicialmente possuía 13 variáveis para os principais municípios do Brasil. Para cumprir com o objetivo desta pesquisa, restringiu-se a amostra apenas para imóveis localizados na cidade de Porto Alegre, obtendo-se informações de 994 apartamentos residenciais localizados na cidade no ano de 2020. As variáveis escolhidas para compor o modelo empírico proposto são: Log (Total); Log (Área); Andar; Nº Banheiros; Nº Quartos; Vagas de Estacionamento; Animal e Mobiliado. A descrição das variáveis é exposta no Quadro 1. Para a manipulação e estimação do modelo, utilizou-se o software estatístico EVIEWS 11.

Vale ressaltar que as variáveis Animal e Mobiliado são variáveis *dummy*, que de acordo com Gujarati e Porter (2011), consistem em variáveis binárias (0 ou 1) geradas para representar uma variável com duas ou mais categorias. As variáveis Valor total do aluguel e Área do imóvel foram transformadas em seu logaritmo natural no intuito de mitigar o efeito das escalas das variáveis e possíveis problemas de heterocedasticidade.

Quadro 1: Descrição das variáveis utilizadas no modelo de determinação do preço do aluguel de apartamento residencial na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

Variável Utilizada	Descrição das Variáveis
Log (Total)	Logaritmo natural do preço do aluguel do imóvel.
Log (Área)	Logaritmo da Área do imóvel medida em m ² .
Andar	Número do andar do apartamento.
Nº Banheiros	Número referente à quantidade de banheiros no imóvel.

Nº Quartos	Número referente à quantidade de quartos no imóvel.
Vagas de Estacionamento	Número de vagas de veículos no estacionamento.
Animal	Dummy que assume valor 1 se for permitido animais no imóvel e zero caso o contrário.
Mobiliado	Dummy que assume valor 1 se o imóvel é mobiliado e zero caso o contrário.

Fonte: Elaboração própria

3.2 Modelo empírico e testes

Na identificação dos determinantes do preço do aluguel de apartamento residencial na cidade de Porto Alegre, será estimado um modelo econométrico, via regressão múltipla, na qual a variável dependente do modelo é o logaritmo natural do preço do aluguel do imóvel, e como variáveis independentes características intrínsecas que formam o imóvel.

Segundo Gujarati e Porter (2011), o modelo de regressão múltipla é assim denominado, pois contém mais de um regressor, diferentemente do caso da regressão linear simples. O modelo é composto por uma variável Y , que é a variável dependente, por n variáveis independentes (X_1, X_2, \dots, X_n) e pelo termo de erro estocástico ε_i . Os parâmetros estimados $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ representam, *ceteris paribus*, a variação esperada em Y por unidade de variação em X_1, X_2, \dots, X_n respectivamente. A regressão estimada neste artigo é apresentada na equação (1):

$$\begin{aligned} \text{Log}(\text{total})_i = & \beta_0 + \beta_1 \text{LogÁrea}_i + \beta_2 \text{Andar}_i + \beta_3 \text{N}^\circ \text{Banheiros}_i + \beta_4 \text{N}^\circ \text{Quartos}_i \\ & + \beta_5 \text{Vag. Estacionamento}_i + \beta_6 \text{D. Animal}_i + \beta_7 \text{D. Mobiliado}_i + \varepsilon_i. \end{aligned} \quad (1)$$

O β_0 é o intercepto, que mede o efeito médio sobre Y de todas as variáveis excluídas do modelo. Em relação aos sinais dos coeficientes estimados, a princípio, espera-se que as variáveis afetem positivamente o valor de aluguel do imóvel. Entre as variáveis que podem destoar do impacto das outras, podemos enfatizar a variável *dummy* animal, pois, o fato de ser permitido animal ou não no imóvel, não necessariamente seja um fator relevante para o aumento do preço de locação do imóvel. Espera-se que a direção do impacto da variável ande, apresente diversas relações com o preço do imóvel, pois esta é uma característica que depende muito do perfil do locador, por existir uma preferência de morar em andares mais altos ou não. Porém, trabalhos como o de Fan, Ong e Koh (2006), que

incluiram a variável andar (*floor*) como fator relevante no mercado imobiliário de Singapura, pode indicar um caminho para a utilização de tal variável no presente trabalho.

No intuito de verificar a relação dos determinantes do preço do aluguel de apartamento residencial em Porto Alegre, foi utilizado o método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) para estimar os parâmetros do modelo de regressão múltipla. Dentro da estrutura do modelo, se existem hipóteses para os estimadores com propriedades estatísticas desejáveis. Segundo Gujarati e Porter (2011), o modelo clássico de regressão linear (MRCL) parte de nove pressupostos:

- 1) O modelo de regressão é linear nos parâmetros;
- 2) Covariância igual a zero entre ε_i e cada variável X , $cov(\varepsilon_i, X_{2i}) = cov(\varepsilon_i, X_{3i}) = 0$;
- 3) Termo de erro ε_i tem valor médio zero, $E(\varepsilon_i | X_{2i}, X_{3i}) = 0$ para cada i ;
- 4) Homoscedasticidade ou variância constante de ε_i , $var(\varepsilon_i) = \sigma^2$;
- 5) Ausência de autocorrelação entre os termos de erros, $cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$;
- 6) O número de observações n deve ser maior que o número de parâmetros a serem estimados;
- 7) Existência de variação nos valores das variáveis X ;
- 8) Ausência de colinearidade exata entre as variáveis X ;
- 9) Ausência de viés de especificação.

Para testar as validações dos pressupostos citados anteriormente, alguns testes foram utilizados com o objetivo de definir um ajuste mais adequado ao modelo estimado.

3.2.1 Testes de Especificação do Modelo

A teoria econométrica não define uma forma funcional específica para a determinação do preço de aluguel residencial através do uso de atributos intrínsecos e extrínsecos de um determinado imóvel. Porém, em grande parte dos estudos sobre a temática, utiliza-se a forma funcional linear-linear ou a logarítmica-linear, e, assim sendo, essas duas formas funcionais foram as testadas no presente trabalho.

O teste de especificação do modelo tem como objetivo verificar se o modelo proposto está bem especificado ou não. O teste utilizado no presente trabalho foi o teste RESET, desenvolvido por Ramsey (1969), cuja hipótese nula é que o modelo foi especificado corretamente. Ambas as formas funcionais foram testadas e aceita-se, a níveis usuais de significância (1%, 5% e 10%), a hipótese nula apenas na forma log-linear, conforme

observa-se nas tabelas 5 e 6 do apêndice. Esta forma funcional pode possuir alguns benefícios se comparada a forma usual linear-linear. Conforme Malpezzi (2002), a forma funcional log-linear possui as seguintes vantagens: (i) os coeficientes estimados do modelo de regressão múltipla podem ser interpretados como o acréscimo percentual dado ao aumento de um item no valor de locação do imóvel e (ii) a forma log-linear reduz a possibilidade de heterocedasticidade na estimação. Desta maneira, a forma funcional adotada no presente artigo foi a logarítmica-linear.

3.2.2 Teste de normalidade dos erros

Para testar a normalidade dos erros, adotou-se o teste de normalidade de Jarque-Bera. A premissa de normalidade é importante para garantir a validade dos testes de hipóteses paramétricos, e, caso não tenha normalidade, provavelmente, as variáveis explicativas relevantes não estejam sendo especificadas no modelo.

O teste de normalidade Jarque-Bera é um teste assintótico, que se baseia nos resíduos do MQO. O teste calcula primeiro a assimetria e a curtose dos resíduos, e no caso de uma variável que possui normalidade em sua distribuição, o coeficiente de assimetria é estatisticamente igual a 0, e o coeficiente de curtose estatisticamente igual a 3. A hipótese nula do teste é a normalidade dos erros, e a hipótese alternativa a não normalidade dos erros. De acordo com a tabela 4 (vide anexo), se aceita a hipótese nula de normalidade dos erros a 5% de significância para o modelo estimado.

3.2.3 Teste de Heteroscedasticidade

A heteroscedasticidade que quebra uma das mais relevantes e importantes hipóteses do modelo clássico de regressão linear trata-se da homoscedasticidade dos resíduos, ou seja, o teste de heteroscedasticidade serve para verificar se a variância do erro, condicionada aos valores das variáveis explanatórias, é constante. Diversas são as causas da heteroscedasticidade, e podemos destacar a natureza das variáveis, existência de valores extremos (*outliers*), falhas na especificação do modelo entre outros.

Na existência de heteroscedasticidade nos erros, os estimadores de MQO continuam sendo não viesados e consistentes, mas deixam de ser eficientes, ou seja, não possuem mais a variância mínima. O teste adotado para testar a homoscedasticidade, será o

Breusch-Pagan, baseado no teste multiplicador de Lagrange, e tem como hipótese nula de que as variâncias dos erros são constantes, ou seja, homoscedástico, e como hipótese alternativa de que as variâncias dos erros não são constantes (heteroscedasticidade). A Tabela 7 (vide apêndice) mostra que considerando um nível de significância de 5%, rejeitamos a hipótese nula de homoscedasticidade. Dessa forma, existindo o problema de heteroscedasticidade no modelo, se tem a necessidade de recorrer a algum método para a correção do problema.

Para mitigar o problema da heteroscedasticidade será utilizada a matriz de correção de erros robustos, que também é conhecido como erro padrão robusto de White⁸. Este procedimento é conhecido como robusto, pois é válido, pelo menos com amostras grandes, sendo ou não a variância constante. A Tabela 3 (vide anexo) mostra a saída do EVIEWS11 do modelo estimado com uso da matriz de correção de erros robustos.

3.2.4 Teste de autocorrelação

O modelo clássico de regressão linear pressupõe que o termo de erro relacionado a qualquer uma das observações não é influenciado pelo termo de erro de qualquer outra observação, e, em outras palavras, não existe dependência entre os erros. Porém, se for verificada essa dependência na série, teremos autocorrelação. Na existência de autocorrelação nos erros, os estimadores de MQO continuam sendo não viesados e consistentes, porém, deixam de ser eficientes, ou seja, não possuem mais variância mínima.

Entre os testes possíveis para detectar a presença de autocorrelação, utilizou-se o teste de Breusch-Godfrey, que tem como hipótese nula a ausência de autocorrelação, e hipótese alternativa a presença de autocorrelação. Como pode ser visto pelos resultados da tabela 8 (vide anexo), o teste de Breusch-Godfrey aceita hipótese nula de ausência de autocorrelação até o lag especificado (no caso foram utilizados 2 lags).

3.2.5 Teste de Multicolinearidade

⁸ White, H. (1980). A heteroskedasticity-consistent covariance matrix and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica*, 48:817-838.

A multicolinearidade em um modelo de regressão múltipla é definida quando duas ou mais variáveis independentes apresentam um alto grau de correlação linear entre si. Segundo Montgomery et al. (2006), existem quatro fontes primárias de multicolinearidade: (i) o método de coleta de dados utilizado; (ii) restrições no modelo ou na população; (iii) a escolha da forma funcional do modelo; e por fim (iv) modelo possui mais variáveis regressoras do que observações. Na presença de multicolinearidade as estimativas dos coeficientes dos parâmetros tornam-se insignificantes, pois se duas variáveis independentes são fortemente correlacionadas, será pequena a chance de haver variação em uma sem que haja na outra.

Para diagnosticar a multicolinearidade utilizou-se o fator de inflação da variância (VIF) que mede o quanto da variância de cada coeficiente de regressão se encontra inflado em relação à situação em que as variáveis independentes não estão correlacionadas. O VIF varia de 1 que significa não relação entre as variáveis independentes (ausência de multicolinearidade), até o infinito se aproximando de uma relação exata (multicolinearidade perfeita). Para identificar a multicolinearidade, de acordo com Montgomery et al., (2006) o valor do VIF não deve exceder 4 ou 5, neste artigo adotou-se como regra de decisão para a existência de multicolinearidade, VIF superior a cinco. A tabela 9 (vide anexo) mostra que não se detectou multicolinearidade forte nas variáveis utilizadas.

4 RESULTADOS

Esta seção será responsável por apresentar os resultados obtidos durante a análise. Será dividida em 2 partes, a primeira parte mostra uma análise descritiva das variáveis utilizadas no modelo, com o objetivo de demonstrar uma análise inicial das características das variáveis. A segunda parte da seção será responsável por apresentar o modelo de regressão múltipla estimado para os determinantes do preço do aluguel residencial na cidade de Porto Alegre.

4.1 Análise descritiva dos dados

A análise descritiva tem como intuito verificar as características dos 994 imóveis contidos na base de dados para o ano de 2020. A Tabela 1 traz uma breve estatística descritiva das variáveis utilizadas no modelo, contendo os valores de mínimo e máximo de cada variável, média e o desvio padrão.

Tabela 1 – Estatística descritiva das variáveis utilizadas para determinação do preço do aluguel de apartamento residencial na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Mediana
Preço do Aluguel	R\$ 733,00	R\$ 23.250,00	R\$ 2.686,85	R\$ 2.159,36	R\$ 2.159,00
Área	18,00 m ²	563,00 m ²	82,66 m ²	63,52 m ²	65,50m ²
Andar	1,00	23,00	4,68	3,79	3,00
Nº Banheiros	1,00	6,00	1,56	0,80	1,00
Nº Quartos	1,00	6,00	1,97	0,87	2,00
Vagas de Estacionamento	0,00	4,00	0,86	0,84	1,00
Dummy Animal	0,00	1,00	0,84	0,36	1,00
Dummy Mobiliado	0,00	1,00	0,28	0,44	0,00
Total de Obs.	994				

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados coletados.

Observando a Tabela 1, de acordo com a base de dados coletada, verificamos que o preço médio dos aluguéis de apartamentos residenciais em Porto Alegre é de R\$ 2.686,85, variando seu preço entre R\$ 733,00 e R\$ 23.250,00. Como mencionado anteriormente, que o salário médio mensal dos trabalhadores formais na cidade de Porto Alegre era de 4,2 salários-mínimos em 2018, isso corrobora o fato de que boa parte da renda dos trabalhadores é alocada para o gasto em habitação. Em relação à área, os imóveis variam bastante; de 18m² a 563m², sendo que os imóveis possuem em média 82,66m² na cidade de Porto Alegre. Uma análise muito utilizada no ramo imobiliário é saber o preço de um imóvel por m², e segundo a amostra utilizada com 994 imóveis, na média, se tem um preço de R\$ 32,50 por m².

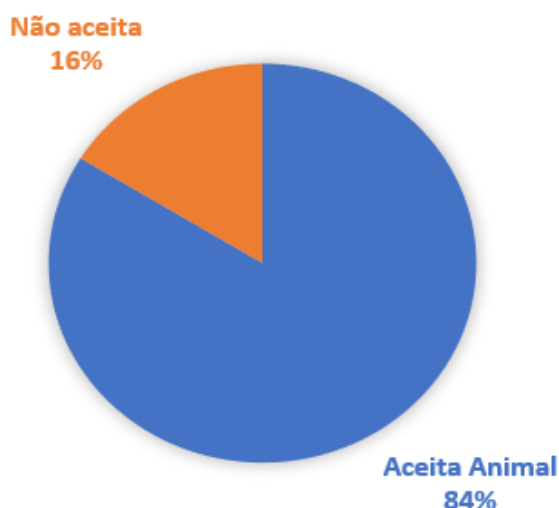
Em relação às características intrínsecas dos 994 imóveis da amostra, na média os apartamentos estão localizados no 4.º andar, possuem entre 1 e 2 banheiros, 2 quartos e tem uma vaga de estacionamento. Em relação às variáveis *dummy*, a maioria dos imóveis da amostra não são mobiliados, apenas 28% são mobiliados, e em grande maioria aceitam animais. As Figuras 2 e 3 ilustram essas variáveis.

Figura 2: Porcentagem de imóveis mobiliado



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados coletados

Figura 3: Porcentagem de imóveis que aceitam animais



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados coletados

4.1 Estimação do modelo

A Tabela 2 apresenta os resultados da estimação dos determinantes do preço do aluguel de apartamento residencial na cidade de Porto Alegre no ano de 2020. A estimativa foi feita utilizando a matriz de erro padrão robusto, como forma de lidar com a heterogeneidade dos dados. A forma funcional adotada foi a logarítmica-linear. O modelo estimado pode ser escrito de tal forma:

$$\begin{aligned}
 \text{Log}(\text{total})_i = & 5,558 + 0,363941\text{LogÁrea}_i + 0,025470\text{Andar}_i + 0,202933 N^\circ\text{Banheiros}_i \\
 & + 0,010583N^\circ\text{Quartos}_i + 0,177409\text{Vag. Estacionamento}_i \\
 & - 0,087898D.\text{Animal}_i + 0,258082D.\text{Mobiliado}_i + \varepsilon_i.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Tabela 2: Resultado da equação estimada para os determinantes do preço do aluguel de apartamento residencial na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul (2020).

Variáveis	Coeficiente
Constante	5,558578*** (0,113707)
Log Área(m ²)	0,363941*** (0,034168)
Andar	0,025470*** (0,002486)
Nº Banheiros	0,202933*** (0,019346)
Nº Quartos	0,010583 (0,017898)
Vagas de Estacionamento	0,177409*** (0,014234)
<i>Dummy Animal</i>	-0,087898*** (0,024279)
<i>Dummy Mobiliado</i>	0,258082*** (0,020751)
R ²	0,759311
R ² Ajustado	0,757602
Estatística F	444.3666
Prob (Estatística F)	(0,000000)
Total (Obs.)	994

Níveis de Significância: *** 1%, **5%, *10%. Os valores entre parênteses representam os erros padrões. Nota: Estimação feita através da matriz de erro padrão robusto para correção de heterocedasticidade. Fonte: Elaboração própria a partir dos dados coletados.

De acordo com o modelo e a tabela acima, algumas conclusões podem ser tiradas em relação às estimativas do modelo de determinação do preço do aluguel de apartamento residencial em Porto Alegre. Primeiramente, o coeficiente de determinação ajustado R² implica que as variáveis utilizadas explicaram 75,76% da variabilidade nos preços dos imóveis para locação na cidade de Porto Alegre. Vale ressaltar que todas as variáveis do modelo foram significativas estatisticamente a 1%, exceto a variável referente ao número de quartos, que não foi estatisticamente significativa, e segundo o modelo não foi relevante para a determinação do preço do aluguel residencial, resultado similar ao visto em Schiavenato (2014).

Em primeiro lugar, espera-se que um aumento percentual de 1% no metro quadrado no tamanho do imóvel, *ceteris paribus*, ocasione um aumento de aproximadamente 0,36% no valor do aluguel do imóvel. Já em relação ao número do andar do imóvel, constatou-se uma relação positiva no acréscimo de um andar, representando um aumento de 2,5% no valor do aluguel. As variáveis Nº Banheiros, Vagas de Estacionamento e se o Apartamento é mobiliado ou não apresentaram variação positiva da mesma forma que as variáveis Log Área m² e Andar, porém, em maior magnitude. Uma unidade a mais de banheiro aumentará em média o valor do aluguel em 20,29%, uma vaga de estacionamento a mais, impacta em 17,74% no preço do aluguel, em média, e o fato do imóvel ser mobiliado aumenta o preço do aluguel, em média, em 25,80%. Esses resultados corroboram os resultados obtidos em Lopes (2015), este feito para a cidade de Vitória (ES), onde estimou-se coeficientes positivos para o valor do imóvel em variáveis como área, garagem e mobílias. A única variável que, curiosamente, desvaloriza o imóvel em média é a presença de animais, que pode ser explicado pelo fato de muitos proprietários de imóveis que, ao colocarem seu bem para locação, tendem a não aceitar locatários que possuam animais de estimação, por razões como, por exemplo, respeito a lei do silêncio dos condomínios e a própria preservação do imóvel.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se neste artigo, através do método hedônico, estimar os determinantes do preço do aluguel de apartamento residencial na cidade de Porto Alegre. Para isto, utilizou-se a forma funcional logarítmica-linear e a estimação foi feita através da matriz de erro padrão robusto de White, como forma de correção do problema de heteroscedasticidade presente na base de dados.

O setor imobiliário é relevante em todo Brasil e na cidade de Porto Alegre possui um potencial de demanda alto, sendo a habitação a principal fonte de gastos dos moradores da cidade. Cada imóvel apresenta características singulares, algumas podendo afetar positivamente o valor do aluguel e outras afetar negativamente. Desta forma, uma análise empírica é essencial para captar as diferenças e obter um desdobramento sobre o impacto de certas características no valor final de locação do imóvel.

De forma geral, as variáveis obtiveram o sinal esperado inicialmente, a maioria das variáveis explicativas impactaram positivamente no valor final do aluguel, resultado similar

ao de Lopes (2015). Vale ressaltar que a variável que impacta mais no valor final do aluguel, segundo o modelo estimado, foi a presença de mobília na residência, e isso é justificável pois se tem uma premissa que aluguel, em grande maioria, é algo temporário. Portanto, o fato do imóvel ser mobiliado tem grande utilidade para quem aluga. Este resultado corrobora com o trabalho de González e Formoso (1995). A única variável que impactou negativamente no preço final foi a presença de animais no imóvel, algo que pode ser justificado por razões como a preservação do imóvel e a lei do silêncio.

Em relação a algumas limitações do modelo, pode-se dizer que a ausência da variável de localização geográfica interfere nos resultados obtidos, uma vez que, o preço do aluguel pode alterar dependendo do bairro no qual o imóvel se localiza, devido à infraestrutura, mobilidade urbana, urbanização, entre outros fatores.

Por ser um tema abrangente e de constante alteração com implementações de novas variáveis no modelo, como sugestão de pesquisas futuras, temos: i) a inclusão da variável localização do imóvel, com o intuito de gerar uma análise mais detalhada e robusta da cidade de Porto Alegre; ii) a inclusão de variáveis macroeconômica; iii) considerar efeitos espaciais para a determinação do preço; iv) fazer uma análise considerando outros anos, no sentido de avaliar uma evolução ou retração dos valores do aluguel residencial em Porto Alegre.

REFERÊNCIAS

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.

BATALHONE, S. A.; NOGUEIRA, J. M.; MUELLER, B. P. M. Economics of air pollution: hedonic price model and smell consequences of sewage treatment plants in urban areas. Brasília, DF: **Universidade de Brasília**, 2002.

FAN, Gang-Zhi; ONG, Seow Eng; KOH, Hian Chye. Determinants of house price: A decision tree approach. **Urban Studies**, v. 43, n. 12, p. 2301-2315, 2006.

GONZÁLEZ, M. A. S.; FORMOSO, C. T. Especificação de modelos de preços hedônicos para locação residencial em Porto Alegre. **Cadernos IPPUR / UFRJ**, v. 8, n. 1, p. 59-72, 1994.

GUJARATI, D.N.; PORTER, D.C. **Econometria básica 5.ed.** Porto Alegre: AMGH,2011.

HOSSAIN, B. e LATIF, E. Determinants of Housing Price Volatility in Canada: a dynamic analysis, **Applied Economics**, 41, 3521 – 3531, 2019.

LANCASTER, K. A new approach to consumer's theory. **Journal of Political Economy**, n. 74, p. 132-157, 1966a.

LOPES, Claudio. Diferença entre Características na Formação do Preço de Venda e Locação de Imóveis na Cidade de Vitória/ES. **VI Congresso Nacional de Administração e Contabilidade**, Rio de Janeiro, p. N, 29 out. 2015.

MALPEZZI, S., CHUN, G. H. e GREEN, G. K. New Place-to-Place Housing Price Indexes for U.S. Metropolitan Areas, and Their Determinants, **Real Estate Economics**, Vol. 26, no. 2, pp. 235 – 274, 1998.

MALPEZZI, Stephen. Hedonic pricing models: a selective and applied review. **Housing economics and public policy**, p. 67-89, 2002.

MATOS, D.; BARTKIW, P.I.N. Introdução ao mercado imobiliário. Curitiba: **IFPRE-tec**, 2013.

MATTA, T. A.. **Avaliação do valor de imóveis por análise de regressão: um estudo de caso para a cidade de Juiz de Fora.** 2007. 43 p. (Monografia em Engenharia de Produção). Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF. Juiz de Fora, 2007.

MONTGOMERY, Douglas C.; PECK, Elizabeth A.; VINING, G. Geoffrey. **Introduction to linear regression analysis.** John Wiley & Sons, 2021.

PELLI N, Curso de Engenharia de Avaliação Imobiliária – **Fundamentos e Aplicação da Estatística Inferencial**, Belo Horizonte/MG, 2003.

PONTES, E.; PAIXÃO, L. E.; ABRAMO, P. O mercado imobiliário como revelador das preferências pelos atributos espaciais: uma análise do impacto da criminalidade urbana no preço de apartamentos em Belo Horizonte. **Revista Economia Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 171-197, jan.-abr. 2011.

RAMSEY, James Bernard. Tests for specification errors in classical linear least-squares regression analysis. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)**, v. 31, n. 2, p. 350-371, 1969.

RIVERA, E. B. B. R.; SAKURAI, S. N. Preços hedônicos: teoria e aplicação no setor imobiliário na cidade de São Paulo (1995-2004). **Revista Jovens Pesquisadores**, ano IV, n. 7, jul./dez. 2007.

SCHIAVENATO, Victor. **Fatores determinantes dos preços do aluguel residencial na região do Tatuapé, São Paulo - SP. 2014.** (Monografia em Bacharel em Ciências Econômicas) - Insper Instituto de Ensino e Pesquisa, [S. l.], 2014.

SOETHE, V. A.; BITTENCOURT, E. Estimativa de modelos de preços hedônicos para locação residencial em Joinville. In: **SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (SIMPEP)**, 13., 2006, Bauru (SP). Anais... Bauru: UNESP, 2006.

TEIXEIRA, E. C.; SERRA, M. A. O impacto da criminalidade no valor da locação de imóveis: o caso de Curitiba. **Revista Economia e Sociedade**, v. 26, 2006.

WEIN LI, R. Y. The Life-Cycle Effects of House Price Changes, **Journal of Money, Credit and Banking**, Vol. 39, no. 6, pp. 1375 – 1409, 2007.

APÊNDICE

Tabela 3: Estimação Robusta (Huber-White)

Dependent Variable: LOG(TOTAL__R\$_)
 Method: Least Squares
 Date: 05/03/21 Time: 12:32
 Sample: 1 994
 Included observations: 994
 Huber-White-Hinkley (HC1) heteroskedasticity consistent standard errors and covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	5.558578	0.113707	48.88500	0.0000
LOG(AREA_M2_)	0.363941	0.034168	10.65142	0.0000
ANDAR	0.025470	0.002486	10.24659	0.0000
QUARTOS	0.010583	0.017898	0.591296	0.5545
BANHEIROS	0.202933	0.019346	10.48951	0.0000
VAGAS_DE_ESTACIONAMENTO	0.177409	0.014234	12.46405	0.0000
ANIMAL	-0.087898	0.024279	-3.620413	0.0003
MOBILIADO	0.258082	0.020751	12.43680	0.0000
R-squared	0.759311	Mean dependent var	7.710474	
Adjusted R-squared	0.757602	S.D. dependent var	0.562670	
S.E. of regression	0.277025	Akaike info criterion	0.278594	
Sum squared resid	75.66820	Schwarz criterion	0.318045	
Log likelihood	-130.4615	Hannan-Quinn criter.	0.293593	
F-statistic	444.3666	Durbin-Watson stat	1.990469	
Prob(F-statistic)	0.000000	Wald F-statistic	340.5071	
Prob(Wald F-statistic)	0.000000			

Tabela 4: Teste de Normalidade (Jarque-Bera)

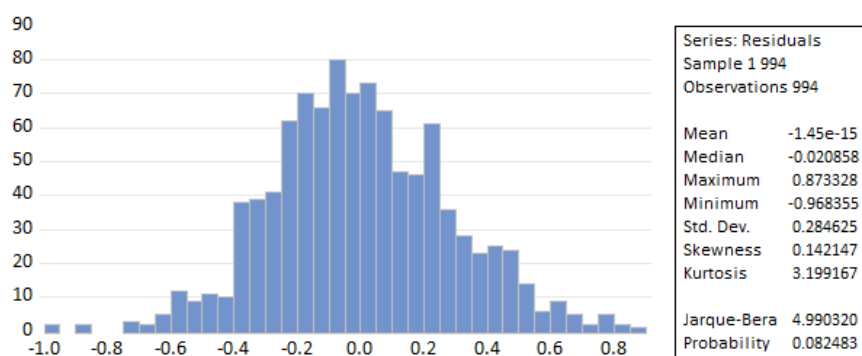


Tabela 5: Teste de Ramsey – Modelo Log-Lin

Ramsey RESET Test
Equation: UNTITLED
Omitted Variables: Squares of fitted values
Specification: LOG(TOTAL_R\$) C LOG(AREA_M2_) ANDAR
QUARTOS BANHEIROS VAGAS_DE_ESTACIONAMENTO
ANIMAL MOBILIADO

	Value	df	Probability
t-statistic	1.608349	985	0.1081
F-statistic	2.586787	(1, 985)	0.1081
Likelihood ratio	2.607001	1	0.1064

F-test summary:

	Sum of Sq.	df	Mean Squares
Test SSR	0.198198	1	0.198198
Restricted SSR	75.66820	986	0.076743
Unrestricted SSR	75.47001	985	0.076619

LR test summary:

	Value
Restricted LogL	-130.4615
Unrestricted LogL	-129.1580

Tabela 6: Modelo Lin-Lin

Ramsey RESET Test
Equation: UNTITLED
Omitted Variables: Squares of fitted values
Specification: TOTAL_R\$ C AREA_M2_ ANDAR BANHEIROS
QUARTOS VAGAS_DE_ESTACIONAMENTO ANIMAL
MOBILIADO

	Value	df	Probability
t-statistic	9.207245	985	0.0000
F-statistic	84.77335	(1, 985)	0.0000
Likelihood ratio	82.06508	1	0.0000

F-test summary:

	Sum of Sq.	df	Mean Squares
Test SSR	1.06E+08	1	1.06E+08
Restricted SSR	1.34E+09	986	1355216.
Unrestricted SSR	1.23E+09	985	1249090.

LR test summary:

	Value
Restricted LogL	-8423.786
Unrestricted LogL	-8382.754

Tabela 7: Teste de Heterocedasticidade (Breusch-Pagan)

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	4.747305	Prob. F(7,986)	0.0000
Obs*R-squared	32.40850	Prob. Chi-Square(7)	0.0000
Scaled explained SS	33.72072	Prob. Chi-Square(7)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID*2

Method: Least Squares

Date: 05/03/21 Time: 12:35

Sample: 1 994

Included observations: 994

Huber-White-Hinkley (HC1) heteroskedasticity consistent standard errors and covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.080285	0.046654	-1.720871	0.0856
LOG(AREA_M2_)	0.044190	0.013806	3.200826	0.0014
ANDAR	0.000754	0.000940	0.801959	0.4228
QUARTOS	-0.022618	0.007902	-2.862137	0.0043
BANHEIROS	-0.005482	0.008437	-0.649762	0.5160
VAGAS_DE_ESTACIONAMENTO	0.012629	0.005984	2.110379	0.0351
ANIMAL	0.008199	0.008761	0.935831	0.3496
MOBILIADO	0.003218	0.007918	0.406463	0.6845
R-squared	0.032604	Mean dependent var	0.076125	
Adjusted R-squared	0.025736	S.D. dependent var	0.110762	
S.E. of regression	0.109327	Akaike info criterion	-1.580931	
Sum squared resid	11.78505	Schwarz criterion	-1.541481	
Log likelihood	793.7229	Hannan-Quinn criter.	-1.565933	
F-statistic	4.747305	Durbin-Watson stat	1.901154	
Prob(F-statistic)	0.000029			

Tabela 8: Teste de Autocorrelação (Breusch-Godfrey)

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:
Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

F-statistic	0.348828	Prob. F(2,984)	0.7056
Obs*R-squared	0.704247	Prob. Chi-Square(2)	0.7032

Test Equation:
Dependent Variable: RESID
Method: Least Squares
Date: 05/03/21 Time: 12:38
Sample: 1 994
Included observations: 994
Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.001044	0.099067	0.010534	0.9916
LOG(AREA_M2_)	-0.000193	0.029134	-0.006624	0.9947
ANDAR	-6.94E-06	0.002358	-0.002942	0.9977
QUARTOS	0.000217	0.016012	0.013558	0.9892
BANHEIROS	-0.000399	0.016862	-0.023675	0.9811
VAGAS_DE_ESTACIONAMENTO	4.80E-05	0.013193	0.003642	0.9971
ANIMAL	-0.000333	0.024566	-0.013556	0.9892
MOBILIADO	0.000818	0.020384	0.040115	0.9680
RESID(-1)	0.001431	0.032010	0.044699	0.9644
RESID(-2)	0.026662	0.031969	0.833978	0.4045
R-squared	0.000708	Mean dependent var	-9.85E-16	
Adjusted R-squared	-0.008431	S.D. dependent var	0.276046	
S.E. of regression	0.277208	Akaike info criterion	0.281910	
Sum squared resid	75.61459	Schwarz criterion	0.331223	
Log likelihood	-130.1092	Hannan-Quinn criter.	0.300658	
F-statistic	0.077517	Durbin-Watson stat	1.991638	
Prob(F-statistic)	0.999873			

Tabela 9: Teste de Multicolinearidade (Fator Inflacionário da Variância)

Variance Inflation Factors
Date: 08/05/21 Time: 15:21
Sample: 1 994
Included observations: 994

Variable	Coefficient Variance	Uncentered VIF	Centered VIF
C	0.012929	176.0320	NA
LOG(AREA_M2_)	0.001167	282.0110	3.156423
ANDAR	6.18E-06	2.720197	1.053500
QUARTOS	0.000320	19.69845	2.715347
BANHEIROS	0.000374	14.06662	2.351059
VAGAS_DE_ESTAC...	0.000203	3.191258	1.596130
ANIMAL	0.000589	6.546745	1.101335
MOBILIADO	0.000431	1.485628	1.079871