

AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS POR ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA NO BAIRRO DE CASA FORTE, RECIFE/PE

Thiago Felipe de Vêras Delmiro

tfvd@discente.ifpe.edu.br

Ebenézer de França Santos

ebenezerfranca@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

O objetivo desse trabalho é determinar um modelo matemático que represente o valor de oferta de apartamentos no bairro de Casa Forte, em Recife/PE, com base nos requisitos da ABNT NBR 14653-2 (2011), por meio do levantamento de dados de mercado de imóveis, identificação e seleção de variáveis significativas observando-se os requisitos e métodos estabelecidos pela norma técnica supracitada, proposição e validação estatística do modelo matemático desenvolvido. O modelo apresentou um coeficiente de correlação de 0,954, demonstrando uma fortíssima dependência linear entre as variáveis, com coeficiente de determinação ajustado de 0,905, demonstrando que aproximadamente 91% do valor da avaliação são explicadas pelas variáveis selecionadas. A validação estatística do modelo foi realizada através do coeficiente de determinação e de testes e análise de linearidade, normalidade dos resíduos, homocedasticidade, autocorrelação e colinearidade, observando-se os requisitos mais rigorosos estabelecidos pela norma técnica citada. O modelo proposto apresentou forte poder de predição, ajustando-se muito bem aos dados coletados, com intervalo de confiança apresentando amplitude total menor que 30%.

Palavras-chave: Avaliação de imóveis. Engenharia de avaliações. Método comparativo de dados de mercado

ABSTRACT

The objective of this work is to determine a mathematical model that represents the value of supply of apartments in the neighborhood of Casa Forte, in Recife / PE, based on the requirements of ABNT NBR 14653-2 (2011), through the survey of market data of properties, identification and selection of significant variables observing the requirements and methods established by the aforementioned technical standard, proposition and statistical validation of the developed mathematical model. The model presented a correlation coefficient of 0.954, showing a very strong linear dependence between the variables, with an adjusted coefficient of determination of 0.905, demonstrating that approximately 91% of the evaluation value is explained by the selected variables. Statistical validation of the model was performed through the

coefficient of determination and tests and analysis of linearity, normality of residues, homoscedasticity, autocorrelation and collinearity, observing the most stringent requirements established by the mentioned technical standard. The proposed model presented strong predictive power, adjusting very well to the collected data, with confidence interval presenting total amplitude less than 30%.

Keywords: Real estate appraisal. Appraisal engineering. Comparative market data.

1 INTRODUÇÃO

A engenharia de avaliações, a partir dos conhecimentos técnicos e científicos, tem por objetivo determinar tecnicamente o valor de um bem, em seus direitos, frutos e custos de reprodução, na busca de reproduzir a natureza de uma transação, subsidiando tomadas de decisões a respeito de valores, custos e alternativas de investimento, envolvendo bens de qualquer natureza.

As aplicações mais comuns na Engenharia Civil estão associadas em transações de compra, venda e locações de imóveis, investimentos imobiliários, processos de financiamentos, na determinação de impostos, seguros e no âmbito judicial (DANTAS, 2018).

Uma das formas mais utilizadas para se determinar o valor de mercado de um bem é através da regressão linear múltipla com o auxílio da inferência estatística.

Em Recife/PE, assim como acontece em grande parte das cidades brasileiras, as avaliações de imóveis realizadas pelas prefeituras são elaboradas através do uso do método evolutivo, que identificam o valor do bem pelo somatório dos valores de seus componentes. Porém, a NBR 14653-2 (2011) recomenda sempre que possível à utilização do método comparativo de dados de mercado.

Sendo assim, as avaliações de imóveis elaborada pela prefeitura são fontes questionáveis para referência do valor de mercado que estão sendo praticados no mercado imobiliário, em linhas gerais, podemos observar a escassez de dados avaliativos elaborados conforme as recomendações da norma técnica vigente, em função disso foi optado pelo desenvolvimento de estudos avaliativos utilizando o método comparativo de dados, no qual possa ser aplicados para avaliação de apartamentos no bairro de Casa Forte, Recife/PE, escolhido por ser um bairro de relevante interesse comercial para o mercado imobiliário da cidade, com a segunda maior renda per capita do Recife, atrás apenas do bairro da Jaqueira (BRAGA, 2000).

Diante disso, o objetivo desse trabalho é determinar um modelo matemático que represente o valor de oferta de apartamentos no bairro de Casa Forte, em Recife/PE, com base nos requisitos da ABNT NBR 14653-2 (2011), através do levantamento de dados de mercado de imóveis, observando-se os requisitos estabelecidos pela norma técnica supracitada, da identificação e seleção de variáveis significativas para composição do modelo matemático, proposição e validação estatística do modelo desenvolvido.

Ao final deste estudo, haverá a contribuição na área de engenharia de avaliações, mais especificamente, na criação de um banco de dados de

imóveis e na elaboração de um modelo matemático que represente a realidade dos valores de mercado que estão sendo praticados no bairro de Casa Forte, estes dados poderão ser consultados posteriormente, tendo como principal público alvo as prefeituras, instituições financeiras, poder judiciário, imobiliárias e outros interessados.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Avaliação de imóveis

De acordo com a NBR 14653-1 (2019), as avaliações de imóveis, glebas, terrenos e benfeitorias deverão ser realizadas pela aplicação de métodos avaliativos.

A escolha do método avaliativo dependerá do tipo de bem a ser avaliado e de suas características. Os métodos para identificar o valor de um bem segundo a NBR 14653-1 (2019) são classificados em: Método Evolutivo, através do qual o valor do bem é resultado do somatório dos valores de seus componentes, devendo-se considerar o fator de comercialização, caso a finalidade seja a identificação do valor de mercado; Método Involutivo, através do qual o valor de mercado do bem é baseado em modelo de estudo de viabilidade técnico-econômica, alicerçado no seu aproveitamento eficiente, mediante hipotético empreendimento imobiliário compatível com as características do mercado no qual está inserido; Método de Capitalização da Renda, o qual apropria o valor do imóvel e de suas partes constitutivas, com base na capitalização presente da sua renda líquida, considerando-se cenários viáveis; e Método Comparativo de Dados de Mercado, em que o valor de mercado do bem é atribuído por meio de tratamento técnico dos atributos de

outros imóveis semelhantes, constituintes da amostra.

A NBR 14653-2 (2011) determina que sempre que possível seja utilizado método de comparativo de dados de mercado, a utilização dessa técnica poderá refletir melhor o valor de mercado de um imóvel, pois leva em consideração as características de outros imóveis similares.

A regressão linear múltipla é a técnica mais utilizada quando se deseja estudar o comportamento de uma variável dependente em relação a outras que são responsáveis pela variabilidade observada nos preços (ABNT, 2019).

As variáveis de estudos são classificadas como dependentes e independentes. São consideradas variáveis dependentes o valor total de mercado ou o valor unitário. Já as variáveis independentes são aquelas relacionadas às características do imóvel, sendo divididas em quantitativas, onde os aspectos físicos são fundamentais à formação do valor do imóvel, ou qualitativa, quando a variável não pode ser medida ou contada (DANTAS, 2005).

Conforme Morcelli (2006), a análise de regressão é o estudo de uma variável dependente em função de uma ou mais variáveis independentes, essa análise tem como objetivo estimar ou prever a média populacional ou valor médio da variável dependente, através dos valores observados por amostragem das variáveis independentes.

De acordo com Gazola (2002), o modelo de regressão linear múltipla descreve uma variável dependente como função de várias variáveis regressoras ou independentes. O modelo é dado pela equação (1):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon_i \quad (1)$$

Em que:

Y = variável dependente;

β_i = parâmetros da população;

X_i = variáveis independentes;

ε_i = erros aleatórios do modelo.

Segundo Dantas (2018), para validação de um modelo de regressão linear múltipla, deverão ser atendidos requisitos básicos de linearidade, normalidade dos resíduos, homocedasticidade, autocorrelação, colinearidade ou multicolinearidade e coeficiente de determinação. Esses pressupostos são descritos a seguir.

2.1.1 Linearidade

As variáveis quantitativas podem apresentar problemas de linearidade e assimetria. Através do coeficiente de correlação entre cada variável independente com a variável dependente é possível investigar tal condição. Quando ocorrer a falta de linearidade, são necessárias transformações em busca da linearidade do modelo, variância não constante dos erros e não normalidade dos erros, obtendo-se um modelo mais simples, facilitando desta forma o estudar quanto à viabilidade e os testes necessários. As principais transformações são: logarítmica, raiz quadrada, quadrática, exponencial, recíproca e exponencial negativa (DANTAS, 2018).

2.1.2 Normalidade

Os testes de normalidade são utilizados para verificar se a distribuição de probabilidade associada a um conjunto de dados pode ser aproximada pela distribuição normal. A verificação da normalidade segundo a ABNT (2019) pode ser realizada da seguinte forma:

- a) *pelo exame de histograma dos resíduos amostrais padronizados, com o objetivo de verificar se sua forma guarda semelhança com a da curva normal;*
- b) *pela análise do gráfico de resíduos padronizados versus valores ajustados, que deve apresentar pontos dispostos aleatoriamente, com a grande maioria situados no intervalo [-2; +2];*
- c) *pela comparação da frequência relativa dos resíduos amostrais padronizados nos intervalos de [-1; +1], [-1,64; +1,64] e [-1,96; +1,96], com as probabilidades da distribuição normal padrão nos mesmos intervalos, ou seja, 68%, 90% e 95%;*
- d) *pelo exame do gráfico dos resíduos ordenados padronizados versus quantis da distribuição normal padronizada, que deve se aproximar da bissetriz do primeiro quadrante;*
- e) *pelos testes de aderência não-paramétricos, como, por exemplo, o qui-quadrado, o de Kolmogorov-Smirnov ajustado por Stephens e o de Jarque-Bara.*

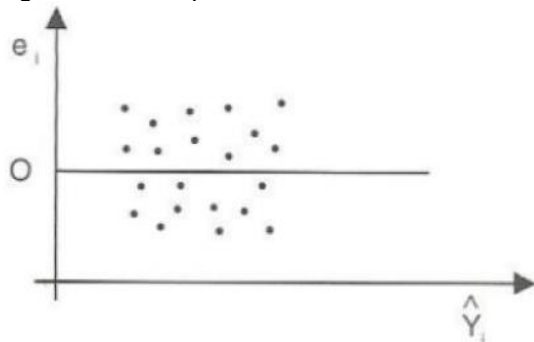
2.1.3 Homocedasticidade

Segundo Barros (2018), homocedasticidade é o termo para designar variância constante dos erros experimentais (ε_i) para observações

distintas. Caso a suposição de homocedasticidade não seja válida, os erros padrões dos estimadores, obtidos pelo método dos mínimos quadrados, podem estar incorretos e, portanto, a inferência estatística não é válida. A ausência de homoscedasticidade é chamada de heteroscedasticidade.

A partir da análise gráfica dos resíduos *versus* valores ajustados pode-se definir se o modelo é homocedástico ou heterocedástico. Quando os pontos estiverem distribuídos aleatoriamente em torno de uma reta de referência, sem nenhum padrão definido, dizemos que o modelo é homocedástico, conforme ilustra a Figura 1 (BARROS, 2018; ABNT, 2019).

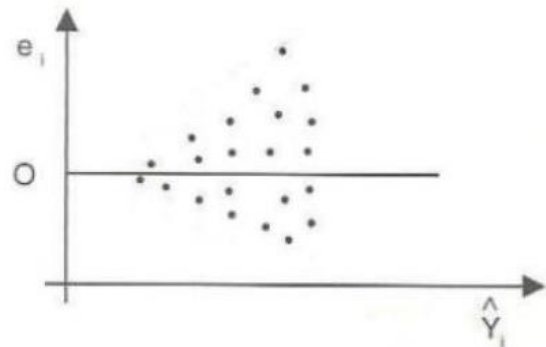
Figura 1 – Exemplo de Modelo Homocedástico



Fonte: Dantas (2005)

O modelo é considerado heterocedástico quando os pontos observados apresentarem uma distribuição ordenada, indicando alguma tendência definida em torno da reta de referência, constatando que há ausência de variância constante, podendo sugerir que a equação de regressão é inadequada (SCHERER, 2016), conforme ilustra a Figura 2:

Figura 2 – Exemplo de Modelo Heterocedástico



Fonte: Dantas (2005)

2.1.4 Autocorrelação

A autocorrelação ou correlação serial verifica as suposições de independência dos resíduos. Em geral a existência da autocorrelação está associada quando os termos de resíduos são correlacionados com os valores anteriores ou posteriores na série. Uma das causas da autocorrelação é quando há uma especificação incorreta do modelo de regressão, em função de erros na forma do modelo ou pela exclusão de variáveis independentes importantes (NADAL; JULIANO; RATTON, 2003).

A verificação da autocorrelação pode ser dada através da análise do gráfico dos resíduos comparados com os valores estimados, em que os pontos devem estar dispersos aleatoriamente sem nenhum padrão definido, ou poderá ser realizada pelo teste de Durbin-Watson (d_w), dada pela equação (2) (MORCELLI, 2006).

$$d_w = \frac{\sum(v_i - v_{i-1})^2}{\sum v_i^2} \quad (2)$$

Em que v_i são os valores residuais da regressão.

2.1.5 Colinearidade ou multicolinearidade

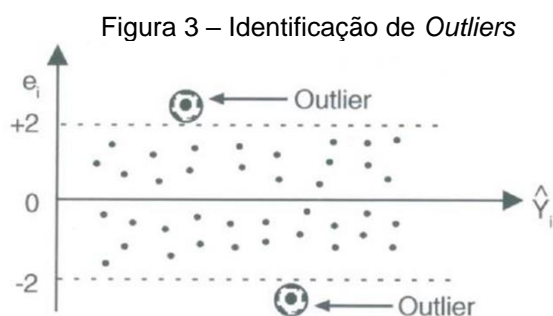
A multicolinearidade surge através da correlação entre duas ou mais variáveis de um modelo de regressão, sua ocorrência provoca alterações no modelo ocasionando imprecisão nas estimativas (DANTAS, 2018).

Para se analisar a presença de colinearidade no modelo, pode-se observar o determinante da matriz-modelo, ou seja, sendo próximo de zero é um indicador de alto grau de multicolinearidade no modelo (DANTAS, 2005).

Segundo ABNT (2019), os valores referentes ao coeficiente de correlação simples entre as variáveis independentes não devem ser superiores a 0,80.

2.1.6 Pontos influenciantes

Segundo Coelho e Zancan (2011), uma análise importante a ser realizada é a verificação da existência de pontos atípicos, esses pontos atípicos ou “outliers” são amostras que divergem sensivelmente da média dos valores e podem indicar que o modelo gerado não seja representativo. De acordo com a ABNT (2019), a existência de outliers pode ser verificada pelo gráfico dos resíduos versus variável independentes, como pode-se verificar na Figura 3:



Fonte: Dantas (2005)

2.1.7 Testes de significância

Além da verificação dos pressupostos básicos do modelo de regressão linear múltipla, é necessário testar as significâncias global e individual dos parâmetros. A significância global do modelo não pode apresentar nível superior a 10% para a distribuição F de Snedecor, com repercussões para o grau de fundamentação do trabalho. Caso isto ocorra, deve-se aceitar a hipótese nula de que todos os regressores são iguais a zero, rejeitando-se desta forma o modelo em análise e aceitando-se, em contrapartida, o modelo nulo representado simplesmente pela média dos preços observados (DANTAS, 2018).

Caso o modelo seja aceito deverá ser realizado o teste das variáveis, a significância individual dos parâmetros deve ser verificada pelo teste t de Student, que deve apresentar valor máximo de 30%, com repercussões também nos graus de fundamentação do trabalho. Caso o erro no parâmetro de determinada variável explicativa for superior a 30% se aceita a hipótese nula de que esta variável não é estatisticamente significativa no modelo (DANTAS, 2018).

2.1.8 Intervalo de confiança

O intervalo de confiança fornece informação sobre a precisão das estimativas. É o intervalo do qual pode-se afirmar, que o verdadeiro valor de um parâmetro populacional está contido nele, ou seja, o intervalo de confiança estabelece limites para o valor objeto de estudo (GAZOLA, 2002).

Conforme Scherer (2016), a determinação do intervalo de confiança a um nível de segurança de $(1-\alpha)$ em torno de um ponto sobre uma reta de

regressão é calculado pela equação (3):

$$I(1-\alpha) = Y_0 \pm t(0,2;n-k-1) \cdot S \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(v x^2 \alpha - \bar{X})^2}{(n-1) \sigma x^2 \alpha}} \quad (3)$$

Em que:

Y_0 = valor estimado para o modelo;

t = coeficiente de Student;

S = erro padrão da regressão;

$v x^2 \alpha$ = quadrado do desvio da variável x em relação a média;

$\sigma x^2 \alpha$ = variância da variável x ;

n = número de dados da amostra;

k = número de variáveis independentes.

A norma NBR 14653 determina que o intervalo de confiança deve ser calculado para 80% de confiabilidade. Para o Grau de Precisão III, a amplitude total do intervalo deve ser menor ou igual a 30%, ou seja, 15% para cada lado.

2.1.9 Coeficiente de determinação

De acordo com Scherer (2016), após a coleta dos dados é necessário desenvolver um modelo para as variáveis em estudo, a partir dele deverão ser verificados os valores dos coeficientes para averiguar se estes são razoáveis. Uma dessas verificações refere-se ao coeficiente de determinação (R^2), devendo estar entre a faixa de 0,666 (66%) a 0,999 (99%), indicando o poder de explicação do modelo.

Segundo Nadal (2018), um modelo pode ser explicado pela aferição do seu coeficiente de determinação, a determinação do coeficiente de determinação (R^2) é dada pela equação (4):

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (4)$$

Em que:

R^2 = coeficiente de determinação;

\hat{Y}_i = valor estimado pela equação de regressão;

Y_i = valor observado;

\bar{Y} = média dos valores observados;

n = número de elementos da amostra.

O coeficiente de determinação sempre cresce à medida que mais variáveis independentes são adicionadas no modelo. Este fato pode não levar em conta o número de graus de liberdade perdido a cada parâmetro, sendo recomendada a realização do ajuste do coeficiente de determinação antes de sua utilização (ABNT, 2019).

A equação de ajuste do coeficiente de determinação é dada por:

$$R^2_{ajustado} = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-k-1} \quad (5)$$

Em que:

$R^2_{ajustado}$ = coeficiente de determinação ajustado;

R^2 = coeficiente de determinação;

n = número de elementos da amostra;

k = número de variáveis independentes.

3 METODOLOGIA

O presente estudo se caracteriza por ser uma pesquisa do tipo quantitativa, que promove a quantificação, análise e interpretação de dados coletados a partir do estudo do fenômeno em referência utilizando estatística descritiva.

No presente trabalho foi utilizada análise por regressão linear múltipla pelo método dos mínimos quadrados, em conformidade com os requisitos da ABNT NBR 14653-2 (2011), contemplando apartamentos usados no bairro de Casa Forte, região norte do Recife/PE, através das seguintes etapas metodológicas:

i) Construção da base de dados: Foram utilizadas informações de imóveis disponibilizadas em anúncios de imobiliárias e sites, considerando os valores de oferta para venda.

ii) Definição das variáveis independentes: Dentre as características disponíveis dos imóveis, foram consideradas duas no modelo matemático como variáveis independentes, a área total e o número vagas de garagem.

iii) Coleta de dados: Foram coletadas trinta amostras, respeitando-se desta forma o requisito estabelecido pela NBR 14653-2 para o Grau de Fundamentação III, representadas por apartamentos de diferentes padrões construtivos no bairro de Casa Forte.

iv) Modelagem e análise dos dados: O tratamento estatístico dos dados foi efetuado utilizando os softwares Microsoft Excel e SisDEA150, que permitem a modelagem de dados com suporte às avaliações comparativas do mercado imobiliário, através de análise de regressão linear múltipla, possibilitando desta forma a abordagem científica na avaliação de bens, fornecendo melhor interpretação dos fenômenos mercadológicos. O tratamento estatístico incluiu análise da correlação entre as variáveis, teste da existência da regressão (teste de Fisher-Snedecor), teste de hipótese para o regressor "b", teste de significância do modelo de melhor ajuste, verificação da homogeneização

dos valores pelo critério de Chauvenet, verificação da normalidade dos resíduos, verificação da existência de outliers, teste da homocedasticidade do modelo, verificação da colinearidade e da multicolinearidade do modelo e verificação de autocorrelação entre os resíduos através do Teste de Durbin-Watson. A escolha do modelo final será realizada pela análise desses resultados.

v) Determinação do modelo matemático: Após a análise dos dados foi determinado o modelo matemático que representa o valor de oferta de apartamentos no bairro em análise, incluindo o intervalo de confiança.

vi) Validação do modelo matemático: A validação do modelo matemático foi realizada através da análise do gráfico de aderência, permitindo analisar a proximidade entre os valores propostos pelo modelo e os valores de oferta publicados.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

Para elaboração do modelo por regressão linear múltipla pelo método dos mínimos quadrados, que represente o valor de oferta de apartamentos no bairro de Casa Forte, em Recife/PE, foram coletados os dados de trinta amostras de apartamentos de diferentes padrões de acabamento, área total, número de vagas de garagem, número de quartos, dentre outras. Após verificação da homogeneização dos valores pelo critério de Chauvenet, foram definidas duas variáveis independentes para compor o modelo matemático: área total e vagas de garagem.

O modelo apresentou um coeficiente de correlação de 0,954, demonstrando uma fortíssima dependência linear entre as variáveis, enquanto o valor do coeficiente de

determinação ajustado foi de 0,905, concluindo-se que aproximadamente 91% do valor da avaliação são explicadas pelas variações da área total e pelo número de vagas de garagem.

A existência da regressão foi constatada através do teste de Fisher-Snedecor, em que o valor obtido do $F_{\text{calculado}}$ para o nível de significância de 1% (Grau de Fundamentação III) foi de 139,91, sendo maior que o F_{tabelado} pela distribuição F de Snedecor de 5,488, confirmando assim, a hipótese regressão modelo.

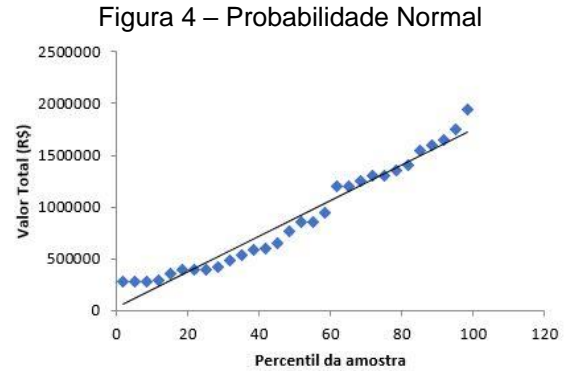
Os dados referentes ao teste de hipótese do regressor “b” para cada regressor são apresentados na tabela 01. Como os valores de $T_{\text{calculado}}$ são maiores que o T_{tabelado} , pode-se afirmar que as variáveis escolhidas são importantes e se aceita a hipótese que $b \neq 0$ a um nível de significância de $0,1\% < 10\%$, enquadrando-se no Grau de Fundamentação III.

Tabela 1 - Significância dos regressores

Regressores	$T_{\text{calculado}}$	T_{tabelado}
Área Total	5,63	
Vagas de Garagem	4,56	1,703

Fonte: Autor

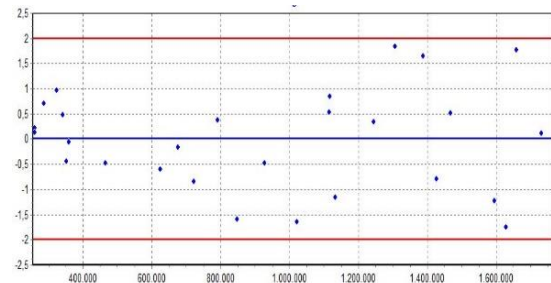
A análise da normalidade foi realizada observando a tendência de distribuição dos resíduos padronizados, conforme apresentado na Figura 4.



Fonte: Autor (2022)

A existência de *outliers* foi verificada através da análise do gráfico dos resíduos padronizados versus valores totais ajustados (Figura 5), através do qual constatou-se que nenhum resíduo apresentou valor maior que $|2|$, não havendo, portanto, *outliers*.

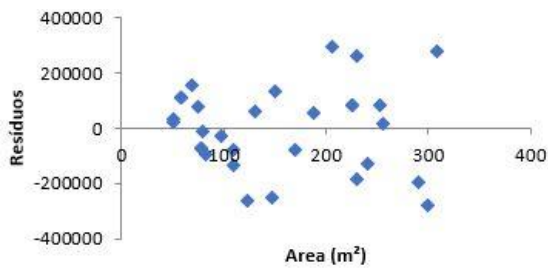
Figura 5 – Resíduos da Regressão



Fonte: Autor (2022)

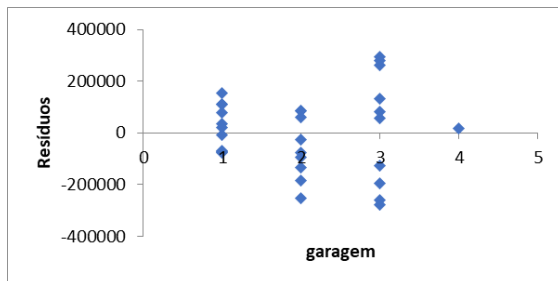
A homocedasticidade das variáveis selecionadas foi constatada através da análise gráfica dos resíduos *versus* valores ajustados, apresentadas nas Figura 6 e Figura 7, observando-se que não houve aumentos progressivos dos resíduos com o aumento da área total ou do número de vagas de garagem, demonstrando-se desta forma a aleatoriedade da distribuição dos pontos em torno da reta de referência.

Figura 6 – Resíduos x Valores Ajustados da Variável Área Total



Fonte: Autor (2022)

Figura 7 – Resíduos x Valores Ajustados da Variável Número de Vagas de Garagem



Fonte: Autor (2022)

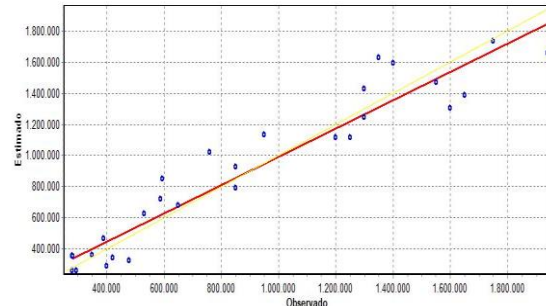
Na verificação da colinearidade ou multicolinearidade, constatou-se que o coeficiente de correlação para as variáveis independentes do modelo foi de 0,8, o que indica a ausência de multicolinearidade, hipótese que pode ser confirmada pela observação da distribuição aleatória dos resíduos.

A partir dos valores dos resíduos das duas variáveis foi realizada a verificação da autocorrelação entre elas, através do teste de Durbin-Watson. O d_w calculado na equação foi de 1,906, já o valor de d_u encontrado na tabela “Valores Críticos do Teste de Durbin-Watson” foi de 1,27, ou seja, $d_w > d_u$, o que caracteriza a inexistência de autocorrelação entre os resíduos.

Através da análise da Figura 8 demonstra-se o forte poder de predição do modelo, constando-se através da sobreposição das retas que ele se

ajustou muito bem aos dados coletados.

Figura 8 – Poder de Predição do Modelo



Fonte: Autor (2022)

Mediante a análise e validação estatística dos dados coletados permite-se concluir que o valor de oferta de apartamentos no bairro de Casa Forte, Recife/PE, entre os meses de janeiro e fevereiro de 2022, pode ser dado pela equação (6):

$$\text{Valor de Oferta} = -166.751,99 + 3.429,84 \times \text{Área Total} + 255.523,65 \times \text{N}^{\circ} \text{ de Vagas de Garagem} \quad (6)$$

O intervalo de confiança (IC) para o modelo proposto, através da aplicação da equação (3), apresenta amplitude total menor que 30%, sendo expressada pela equação (7):

$$\text{IC} = [-166.751,99 + 3.429,84 \times \text{Área Total} + 255.523,65 \times \text{N}^{\circ} \text{ de Vagas de Garagem}] \pm [1,703 \times 159.018,16] \quad (7)$$

5 CONCLUSÕES

A partir do levantamento e análise por regressão linear múltipla, pelo método dos mínimos quadrados, de dados de mercado de 30 imóveis no bairro de Casa Forte, em Recife/PE, utilizando-se as variáveis significativas área total e número de vagas de garagem, determinou-se um modelo matemático para representação do valor de oferta de apartamentos neste

bairro, considerando o comportamento do mercado imobiliário em fevereiro de 2022.

O modelo apresentou um coeficiente de correlação de 0,954, demonstrando uma fortíssima dependência linear entre as variáveis, com coeficiente de determinação ajustado de 0,905, demonstrando que aproximadamente 91% do valor da avaliação são explicadas pelas variáveis selecionadas.

A validação estatística do modelo foi realizada através de testes e análise de linearidade, normalidade dos resíduos, homocedasticidade, autocorrelação, colinearidade ou multicolinearidade e do coeficiente de determinação, observando-se os requisitos mais rigorosos estabelecidos pela norma técnica NBR 14653-2 (2011), ou seja, o Grau de Fundamentação III.

A existência da regressão foi constatada através do teste de Fisher-Snedecor para o nível de significância

de 1%, através do qual obteve-se o $F_{\text{calculado}} (139,91) > F_{\text{tabelado}} (5,488)$, enquanto a análise da normalidade foi realizada observando a tendência de distribuição dos resíduos padronizados.

Através da análise gráfica dos resíduos padronizados versus valores totais ajustados constatou-se não haver *outliers*. A homocedasticidade das variáveis selecionadas foi constatada através da análise gráfica dos resíduos versus valores ajustados.

O coeficiente de correlação para as variáveis independentes do modelo indicou a ausência de multicolinearidade. A inexistência de autocorrelação entre os resíduos das duas variáveis foi constatada através do teste de Durbin-Watson.

Pela rigorosa análise realizada, o modelo proposto apresentou forte poder de predição, ajustando-se muito bem aos dados coletados, com intervalo de confiança apresentando amplitude total menor que 30%.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-1: Avaliação de bens. Parte 1: Procedimentos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-2: Avaliação de bens. Parte 2: Imóveis urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

BARROS, Matheus Costa. **Avaliação do valor de imóveis por análise de regressão linear- estudo da taxa de rendimento do mercado imobiliário em fortaleza**. 2018. 92 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

BRAGA, João. **Trilhas do Recife: guia turístico, histórico e cultural**. [S.l.:s.n.]. 2000.

COELHO, Jocilon; ZANCAN, Evelise Chemale. **Modelo de regressão linear múltipla para avaliação de aluguéis de salas comerciais na cidade de Araranguá - SC**. 2011. 16 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Araranguá, 2011.

DANTAS, Rubens Alves. **Engenharia de avaliações: uma introdução à metodologia científica. 2. ed. Ver. de acordo com a NBR-14.653-2:2004.** São Paulo: Pini, 2005.

DANTAS, Carlos Felipe Luís de França Almeida. **Avaliações imobiliárias em desapropriações com tratamento científico por regressão linear.** 2018. 19 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

GAZOLA, Sebastião. **Construção de um modelo de regressão para avaliação de imóveis.** 2002. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MORCELLI, Aier Tadeu Gabriel. **Construção de modelos de regressão para estimar o valor dos lotes urbanos do setor 11 de Santa Maria - RS.** 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

NADAL, Carlos Aurélio; JULIANO, Katia Aparecida; RATTON, Eduardo. **Testes estatísticos utilizados para a validação de regressões múltiplas aplicadas na avaliação de imóveis urbanos.** Bulletin Of Geodetic Sciences: Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 9, n. 2, p.243-262, jul. 2003. Trimestral.

SCHERER, Douglas Guilherme. **A influência dos fatores de esquina e pavimentação na avaliação de lotes urbanos na cidade de Lajeado - RS.** 2016. 95 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2016.